

**VESITEKNIIKAN LAITOS
TEKNILLINEN KORKEAKOULU**

**DIVISION OF WATER ENGINEERING
HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**

**AINEHUUHTOUTUMISTA PELTO- JA
METSÄVALTAISELLA VALUMA-ALUEELLA
SIUNTIONJOEN VESISTÖSSÄ**

**ALPO MAASILTA
MAURI PEKKARINEN
ERKKI TUONONEN
PERTTI VAKKILAINEN**

AINEHUUHTOUTUMISTA PELTO- JA METSÄ-
VALTAISELLA VALUMA-ALUEELLA SIUNTION-
JOEN VESISTÖSSÄ

Alpo Maasilta

Mauri Pekkarinen

Erkki Tuononen

Pertti Vakkilainen

AIHEHUUHTOUTUMISTA PELTO- JA METSÄVALTAISELLA VALUMA-ALUEELLA SIUNTIONJOEN VESISTÖSSÄ

Tiivistelmä

1. Johdanto
2. Havaintoalueet
 - 2.1 Hydrometeorologiset yleispiirteet
 - 2.2 Maaperä ja maankäyttö
3. Aineisto ja menetelmät
 - 3.1 Sadantahavainnot
 - 3.2 Valumahavainnot
 - 3.3 Näytteenotto ja näytteiden analysointi
 - 3.4 Aineiston käsittely
4. Tulokset ja niiden tarkastelu
 - 4.1 Sadanta- ja valuntasuhteet
 - 4.2 Valumaveden laatu
 - 4.21 Arviointimenetelmän merkitys
 - 4.22 Veden laadun erot kevätsulamiskaudella, sadekaudella ja kuivakaudella
 - 4.23 Alueelliset erot veden laadun selittäjinä
 - 4.3 Ravinnehuuhtoutumat
5. Johtopäätökset
6. Päätösmaininnat

Abstract

Kirjallisuusluettelo

LIITTEET

Tiivistelmä

"Valtakunnallisen hulevesitutkimuksen 1977 - 1979" yhteydessä tutkittiin valumavesien laatua ja ainehuuhtoutumien suuruutta kahdella pienellä, vierekkäin sijaitsevalla valuma-alueella Siuntionjoen vesistöissä. Vuosina 1977 - 79 otettiin virtaamaan verrannollisia yhden vuorokauden kokoomanäytteitä sadetapahtumien aikana ja kuivalla kaudella alueelta 1 (pelto % = 7) yhteensä 31 kpl ja alueelta 2 (pelto% = 40) 34 kpl. Kevätsulamiskaudella vuosina 1978 - 79 otettiin kokoomanäytteitä 11 kpl alueelta 1 ja 16 kpl alueelta 2. Alueilta oli myös käytettävissä päivittäiset valuma- ja sadantahavainnot. Näytteiden analysointi ja kertyneen aineiston käsittely tehtiin Teknillisen korkeakoulun vesitalouden laboratoriossa.

Kokonaisfosforipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli molemmilla alueilla sulamis- ja sadekausina sekä alueella 1 myös kuivalla kaudella välillä 60...80 $\mu\text{g P/l}$. Alueella 2 kuivakauden mediaaniarvo oli vain 11 $\mu\text{g P/l}$, mikä oli yhteydessä valumaveden alhaiseen pH-arvoon (5,0) ja korkeaan SO_4 -pitoisuuteen (160 mg/l). Kokonaistyyppipitoisuuden mediaaniarvo eri ajankohtina vaihteli välillä 0,9...1,1 mg N/l alueella 1 ja välillä 1,9...4,9 mg N/l alueella 2. Raskasmetallien (Pb, Cd, V) pitoisuudet olivat ajankohdasta riippumatta alhaisia molemmilla alueilla. Esimerkiksi lyijypitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 1...3 $\mu\text{g Pb/l}$.

Kokonaisfosforin vuotuinen huuhtoutuma molemmilla alueilla oli n. 30 kg/km², mistä määrästä puolet huuhtoutui kevätsulamiskaudella vajaan kahden kuukauden aikana. Kokonaistypen vuotuinen huuhtoutuma oli 450 kg/km² alueella 1 ja 1300 kg/km² alueella 2. Kevätsulamisen osuus huuhtoutuma-arvoista oli suuruusluokaltaan 40 %.

1. JOHDANTO

Taajama-alueiden hulevesien määrää ja laatua selvitettiin kolmivuotisessa tutkimuksessa "Valtakunnallinen hulevesitutkimus 1977-1979". Tutkimusta organisoitaessa todettiin tarpeelliseksi verrata taajama-alueiden hulevesiä luonnontilaisen alueen valuma-vesiin. Kun Teknillisen korkeakoulun vesitalouden laboratorion toimesta oli jo v. 1974 käynnistetty laajahko vesistötutkimus Siuntionjoen alueella, ko. tarkoitusta varten valittiin kaksi referenssikoealuetta mainitulta vesistöalueelta. Näin tämä vertaileva tutkimus voitiin niveltää tarkoituksenmukaisella tavalla osaksi laajempaa vesistötutkimusta.

Tämän Siuntionjoen vesistötutkimuksen päätavoitteeksi on asetettu ratkaisumallien hakeminen vesivarojen määrän ja laadun suunnitteluun, erityisesti suunnittelumenetelmien osalta (Tuononen ja Vakkilainen 1974). Vuosina 1976-1978 on muodostanut pääosan tutkimuksen kenttätöiminnasta maa- ja metsätalouden aiheuttaman vesistökuormituksen selvittäminen. Kaksi tämän tutkimuksen koealuetta olivatkin samalla hulevesitutkimuksen referenssikoealueita. Tästä syystä osa referenssikoealueiden tutkimustuloksista on jo aiemmin esitetty useissa esitelmissä ja tutkimusraporteissa (mm. Mussaari ja Pekkarinen 1978, Pekkarinen 1979a ja 1979b).

Tässä raportissa esitetään yhteenveto hulevesitutkimuksen tarpeita varten kerätystä aineistosta. Myöhemmin julkaistaan täydellisempi raportti koko Siuntionjoen vesistöä koskevista kuormitusselvityksistä.

2. HAVAINTOALUEET

2.1 Hydrometeorologiset yleispiirteet

Havaintoalueet sijaitsevat vierekkäin Siuntionjoen vesistöalueen eteläosassa Siuntion kunnan Sjundbyn kylässä noin 50 km Helsingistä länteen (kuva 1). Alue on Suomen runsassateisinta seutua. Keskimääräinen vuosisadanta (1931 - 1960) on hydrologian toimiston mukaan alueella 700 - 750 mm (korjattu sadanta). Lumena sataa tästä määrästä 25 - 30 %. Lumen vesiaron vuosimaksimi on keskimäärin 70 - 100 mm. Keskimääräinen vuosivalunta on 300 - 350 mm.

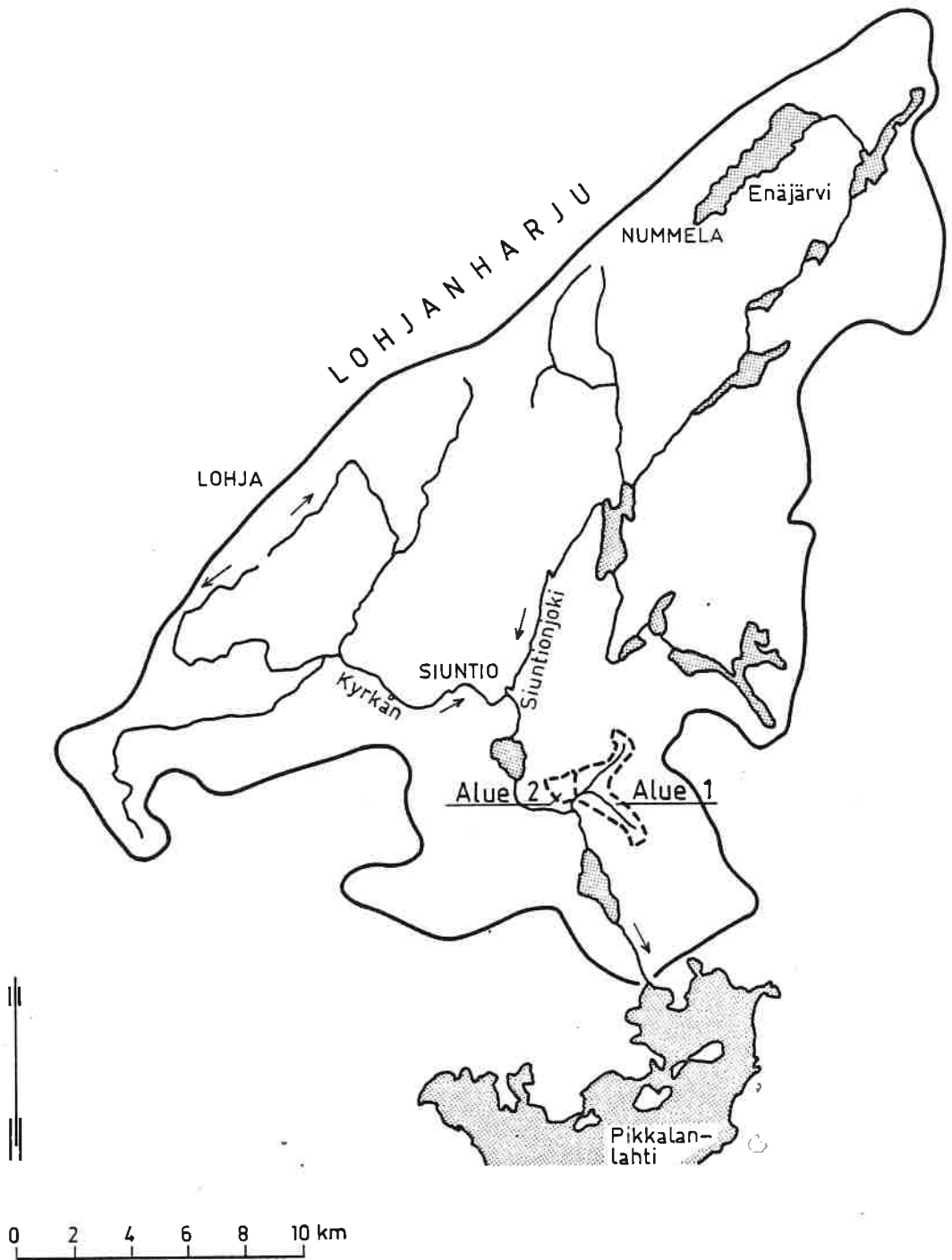
Vuoden lämpimimmän kuukauden (heinäkuu) keskilämpötila on alueella noin +17°C ja vuoden kylmimmän kuukauden (helmikuu) keskilämpötila noin -6°C.

