

SIUNTION KIRKKOJOEN VEDEN LAADUN SEURANTATUTKIMUS 2005

Jyrki Nurminen – Maija Paasonen-Kivekäs – Pertti Vakkilainen



**Teknillinen korkeakoulu
Vesitalouden ja vesirakennuksen laboratorio**

TIIVISTELMÄ

Siuntionjoen vesistöalueeseen kuuluva Kirkkojoki (Kyrkån) sijaitsee läntisellä Uudellamaalla Lohjanharjun itä- ja eteläpuolella, noin 40 kilometriä Helsingistä länteen. Kirkkojoen valuma-alueesta ($F \approx 140 \text{ km}^2$) on noin 2/5 peltoa ja lähes 3/5 metsää. Järvien osuus on pieni, vain 0,3 % valuma-alueen pinta-alasta.

Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen laboratorio aloitti Kirkkojoen veden laadun seurannan toukokuussa 2005. Vesinäytteitä haettiin noin kerran viikossa kolmesta Kirkkojoen pisteestä, jotka sijaitsivat jokijuoksulla noin kahden kilometrin välein. Lisäksi näytteitä otettiin jokeen laskevasta valtaojasta. Mittauspisteet sijaitsivat Gårdskullan ja Suitian tilojen alueilla. Kirkkojoen kolmesta pisteestä näytteitä otettiin touko-joulukuussa 26 kertaa ja jokeen laskevasta valtaojasta kahdeksan kertaa. Näytteistä analysoitiin kokonaistyyppi-, kokonaisfosfori-, fosfaattifosfori- sekä kiintoainepitoisuudet. Joen vedenkorkeutta seurattiin keskimmäisen tutkimuspisteen läheisyyteen asennetulta asteikolta ja sadantaa TTK:n koealueelta Siuntion Rudbäckistä. Tässä raportissa on esitetty näytteenotto- ja analysointimenetelmät sekä mittaustulokset touko-joulukuulta 2005. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää veden laadun muuttumista Kirkkojoen juoksulla sekä peltoalueilta tulevan ravinne- ja kiintoainekuormituksen mahdollista vaikutusta veden laatuun. Analysoituja ainepitoisuuksia verrattiin myös Kirkkojoesta vuosina 1974 – 1984 määritettyihin pitoisuuksiin.

Kirkkojoen kolmen mittauspisteen ravinne- ja kiintoainepitoisuuksien keskiarvot olivat lähellä toisiaan. Kokonaistyyppien keskiarvo ($n = 26$) oli likimain 2,0 mg N/l, kokonaisfosforin noin 100 µg P/l, fosfaattifosforin noin 20 µg P/l ja kiintoaineen noin 40 mg SS/l. Pääasiassa peltojen valumavesiä Kirkkojokeen tuovan valtaojan pitoisuuskeskiarvot ($n = 8$) olivat: kokonaistyyppi 4,7 mg N/l, kokonaisfosfori 120 µg P/l, fosfaattifosfori 39 µg P/l ja kiintoaine 51 mg SS/l. Touko-joulukuussa 2005 tehtyjen vedenlaatuanalyysien perusteella jokiveden ravinne- ja kiintoainepitoisuudet olivat ennen intensiivisessä viljelyssä olevia peltoalueita ja niiden jälkeen varsin lähellä toisiaan. Jokiveden keskimäärin pienistä pitoisuusmuutoksista huolimatta tulosten perusteella on viitteitä siitä, että näytteenottopisteiden väliseltä alueelta tulevat valumavedet olivat ajoittain selvästi konsentroituneempia kuin jokivesi. Ainepitoisuudet kasvoivat varsinkin runsaiden sateiden jälkeen, jolloin peltoalueilta tuli todennäköisesti pinta- ja salaojavaluntaa.

Tutkimusjakso oli hieman keskimääräistä sateisempi. Erityisen sateinen kuukausi oli elokuu. Toisaalta syys- ja lokakuu olivat selvästi keskimääräistä vähäsateisempia. Tutkimusjakso oli kokonaisuudessaan hieman keskimääräistä lämpimämpi ja syksy poikkeuksellisen lämmin.

Kirkkojoen veden laatua (kaksi näytteenottopistettä) tutkittiin 1970- ja 1980-luvuilla toteutetun Siuntionjoen vesistön yhteistarkkailun osana. Näytteenottopisteet sijaitsivat likimain samoissa kohdissa kuin vuoden 2005 seuranta-tutkimuksen ylin ja alin tutkimuspiste. Yhteistarkkailun aikana Kirkkojoesta otettiin näytteitä yleensä neljä kertaa vuodessa, yksi kunakin vuodenaikana. Touko-joulukuussa 2005 Kirkkojoesta määritettyjen kokonaistyyppi-, kokonaisfosfori- ja kiintoainepitoisuuksien keskiarvot olivat 10-50 % aikaisemmassa tutkimuksessa määritettyjä ainepitoisuuksien keskiarvoja pienempiä. Fosfaattifosforin osalta ero oli muita pitoisuuksia selvästi suurempi, vuoden 2005 fosfaattifosforipitoisuuksien keskiarvot olivat alle viidesosa vuosien 1974-84 keskiarvoista. Vuonna 2005 ja 20-30 vuotta sitten määritettyjen ainepitoisuuksien vertailua vaikeuttavat eri aikana käytetyistä analyysimenetelmistä mahdollisesti aiheutuvat erot analyysituloksissa ja tarkastelujakson erilaiset näytemäärät. Myös näytteenottoajankohdan virtaama, josta ei ollut havaintoja vuosina 1974-84, vaikuttaa pitoisuuksiin. Teollisuuden ja asutuksen pistekuormitus Kirkkojokeen on kuitenkin selvästi vähentynyt vuoden 1993 jälkeen, mikä selittää pitkälti pitoisuuksien pienenemistä. Myös lannoitteiden käytön väheneminen 1990-luvun puolivälistä lähtien on todennäköisesti vähentänyt valumavesien ja siten jokiveden ravinnepitoisuuksia.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
	KIRKKOJOEN VALUMA-ALUE	5
	NÄYTTEENOTTO JA ANALYYSIT	8
	Näytteenottopisteet	8
	Näytteiden otto	10
	Vesianalyysit	11
	Vedenkorkeus ja virtaamat	11
	Tutkimusjakson säätila	12
	TULOKSET	14
	Vedenlaatumuuttujien tilastollisia tunnuslukuja	14
	Veden laadun ajallinen vaihtelu	18
	Vedenlaatumuuttujien välisiä riippuvuuksia	22
	TULOSTEN TARKASTELU	25
	Vedenlaatumuuttujien keski- ja ääriarvot Kirkkojoessa	25
	Ainepitoisuuksien ajallinen vaihtelu Kirkkojoen pisteissä K1 – K3	25
	Gårdskullan ja Suitian peltöjen vaikutus Kirkkojoen veden laatuun	26
	Vedenlaatumuuttujien välisiä riippuvuuksia	29
	Valtaojan veden laadun ajallinen vaihtelu	30
	Kirkkojoen ja siihen laskevan valtaojan veden laadun vertailu	31
	Vedenlaatulokitus kokonaisfosforin osalta	33
	Vertailu vuosien 1974 – 1984 vedenlaatumäärittelyyn	34
	Vertailu muihin maatalousvaltaisten valuma-alueiden tutkimuksiin	37
6	YHTEENVETO	40
	LÄHTEET	44
	LIITTEET	46

JOHDANTO

Kirkkojoki (Kyrkån) sijaitsee läntisellä Uudellamaalla Lohjanharjun itä- ja eteläpuolella, noin 40 kilometriä Helsingistä länteen. Siuntionjoen vesistöalueeseen kuuluvan Kirkkojoen valuma-alue sijoittuu Siuntion kunnan ja Lohjan kaupungin alueille. Valuma-alueesta on 2/5 peltoa ja metsää lähes 3/5. Järviä valuma-alueella on vähän, vain 0,3 % pinta-alasta. (Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry 1985).

Siuntionjoen vesistöalueelle johdettavaa pistemäistä jätevesikuormitusta on vähennetty olennaisesti 1990 -luvulla ohjaamalla jätevesiä kokonaan pois alueelta sekä tehostamalla puhdistamoiden toimintaa. Kirkkojoen ongelmana on valuma-alueelta helposti huuhtoutuva hienojakoinen maa-aines ja valuma-alueen suuri peltoprosentti, jotka saavat yhdessä aikaan runsaan hajakuormituksen. Jokihaaran ainoa pistekuormittaja on nykyisin Munkkaan jätekeskus (Lohjan aseman kaatopaikka), jolta valuvat vedet heikentävät alapuolisen laskuojan veden laatua. (Mettinen ja Jokinen 2001)

Kesäaikana yleensä verrattain vähävetisen Kirkkojoen virkistyskäyttö on suhteellisen vähäistä. Kirkkojoessa ei ole uimarantoja, vaan joen valuma-alueen ainoa yleinen uimaranta on pienen Fårträsk -järven länsipäässä. Järven vesi on puhdasta ja kirkasta, mutta sen sijainti on syrjäinen. Kirkkojoen alueen veneilystä ja melonnasta ei ole käytettävissä tarkkoja tietoja. Ainoastaan alueen pienillä järvillä (Hemträsket, Palträsket ja Fårträsket) lienee mahdollisuuksia veneilyyn. Jokiosuuksilla voitaneen kanoottimelontaa harjoittaa tulva-aikoina, tosin Munksin/Störsbyn myllypato on kulkuesteenä. Retkeily ja muu virkistyskäyttö lienee niin ikään melko vähäistä, koska Kirkkojoen alueella ei ole kunnan tai valtion omistamia virallisia ulkoilu- tai retkeilyalueita. (Siuntionjokineuvottelukunta 1989)

Kirkkojoen Munksinkoski (Störsby) ja Kirkkokoski sekä pääuomaan laskeva Lempansin puro (Lempansån) kokonaisuudessaan ovat vuonna 2002 tehdyn selvityksen mukaan lohi- ja siikapitoisten vesien koski- ja virtapaikkoja (TE-keskus 2004). Parhaimmillaan Kirkkojoen päähaaran ja yläosan Lempansin puron haaran olosuhteet soveltuvat varsin monipuoliselle kalastolle, myös taimenelle. Kesän 1999 kalastuksissa taimenia havaittiin Lempansin puron koekalastuspaikalla (Ranta et al. 2000). Siuntion vesistöalueen jokia on sähkökoekalastettu vuodesta 1973 lähtien.

Vuosina 1974-1984 Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry ja Teknillisen korkeakoulun vesitalouden laboratorio suorittivat Siuntionjoen vesistön yhteistarkkailua. Tarkkailun perusteena oli Siuntionjoen kuormittajille asetetut tarkkailuvelvoitteet. Kirkkojoessa oli kaksi havaintopaikkaa, Störsbyn padolla ja Siuntion kirkon kohdalla. Vesinäytteet otettiin kustakin paikasta pääosin neljä kertaa vuodessa: I helmimaaliskuussa, II huhti-toukokuussa, III elokuussa sekä IV loka-marraskuussa. (Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry 1979-1985, Teknillinen korkeakoulu 1974 ja 1977).

Kirkkojoen veden laadun seuranta aloitettiin Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen laboratoriossa uudelleen toukokuussa 2005. Tutkimus tehtiin Salaojituksen Tutkimusyhdistys ry:n toimeksiannosta ja sitä rahoitti Salaojituksen tukisäätiö. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää veden laadun muuttumista Kirkkojoen juoksulla sekä Gårdskullan ja Suitian tilojen peltoalueilta tulevan ravinne- ja kiintoainekuormituksen mahdollista vaikutusta veden laatuun. Vesinäytteitä otettiin noin viikon kerran viikossa, kolmesta havaintopisteestä Kirkkojoesta ja yhdestä siihen laskevasta valtaojasta. Näytteistä analysoitiin kokonaistypen, kokonaisfosforin, fosfaattifosforin ja kiintoaineen pitoisuudet. Tässä raportissa on esitetty näytteenotto ja

mittaustulokset touko-joulukuulta 2005. Analysoituja ravinne- ja kiintoainepitoisuuksia on verrattu Kirkkojoesta vuosina 1974-1984 määritettyihin pitoisuuksiin.