2.2 Maaperä ja maankäyttö

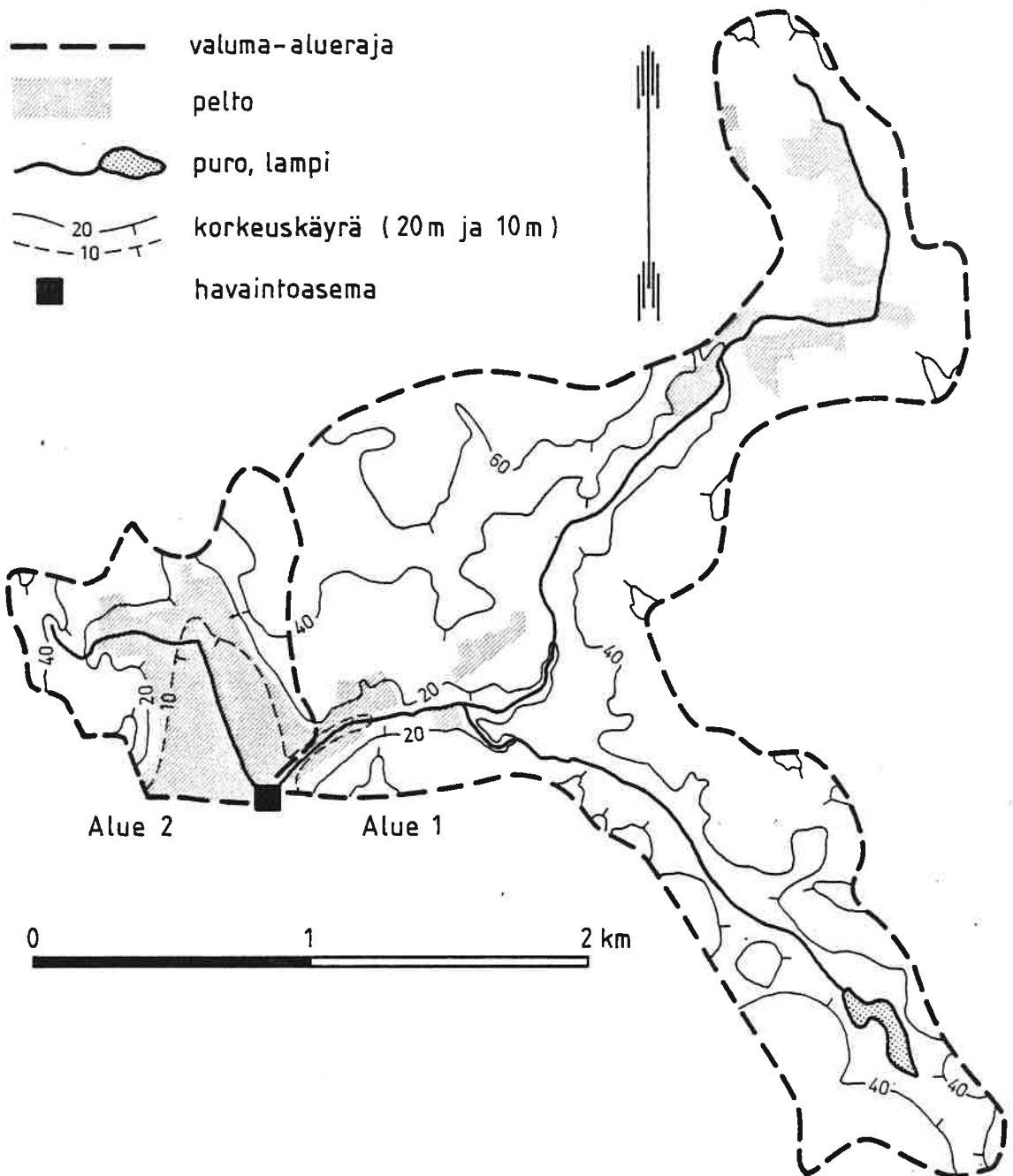
Alueen 1 (metsävaltainen alue) valuma-alueen pinta-ala on 4,2 km² ja peruskartalta arvioitu pellon osuus 7 %. Alueen 2 (peltovaltainen alue) vastaavat lukuarvot ovat 0,85 km² ja 40 %. Keskeisimmät havaintoalueiden maaperää kuvaavat tunnusluvut on esitetty taulukossa 1. Havaintoalueiden muoto ja korkeussuhteet sekä peltojen sijainti ilmenevät kuvasta 2.

Taulukko 1. Havaintoalueiden maaperää kuvaavat tunnusluvut.

		Alue 1	Alue 2
Pinta-ala	km ²	4,2	0.85
Pellon osuus	%	7	40
Suon osuus	%	3	0
Maalajin osuus pinta-alasta:			
- kallio+moreeni+sora+hiekka	%	60	45
- hieta	%	20	10
- savi + hiesu	%	18	45
- turve + lieju	%	2	0
Maaston kaltevuus (keskim.)	%	8	10
Pellon kaltevuus	"	-	2
Vesiuomien kaltevuus	"	1,0	1,0
Järvisyys	%	0,5	0



Kuva 1. Havaintoalueiden sijainti Siuntionjoen vesistöalueella.



Kuva 2. Havaintoalueiden korkeussuhteet ja peltojen sijainti.
Mittakaava 1:20 000

Alue 1 käsittää Etelä-Suomen oloihin nähden harvaa haja-asutusta (5 - 10 as./km²). Peltolohkot ovat alueella pieniä ja viljelyn voimaperäisyysaste alhainen. Osa pelloista on viime vuosina metsitetty. Maastotarkastelun perusteella alueella ei ole yhtään merkittävän kokoista kotieläinsuojaa.

Alueella 2 ei ole lainkaan asutusta, eikä siellä myöskään pidetä kotieläimiä. Alueen pellot ovat voimaperäisessä viljanviljelyssä ja kokonaan salaojitettuja. Väkilannoitteina levitetään alueen pelloille vuosittain typpeä keskimäärin 80 - 90 kg N/ha ja fosforia keskimäärin 40 kg P/ha. Viljelykasvit ja typpilannoitusmäärät vuosina 1976 - 79 on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Viljelykasvien pinta-alat ja typpilannoitusmäärät alueella 2 vuosina 1976 - 1979

Vuosi	Viljelykasvi	Viljelykasvin pinta-ala		Typpilannoitus
		ha	%	kg N/ha
1976	ohra	25	75	} 98
	heinä	4	12	
	kesanto	4	12	
1977	syysvehnä	13.5	40	} 80 + 80 ¹⁾
	kesanto	11	32	
	heinä	4	12	} 110
	kaura	3.5	10	
	sokerijuurikas	2	6	
1978	kaura	11.5	34	} 73
	sokerijuurikas	8	24	
	heinä	4	12	
	kevätevehnä	3.5	10	
	kesanto	4	12	
	ruis	3	9	
1979	ohra	24	70	} 83
	sokerijuurikas	10	30	

1) syyslannoitus edellisenä syksynä

Pellon pintamaa alueella 2 on pääasiassa multavaa liejusavea. Pelto-
maan pH-arvot vaihtelevat välillä 5 - 6 ja ne ovat tehokkaan kasvin-
viljelyn kannalta liian alhaisia. Helppoliukoisen fosforin pitoisuus
maaperässä (yleensä alle 10 mg P/l) on alhaisen pH-asteen vuoksi vil-

jelyn kannalta niinikään liian alhainen. Maaperän happamuuden takia sadot jäävät alueella usein seudun keskimääräistä satotasoa pienemmiksi. Happamuus johtuu maaperässä runsain määrin esiintyvistä sulfideista ja niiden hapettumistuotteista, alunoista. Alue ei tästä syystä lukeudu Etelä-Suomelle tyypillisiin runsastuottoisiin viljelysmaihin.

Alueen 2 metsät sijaitsevat kalliosilla ja sora-moreeniperäisillä rin-teillä. Ne on pääosin hakattu paljaaksi viime vuosina. Metsämaan lannoituksia alueella ei ole suoritettu.

3. AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 Sadantahavainnot

Sadantaa mitattiin Nipherin tuulensuojuksella varustetulla Wild'in sademittarilla havaintoalueilta laskevien purojen yhtymäkohdan läheisyydessä vuoden 1976 alusta vuoden 1977 kesäkuun loppuun. Havainnot tehtiin aamuisin klo 8. Heinäkuun 1977 alussa Wild'in mittari korvattiin piirtävällä sademittarilla (Fuess), johon jäätymisen estämiseksi ja lumen sulattamiseksi asennettiin hehkulamppu lämmityslaitteeksi. Piirturin paperista, joka on varustettu 7 d:n aikajautuksella, on mahdollista arvioida sateen intensiteetin vaihtelut ajallisesti tunnin tarkkuudella.

Piirtävän sademittarin toiminta on ollut erityisesti pakkaskausina epävarmaa. Mittariin asennettu lämmitys ei ole aina kyennyt sulattamaan keräysastiaan satanutta lunta, joten talviaikaiset arvot ovat erittäin epäluotettavia. Jäätyminen on haitannut myös itse mittarimekanismin toimintaa, mistä on seurannut runsaasti havaintokatkoksia.

Rinnan sadantamittausten kanssa on tehty ilman lämpötilan ja kosteuden mittauksia piirtävillä mittareilla. Näitä havaintoja ei ole kuitenkaan käytetty hyväksi tulosten analysoinnissa.

3.2 Valumahavainnot

Alueilta 1 ja 2 tulevien laskuojien yhtymäkohtaan on vuonna 1976 rakennettu havaintokoppi virtaaman mittaamista varten. Kopin alle on rakennettu puusta kaksi ylisyöksymittapatoa, joissa mitataan mo-

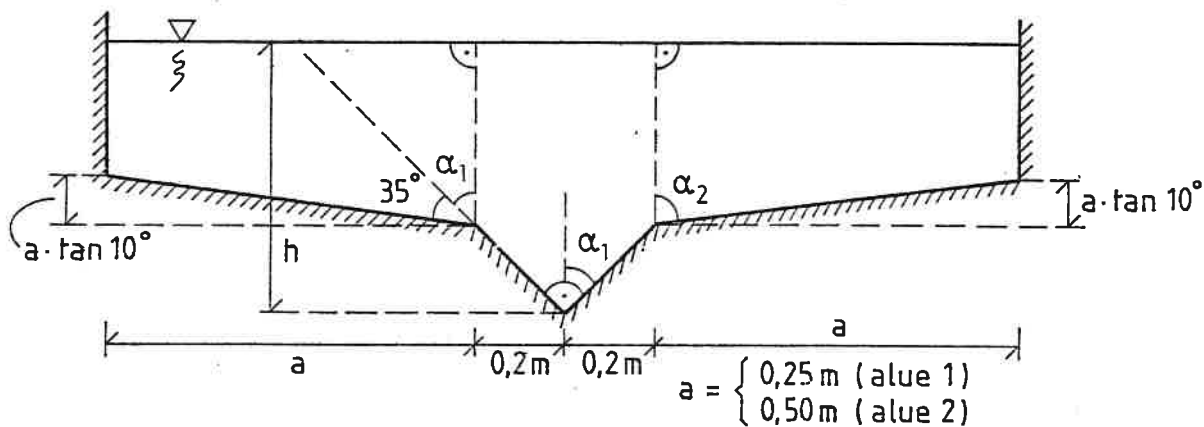
lemmiltä alueilta tulevan veden määrää erikseen. Vedenkorkeus mitataan välittömästi mittapatojen edessä olevien vaimennusalaiden päälle asennetuilla limnigrafeilla (Ott). Mittapatojen rauhoitusaltaat on erotettu toisistaan puisella ponttiseinällä. Mittapadon poikkileikkaus on esitetty kuvassa 3.

Virtaaman (Q) laskemiseen voidaan käyttää kolmiomittapadon vapaan purkautumisen periaatetta. Virtaama saadaan tällöin eri osakolmioiden virtaamien summina kaavan (1) avulla:

$$Q = 0,533 \mu \sqrt{2 \cdot g \tan \alpha \cdot h^{(5/2)}}, \text{ missä } \mu = 0,62 \quad (1)$$

Kertoimen μ arvo on testattu tekemällä vuosina 1977 - 79 padoilla virtaamamittauksia mitta-astiaa, väriainetta ja siivikkoa käyttäen. Vedenkorkeuksista laskettujen virtaama-arvojen tarkkuus molemmilla alueilla on noin $\pm 10 \%$.

Vuorokausikeskivalumat on laskettu piirturipaperista neljän tunnin välein luettujen kuuden vedenkorkeuden perusteella. Kyseinen menettelytapa antaa pienilläkin alueilla riittävän tarkan keskiarvon.



Kuva 3. Havaintoalueiden mittapatojen poikkileikkaus.

Alueella 2 on seurattu pohjaveden pinnankorkeuden vaihteluita 11 pohjavesiputkessa vuodesta 1977 lähtien noin kuukauden väliajoin. Näitä havaintoja ei ole tässä selvityksessä kuitenkaan käytetty hyväksi.

3.3 Näytteenotto ja näytteiden analysointi

Sadetaapahtumien aikana ja kuivalla kaudella otettiin virtaamaan verrannollisia yhden vuorokauden kokoomanäytteitä kesäisin ja syksyisin vuosina 1977 - 79 yhteensä 31 kpl alueelta 1 ja yhteensä 34 kpl alueelta 2 (vrt. liite 2). Kevään sulamiskaudella vuosina 1978 - 79 otettiin virtaamaan verrannollisia yhden vuorokauden kokoomanäytteitä 11 kpl alueelta 1 ja 16 kpl alueelta 2.

Näytteet otettiin yleensä molemmilta alueilta samanaikaisesti kahdella akkukäyttöisellä Automatic Liquid Samplers Ltd'n valmistamalla Mark 4 BE tyyppisellä automaattinäytteenottimella. Kellolaitteistolla varustetut näytteenottimet ottivat halutuin väliajoin samansuuruisia näytteitä tilavuudeltaan yhden litran vetoisiin tummennettuihin lasipulloihin. Näytteenottoväli oli yleensä kaksi tuntia. Näytteenotto perustui pulloissa olevaan alipaineeseen, joka saatiin aikaan käsikäyttöisen tyhjäpumpun avulla. Näytteenoton ajaksi näytteenottimet sijoitettiin limnigrafikojun lattialle.

Sadetaapahtuman aikana näytteenottimet vietiin laboratoriosta n. 40 km:n matkan päähän havaintoalueille, missä ne asennettiin välittömästi toimintaan. Automaattista näytteenoton aloitusta sateen alkaessa ei käytännön järjestelyvaikeuksien vuoksi voitu toteuttaa. Tästä syystä näytteenotto monissa tapauksissa alkoi vasta sateesta aiheutuneen valumahuipun mentyä ohitse. Tämä aiheuttaa edelleen aineiston käsittelyssä systemaattista virhettä tuloksiin, mikäli ainepitoisuudet sateen alku- ja loppuvaiheessa poikkeavat toisistaan. Tämän virheen suuruutta ei voitu arvioida, koska sadetaapahtuman aikana tapahtuvia pitoisuusvaihteluita ei tutkittu. Näytteitä ei myöskään otettu kaikkien sadetaapahtumien aikana, vaan analysoitavan sadetaapahtuman valinta oli lähinnä sattumanvarainen. Viikon sisällä otettiin kuitenkin yleensä vain yksi näyte, vaikka sadetaapahtumia olisi ollut useampiakin.

Kevättulva-aikoina ei edellä mainittuja virhelähteitä esiintynyt, koska vuorokautisista lämpötilavaihteluista aiheutuva valuman nousu ja lasku tapahtuivat jokseenkin säännöllisesti tiettyinä vuorokaudenaikoina (vrt. Pekkarinen 1979a). Vuoden 1978 kevätsulamisen aikana näytteitä otettiin keskimäärin kaksi kertaa viikossa ja vuoden 1979 kevätsulamisen aikana keskimäärin kerran viikossa.

Kuivan ajan näytteet otettiin muutamaa poikkeusta lukuunottamatta kesä- ja heinäkuussa, jolloin maaperän kosteuspitoisuus oli alhainen.

Välittömästi näytteenoton jälkeen näytepullot (yleensä 12 pulloa/havaintoalue) tuotiin laboratorioon, missä ne sekoitettiin näytteenottohetkisten valumien suuruudella painotettuna yhdeksi kokoomanäytteeksi.

Kokoomanäytteistä tehdyt määritykset ja niiden analyysimenetelmät on esitetty liitteessä 1. Näytteistä tehtyjen analyysien valikoidut ovat vuosittain jonkin verran vaihdelleet laadittujen näytteenotto-ohjelmien mukaisesti.

3.4 Aineiston käsittely

Aineiston käsittelyn lähtökohtana oli tulosten saattaminen vertailukelpoisiksi valtakunnallisen hulevesitutkimuksen taajamakoealueilta saatavien tulosten kanssa. Tästä syystä katsottiin tarkoituksenmukaiseksi luokitella pitoisuushavaintoaineisto kolmeen ryhmään: kevään sulamiskauden näytteet, sadekauden näytteet ja kuivakauden näytteet.

Kevään sulamiskaudeksi vuosina 1978 - 79 määriteltiin ajanjakso 30. maaliskuuta ... 20. toukokuuta. Molempina vuosina sulamiskausi alkoi ja päättyi jokseenkin tarkalleen samoina ajankohtina. Alueella 1 em. ajanjakso vastasi tarkasti sitä ajanjaksoa, jolloin alueen valuma oli pitkän ajanjakson keskiarvoa (noin 10 l/s km²) suurempi. Alueen 2 valuma laski arvoon n. 5 l/s km² toukokuun 20 päivään mennessä.

Sulamiskauden ulkopuolisten näytteiden (21. toukokuuta ... marraskuu) jako sadekauden ja kuivakauden näytteisiin ei ollut täysin yksiselitteinen. Kaikki sateet eivät aiheuttaneet havaittavaa valuntaa varsinkaan kesäkuukausina maan kosteuspitoisuuden ollessa alhainen. Toisaalta sateesta saattoi aiheutua huomattavasti valuntaa vielä useita vuorokausia sateen päättymisen jälkeen maan kosteuspitoisuuden ollessa korkea, erityisesti syksyisin. Kuivakauden näytteiksi luokiteltiin niiden ajankohtien näytteet, jolloin valumakäyrä edellisen sateen jälkeen ei ollut enää selvästi laskeva ts. kun virtaama oli näytteenoton aikana likimäärin vakio. Muut näytteet luokiteltiin sadekauden näytteiksi. Luokittelun pohjalta voitiin todeta, että näytteenottovuorokauden ja sitä edeltävän kahden vuorokauden sadesumma oli kuivakauden näytteiden yhteydessä aina alle 10 mm (taulukko 3). Toisaalta sadekauden näytteiden yhteydessä vastaava sadesumma yhtä poikkeusta lukuun ottamatta oli vähintään 10 mm (taulukko 4). Ko. poikkeustapauksessa (24. - 25. syyskuuta 1979) kolme vuorokautta aikaisemmin sattuneen 20 mm:n sateen seurauksena näytteenottovuorokauden keskivaluma oli vielä varsin suuri, 20 l/s km² alueella 1 ja 10 l/s km² alueella 2. Näytteenottovuorokauden keskivaluma vaihteli kuivan kauden näytteiden yhteydessä 0,1 - 4 l/s km² ja sadekauden näytteiden yhteydessä 0,5 - 70 l/s km².

Taulukko 3. Kuivakauden näytteiden lukumäärän jakautuminen eri sadeluokkiin näytteenottoa edeltävän ajanjakson pituuden perusteella,

Ajanjakso (näytteenotto- vuorokauden lisäksi)	Näytteiden lukumäärä (kpl)						
	Sademäärä (mm)						
	0	1-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59
+ 1 edell. vrk	11	4	-	-	-	-	-
+ 2 edell. vrk	5	8	-	-	-	-	-
+ 5 edell. vrk	3	8	4	-	-	-	-

Taulukko 4. Sadekauden näytteiden lukumäärän jakautuminen eri sadeluokkiin näytteenottoa edeltävän ajanjakson pituuden perusteella.

Ajanjakso (näytteen- ottovuoro- kauden li- säksi)	Näytteiden lukumäärä (kpl)						
	Sademäärä (mm)						
	0	1-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59
+ 1 edell. vrk	1	5	8	5	-	-	-
+ 2 edell. vrk	1	-	9	5	4	-	-
+ 5 edell. vrk	-	-	5	4	4	4	2

Kun aineisto edellä selostetulla tavalla oli jaettu kolmeen ryhmään, haettiin kullekin ryhmälle pitoisuuksien maksimi-, minimi- ja mediaaniarvot sekä laskettiin kunkin ryhmän pitoisuushavainnoista koko tutkimusajan aritmeettiset keskipitoisuudet ($\bar{x}$) ja painotetut keskipitoisuudet (c_m). Viimeksi mainitut arvot saatiin painottamalla yksittäisiä pitoisuushavaintoja (c_i) näytteenottovuorokausien keskivalumilla (q_i) seuraavalla kaavalla:

$$c_m = \frac{\sum c_i \cdot q_i}{\sum q_i}$$

(missä $i = 1 \dots n$, n = pitoisuushavaintojen lukumäärä ryhmässä)

Yksittäisten pitoisuushavaintojen väli on ollut sade- ja kuiva-kaudella vähintään viisi vuorokautta. Kevätsulamiskaudella puolestaan näytteitä pyrittiin ottamaan mahdollisimman tasaisin väliajoin. Tutkimuksen luonne huomioon ottaen pitoisuushavaintoja voitiin näinollen käsitellä riittävän tarkkuuden saavuttamiseksi toisistaan riippumattomina. Siten mm. erillistä näytteenottovälien epätasaisuudesta johtuvaa aikapainotusta ei tehty. Painotettu keskipitoisuus edustaa sitä paremmin tarkastelujakson aikana virranneen vesimassan keskipitoisuutta mitä lähempänä näytteenottovuorokausien keskivaluma on koko tarkastelujakson keskivalumaa.

Ainehuuhtoutumat laskettiin erikseen sulamiskaudelle, sadekaudelle ja kuivakaudelle vastaavan kauden painotetun keskipitoisuuden

(c_m) ja valunnan tulona. Huuhtoutumat ilmoitettiin vuotuisina huuhtoutumismäärinä valuma-alueen pinta-alayksikköä kohden ($\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$), ts. ainevalumina.

Kevään sulamiskauden valunta voitiin arvioida yksiselitteisesti edellä mainittuun sulamiskauden määrittelyyn nojautuen. Jako sadekauden ja kuivakauden valuntoihin tehtiin taulukoissa 3 ja 4 esitettyjen jakaumien perusteella sekä ottamalla huomioon, että syys...marraskuussa samansuuruinen sade aiheuttaa enemmän valuntaa kuin kesä...elokuussa maaperän erilaisen kosteustilanteen vuoksi. Yksittäisen vuorokauden valunnan jakaminen joko sadekauden tai kuivakauden ryhmään tapahtui siten vuorokausisadantoja tutkimalla seuraavasti:

21. toukokuuta...elokuun loppu

- jos vuorokauden sademäärä oli vähintään 5 mm, kuului ko. vuorokausi sadekauteen
- jos vuorokauden ja sitä edeltävien kahden vuorokauden yhteenlaskettu sademäärä oli vähintään 10 mm, kuului ko. vuorokausi sadekauteen
- jos kumpikaan edellä mainituista ehdoista ei luokitellut vuorokautta sadekauteen, kuului ko. vuorokausi kuivakauteen

syyskuun alku...joulukuun alku

- jos vuorokauden ja sitä edeltävän yhden vuorokauden yhteenlaskettu sademäärä oli vähintään 5 mm, kuului ko. vuorokausi sadekauteen
- jos vuorokauden ja sitä edeltävän viiden vuorokauden yhteenlaskettu sademäärä oli vähintään 10 mm, kuului ko. vuorokausi sadekauteen
- jos kumpikaan edellä mainituista ehdoista ei luokitellut vuorokautta sadekauteen, kuului ko. vuorokausi kuivakauteen.

Edellä mainitulla tavalla luokiteltuna kuului sadekauteen vuosittain keskimäärin 90 vuorokautta (maan sulana ollessa).

4. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

4.1 Sadanta- ja valuntasuhteet

Havaintoalueiden sadanta jaksolla 1977 - 79 oli suuruusluokaltaan 10 % keskimääräistä suurempi kun vertailuarvoina käytetään Lohjan Porlan sadanta-arvoja (taulukko 5). Heinä- ja marraskuu olivat selvästi keskimääräistä sateisempia. Touko- ja lokakuun sadanta oli keskimääräistä pienempi. Vuosien 1977, 1978 ja 1979 sademäärät (korjaamattomat) havaintoalueilla olivat 841 mm, 546 mm ja 704 mm.

Vuorokausisadannat havaintoalueilla sulan kauden aikana (touko... marraskuu) vuosina 1977 - 1979 on esitetty liitteessä 2. Luvussa 3.4 sadekauden näytteille esitettyjen perustelujen pohjalta voidaan arvioida, että sadekautta edustava näyte saatiin keskimäärin joka kolmannen merkittävän sadetapahtuman yhteydessä.

Keskimääräiset kuukausivalunnat havaintoalueilla ajanjaksolla 1977 - 79 on esitetty taulukossa 6. Alueen 1 vuosivalunta oli 25 % suurempi kuin alueen 2 valunta. Osaltaan tämä saattaa johtua valuma-alueiden pinta-alojen määrittämisestä tarkkuuksista. Esimerkiksi aluetta 1 koillisessa sivuavan laajahkon suoalueen valumavesien purkautumissuhteita ei ole riittävän tarkasti selvitetty. Valunta vuosina 1977 - 79 oli keskimäärin 10 - 20 % pitkän ajanjakson valuntaa suurempi.