KIRKKOJOEN VALUMA-ALUE

Kirkkojoki kuuluu Siuntionjoen vesistöalueeseen, joka saa alkunsa Vihdin Enäjärvestä ja laskee Pikkalanlahteen Siuntiossa. Vesistö jakaantuu kahteen toisistaan varsin selvästi poikkeavaan alueeseen, Kirkkojoen haaraan ja Siuntionjoen päähaaraan. Kirkkojoen valuma-alueella peltojen osuus on selvästi suurempi kuin päähaaran alueella, jossa puolestaan järvisyys on suurempi. Vesistöjen yleisessä käyttökelpoisuusluokituksessa Siuntionjoen vesistöalue (mukaan lukien Kirkkojoen päähaara) järvineen kuuluu pääosin luokkaan välttävä. (Uudenmaan ympäristökeskus 2005)

Kirkkojoki alkaa Lohjanharjulta Kroutinojana ja jatkuu Munkkaanojana Söderkullaan, jossa siihen yhtyy Kivikoskenpuro. Söderkullan jälkeen puro jatkuu Lempansin purona Störsbyhyn, jossa siihen yhtyy Maksjoki (Myransbäcken). Tämän jälkeen vedet virtaavat Kirkkojokena Siuntion kirkonkylään, jossa Kirkkojoki yhtyy Siuntiojoen pääuomaan. Kirkkojoen pääuoma sekä Munksinkosken yläpuolisista uomista Lempansin puro ja Aiskosbäcken kuuluvat Natura 2000-alueisiin. Siuntionjoen vesistöalue on esitetty kuvassa 1 ja tietoja Kirkkojoen valuma-alueen ominaisuuksista on taulukossa 1. Kuvissa 2 ja 3 on näkymiä Kirkkojoelta.

Taulukko 1. Kirkkojoen valuma-alue ja sen ominaisuuksia.

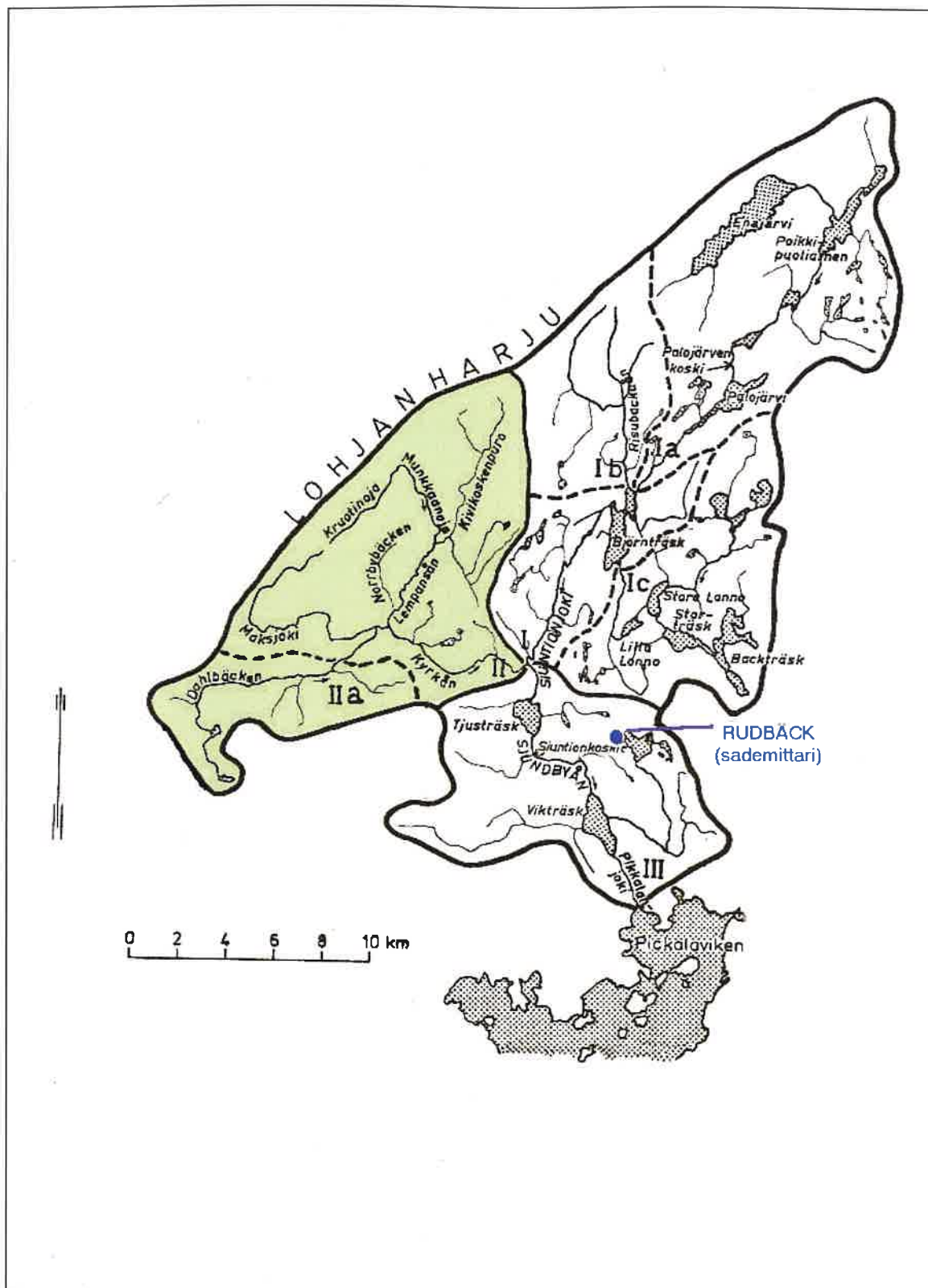
(Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry 1985)

	Pinta-ala (km ²)	Järvisyys (%)	MQ* (m ³ /s)	Pellon osuus (%)	Suon osuus (%)	Metsän osuus (%)	Maalaji (% alasta)		
							Mo, So Kallio	Hk, Ht	Sa, Hs
Kirkkojoki	139	0.3	1,3	40	1	59	36	26	36

* Keskivirtaama laskettu käyttäen vuosivaluman arvoa 9.5 l/s km²

Vuosina 1974 – 1984 toteutetun velvoitetarkkailun aikana Kirkkojoen valuma-alueen yläosissa oli useita pistekuormittajia. Kivikoskenpuron latvaosiin laskettiin jätevedtä vuoteen 1977 asti Oy Orthex Ab:n laitoksesta. Vuodesta 1979 alkaen Kivikoskenpuron yläosaan vaikuttivat Oy Partek Ab:n Uusniityn asuntoalueen jätevedet. Kivikoskenpuroa alaspäin mentäessä seuraava kuormittaja oli 1960-luvulla toimintansa aloittanut Lohjan aseman kaatopaikka. Vajaat neljä kilometriä kaatopaikasta alaspäin Munkkaanoja yhtyy Kivikoskenpuroon. Lohjan kunnan Munkkaanojan jäteveden puhdistamo otettiin käyttöön 1975, ja jo samana vuonna Kirkkojoen näytteenotto-pisteissä havaittiin oleellinen fosforipitoisuustason aleneminen. (Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry 1979 – 1985, Teknillinen korkeakoulu 1974 ja 1977).

Partekin Uusniityn asuinalue liitettiin Lohjan kunnan viemäriverkostoon vuoden 1991 aikana ja Munkkaanojan puhdistamo lopetti toimintansa vuoden 1993 alussa (Ranta ja Jokinen 1992). Näin ollen vuoden 1993 alusta lähtien Kirkkojoen valuma-alueen ainoa pistekuormittaja on ollut Munkkaan jätekeskus (Lohjan aseman kaatopaikka). Kaatopaikka-alueella syntyvät vedet ohjataan tasausaltaisiin ja suurin osa vedestä sadetetaan kesäisin takaisin jätepenkereeseen ja osa virtaa Kivikoskenpuron läntiseen haaraan (Mettinen ja Jokinen 2001).



Kuva 1. Siuntionjoen vesistöalue, Kirkkojoen valuma-alue on merkitty tummennettuna. (Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry 1985).



Kuva 2. Näkymä Kirkkojoelle Gårdskullan sillalta alavirtaan, syyskuussa (yläkuva) ja marraskuussa 2005 (alakuva).

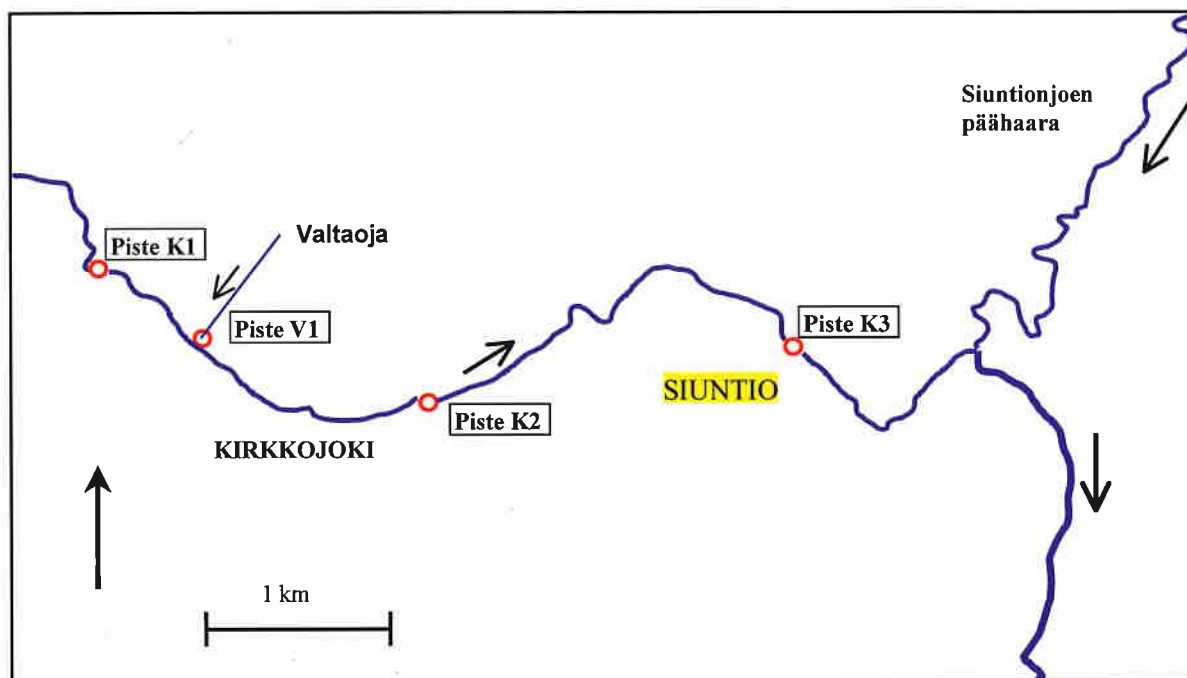


Kuva 3. Kirkkojoki virtaa peltoalueiden halki.

NÄYTTEENOTTO JA ANALYYSIT

Näytteenottopisteet

Veden laadun analysointia varten vesinäytteitä otettiin Kirkkojoen kolmesta pisteestä: Gammelbyntien sillan (K1), Gårdskullan kartanolle vievän tien sillan (K2) sekä Siuntion kirkonkylästä, Suitiantien (tie 116) sillan kohdalta (K3). Näytteet otettiin läheltä silta-aukkoja ylävirtaan päin. Pisteiden K1 ja K3 välinen etäisyys on noin neljä kilometriä, ja piste K2 sijaitsee likimain ylimmän ja alimman pisteen puolivälissä. Lisäksi lokakuusta 2005 lähtien vesinäyte otettiin myös pisteiden K1 ja K2 välissä jokeen laskevasta valtaojasta (V1). Pisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Näytteenottopisteet, Kirkkojoki (K1 –K3) ja jokeen laskeva valtaoja (V1)

Tutkimusalue sijoittuu joen alajuoksulle, näytteenottopisteestä K1 on matkaa reilut viisi kilometriä Kirkkojoen ja Siuntionjoen päähaaran yhtymäkohtaan. Gårdskullan tutkimuspisteen (K2) valuma-alueella on paljon intensiivisessä viljelyssä olevia pelloja. Peltoalueet on pääosin salaojitettu. Kirkkojokeen rajoittuvilla pelloilla näytteenottopisteiden K1 ja K2 välisen osuuden pohjoispuolisella rannalla on 15 – 30 metriä leveät nurmipeitteiset suojavyöhykkeet. Jokiuoman eteläpuoleisella rannalla suojavyöhykkeen leveys on aluksi 3 – 5 metriä ja lähestyttäessä pistettä K2 nurmialue levenee 15 – 20 metriseksi. Pisteestä K2 alaspäin mentäessä joen molempia rantoja reunustaa 15 – 20 metriä leveät suojavyöhykkeet.

Pisteen K1 yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala on lähes 130 km² eli noin 94 % koko joen valuma-alueesta. Pisteen K2 valuma-alue on noin 134 km² ja alimman pisteen (K3) 139 km².

Toivonen (2004) on kuvannut seurantatutkimuksen kohteena olevaa Kirkkojoen jokiosuutta seuraavasti:

Störsbyn kosken alaosa – Gammelbyntie (pisteen K1 yläpuolinen jokiosuus)

Tällä peltujen halki kulkevalla jokijaksolla on mittaa 1 500 metriä ja sen leveys on 5 – 6 metriä. Rannoilla on kolme metriä leveät, heinikköiset suojakaistat ja oikean puolen

rannalla kasvaa jonkin verran myös lehtipuita. Syvyyttä uomalla on 0,5 – 1,0 metriä ja vesi on väriltään ruskeaa. Vähäisen varjostuksen vuoksi uomassa kasvaa paljon kortetta, mutta paikka paikoin kiihtyvä virtaus estää uoman umpeenkasvun. Pohja on savea ja paikoitellen näkyy yksittäisiä kiviä.