Valunnan kuukausijakauma ajanjaksolla 1977 - 79 vastanee melko tarkasti pitkän ajanjakson jakaumaa, paitsi heinä- ja marraskuussa, jolloin pitkän ajanjakson valunta on vain puolet taulukossa 6 esitetyistä arvoista. Myös alkuvuoden valunta jaksolla 1978 - 79 on esitetty taulukossa 6, koska kokoomanäytteitä ei otettu vielä kevään 1977 sulamiskaudella. Kunkin havaintovuoden kuukausivalunnat on esitetty liitteessä 3.

Sadannasta valunnaksi muodostuvaa osuutta eri ajanjaksoina voidaan tarkastella taulukoiden 5 ja 6 arvojen perusteella korjaamalla kuukausittaiset sadanta-arvot seuraavilla Solantien (1976, ref. Halenius 1979) esittämällä Siuntionjoen vesistöalueelle soveltuvilla korjauskertoimilla:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Korjaus kerroin	1.36	1.39	1.36	1.19	1.08	1.06	1.06	1.06	1.06	1.10	1.18	1.26

Taulukko 5. Keskimääräinen kuukausisadanta (korjaamaton) havainto-
alueilla ja Lohjan Porlassa (16 km havaintoalueilta
luoteeseen) ajanjaksona 1977 - 1979 .

Sadanta (mm)													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
Hav.alueet													
1977-79	48	25	40	53	21	50	110	72	84	45	119	31	698
Lohja, Porla													
1977-79	61	21	48	53	22	42	120	89	82	43	112	36	729
1931-60	51	34	33	40	38	45	72	76	67	67	62	62	647

Taulukko 6. Keskimääräinen kuukausivalunta havaintoalueilla ajan-
jaksona 1977 - 1979.

Valunta (mm)													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
Alue 1													
1977-79	8	3	16	133	43	4	16	8	37	39	100	28	435
1978-79	10	3	8	120	40								
Alue 2													
1977-79	6	1	18	131	25	3	6	3	22	23	87	25	350
1978-79	8	1	10	120	26								

Kesällä (keuhä...elokuu) valunnan osuus korjatusta sadannasta oli 10 % alueella 1 ja vain 5 % alueella 2 vuosina 1977-79. Syksyllä (syys...marraskuu) vastaava osuus oli 63 % alueella 1 ja 47 % alueella 2. Korjattu vuosisadanta (1977-79) oli 804 mm, mistä valunnaksi muodostui 54 % alueella 1 ja 43 % alueella 2.

Maaperän kosteustilanteen ajallisella muuttumisella sulan kauden aikana on merkitystä esimerkiksi pyrittäessä selittämään pitoisuusarvoja valuman suuruudella. Kosteustilanteen vaikutusta ei ole kui-

tenkaan tässä tutkimuksessa otettu huomioon lähinnä siksi, että loka- ja marraskuussa ei ole tehty riittävästi pitoisuushavaintoja. Toisaalta pääosa sulamiskauden ulkopuolisista ainehuuhtoumista tapahtuu juuri em. kuukausina.

Näytteenottoa edeltävän sadannan merkitys näytteenottovuorokauden valuntaan maaperän eri kosteustilanteissa käy ilmi taulukosta 7, jossa on esitetty näytteenottoa edeltäneen sadannan (2 ja 5 edellisen vuorokauden sadanta) ja näytteenottovuorokauden välisen lineaarisen regression korrelaatiokertoimet erikseen kesällä ja syksyllä.

Taulukko 7. Näytteenottoa edeltäneen sadannan (= näytteenottovuorokauden sadannan ja sitä edeltäneiden 2 d:n ja 5 d:n sadannan sadesumma) ja näytteenottovuorokauden valuman välisen lineaarisen regression korrelaatiokertoimet ja niiden merkitsevyys (t-testi) kesällä (toukokuun 21. -elokuu) ja syksyllä (syyskuu-marraskuu).

Sadantajakso (näytteenottovuoro- kausi + sitä edel- täneet vuorokaudet)	Korrelaatiokerroin			
	alueella 1		alueella 2	
	kesä (n=24)	syksy (n=10)	kesä (n=21)	syksy (n=10)
3 d	0,81 ^{xxx}	0,38	0,69 ^{xxx}	0,22
6 d	0,68 ^{xxx}	0,79 ^{xx}	0,50 ^x	0,66 ^x

Taulukon perusteella näyttää ilmeiseltä, että kesällä näytteenottovuorokauden ja sitä edeltävien kahden vuorokauden sadesumma selittää parhaiten näytteenottovuorokauden valuntaa. Vastaavasti syksyllä paras selittäjä on näytteenottovuorokauden ja sitä edeltävän viiden vuorokauden sadesumma.

4.2 Valumaveden laatu

4.21 Arviointimenetelmän merkitys

Havaintoalueiden valumavesien keskimääräinen laatu kevätsulamiskaudella, sadekaudella ja kuivakaudella on esitetty taulukoissa 8 ja 9. Taulukoissa on esitetty pitoisuuksien minimi- ja maksimi-arvot, mediaaniarvot, aritmeettiset pitoisuuskeskiarvot ja näytteen-

ottovuorokausien valumilla painotetut keskipitoisuudet.

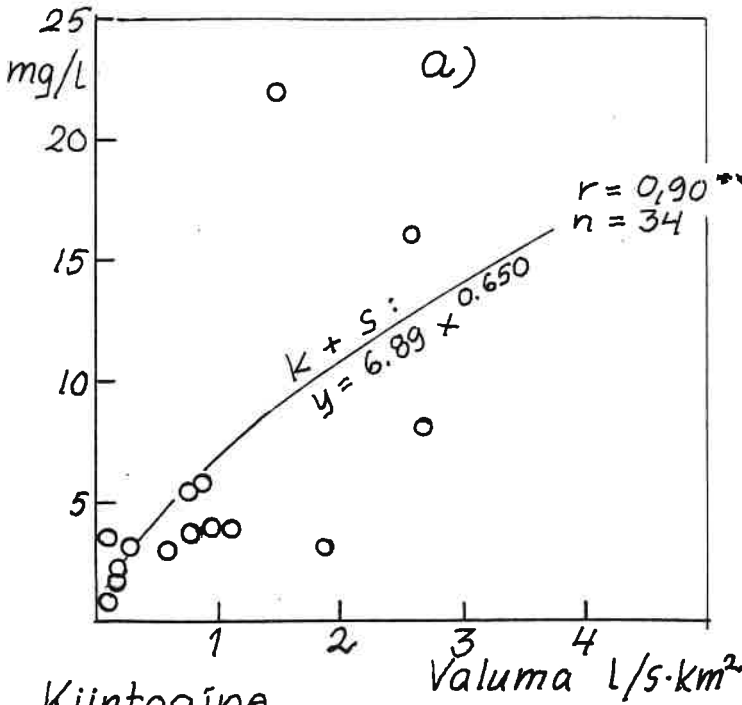
Mediaaniarvo kuvanee parhaiten vedessä useimmiten esiintyvää pitoisuutta. Painotettu keskipitoisuus sen sijaan ei kuvaa vedessä useimmiten esiintyvää pitoisuutta, sillä suurimman painon omaavat virtaamahuippujen aikaiset pitoisuusarvot edustavat ajallisesti vain pientä murto-osaa tarkastelujakson pituudesta. Aritmeettinen pitoisuuskeskiarvo on otettu tarkasteluun mukaan lähinnä vertailujen kannalta, sillä käytännön sovellutuksissa se on yleisesti käytetty, kun virtaamatiedot ovat puutteelliset.

Aritmeettiset ja painotetut pitoisuuskeskiarvot poikkesivat mediaaniarvoista yleensä verraten vähän tietyn ryhmän sisällä. Useimmissa tapauksissa poikkeamat olivat selvästi alle 20 %:n luokkaa. Aritmeettisten ja painotettujen pitoisuuskeskiarvojen keskinäiset erot olivat vieläkin pienemmät, useimmissa tapauksissa merkityksettömän pienet. Pienet erot selittyvät mm. sillä, ettei pitoisuuksien ja valuman välillä yleensä esiintynyt selvää positiivista tai negatiivista riippuvuutta käytetyn ryhmäjaon (sulamiskausi, sadekaus, kuivakausi) sisällä, varsinkaan alueella 1. Merkittävimpana poikkeuksena oli toisaalta kiintoainepitoisuuden ja valuman ja toisaalta fosforipitoisuuden ja valuman välinen positiivinen riippuvuus alueella 2 (kuvat 4 ja 5). Ko. pitoisuuksien osalta alueen 2 painotetut keskipitoisuudet olivat eri ryhmissä 10-50 % aritmeettisiä keskipitoisuuksia korkeammat. Alueella 1 eri tavoin muodotettujen kiintoainekeskiarvojen väliset suuret poikkeamat (jopa 225 %) sulamiskaudella johtuivat muutamasta yksittäisestä selvästi muita korkeammasta pitoisuusarvosta. Samasta syystä johtuivat suurehkot erot enterokokkipitoisuuksissa molemmilla alueilla.

4.22 Veden laadun erot kevätsulamiskaudella, sadekaudella ja kuivakaudella

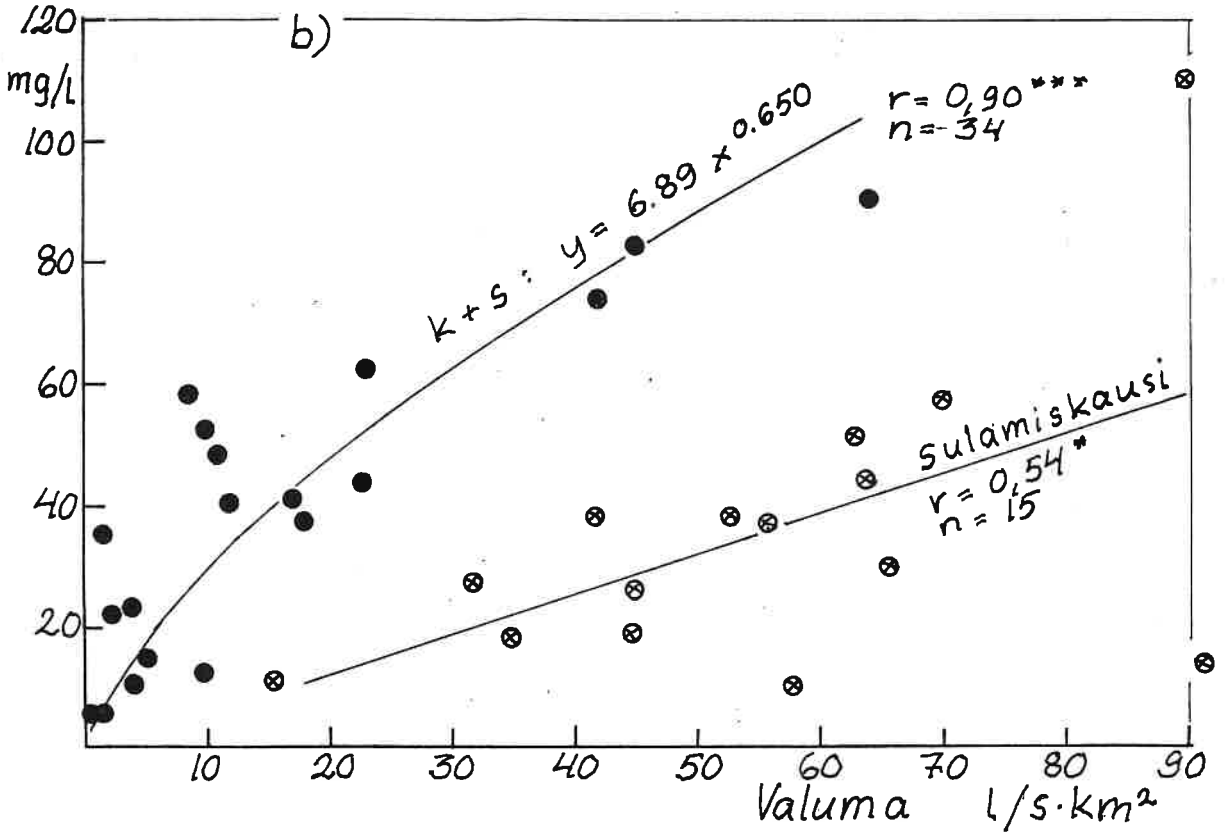
Yleisenä piirteenä useimpien aineiden pitoisuudelle peltovaltaisella alueella (alue 2) olivat selvästi korkeammat arvot kevätsulamiskaudella ja sadekaudella kuin kuivakaudella (taulukko 9). Metsävaltaisella alueella (alue 1) vastaavat erot olivat selvästi pienemmät (taulukko 8).