Gammelbyntie – Gårdskulla (pisteiden K1 ja K2 välinen osuus)

Gammelbyntien sillan jälkeen on pieni suvanto (10x10 m) ja siitä alkaa lyhyt, metsäsaarekkeen vierestä kulkeva nivamainen virtapaikka, joka muuttuu nopeasti tavanomaiseksi peltouomaksi. Pituutta kahden tien välisellä jokijaksolla on 1900 metriä ja leveyttä 4 – 5 metriä. Uoman pohja on savea ja harvakseltaan isoja kiviä. Nurmea kasvavan suojakaistan leveys on kolme metriä ja rantakasvillisuus on pelkkää heinää, joten varjostavaa kasvillisuutta ei uomassa muutamia pajupuskia lukuun ottamatta ole.

Gårdskulla – Suitiantie (pisteiden K2 ja K3 välinen osuus)

Jokijakson pituus on 2 350 metriä. Gårdskullan koivukujan sillan alla on lyhyt (10 m) virtapaikka, jonka pohja on kivikkoista. Sillasta eteenpäin uoma on hidasvirtaista peltouomaa, jonka varrella ei kasva juurikaan puita. Uoman leveys on neljä metriä ja uomassa kasvaa paljon heinä- ja ruokokasveja.

Kuvassa 5 on näkymä pisteen K2 valuma-alueelle. Kirkkojokeen laskeva valtaoja (V1) edustaa pääosin peltoalueilta purkautuvia valumavesiä, mutta ojan valuma-alueella on myös metsää (kuva 6).



Kuva 5. Näkymä näytteenottopisteestä K2 ylävirtaan päin, marraskuu 2005.



Kuva 6. Gårdskullan tilalta Kirkkojokeen laskeva valtaoja (kuvan oikea reuna).

Näytteiden otto

Vesinäytteitä otettiin Kirkkojoesta 12. toukokuuta 2005 alkaen noin viikon välein. Keskikesällä näytteenotossa oli vajaan kuukauden tauko ja syys- ja marraskuussa näytteenottoväli oli kahdesti kahden viikon pituinen. Näytteenoton päivämäärät ja niiden välillä kertynyt sadesumma on esitetty taulukossa 2. Kustakin pisteestä K1 – K3 otettiin 26 näytettä ja valtaojasta (piste V1) kahdeksan näytettä 13. lokakuuta 2005 lähtien. Ensimmäistä näytteenottoa edeltävä sadesumma on laskettu toukokuun alusta. Tutkimuksessa käytetyt sadanta-arvot ovat Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen laboratorion tutkimusalueelta Siuntion Rudbäckistä. Rudbäckin metsäalue sijaitsee noin kuusi kilometriä Kirkkojoen ja Siuntionjoen päähaaran risteyskohdasta kaakkoon (ks. kuva 1).

Taulukko 2. Kirkkojoen näytteenoton päivämäärät ja niiden välillä kertynyt sadesumma (korjaamaton) Rudbäckin tutkimusalueella Siuntiossa.

Näytteenotto pvm	Edeltävä sadesumma (mm)	Näytteenotto pvm	Edeltävä sadesumma (mm)	Näytteenotto pvm	Edeltävä sadesumma (mm)
12.5.2005	8	3.8.2005	71	13.10.2005	0
20.5.2005	13	10.8.2005	89	20.10.2005	2
27.5.2005	4	18.8.2005	42	27.10.2005	51
3.6.2005	31	25.8.2005	2	1.11.2005	1
10.6.2005	21	2.9.2005	28	16.11.2005	49
17.6.2005	17	14.9.2005	6	24.11.2005	0
23.6.2005	1	23.9.2005	14	1.12.2005	75
30.6.2005	14	30.9.2005	8	8.12.2005	10
6.7.2005	6	7.10.2005	0		

Vesinäytteet otettiin 1000 ml:n muovipulloihin (kuva 7). Näytteet kuljetettiin laboratorioon ja säilytettiin + 4 °C:n lämpötilassa tai pakastettiin ennen analysointia.



Kuva 7. Vesinäytteenottoa Kirkkojoen pisteessä K3

Vesianalyysit

Vesinäytteistä määritettiin kokonaistypen, kokonaisfosforin, fosfaattifosforin sekä kiintoaineen pitoisuudet. Ravinnepitoisuudet määritettiin FIA-jatkuvavirtaus-analysaattorilla laitevalmistajan (Foss Tecator) ohjeiden mukaisesti. Käytetyt analyysimenetelmät on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Tutkimuksessa käytetyt analyysimenetelmät.

Tutkittava ominaisuus	Menetelmä	Analyysiohje
Kokonaistyyppi	Kadmiumpelkistys, peroksidisulfaattihapetus	Tecator Application Note AN 62/83 ja ASN 110-03/92
Kokonaisfosfori	Tinakloridimenetelmä, peroksidisulfaattihapetus	Tecator Application Note AN 60/83 ja ASN 111-02/92
Fosfaattifosfori	Tinakloridimenetelmä	Tecator Application Note AN 60/83 ja ASN 111-01/92
Kiintoaine	Suodatus lasikuitusuodattimella	SFS-EN 872

Fosfaattifosforin määrittämistä varten näyte suodatettiin 0,45 µm:n kalvosuodattimella (Schleicher & Schuell ME 25/21 Stl). Kiintoaineen määrittämisessä käytettiin Schleicher & Schuell GF 52 lasikuitusuodatinta.

Vedenkorkeus ja virtaamat

Kirkkojoen vedenkorkeuden tarkkailua varten näytteenottopisteen K2 läheisyyteen rakennettiin syyskuun 2005 alussa vedenkorkeusasteikko. Asteikko sijaitsee 4 metriä Gårdskullan sillasta ylävirtaan (kuva 8). Vedenkorkeus havaittiin noin kerran viikossa

vesinäytteiden haun yhteydessä. Havaitut vedenkorkeuslukemat on esitetty sivulla 18 (kuva 20).



Kuva 8. Vedenkorkeusasteikko Gårdskullan sillan yläpuolella.

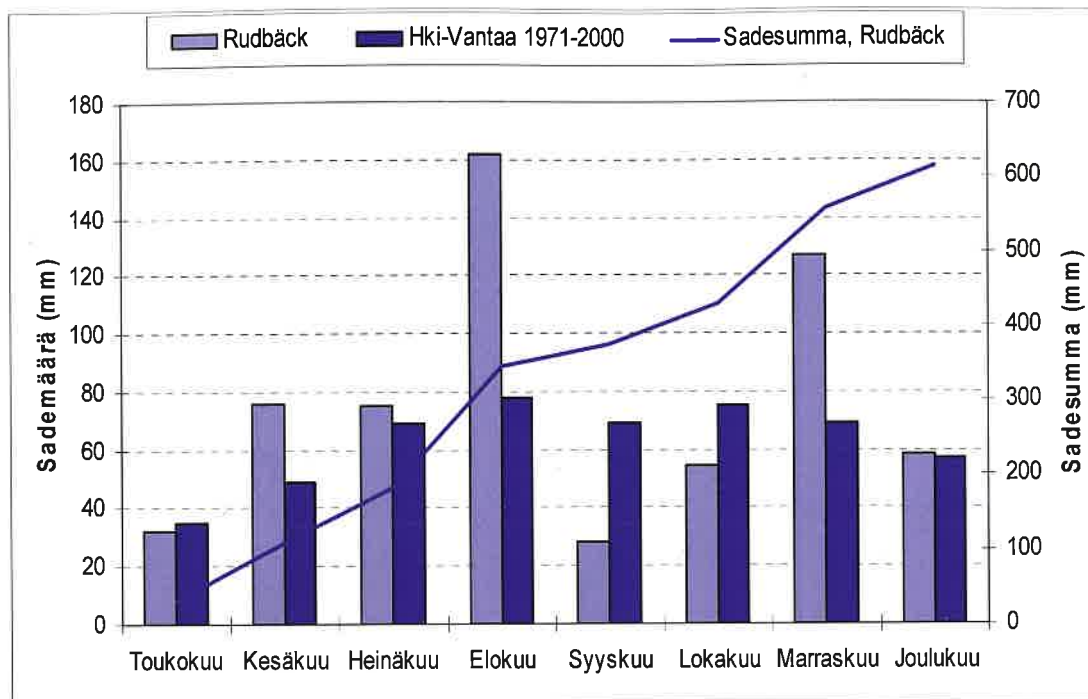
Gårdskullan sillan ylävirran puolella (piste K2) tehtiin myös siivikkomittauksia virtaaman määrittämiseksi eri vedenkorkeuksilla. Mittausten perusteella määritetyt virtaamat on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Siivikkomittauksiin perustuvat virtaamat Kirkkojoessa.

Pvm	Vedenkorkeus asteikolla (cm)	Virtaama (l/s)
6.9.2005	57	280
14.9. ja 13.10.2005	53	180
1.11.2005	72	800

Tutkimusjakson säätila

Tutkimuksessa käytettiin sadantamittauksia, jotka oli saatu edellä mainitulta Rudbäckin metsäiseltä tutkimusalueelta. Vuorokausisadanta laskettiin 10 minuutin välein tehdyistä mittauksista (vaakamittari). Kuvassa 9 on esitetty touko-joulukuun 2005 kuukausi-sadannot sekä jakson sadesumma.



Kuva 9. Kuukausisadannat ja sadesumma (1.5.-31.12.2005) Siuntion Rudbäckissä sekä Helsinki-Vantaan kuukausikeskiarvot 1971 – 2000 (Ilmatieteenlaitos 2005).

Vuoden 2005 touko-joulukuussa Siuntion Rudbäckin koealueen sademäärä oli noin 1,2-kertainen Ilmatieteen laitoksen Helsinki-Vantaan mittausaseman pitkän ajan (1971 – 2000) keskiarvoon nähden. Tarkastelujakson sateisin kuukausi oli elokuu (160 mm), jolloin vettä satoi yli kaksi kertaa keskimääräisen verran. Marraskuu oli jakson toiseksi sateisin, tällöin Rudbäckissä satoi reilut 120 mm. Lisäksi keskimääräistä hieman sateisempia olivat kesä- ja heinäkuu. Sademäärältään likimain keskimääräisiä olivat jakson ensimmäinen ja viimeinen kuukausi, touko- ja joulukuu. Verrattain kuivat kuukaudet osuivat syksyyn, syyskuussa satoi vain 40 % ja lokakuussa noin 70 % pitkän ajanjakson keskiarvosta. Lunta satoi seurantajakson lopulla ja lumensyvyys oli Helsinki-Vantaalla 28. marraskuuta yhdeksän senttimetriä. Joulukuussa maa pysyi kutakuinkin valkoisena, ja lumipeitteen paksuus vaihteli yhden ja yhdeksän senttimetrin välillä. Vuoden vaihtuessa lunta oli Helsinki-Vantaalla yhdeksän senttimetriä. (Ilmatieteenlaitos 2005).

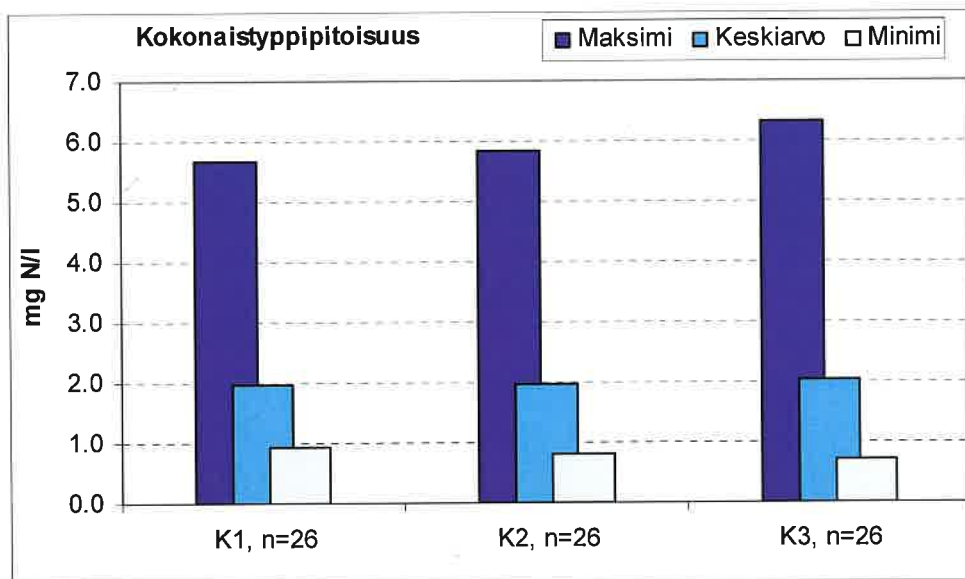
Kokonaisuudessaan tutkimusjakso (touko-joulukuu 2005) oli verrattain lämmin. Etenkin syksy oli aina marraskuun puoliväliin asti poikkeuksellisen lämmin. Ainoastaan kesäkuu 2005 oli keskimääräistä viileämpi. (Ilmatieteenlaitos 2005).

Touko-joulukuun 2005 kuukausittaiset sademäärät ja keskilämpötilat Rudbäckin tutkimusalueelta sekä Ilmatieteen laitoksen pääkaupunkiseudun havaintoasemilta on esitetty liitteessä 1.

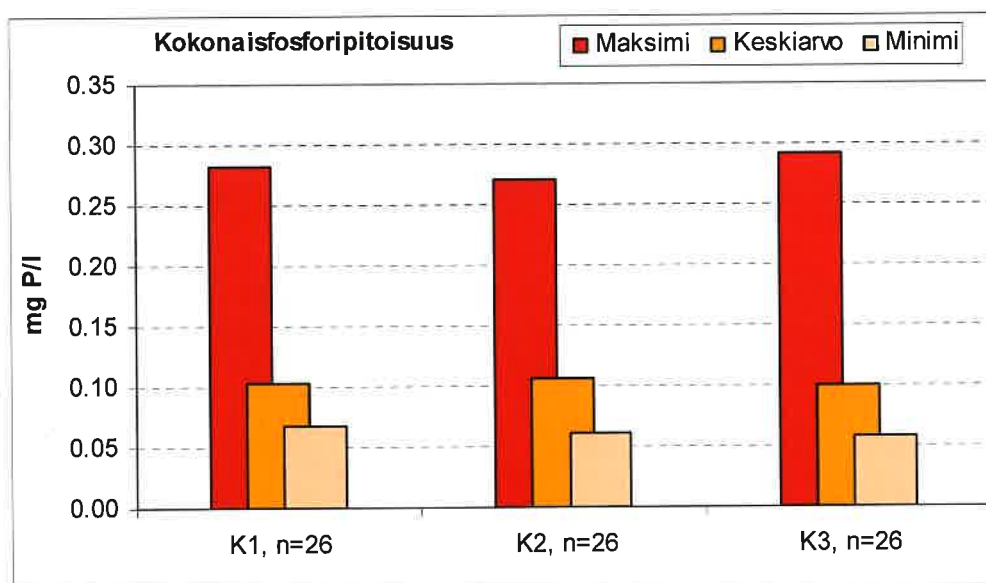
TULOKSET

Vedenlaatumuuttujien tilastollisia tunnuslukuja

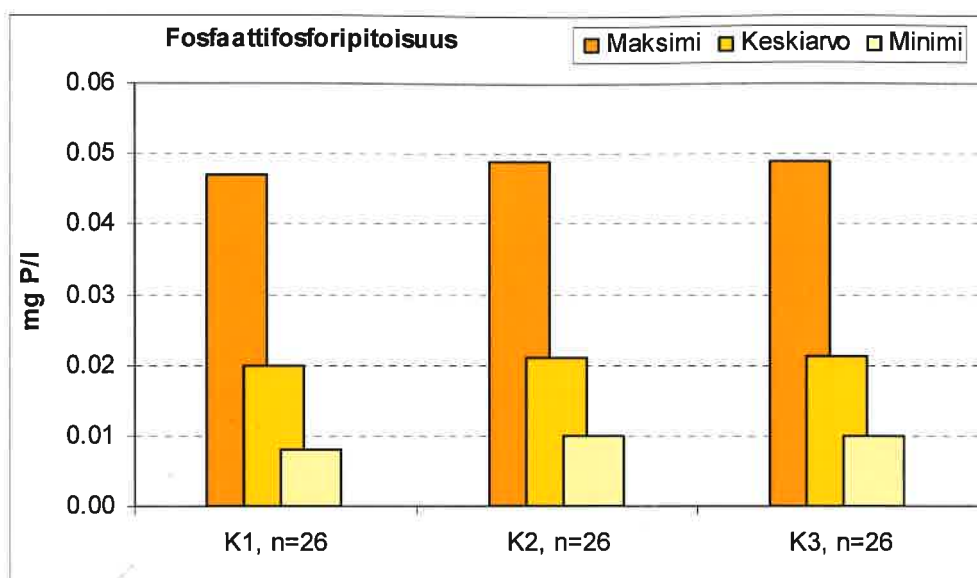
Kirkkojoen kolmesta näytteenottopisteestä oli 8. joulukuuta 2005 mennessä otettu 26 näytettä kustakin ja valtaojasta näytteitä oli kertynyt kahdeksan. Kaikkien joulukuun alkuun mennessä otettujen vesinäytteiden analyysitulokset ovat liitteessä 2. Kuvissa 10 – 13 on esitetty vedenlaatumuuttujien pitoisuuksien keski-, minimi- ja maksimiarvot Kirkkojoen mittauspisteissä (K1 - K3).



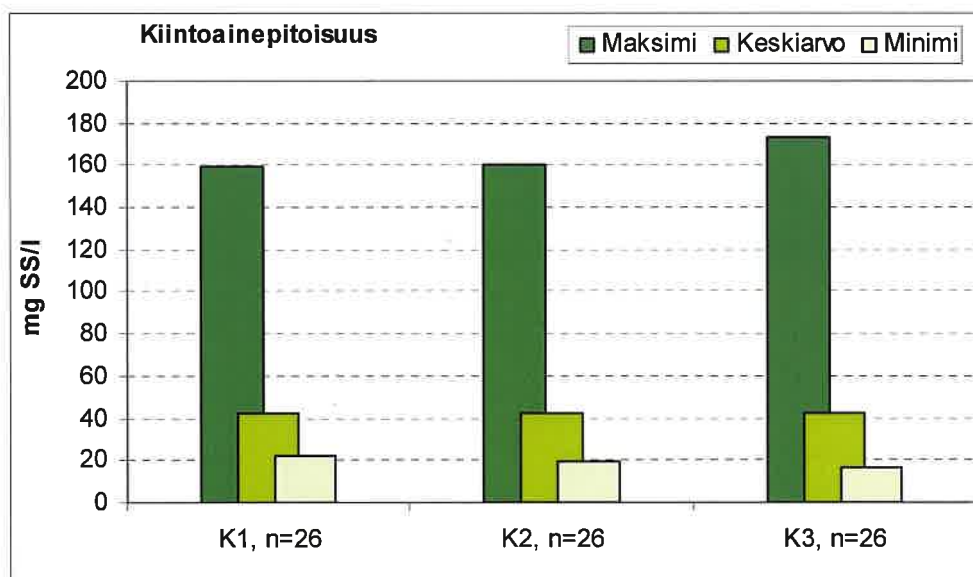
Kuva 10. Kokonaistypen pitoisuudet Kirkkojoessa (näytteenottopisteet K1 – K3) touko-joulukuussa 2005, n = havaintojen lukumäärä.



Kuva 11. Kokonaisfosforin pitoisuudet Kirkkojoessa touko-joulukuussa 2005.

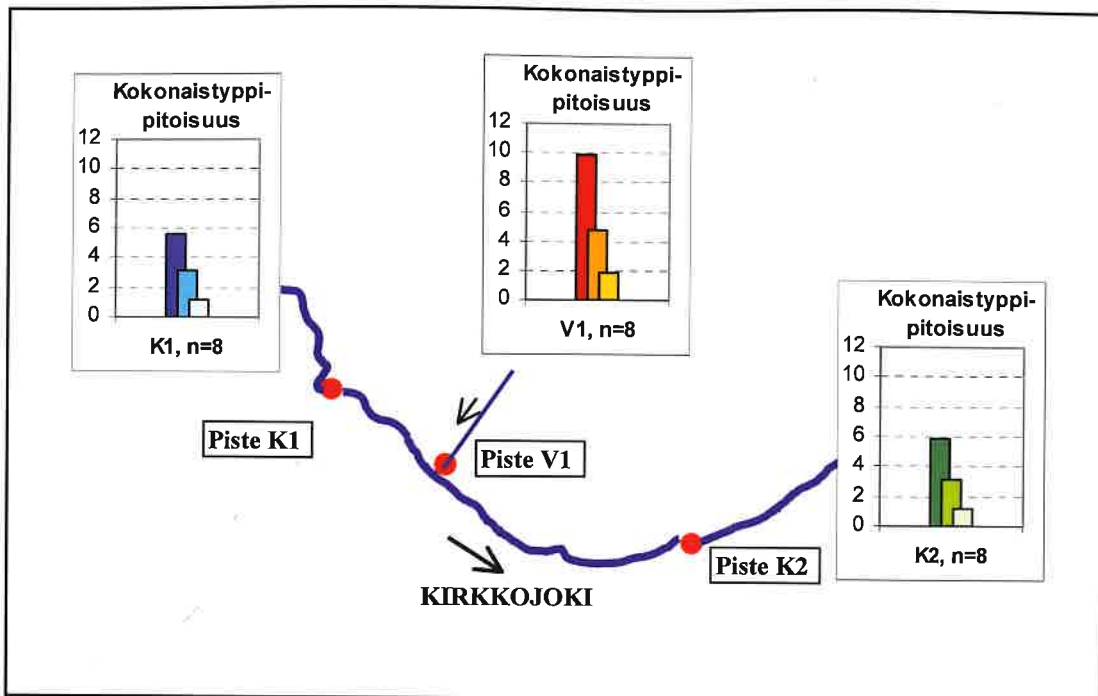


Kuva 12. Fosfaattifosforin pitoisuudet Kirkkojoessa touko-joulukuussa 2005.

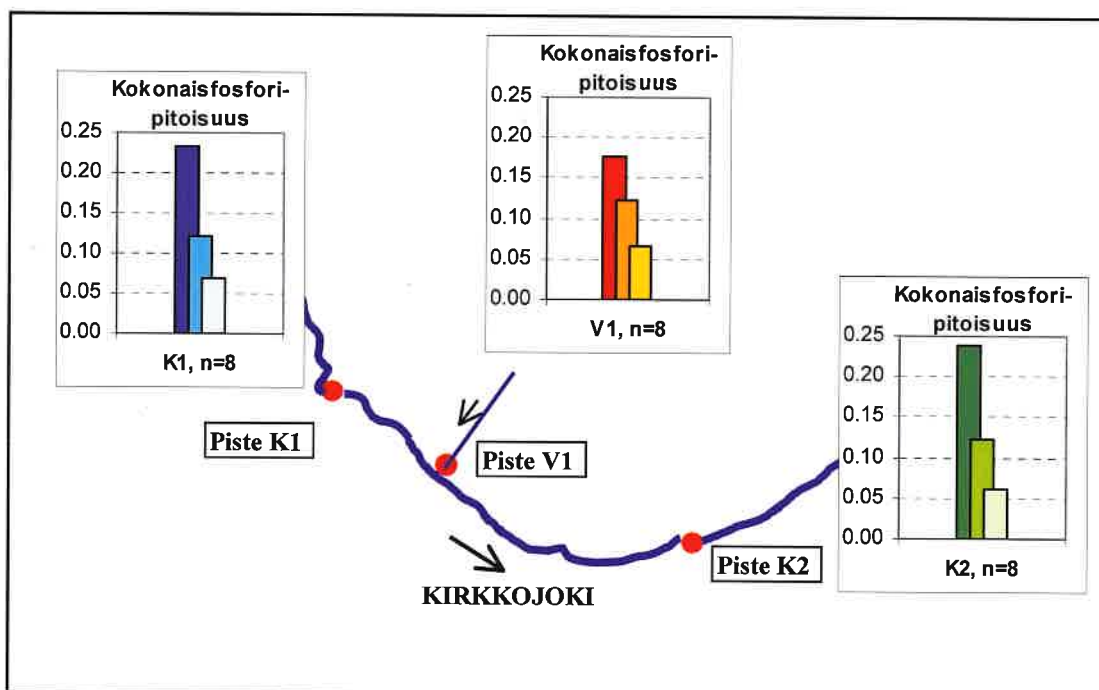


Kuva 13. Kiintoaineen pitoisuudet Kirkkojoessa touko-joulukuussa 2005.