Kiintoaine

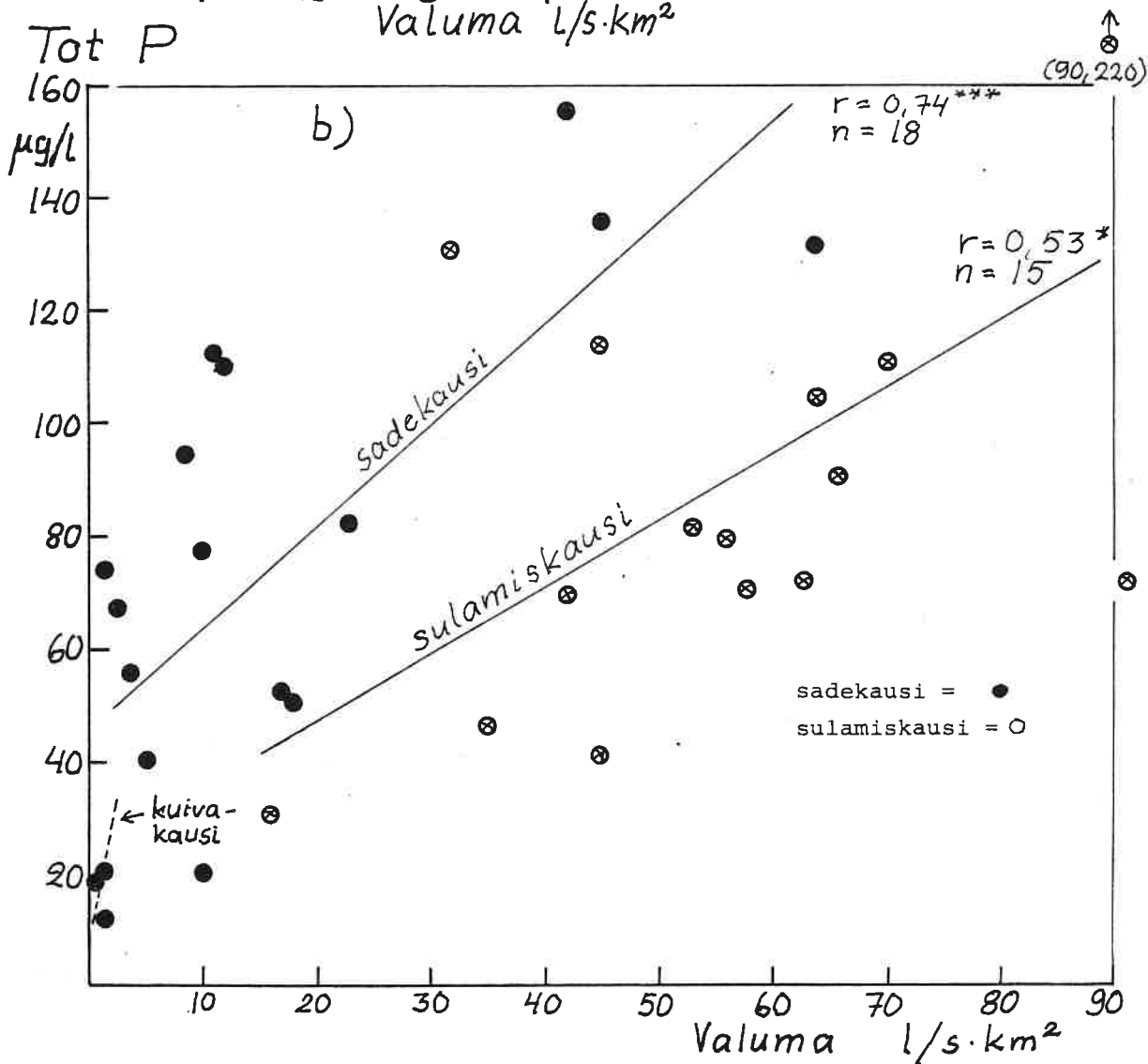
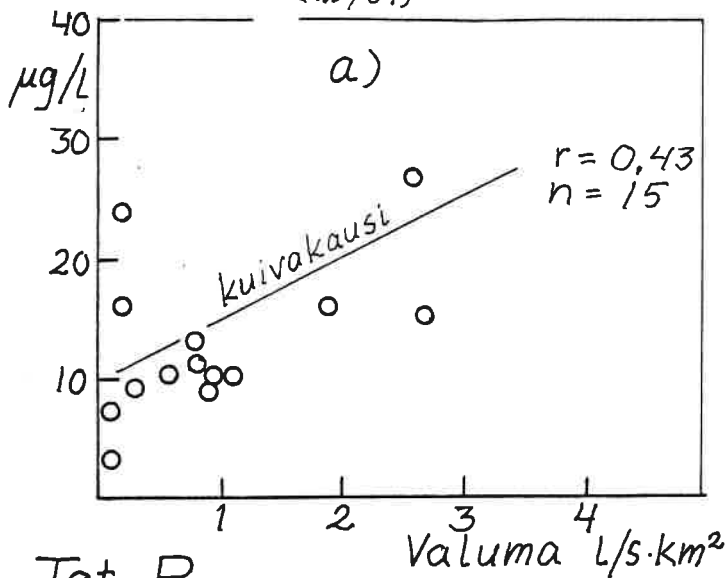


kuivakausi (k) = ○
sadekaus (s) = ●
sulamiskausi = ⊗

Kiintoaine



Kuva 4. Kiintoainepitoisuuden ja valuman välinen riippuvuus alueella 2. a) Kuivakauden havainnot b) sade- ja sulamiskauden havainnot. Huomaa eri mittasuhteet kuvissa a ja b. Huomaa myös, että kuivakauden ja sadekauden havainnoille on laskettu yhteinen potenssifunktion muotoa oleva riippuvuussuhde.



Kuva 5. Kokonaisfosforipitoisuuden ja valuman välinen yhteys alueella 2. a) kuivakauden havainnot b) sadekauden (●) ja sulamiskauden (⊗) havainnot. Huomaa eri mittasuhteet kuvissa a ja b.

Talukko 8. Valumavesien laatu metsävaltaisella havaintoalueella (alue 1) kevätsumaiskaudella vuosina 1978-79 sekä sadekaudella ja kuivakaudella vuosina 1977-79. n = havaintojen lukumäärä, min-max = minimi- ja maksimiarvo, med = mediaaniarvo, $\bar{X}$ = aritmeettinen pitoisuuskeskiarvo, c_m = näytteenottoajankohdan valumilla painotettu keskipitoisuus.

	Lumen sulamiskausi					Sadekausi					Kuiva kausi				
	n	min-max	med	$\bar{X}$	c_m	n	min-max	med	$\bar{X}$	c_m	n	min-max	med	$\bar{X}$	c_m
Kuiva-aine	8	85-330	105	143	170	13	110-315	135	152	159	8	120-160	135	139	137
" , hehk.häviö	8	30-50	35	35	36	12	35-95	45	50	52	8	30-60	45	44	48
Kiintoaine	12	7-240	20	47	65	19	15-65	35	40	46	12	16-32	25	24	23
" , hehk.häviö	8	1-16	3.5	5.0	6.6	10	4-10	7.9	7.6	7.7	5	4-5	5	4.2	4.2
Lask.aineet (2 h)	8	0-0.4	0.1	0.13	0.17	12	0-0.3	0.1	0.09	0.12	8	0-0.1	0.05	0.04	0.04
BHK ₇	8	1-3	2	2.0	2.0	13	1-4	3	2.6	2.3	5	2-3	2	2.4	2.4
Orgaaninen C	0					3	9-16	15	13	15	2	7-11	9	9	9
COD	12	33-55	40	41	43	19	46-72	55	58	57	12	40-59	45	47	47
Tot P	12	33-180	72	82	91	19	29-92	67	66	65	12	35-94	62	65	63
Tot N	11	0.7-1.9	1.1	1.2	1.2	19	0.6-1.9	1.0	1.1	1.1	12	0.5-1.2	0.9	0.9	0.9
pH	12	6.4-6.7	6.5			19	6.1-7.2	6.6			12	6.9-7.4	7.2		
Sähkönjohtavuus (γ_{25})	12	5.0-8.6	6.6	6.6	6.4	19	6.1-12	6.9	7.7	7.1	12	8.6-15	11	11	10
Sulfaatti	7	13-16	14	14	14	9	10-27	16	18	17	6	12-18	16	16	16
Lyijy	12	<1-9	3	3	3	15	<1-9	1	2	1	10	<1-3	1	2	2
Kadmium	8	<1-2	<1	<1	<1	3	<1-2	1	1	1	6	<1-3	1	1	2
Vanadiini	8	<5-19	<5	6	8	9	<5-8	<5	4	4	6	<5-6	5	4	4
Enterokokit	10	2-37	5	23	22	11	5-400	90	82	75	8	11-1300	40	204	129
öljy	1	0.08-0.08				1	0.19-0.19				0				

Taulukko 9. Valumavesien laatu peltovaltaisella havaintoalueella (alue 2) kevätsumaiskaudella vuosina 1978-79 sekä sadekaudella ja kuivakaudella vuosina 1977-79. n = havaintojen lukumäärä, min-max = minimi- ja maksimiarvo, med = mediaaniarvo, $\bar{X}$ = aritmeettinen pitoisuuskeskiarvo, C_m = näytteenottoajankohdan valumilla painotettu keskipitoisuus

	Lumen sulamiskausi					Sadekausi					Kuiva kausi				
	n	min-max	med	$\bar{X}$	C_m	n	min-max	med	$\bar{X}$	C_m	n	min-max	med	$\bar{X}$	C_m
Kuiva-aine mg/l	10	65-205	160	150	150	13	275-360	295	307	301	9	215-425	350	344	310
" , hehk.häviö mg/l	10	25-65	45	43	43	12	60-120	80	81	78	9	29-90	60	59	56
Kiintoaine mg/l	15	10-110	30	35	40	19	5.4-91	40	40	63	15	1-22	3.8	5.8	8.6
" , hehk.häviö mg/l	9	2.2-14	6.7	6.9	7.2	10	1.4-18	13	12	15	6	1.5-3	3	2.6	2.8
Lask.aineet (2 h) ml/l	10	0.02-0.10	0.04	0.04	0.04	12	0-0.20	0.02	0.06	0.08	9	0-0.05	0.02	0.02	0.03
BHK ₇ mg O ₂ /l	10	1-4	2	2.5	2.5	13	1-4	2	2.0	2.1	5	1-2	2	1.6	1.9
Orgaaninen C mg C/l	0					3	5.5-12	9	9	12	2	5-6	5.5	5.5	5.5
COD _{Cr} mg O ₂ /l	15	22-40	31	32	32	19	21-57	44	42	44	15	22-39	27	28	29
Tot P µg P/l	15	30-220	79	89	97	18	12-155	70	73	108	15	3-44	11	15	19
Tot N mg N/l	15	1.8-5.4	3.2	3.3	3.2	19	1.3-9.1	4.9	4.8	5.5	15	0.8-4.1	1.9	2.0	2.0
pH	15	5.3-6.4	6.1			19	4.1-6.6	5.6			15	4.7-6.1	5.0		
Sähkönjohtavuus (γ) mS/m	15	6.9-21	16	15	14	19	24-43	30	31	28	14	20-52	40	39	34
Sulfaatti mg SO ₄ /l	10	18-59	43	38	36	9	57-180	85	93	79	7	96-390	160	174	181
Lyijy µg/Pb/l	15	<1-8	2	2	2.5	15	<1-29	1	3	4	12	<1-5	1	1	1
Kadmium µg Cd/l	10	<1-3	<1	1	1	3	<1-2	1	1	1	7	<1-8	2	3	3
Vanadiini µg V/l	10	<5-8	5	4	4	9	<5-14	6	7	9	7	<5-5	<5	3	3
Enterokokit kpl/100 ml	11	0-7	1	2	2	11	0-150	8	43	31	8	0-23	0	4	3
Öljy mg/l	1	0.09-0.09				1	0-0				0				

Alueella 1 sulamis- ja sadekauden pitoisuuksista ainoastaan kiinto-
ainepitoisuuksien aritmeettiset ja painotetut pitoisuuskeskiarvot
olivat kuivakauden arvoja huomattavasti suurempia (70 - 100 %).
Tällöinkin sulamiskauden mediaaniarvo oli kuivakauden vastaavaa
arvoa 20 % pienempi, koska se ei mitenkään ota huomioon poikkeuk-
sellisen suuria pitoisuusarvoja, joita sulamiskaudella esiintyi
muutamia. Useimmissa tapauksissa sulamiskauden kiintoainepitoisuu-
det olivat kuitenkin laimenemisen seurauksena pieniä, joten arit-
meettinen ja painotettu keskipitoisuus antavat väärän kuvan veden
laadusta niiltä osin kuin ei ole kysymys ainehuuhtouman arvioinnista.

Alueella 2 kiintoainepitoisuuden mediaaniarvo oli sulamiskaudella
7-kertainen ja sadekaudella 10-kertainen verrattuna kuivakauden
vastaavaan arvoon. Sadekaudella kiintoainepitoisuuden mediaani-
arvo alueella 2 oli puolestaan 33 % suurempi kuin sulamiskaudella.
Kuitenkin valuman ylittäessä arvon 10 l/s km^2 oli sadekaudella maa-
perään kohdistuva eroosiovaikutus kiintoainepitoisuuksina mitat-
tuna tietyllä valumatasolla 2-3-kertaa suurempi kuin sulamiskaudella
(kuva 4).

Orgaanisen aineen pitoisuuksissa (COD_{Cr}) oli molemmilla alueilla
havaittavissa samantyyppinen käyttäytyminen kuin kiintoainepitoi-
suuksissa. Prosentuaaliset erot olivat kuitenkin selvästi pienem-
mät. Alueella 1 sulamiskaudella tapahtuva vähäinen laimeneminen
kuivakauteen verrattuna oli nyt havaittavissa myös aritmeettisten
ja painotettujen pitoisuuskeskiarvojen perusteella.

Kokonaisfosforipitoisuus alueella 1 oli sadekaudella ja lumen su-
lamiskaudella suuruusluokaltaan 10 % korkeampi kuin kuivakaudella.
Alueella 2 fosforipitoisuuden mediaaniarvo oli sade- ja sulamis-
kaudella 6-7-kertainen kuivakauteen verrattuna. Valuman ylittäessä
arvon 10 l/s km^2 fosforipitoisuus oli sadekaudella tietyllä valuma-
tasolla noin kaksi kertaa suurempi kuin sulamiskaudella (kuva 4).

Erityisesti alueella 2 pääosa fosforista huuhtoutunee kiintoainee-
seen sitoutuneena. Kiintoaine- ja fosforipitoisuuksien välisen
lineaarisen regression korrelaatiokertoimen arvo oli $0,89^{\text{xxx}}$ ($n=44$)
alueella 2 ja $0,75^{\text{xxx}}$ ($n=43$) alueella 1.

Kokonaistyyppipitoisuus alueella 1 oli sade- ja sulamiskaudella 10 - 20 % korkeampi kuin kuivakaudella. Vastaava pitoisuus alueella 2 oli sulamiskaudella yli 1,5-kertainen ja sadekaudella 2,5-kertainen kuivakauteen verrattuna.

Sähkönjohtavuus (γ_{25}) laimeni molemmilla alueilla selvästi sulamis- ja sadekaudella kuivakauteen verrattuna.

Sulfaattipitoisuus laimeni voimakkaasti sulamis- ja sadekaudella alueella 2 (kuva 6), mikä aiheutti selvän pH-arvon nousun kuivakauteen verrattuna.

Raskasmetallien (lyijy, kadmium, vanadiini) pitoisuudet olivat useimmiten määritystarkkuuksien alarajoilla, mistä syystä eri ryhmien välisiä eroja ei voida luotettavasti vertailla.

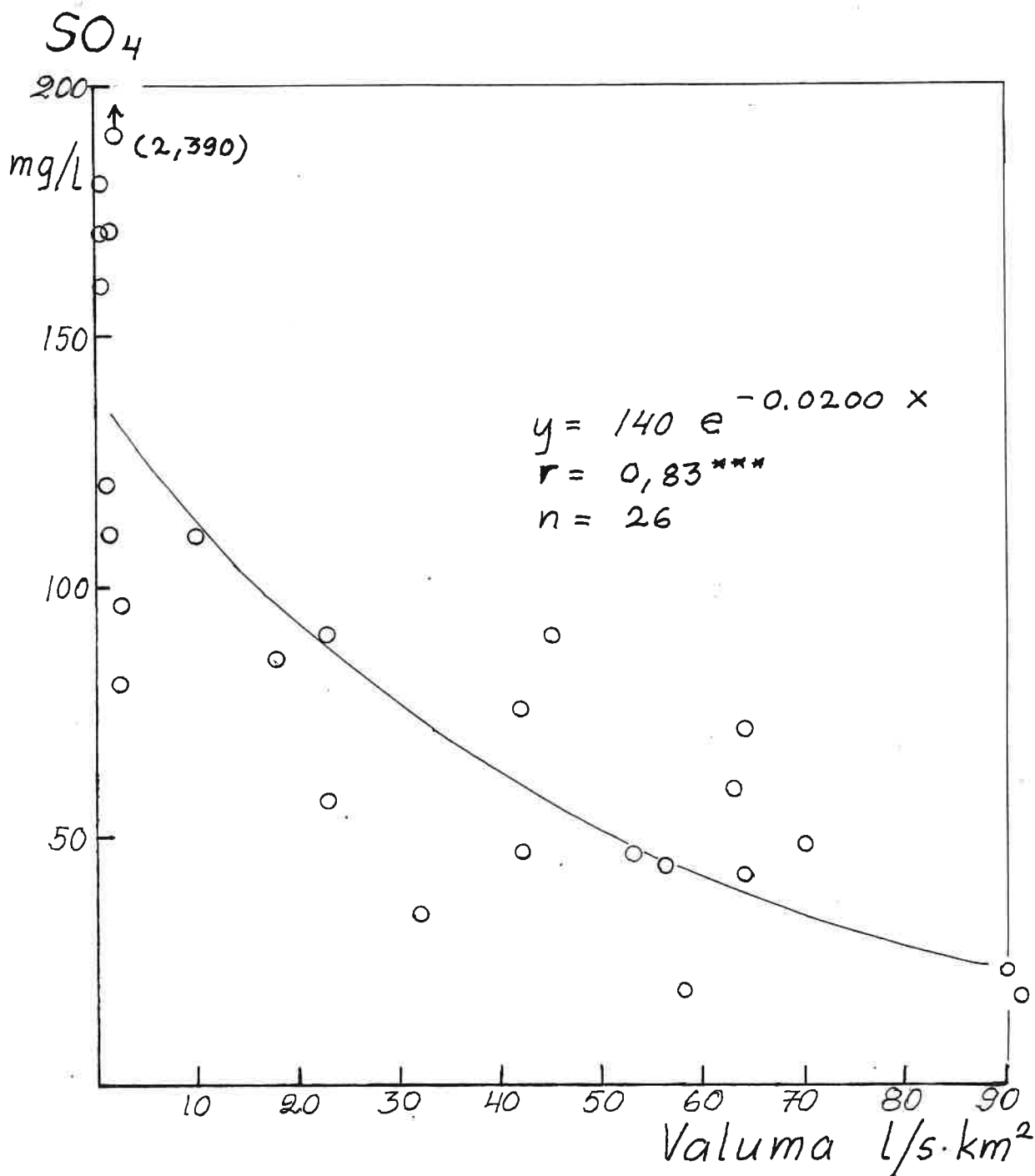
Enterokokkipitoisuus lisääntyi sadekaudella molemmilla alueilla.

4.23 Alueelliset erot veden laadun selittäjinä

Koska havaintoalueita oli vain kaksi, on tarkastelu aluetekijöiden merkityksestä veden laatuun vain suuntaa-antava. Toisaalta lisätukea johtopäätöksille antaa Siuntionjoen vesistöalueella vuosina 1977 - 1978 tehty erillinen huuhtoutumisselvitys (Mussaari ja Pekkarinen 1978, Pekkarinen 1979a, 1979b).

Merkittävä erityispiirre alueella 2 on maaperän happamuus (pH:n vaihtelu valumavesissä 4,1...6,6). Tämä on yhteydessä valumavesien korkeaan sulfaattipitoisuuteen (max 390 mg/l). SO_4 -pitoisuus riippuu voimakkaasti valuman suuruudesta (kuva 6). Alueella 1 SO_4 -pitoisuus oli oleellisesti alhaisempi ja vaihteluväli pieni (10-27 mg/l).

Korkea SO_4 -pitoisuus alueella 2 pienentää kuivakaudella kiintoaine- ja fosforipitoisuuksia. Veden voimakas kirkastuminen kuivakaudella johtuu ilmeisesti maassa muodostuvien alunasuolojen saviainesta ja fosforia maaperään ja uoman pohjalle saostavasta vaikutuksesta. Sade- ja sulamiskausina kiintoaine- ja fosforipitoisuus on peltovaltaisella alueella vähän korkeampi kuin metsävaltaisella alueella. Mm. maaperän viettosuhteilla on todettu Siun-



Kuva 6. Sulfaattipitoisuuden ja valuman välinen riippuvuus alueella 2 (kaikki havainnot).

tionjoen vesistöalueella olevan oleellinen merkitys peltoalueiden valumavesien pitoisuuksiin (Pekkarinen 1979a).

Kokonaistyyppipitoisuus oli peltovaltaisella alueella ajankohdasta riippuen 2-5-kertainen metsävaltaiseen alueeseen verrattuna. Tyyppipitoisuuden onkin todettu riippuvan lineaarisesti valuma-alueen peltoprosentista (mm. Kauppi 1978, Pekkarinen 1979a). Alueella 2 typen huuhtoutumisen on lisäksi todettu riippuvan merkittävästi lannoitusajankohdasta, lannoitteiden käyttömäärästä, satotasosta, viljelykasvista ja kesannon määrästä. Erityisen korkeita tyyppipitoisuudet olivat vuonna 1977 (maksimi keväällä -77 15 mg N/l alueella 2), jolloin sekä hydrometeorologiset, että viljelytekniset olosuhteet olivat typen voimakkaalle huuhtoutumiselle mahdollisimman suotuisat (Pekkarinen 1979a). Korostettakoon, että kevään 1977 korkeat pitoisuus- ja huuhtoutumiarvot eivät ole mukana nyt tehdyn selvityksen laskelmissa.

Orgaanisen aineen (COD_{Cr}) pitoisuus alueella 1 on sade- ja sulamiskaudella 25-35 % korkeampi kuin alueella 2. Tämä on yhteydessä metsä- ja suoalueelta tulevaan runsaaseen humuskuormitukseen. Kuivakaudella alueiden välinen ero on vieläkin suurempi. Tällöin kuitenkin maaperän ja valumaveden alunasuolien korkea pitoisuus alueella 2 ilmeisesti pienentää orgaanisen aineen huuhtoutumista.

Raskasmetallien pitoisuuksissa ei voida luotettavasti osoittaa alueellisia eroja.

Metsävaltaisen alueen korkeahkot enterokokkipitoisuudet johtuvat alueella olevasta asutuksesta. Vaikka peltovaltaisella alueella ei ole lainkaan asutusta, esiintyy alueen valumavedessä silti enterokokkeja erityisesti sadekaudella. Koska enterokokit ovat suolistoperäisiä bakteereja, voisi tämä ehkä olla seurausta alueen runsaasta hirvikannasta.