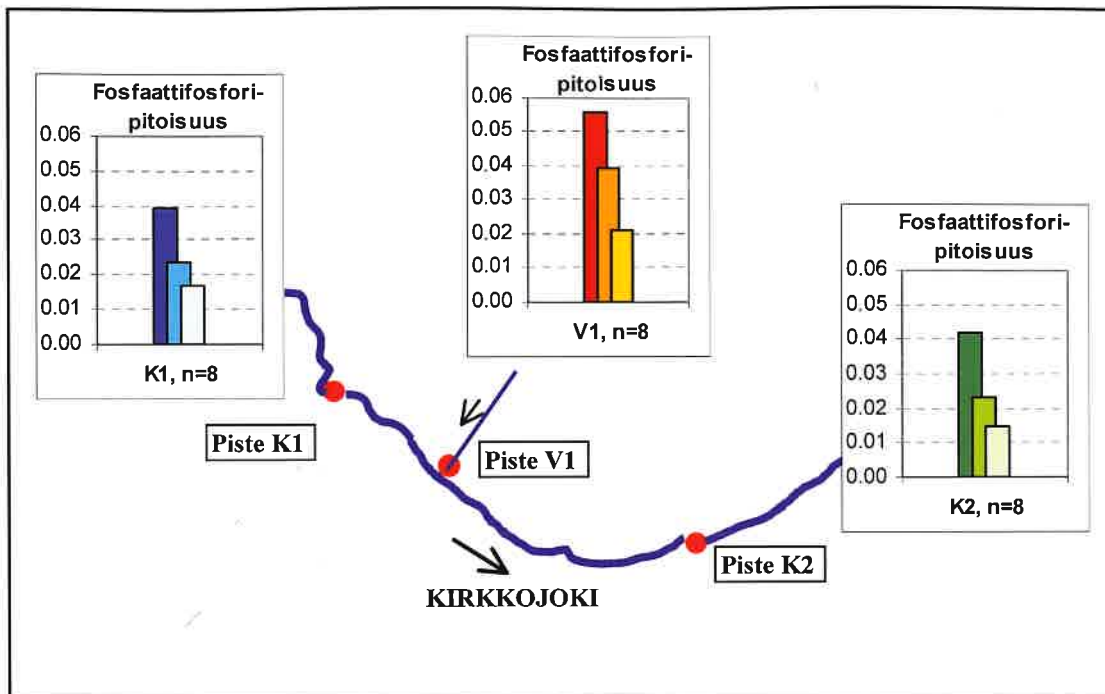
Kirkkojoen laskevan valtaojan (piste V1) vesinäytteiden analysointi aloitettiin vasta lokakuussa 2005. Kuvissa 14 – 17 on esitetty vedenlaatumuuttujien tilastollisia tunnuslukuja pisteen V1 sekä pisteiden K1 ja K2 näytteistä ajanjaksolla 13. lokakuuta – 8. joulukuuta 2005.



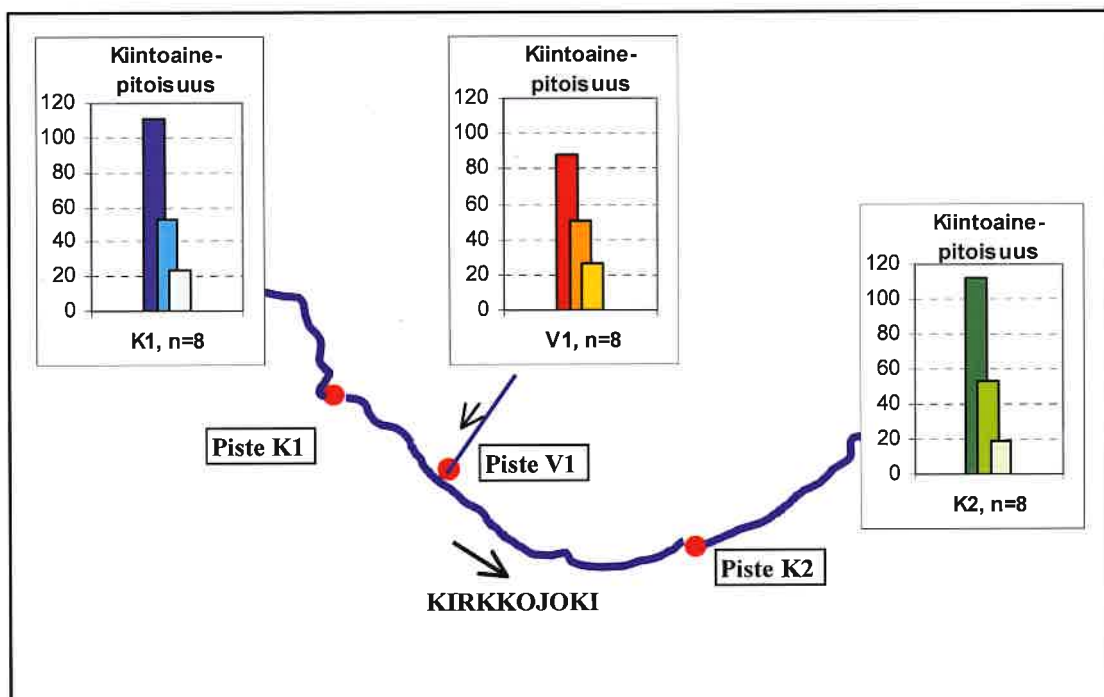
Kuva 14. Kokonaistypen keski-, minimi- ja maksimipitoisuudet (mg N/l) Kirkkojokeen laskevassa valtaojassa (piste V1) sekä Kirkkojoen pisteissä K1 ja K2 loka-joulukuussa 2005.



Kuva 15. Kokonaisfosforin keski-, minimi- ja maksimipitoisuudet (mg P/l) Kirkkojokeen laskevassa valtaojassa (piste V1) sekä Kirkkojoen pisteissä K1 ja K2 loka-joulukuussa 2005.

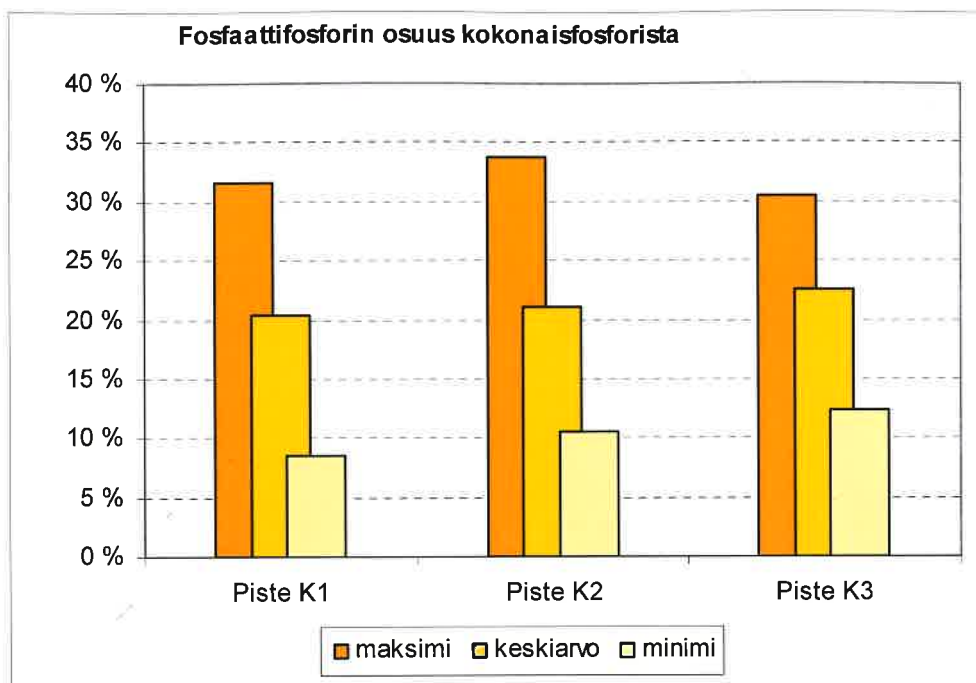


Kuva 16. Fosfaattifosforin keski-, minimi- ja maksimipitoisuudet (mg P/l) Kirkkojokeen laskevassa valtaojassa (piste V1) sekä Kirkkojoen pisteissä K1 ja K2 loka-joulukuussa 2005.

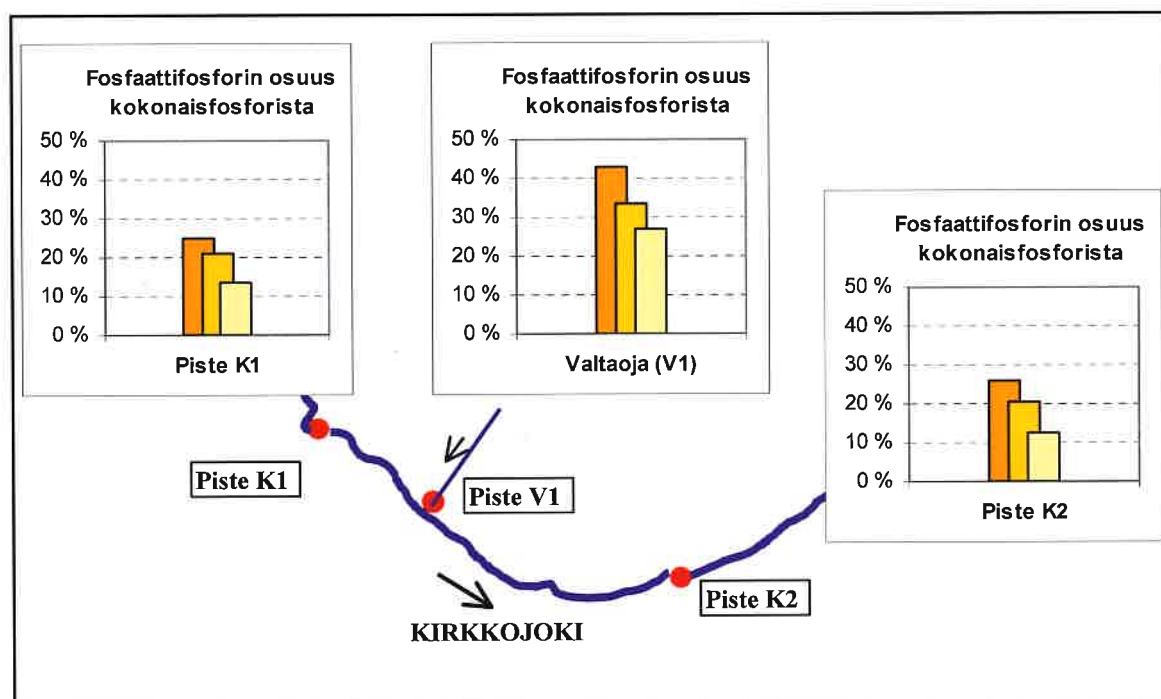


Kuva 17. Kiintoaineen keski-, minimi- ja maksimipitoisuudet (mg SS/l) Kirkkojokeen laskevassa valtaojassa (piste V1) sekä Kirkkojoen pisteissä K1 ja K2 loka-joulukuussa 2005.

Fosfaattifosforipitoisuuden osuus kokonaisfosforipitoisuudesta Kirkkojoen näytteenottopisteissä (K1 – K3) on esitetty kuvassa 18. Vastaavat osuudet valtaojan näytteenottopisteessä sekä Kirkkojoen pisteissä K1 ja K2 loka-joulukuussa 2005 on esitetty kuvassa 19.



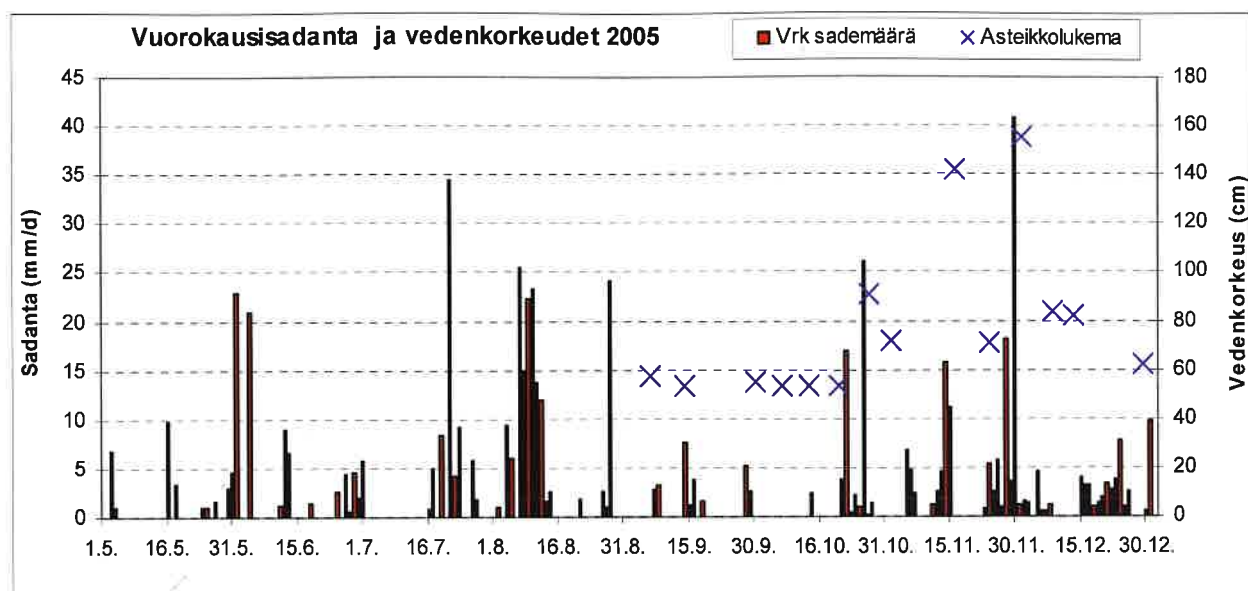
Kuva 18. Kirkkojoen vesinäytteiden fosfaattifosforipitoisuuden osuus (%) kokonaisfosforipitoisuudesta touko-joulukuussa 2005 (n=26).