4.3 Ravinnehuuhtoutumat

Havaintoalueiden vuotuiset ainehuuhtoutumat keskeisimpien aineiden osalta kevätsulamiskaudella, sadekaudella, kuivakaudella ja koko vuonna on esitetty taulukoissa 10 ja 11. Ainehuuhtoutumat laskettiin painotettujen keskipitoisuuksien (c_m , vrt. taulukot 8

Taulukko 10. Vuotuinen ainehuuhtouma metsävaltaisella havaintoalueella (alue 1) kevätsumamiskaudella (1978-79), sadekaudella (1977-79), kuivakaudella (1977-79) ja koko vuonna. (Kuivakauteen on laskettu myös talviaika.) 1. = ainevalumana (kg/km^2 a), 2. = prosentuaalisena osuutena (%) koko vuoden ainevalumasta. (Suluissa on esitetty aritmeettiseen keskipitoisuuteen perustuva arvio.)

Aine	A i n e h u u h t o u t u m a							
	Sulamiskausi		Sadekausi		Kuiva kausi		Koko vuosi	
	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
Kiintoaine	10300	51	8100	40	1700	9	20000	100
	(7400)	(43)		(47)		(10)	(17000)	
COD _{Cr} (O ₂ :na)	6790	33	10100	50	3530	17	20000	"
Tot P	14.4	47	11.5	38	4.7	15	30.6	"
	(13.0)	(45)		(39)		(16)	(29.2)	
Tot N	190	42	195	43	68	15	453	"
Sulfaatti	2200	34	3000	47	1200	19	6400	"
Lyijy	0.47	59	0.18	22	0.15	19	0.8	"
Kadmium	< 0.16	< 33	0.18	37	0.15	31	0.4	"
Vanadiini	1.3	56	0.17	31	0.30	13	2.3	"
Valuma (mm)	158		177		75		410	

Taulukko 11. Vuotuinen ainehuuhtoutuma peltovaltaisella havaintoalueella (alue 2) kevätsulamiskaudella (1978-79), sadekaudella (1977-79), kuivakaudella (1977-79) ja koko vuonna. (Kuivakauteen on laskettu myös talvi-aika.) 1. = ainevaluma ($\text{kg}/\text{km}^2 \text{ a}$), 2. = prosentuaalisena osuutena (%) koko vuoden ainevalumasta. (Suluissa on esitetty aritmeettiseen keskipitoisuuteen perustuva arvio.)

Aine	Ainehuuhtoutuma							
	Sulamiskausi		Sadekaus		Kuiva kausi		Koko vuosi	
	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
Kiintoaine	5920	40	8320	57	420	3	14700	100
	(5180)	(38)		(60)	(280)	(2)	(13800)	
OOD _{Cr} (O ₂ :na)	4740	40	5810	48	1420	12	12000	"
Tot P	14.4	49	14.3	48	0.9	3	29.6	"
	(13.2)	(47)		(51)	(0.7)	(2)	(28.2)	
Tot N	474	36	726	56	98	8	1300	"
Sulfaatti	5300	22	10400	42	8900	36	25000	"
Lyijy	0.37	39	0.53	56	0.05	5	1.0	"
Kadmium	0.15	35	0.13	30	0.15	35	0.4	"
Vanadiini	0.59	30	1.2	62	0.15	8	1.9	"
Valuma (mm)	148		132		49		329	

ja 9) ja niitä vastaavien jaksojen valuntojen tulona. Koko vuoden ainehuuhtoutuma saatiin kolmen ensiksi mainitun jakson ainehuuhtoutumien summana. Tammi- ja helmikuu sekä suurin osa joului- ja maaliskuusta on laskelmissa luettu kuuluvaksi kuivakauteen, vaikka pitoisuushavaintoja em. kuukausina ei ole tehtykään. Eräissä tapauksissa taulukoissa 10 ja 11 on esitetty suluissa myös aritmeettiseen pitoisuuskeskiarvoon perustuva ainehuuhtoutuma, koska arveltiin, että korkean valumahuipun aikana havaittu poikkeuksellisen korkea pitoisuusarvo saattaisi saada liian suuren painon. Tällä on haluttu varmistaa erityisesti eräiden sulamis- ja kuivakauden huuhtoutuma-arvojen luotettavuus, koska sulamis- ja kuivakauden näytteenottovuorokausien valumien keskiarvo oli selvästi näiden kausien keskivalumaa suurempi. Tässä suhteessa sadekauden huuhtoutumarvot lienevät kaikkein luotettavimmat.

Vuotuisissa ainehuuhtoutumissa merkittävimmät alueelliset erot esiintyivät orgaanisen aineen, kokonaistypen ja sulfaatin osalta.

Orgaanista ainetta huuhtoutui alueelta 1 $20 \text{ tn O}_2/\text{km}^2$ a eli 50 % enemmän kuin alueelta 2. Vuonna 1977 orgaanista ainetta huuhtoutui hapeksi muunnettuna kaliumpermanganaattikulutuksen (hapan keitto) avulla arvioituna $8,6 \text{ tn O}_2/\text{km}^2$ a alueelta 1 ja $3,3 \text{ tn/km}^2$ a alueelta 2 (Pekkarinen 1979a). Kiintoainehuuhtoutumat olivat tällöin lähes samansuuruiset kuin taulukoissa 10 ja 11 esitetyt arvot. Voidaan näinollen arvioida, että dikromaattihapetukseen perustuvalla menetelmällä saadaan 2-4-kertaisia orgaanisen aineen huuhtoutuma-arvoja verrattuna permanganaattilukumenetelmään.

Typpihuuhutoutuma alueelta 2 oli 1300 kg/km^2 a eli lähes kolminkertainen ja sulfaattihuuhutoutuma 25 tn/km^2 a eli nelinkertainen alueen 1 vastaaviin huuhtoutumiin verrattuna. Alueen 2 typpihuuhutoutuma edustaa varsin hyvin Siuntionjoen vesistön savi- ja peltovaltaisilta alueilta normaalisti tapahtuvaa huuhtoutumaa (Pekkarinen 1979b). Sen sijaan alueen 2 sulfaattihuuhutoutuma lienee oleellisesti korkeampi kuin vesistöalueella keskimäärin.

Fosforia huuhtoutui molemmilta alueilta likimäärin yhtä paljon, noin 30 kg/km^2 a. Muualla Siuntionjoen vesistön peltovaltaisilla alueilla fosforihuuhutoutuma vaihtelee yleensä kuitenkin $40 - 60 \text{ kg/km}^2$ a (Pekkarinen 1979b).

Raskasmetallien huuhtoutumat olivat pieniä ($0,4 - 2 \text{ kg/km}^2 \text{ a}$) ja lähes yhtä suuria molemmilla alueilla. Määrittämenetelmien epätarkkuudesta johtuen raskasmetallien huuhtoutuma-arvoja on pidettävä vain suuruusluokkaa osoittavina.

Huuhtoutuvien ainemäärien prosentuaaliset osuudet eri ryhmissä vaihtelivat melko paljon sekä alueellisesti että eri aineiden kesken. Hieman yleistäen voidaan todeta, että noin 7 kuukauden pituisena kuivana kautena ainehuuhtoutumista tapahtui 10-20 % alueella 1 ja vain 5-10 % alueella 2. Loppu jakaantui likimäärin tasan sulamiskauden ja sadekauden kesken.

5. Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen havaintoalueilla saatuja tuloksia ei voida yksioikoisesti soveltaa muille Etelä-Suomen pelto- ja metsävaltaisille alueille. Tämä johtuu osittain havaintoaineiston asettamista rajoituksista, osittain havaintoalueiden poikkeuksellisista erityispiirteistä muihin eteläsuomalaisiin alueisiin verrattuna.

Koska sadetapahtumien aikainen näytteenotto useimmissa tapauksissa alkoi vasta sateesta aiheutuneen valumahuipun mentyä ohi, ei esimerkiksi sateen intensiteetin vaikutusta veden laadun vaihteluihin voitu suhteellisen vähäisen aineiston perusteella luotettavasti analysoida. Myös syyssateiden aikaisten havaintojen vähyys aiheuttaa epävarmuutta ainehuuhtoutumien arvioinnissa. Edustaahan syyssateista aiheutuva valunta huomattavaa osaa vuoden kokonaisvalunnasta. Tutkimusjakson keskimääräinen vuotuinen sademäärä sen sijaan edustaa melko hyvin pitkän ajanjakson vuotuista sademäärää. 2-3 vuoden havaintojakso ei kuitenkaan vielä takaa riittävää luotettavuutta varsinkaan peltovaltaiselta alueelta pitkän ajanjakson aikana tapahtuvan typpihuhtoutuman suhteen.

Havaintoalueet kuuluvat maamme runsassateisimpään alueeseen, mistä syystä maaperästä tapahtuvat huuhtoutumat ovat suhteellisen suuria. Pitkän ajanjakson valuma lienee metsävaltaisella havaintoalueella noin 30 % koko Siuntionjoen vesistöalueen keskivalumaa suurempi, mikä lisää merkittävästi ko. alueen huuhtoutumia muihin Etelä-Suomen metsävaltaisiin alueisiin verrattuna.

Pitoisuuksien ja valuman välillä ei ollut erityisen selviä riippuvuuksia metsävaltaisella havaintoalueella. Sade- ja sulamiskaudella veden laatu useimpien aineiden osalta kuitenkin poikkesi jossain määrin kuivan kauden aikaisesta veden laadusta. Aikaisempaan selvitykseen verrattuna (Pekkarinen 1979a) näyttää ilmeiseltä, ettei havaintoaineisto ollut tässä tutkimuksessa riittävän laaja mm. pitoisuuksien ja valuman välisten riippuvuuksien selvittämiseksi.

Peltovaltaisella alueella kiintoaine- ja fosforipitoisuus odotetusti kasvoi valuman kasvaessa. Tämä johtui siitä, että savivaltaisten ja voimaperäisesti viljeltyjen peltojen eroosioherkkyys on suuri. Toisaalta rikin aiheuttama maaperän suuri happamuus pienentää fosforihuuhtoutumaa ja ilmeisesti hieman myös kiintoainehuuhtoutumaa peltovaltaisella havaintoalueella. Sulfaattipitoisuuden ja valuman välillä vallitsee alueella käänteinen riippuvuus. Peltovaltaisella alueella veden laatu poikkeaa sade- ja sulamiskaudella huomattavasti kuivan kauden aikaisesta veden laadusta useimpien aineiden osalta. Poikkeuksen muodostavat raskasmetallit (lyijy, kadmium, vanadiini), joiden pitoisuudet ovat alhaiset sekä pelto- että metsävaltaisella alueella kaikkina ajankohtina, kun jätetään huomioonottamatta muutamit yksittäiset korkeahkot pitoisuusarvot.

Merkittävin alueellinen ero peltovaltaisen alueen suuren sulfaattihuuhtoutuman lisäksi esiintyi typen huuhtoutumisen suhteen. Peltoilta tapahtuva typpihuuhtoutuma on moninkertainen metsästä tapahtuvaan huuhtoutumaan verrattuna. Peltovaltaisen alueen valumavesien typpipitoisuus määräytyy pääasiallisesti valuma-alueella olevan pellon suhteellisen osuuden perusteella.

Aihehuuhtoutumista 80-90 % tapahtuu sulamis- ja sadekausina, jotka edustavat vuodesta noin viiden kuukauden pituista ajanjaksoa.

6. PÄÄTÖSMÄINNINNAT

Valtakunnallisen hulevesitutkimuksen 1977-1979 Siuntionjoen referenssikoealueita koskevan selvitystyön suoritti Teknillisen korkeakoulun vesitalouden laboratorio. Tutkimusta ohjasi vesitalouden professori Jussi Hooli. Tutkimuksen suoritukseen sen eri vaiheissa osallistuivat koko vesitalouden laboratorion henkilökunta ja vesihuolto-tekniikan oppituolin laborantti Aili Kantanen.

Tutkimuksen suoritusta tukivat taloudellisesti hulevesitutkimuksen päärahoittaja Maj ja Tor Nesslingin säätiö, Suomen Akatemia sekä Maa- ja Vesitekniikan Tuki ry.

Esitämme parhaimmat kiitoksemme tutkimukseen osallistuneille työtovereillemme sekä tutkimuksen rahoittajille, mitkä ovat mahdollistaneet tämän tutkimuksen suorittamisen.

ABSTRACT

In connection with the "Finnish Storm Water project 1977-1979" the quality of runoff water and the quantity of wash-out of materials was studied on two small rural adjacent catchment areas in the Siuntionjoki drainage area. In 1977-79 24-hour composite samples proportional to discharge were taken during rainfall and in the dry period. 31 samples were taken in area 1 (cultivated area 7 %) and 34 samples in area 2 (cultivated area 40 %). Also, daily observations on runoff and precipitations were available from these areas. The samples were analyzed and the collected material was processed at the Laboratory of Hydrology and Water Resources Engineering in the Helsinki University of Technology.

The median of the total phosphorus content varied on both areas in periods of snowmelt and rainfall, and in area 1 also during drought, between the values 60...80 $\mu\text{g P/l}$. In area 2 the median of the drought period was only 11 $\mu\text{g P/l}$, which is linked with the low pH (5,0) and high SO_4 -concentration (160 mg/l) of the runoff water. The median of the total nitrogen content varied in different periods between 0,9 and 1,1 mg N/l in area 1 and between 1,9 and 4,9 mg N/l in area 2. The concentration of heavy metals (Pb, Cd and V) were low in both areas regardless of the sampling period. For example, the median of the lead content varied from 1 to 3 $\mu\text{g Pb/l}$.

The annual wash-out of total phosphorus in both areas was about 30 kg/km^2 half of which was flushed during snowmelt in less than two months. The annual wash-out of total nitrogen was 450 kg/km^2 in area 1 and 1300 kg/km^2 in area 2. The portion of snowmelt in the wash-out values was of the order of 40 %.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- Halenius, L. 1979. Hydrologiset selvitykset vesistösuunnittelussa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, rakennusinsinööri-osasto. Otaniemi. 119 p.
- Kauppi, L. 1979. Effect of drainage basin characteristics on the diffuse load of phosphorus and nitrogen. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 30: 21-41.
- Melanen, M. 1978a. The Finnish Urban Storm Water Project.
- Proceedings, International Conference on Urban Storm Drainage, Southampton.
- Melanen, M. 1978b. The Finnish Urban Storm-Water Project.
- In: Melanen, M. (ed.) 1978: The urban hydrology papers presented in the Nordic Hydrological Conference 1978.
- Division of water engineering, Helsinki university of technology, report 10: 196-206.
- Melanen, M. 1979. Hulevedet. Vesipäivä 19.11.1979. Vesiyhdistys ry:n julkaisussa Vesistöjen hajakuormitus: 66-75.
- Melanen, M., Laukkanen, R. 1980. Urban runoff quality and its dependance on some hydrological parameters. Ilmestyy sarjassa "Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja". Vesi-hallitus.
- Mussaari, I. & Pekkarinen, M. 1978. Nutrient wash-off in the Siuntionjoki River watershed. Nordic hydrological conference and second nordic IHP-meeting, Hanasaari Cultural Centre July 31-August 3. 1978. Papers of sessions, II: 57-70.
- Pekkarinen, M. 1979a. Ravinteiden huuhtoutuminen Siuntionjoen vesistöalueella. Diplomityö. Helsingin teknillinen korkeakoulu, rakennusinsinööri-osasto. Otaniemi. 225 p + 43 liitettä.

Pekkarinen, M. 1979b. Hajakuormitusta koskeva tutkimus - Siuntionjoki. Vesipäivä 19.11.1979. Helsingissä Hotelli , Haagassa. Vesiyhdistys ry:n julkaisussa Vesistöjen hajakuormitus: 20-39.

Tuononen, E. & Vakkilainen, P. 1974. Siuntionjoen vesistötutkimus. Alustava tutkimusohjelma vuosille 1975...80. Otaniemi

Kokoomanäytteistä tehtyt määritykset ja niiden analyysimenetelmät

Kuiva-aine ja sen hehkutushäviö /1/
 Kiintoaine ja sen hehkutushäviö /1/
 Laskeutuvat aineet /2/
 Biokemiallinen hapenkulutus (BHK_7) /1/
 Orgaaninen hiili /2/
 Kemiallinen hapenkulutus (COD_{Cr}) /3/
 Kokonaisfosfori /4/
 Kokonaistyyppi /1/
 pH /5/
 Sähkönjohtavuus /6/
 Sulfaatti /7/
 Lyijy /8/
 Kadmium /8/
 Vanadiini /8/
 Enterokokit 1. fekaaliset streptokokit /9/
 Öljy /10/

- /1/ Vesianalyysitoimikunnan mietintö. Komiteamietintö 1968: B 19.
- /2/ APHA & AWWA & WPCF, Standard methods for the examination of water and wastewater, 13. painos. New York 1971
- /3/ Suomen Standardisoimisliitto, Standardi SFS 3020. 1979.
- /4/ Vesihallituksen tieteellinen neuvottelukunta, vesianalyysityöryhmä. Standardiehdotus INSTA-VH 23. 1975.
- /5/ Suomen Standardisoimisliitto, Standardi SFS 3021. 1974.
- /6/ Suomen Standardisoimisliitto, Standardi SFS 3022. 1974.
- /7/ Automatic modification by Henriksen A. and Bergman-Paulson I-M., Norwegian Institute for Water Research. Oslo.
- /8/ Atomiabsorptiospektrofotometrisesti.
- /9/ Suomen Standardisoimisliitto, Standardi SFS 3950. 1977. Difco'n mEnterococcus agar, inkubointilämpötila +37°C.
- /10/ Carlberg S.R. & Skarstedt C.B., Determination of small amounts of nonpolar hydrocarbons (oil) in sea water. 1972. J. Cons. int. Expl. Mer (ICES) 34, 506.

Pv	1 9 7 7					1 9 7 8					1 9 7 9										
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
1	-	-	-	-	-	(16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
2	9	-	6	-	-	(2)	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
3	-	-	23	-	-	(-)	10	-	-	-	-	(4)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	17	3	-	-	(-)	19	-	-	-	-	(11)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	6
5	-	-	1	2	3	(11)	3	-	-	-	-	S	(-)	-	-	-	-	-	-	-	9
6	-	-	2	-	9	(3)	7	-	-	-	-	3	(-)	-	-	-	-	-	-	-	8
7	-	-	-	-	-	(-)	S	-	-	-	-	-	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-
8	2	-	-	-	-	(-)	5	-	-	-	-	K	(-)	-	-	-	-	-	-	-	2
9	-	2	-	-	15	(-)	4	-	-	-	-	-	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	7	(3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
11	-	-	-	7	-	12	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	2	-	-	-	17	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
13	4	-	6	-	3	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
14	-	K	7	-	9	4	6	-	-	-	-	(11)	-	-	-	-	-	-	-	-	3
15	-	-	S	-	3	2	S	-	-	-	-	-	(-)	-	-	-	-	-	-	-	9
16	2	26	4	-	1	-	-	-	-	-	-	(12)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	4
17	2	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	5	(11)	-	-	-	-	-	-	-	11
18	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	S	(-)	-	-	-	-	-	-	-	6
19	-	9	2	-	-	-	1	-	-	-	-	6	S	(-)	-	-	-	-	-	-	2
20	-	-	S	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
22	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	7	5	-	14	3	-	-	-	-	10	(-)	-	-	-	-	-	-	-	1
24	-	-	21	3	1	S	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
25	-	-	-	2	-	(4)	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
26	-	2	S	-	-	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25
27	-	3	-	14	(-)	(-)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	16
28	-	1	-	3	(-)	(4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	(9)	(-)	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	8	-	-	S	(13)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
31	3	-	-	-	-	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
Σ	26	70	107	37	(90)	(89)	146	7	52	(92)	(99)	(84)	(32)	68	30	29	(130)	79	(77)	13	144

Havaintoalueiden vuorokausi- ja kuukausisadannat touko...marraskuussa vuosina 1977...1979 sekä kuu-
vakauden (=K) ja sadekauden (=S) kokoomanäytteiden ajoittuminen.
Suluissa esitetyt päiväarvot edustavat Siuntion kirkonkylän sadeaseman havaintoja (vuodet 1977-79)
sekä Siuntion Veijans'in (Storäng) ja Vihdin Tervalammen (työlaitos) sadeasemien havaintoja (vuosi 1979).

Havaintoalueiden kuukausi- ja vuosivalumat vuosina 1977 - 1979.
(Suluissa olevat arvot perustuvat puutteellisiin havaintoihin).

Alue 1

Kuukausi	V a l u m a ($l \cdot s^{-1} km^{-1}$)			
	1977	1978	1979	1977-79
I	1.5	(7)	(<1)	3
II	1.4	(1.6)	(<1)	1.2
III	12.1	3.8	(2)	6.0
IV	62.8	48.7	(43)	51.5
V	17.9	8.8	21.5	16.1
VI	3.4	0.7	0.8	1.6
VII	5.6	3.3	8.5	5.8
VIII	1.2	4.3	3.5	3.0
IX	4.3	22.9	15.1	14.1
X	30.0	8.3	5.0	14.4
XI	54.3	19.2	(43)	38.8
XII	13.1	(3.1)	(15.6)	10.6
I - XII	17.3	11.0	13,3	13.8

Alue 2

Kuukausi	V a l u m a ($l \cdot s^{-1} km^{-1}$)			
	1977	1978	1979	1977-79
I	0.2	(6)	(0.1)	2.1
II	0.4	(<1)	(0.1)	0.3
III	12.1	(6.6)	(1)	6.6
IV	60.2	48.0	(43)	50.4
V	8.5	6.6	12.7	9.3
VI	1.5	0.7	0.7	1.0
VII	3.2	1.7	2.3	2.4
VIII	1.0	1.4	0.8	1.1
IX	3.7	11.9	9.5	8.4
X	18.7	4.8	2.1	8.5
XI	49.4	15.5	35.9	33.6
XII	13.1	1.5	12.9	9.2
I - XII	14.4	8.8	10.1	11.1

VESITEKNIIKAN LAITOKSEN JULKAISUT

THE PUBLICATIONS OF DIVISION OF WATER ENGINEERING

- No 1 Michael Berger: Yleisten uimahallien laatuvaatimukset ja puhdistusmenetelmät. 1975.
- No 2 Matti Melanen, Kim Pingoud, Pentti Yletyinen, Jukka Ranta: Viemäriverkoston simulointimalli. Yleisosa. 1975.
- No 3 Matti Melanen, Kim Pingoud, Pentti Yletyinen, Jukka Ranta: Viemäriverkoston simulointimalli. Käyttäjän manuaali. 1975.
- No 4 Kari Homanen: Puhdistetun asumajäteveden käyttömahdollisuudet teollisuuden raakavetenä. 1975.
- No 5 Matti Heikkilä, Erkki Tuononen, Pertti Vakkilainen: Matemaattisen optimoinnin perusteet vesivarojen suunnittelussa. 1975.
- No 6 Matti Melanen: Matkakertomus asiantuntijavierailusta Ranskaan 15...29-05-1976. 1976.
- No 7 Matti Melanen: Viemäröintialueen hule- ja ylivuotovesitapah-
tumien systeemianalyysi. 1976.
- No 8 Matti Heikkilä, Erkki Tuononen, Pertti Vakkilainen: Vesi-
varojen laadun suunnittelun perusteita. 1977.
- No 9 Vesitalouden seminaari 1976-1977: Pohjavesi hydrologisen
kierron osana. 1977.
- No 10 Matti Melanen (ed.): The urban hydrology papers presented
in the Nordic Hydrological Conference 1978. 1978.
- No 11 Matti Melanen: Preliminary analysis of storm water quality
in seven Finnish urban catchments over the 1977 experiment
period. 1978.
- No 12 Vesihuoltotekniikan seminaari 1978: Viemärilaitoksen toiminnan
tehostaminen. 1979.

- No 13 Heikki Hokkanen, Matti Melanen, Arvo Ilmavirta, Pentti Bergman, Heikki Tähtelä, Rauli Höijer: Valtakunnallisen hulevesitutkimuksen taajamakoealueiden emissioraportti. 1979.
- No 14 Vesitalouden seminaari 1977-78: Maaperän kosteusolojen problematiikka. 1979.
- No 15 Vesitalouden seminaari 1978-1979: Salaojitus maankäytön teknisenä perusedellytyksenä. 1979.
- No 16 E. Yläsoininmäki, P. Yletyinen, J. Kaila: Helsingin keskustan sekaviemäristön analysointi. 1980.
- No 17 Harri Seppänen, Mauri Karonen, Juhani Kettunen: Ekologiset vedenlaatumallit. 1980.