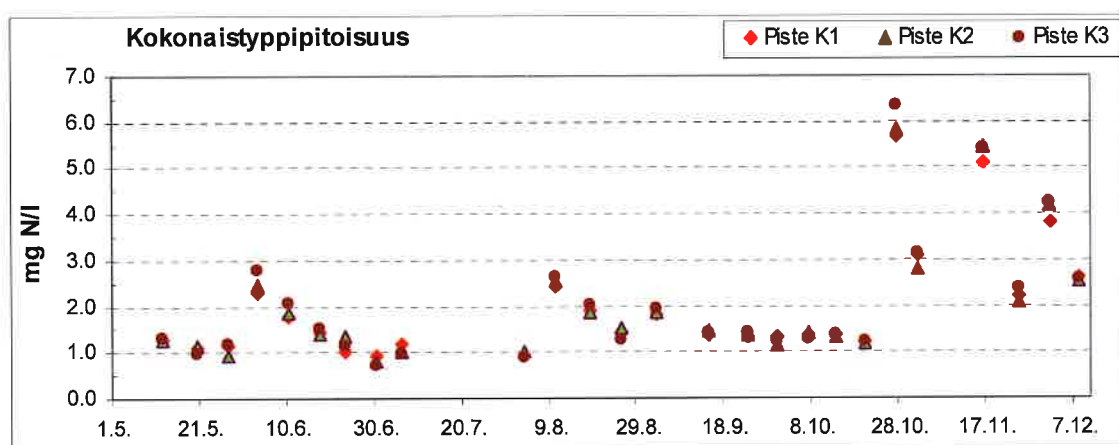
Kuva 19. Fosfaattifosforipitoisuuden osuus kokonaisfosforipitoisuudesta valtaojan näytteenottopisteessä (V1) sekä Kirkkojoen pisteissä K1 ja K2 loka-joulukuussa 2005 (n=8).

Veden laadun ajallinen vaihtelu

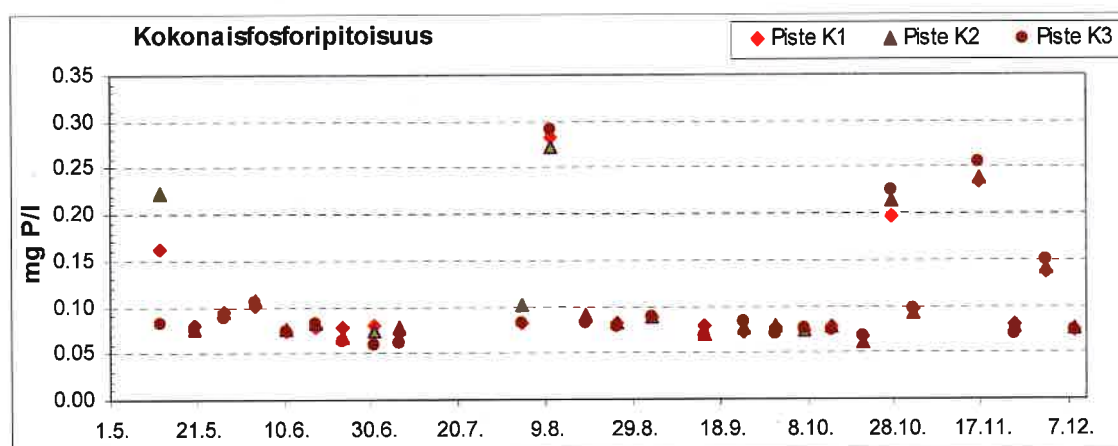
Vuonna 2005 Kirkkojoen ensimmäiset vesinäytteet otettiin toukokuussa ja vedenkorkeuden seuranta alkoi Gårdskullan asteikolla (piste K2) syyskuussa. Kuvassa 20 on esitetty touko-joulukuun vuorokausisadanta Rudbäckin tutkimusalueella ja havaitut vedenkorkeudet syys-joulukuussa pisteessä K2. Ravinne- ja kiintoainepitoisuuksien ajallinen vaihtelu Kirkkojoen kolmessa mittauspisteessä on esitetty kuvissa 21 – 23.



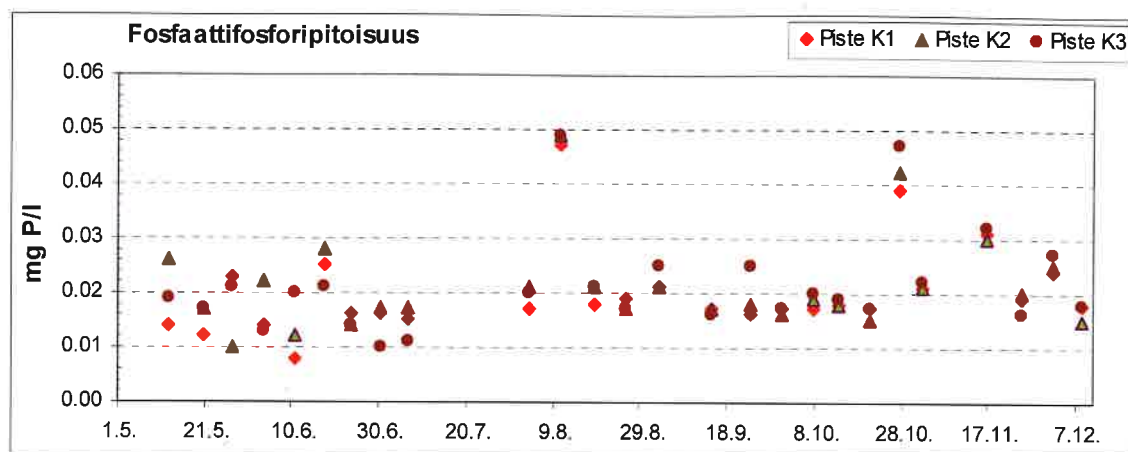
Kuva 20. Vuorokausisadanta (korjaamaton) Rudbäckissa ja vedenkorkeudet Gårdskullan asteikolla (K2) touko-joulukuussa 2005.



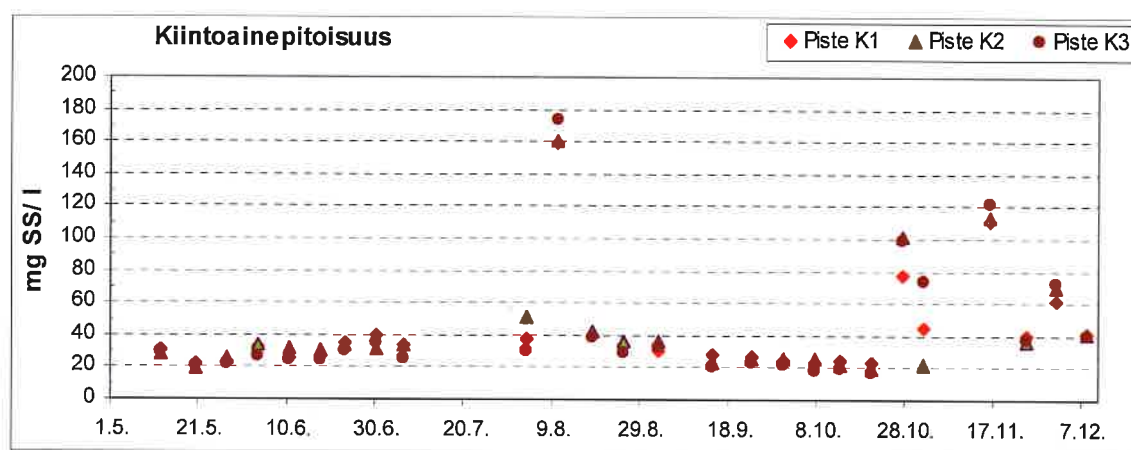
Kuva 21. Kokonaistypen pitoisuuden vaihtelu Kirkkojoen näytteenottopisteissä touko-joulukuussa 2005.



Kuva 22. Kokonaifosforin pitoisuuden vaihtelu Kirkkojoen näytteenottopisteissä touko-joulukuussa 2005.

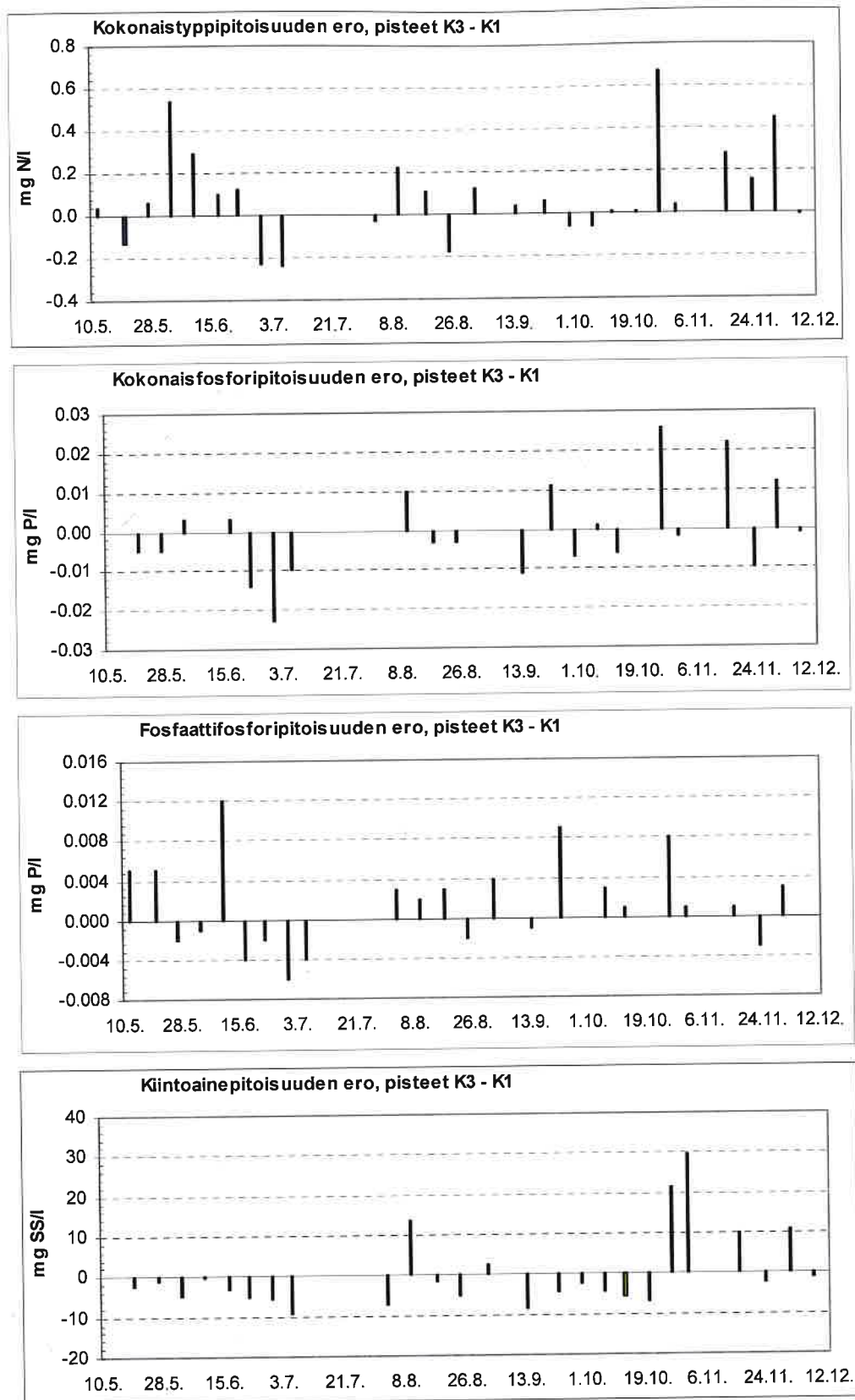


Kuva 23. Fosfaattifosforin pitoisuuden vaihtelu Kirkkojoen näytteenottopisteissä touko-joulukuussa 2005.



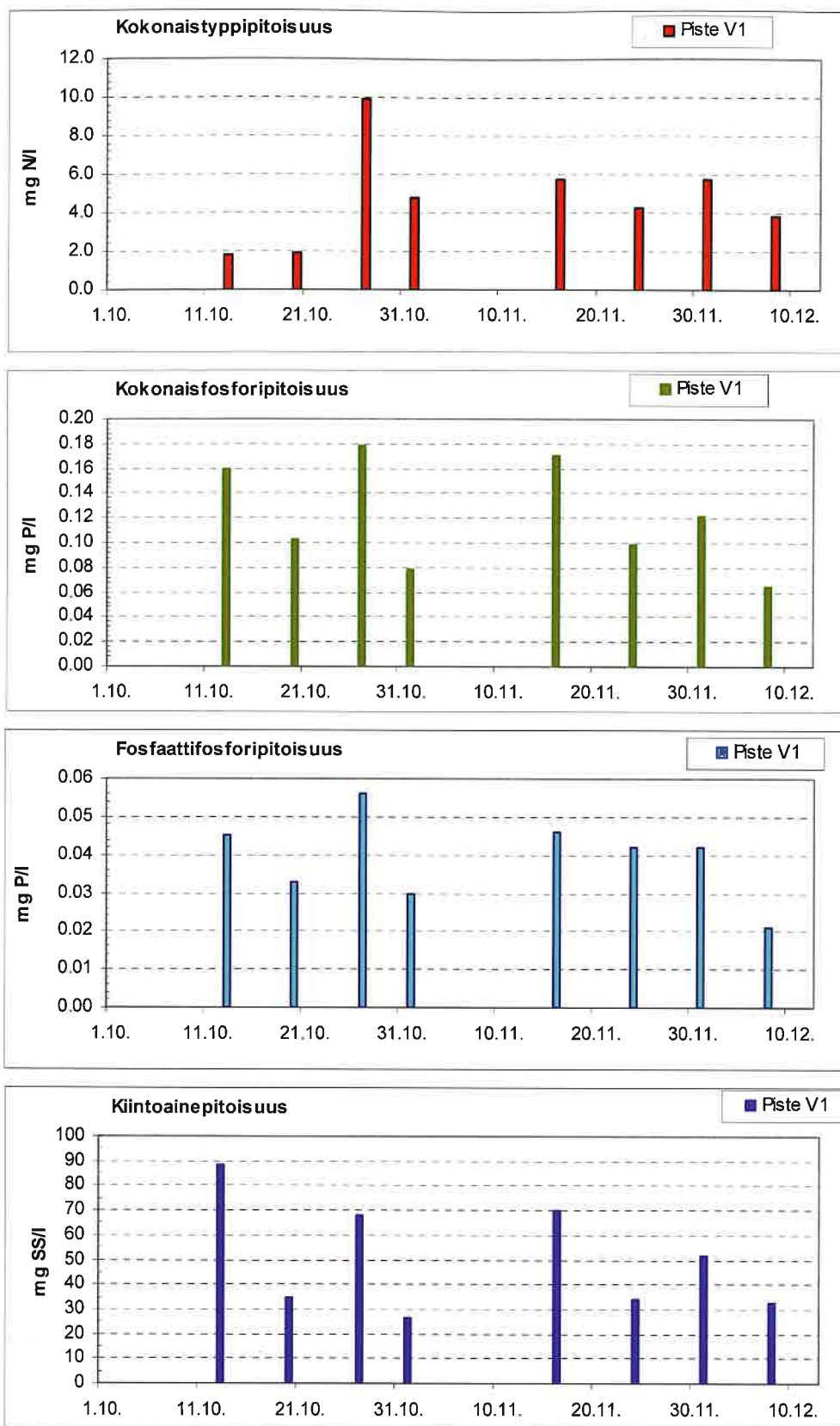
Kuva 24. Kiintoainepitoisuuden vaihtelu Kirkkojoen näytteenottopisteissä touko-joulukuussa 2005.

Kuvassa 25 on esitetty eri ainepitoisuuksien erot jokijakson alimman (K3) ja ylimmän (K1) mittauspisteen välillä.



Kuva 25. Kokonaistypen , kokonaisfosforin, fosfaattifosforin ja kiintoaineen pitoisuuksien poikkeamat mittauspisteiden K3 ja K1 välillä.

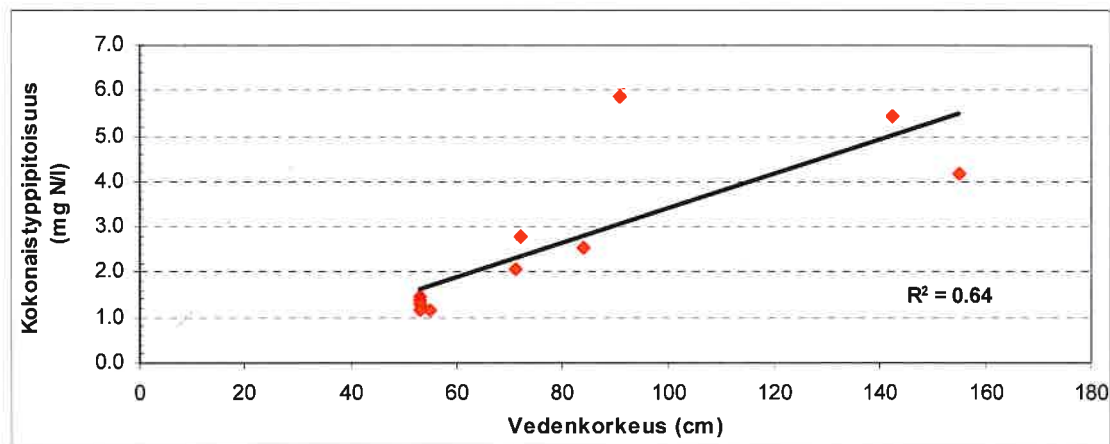
Ainepitoisuuksien ajallinen vaihtelu loka-joulukuussa 2005 Kirkkojokeen laskevassa valtaojassa (piste V1) on esitetty kuvassa 26.



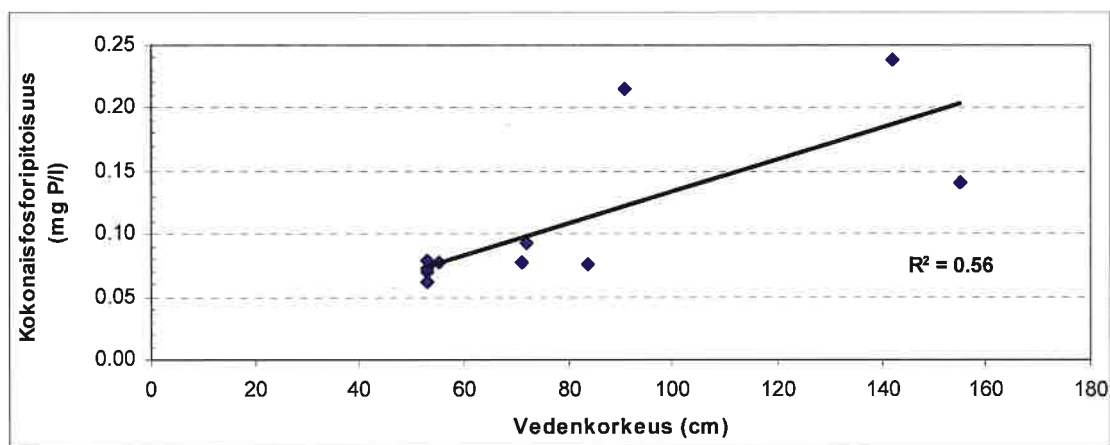
Kuva 26. Ravinne- ja kiintoainepitoisuuksien vaihtelu valtaojan näytteenottopisteessä (V1) loka-joulukuussa 2005.

Vedenlaatumuuttujien välisiä riippuvuuksia

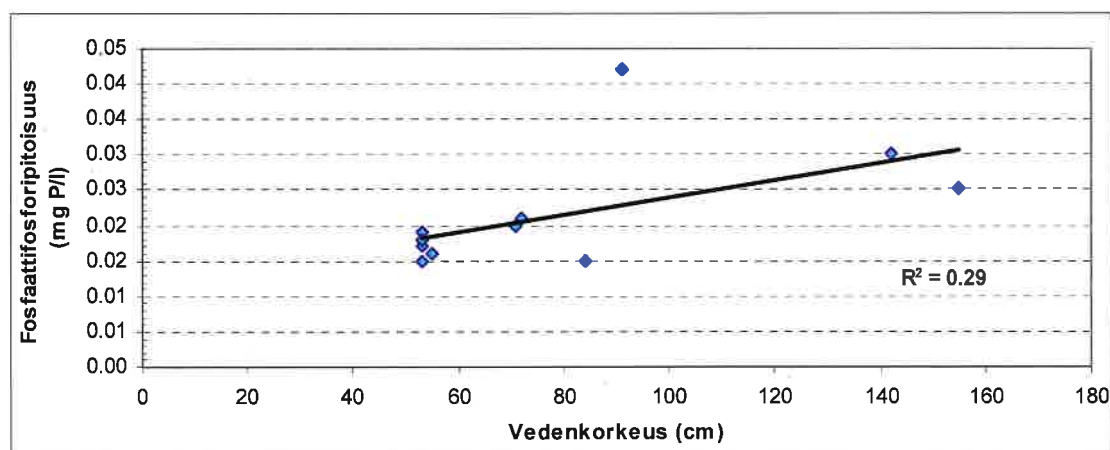
Kirkkojoen vedenkorkeuksien havainnointi pisteessä K2 aloitettiin syyskuun alussa. Syys-joulukuussa 2005 vedenkorkeuksia havaittiin ja vesinäytteitä otettiin 11 päivänä. Näistä näytteistä määritettyjen ainepitoisuuksien ja näytteenottohetken vedenkorkeuksien välinen yhteys on esitetty kuvissa 27 – 30.



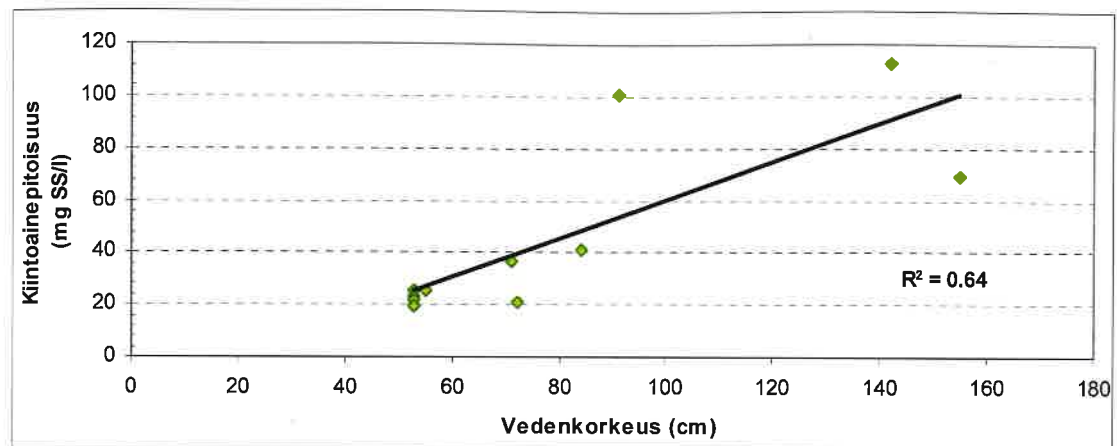
Kuva 27. Kokonaistypipitoisuuden ja vedenkorkeuden välinen yhteys Kirkkojoen pisteessä K2 syys-joulukuussa 2005 (R^2 = selitysaste).



Kuva 28. Kokonaifosforipitoisuuden ja vedenkorkeuden välinen yhteys Kirkkojoen pisteessä K2 syys-joulukuussa 2005.

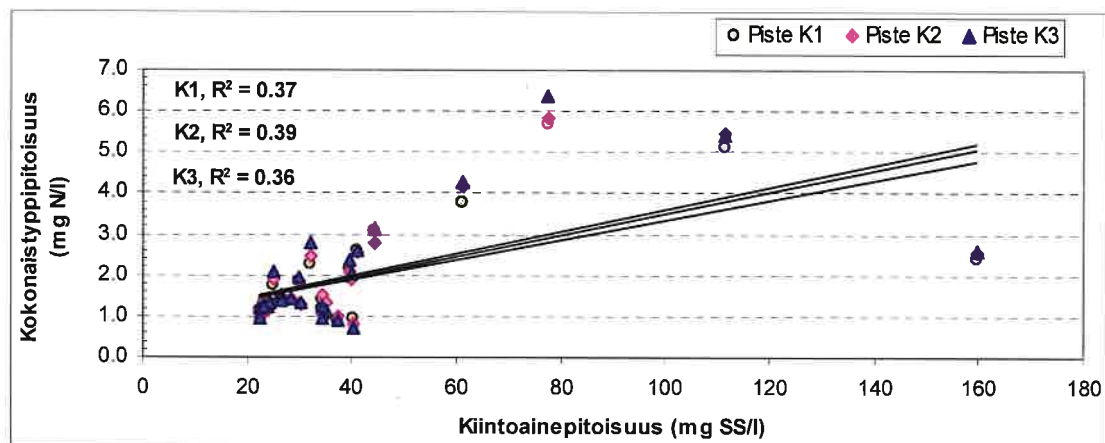


Kuva 29. Fosfaattifosforipitoisuuden ja vedenkorkeuden välinen yhteys pisteessä K2 syys-joulukuussa 2005.

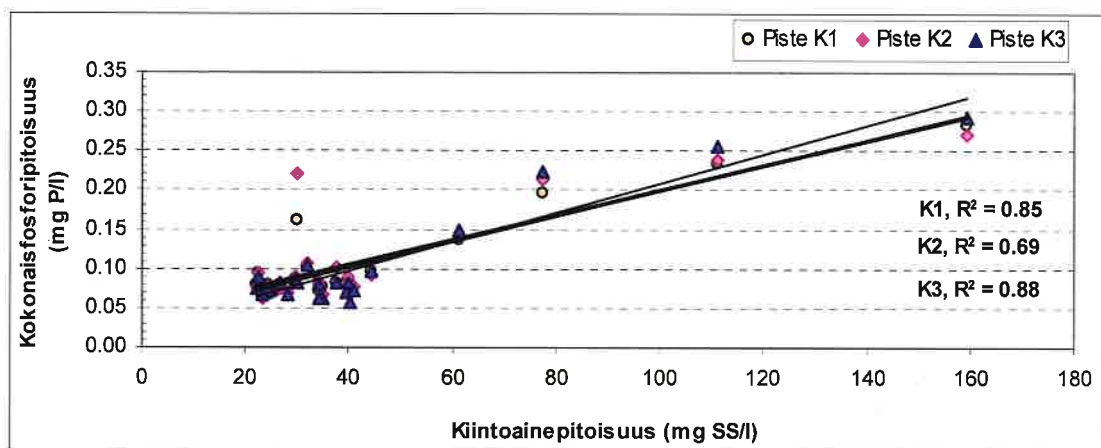


Kuva 30. Kiintoainepitoisuuden ja vedenkorkeuden välinen yhteys pisteessä K2 syys-joulukuussa 2005.

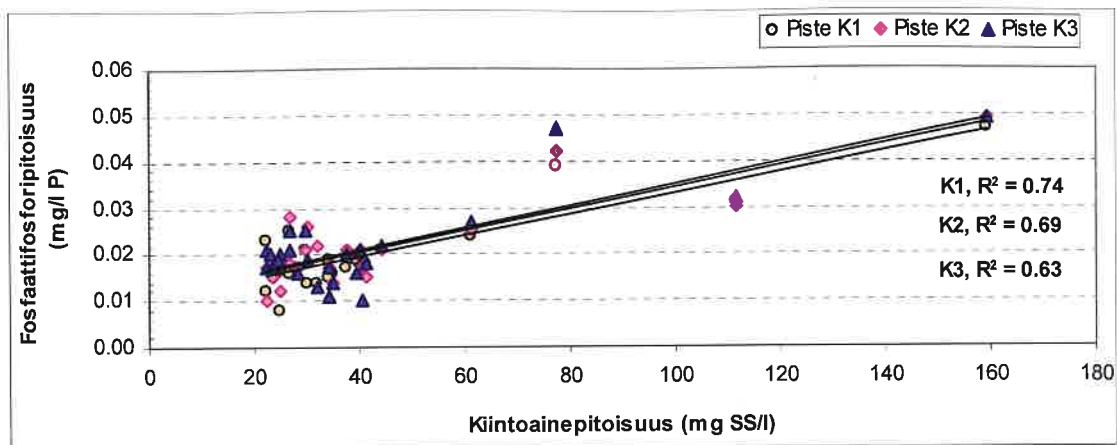
Kirkkojoen kolmen mittauspisteen kokonaistypen, kokonaisfosforin sekä fosfaattifosforin pitoisuuksien ja kiintoaineen pitoisuuksien välinen yhteys on esitetty kuvissa 31 – 33.



Kuva 31. Kokonaistypen ja kiintoaineen pitoisuuksien välinen yhteys Kirkkojoen näytteenottopisteissä touko-joulukuussa 2005.

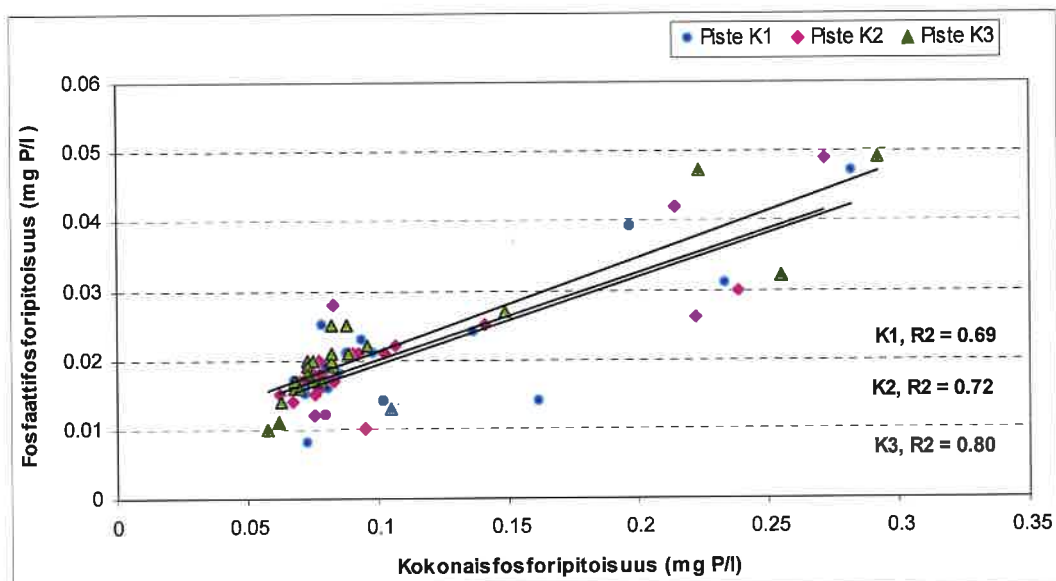


Kuva 32. Kokonaisfosforin ja kiintoaineen pitoisuuksien välinen yhteys Kirkkojoen näytteenottopisteissä touko-joulukuussa 2005.



Kuva 33. Fosfaattifosforin ja kiintoaineen pitoisuuksien välinen yhteys Kirkkojoen näytteenottopisteissä touko-joulukuussa 2005.

Kaikista Kirkkojoesta otetuista vesinäytteistä määritettiin sekä kokonais- että fosfaattifosforipitoisuudet. Kuvassa 34 on esitetty fosfaattifosforipitoisuuden ja kokonaisfosforipitoisuuden välinen yhteys.



Kuva 34. Fosfaattifosforin ja kokonaisfosforin pitoisuuksien välinen yhteys Kirkkojoen näytteenottopisteissä touko-joulukuussa 2005.

TULOSTEN TARKASTELU

Vedenlaatumuuttujien keski- ja ääriarvot Kirkkojoessa

Tutkimusjaksolla, touko-joulukuussa 2005, Kirkkojoen kustakin näytteenottopisteestä otettiin 26 vesinäytettä. Kokonaistypen pitoisuudet vaihtelivat ylimmässä havaintopisteessä (K1) välillä 0,92 – 5,66 mg N/l, ja määritysten aritmeettinen keskiarvo oli 1,96 mg N/l. Jokea alaspäin mentäessä seuraavan pisteen (K2) kokonaistypen pitoisuuksien vaihteluväli oli 0,80 – 5,84 mg N/l ja keskiarvo 1,98 mg N/l. Alimmassa pisteessä (K3) pitoisuuksien vaihtelu oli suurinta, 0,70 – 6,34 mg N/l, ja keskiarvo, 2,05 mg N/l, aavistuksen kahta alemmaa pistettä korkeampi.

Kokonaisfosforin pitoisuudet kolmessa mittauspisteessä olivat keskenään varsin samanlaisia. Pisteessä K1 pitoisuus oli alimmillaan 0,068 mg P/l ja korkeimmillaan 0,282 mg P/l, ja keskimääräiseksi kokonaisfosforipitoisuudeksi tuli 0,104 mg P/l. Havaintopisteessä K2 pitoisuuksien keskiarvo oli 0,103 mg P/l ja vaihteluväli 0,062 – 0,271 mg P/l. Pisteessä K3 pienin pitoisuus oli 0,058 mg P/l ja suurin 0,292 mg P/l, ja mitattujen pitoisuuksien keskiarvo 0,101 mg P/l.

Kirkkojoesta kesän, syksyn ja alkutalven aikana määritettyjen fosfaattifosforipitoisuuksien vaihteluvälit olivat kaikissa kolmessa mittauspisteessä varsin lähellä toisiaan. Pisteessä K1 fosfaattifosforipitoisuus oli pienimmillään 0,008 mg P/l ja suurimmillaan 0,047 mg P/l, ja keskiarvo oli 0,020 mg P/l. Kahdessa alimmassa pisteessä, K2 ja K3, lukemat olivat samat: vaihteluväli 0,010 – 0,049 mg P/l ja keskiarvo 0,021 mg P/l.

Kiintoainepitoisuuden vaihteluvälit eri mittauspisteissä olivat lähellä toisiaan. Jokijuoksun ylimmässä pisteessä (K1) vaihteluväli oli suppein ja alimmassa (K3) laajin. Pienin pisteestä K1 määritetty kiintoainepitoisuus oli 22 mg SS/l ja suurin 159 mg SS/l. Keskimmaisessä pisteessä (K2) vaihteluväli oli 19 – 161 mg SS/l ja pisteessä K3 pitoisuus vaihteli välillä 16 – 173 mg SS /l. Kiintoainepitoisuuksien keskiarvot mittauspisteissä K1 – K3 olivat 43, 44 ja 43 mg SS/l.

Ainepitoisuuksien ajallinen vaihtelu Kirkkojoen pisteissä K1 – K3

Toukokuusta aina elokuun alkuun saakka Kirkkojoen kokonaistypen pitoisuudet (pisteiden K1 – K3 keskiarvot) olivat pieniä, alle 2,0 mg N/l (ks. kuva 21). Pitoisuudet nousivat jonkin verran 3. kesäkuuta 2005 otetuissa näytteissä. Tällöin keskiarvo oli 2,5 mg N/l. Näytteenottoa edeltävän viikon aikana satoi suhteellisen runsaasti (Rudbäckissa noin 30 mm), mutta sitä aiemmin oli ollut vähäsateista. Seuraavan kerran typpipitoisuus kohosi tasolle 2,5 mg N/l 10. elokuuta, jota edeltävän viikon aikana sadanta oli lähes 90 mm. Elokuun puolivälistä lokakuun lopulle typpipitoisuudet vaihtelivat välillä 1,2 – 1,9 mg N/l. Koko tutkimusjakson korkein kokonaistypen pitoisuuksien keskiarvo (5,9 mg N/l) analysoitiin 27. lokakuuta otetusta näytteestä, jolloin edellisen viikon sadesumma oli noin 50 mm. Tätä sateista viikkoa edelsi kuukauden pituinen varsin kuiva (sadesumma noin 10 mm) jakso. Marraskuun alusta näytteenottojakson loppuun näytteenottopisteiden pitoisuuksien keskiarvo oli 3,4 mg N/l ja korkeimmat typpipitoisuudet saatiin sateisimpien viikkojen jälkeen.

Kokonaisfosforin pitoisuuksien ajallinen vaihtelu poikkesi kokonaistypen pitoisuuksien vaihtelusta etenkin suurimpien pitoisuuksien ajankohtien osalta (ks. kuva 22). Kun tarkastelun ulkopuolelle jätetään 12. toukokuuta ja 10. elokuuta otetut näytteet, niin toukokuusta lokakuun lopulle 2005 kokonaisfosforin keskimääräinen pitoisuus

havaintopisteissä oli 0,08 mg P/l. Lokakuun lopulta joulukuulle fosforipitoisuudet olivat vuoroin selvästi koko tutkimusjakson kolmen havaintopisteen keskiarvon (0,104 mg P/l) yläpuolella ja vuoroin sen alapuolella. Fosforipitoisuuden vaihteluväli oli loka-joulukuussa laaja, 0,07 – 0,24 mg P/l. Koko jakson korkein fosforipitoisuuden keskiarvo, 0,28 mg P/l, analysoitiin 10. elokuuta otetusta näytteestä.

Kokonaisfosforin ja fosfaattifosforin pitoisuudet vaihtelivat ajallisesti varsin samaan tapaan (ks. kuvat 22 – 23). Toukokuusta aina lokakuun lopulle fosfaattifosforin pitoisuudet pysyivät suhteellisen alhaisina paitsi 10. elokuuta otetuissa näytteissä. Tällä aikavälillä fosfaattifosforipitoisuuden keskiarvo (0,018 mg P/l) oli hieman koko jakson keskiarvoa (0,021 mg P/l) alempi. Tarkastelujakson kuuden viimeisen näytteenottopäivän fosfaattifosforipitoisuudet vaihtelivat samaan tapaan kuin kokonaisfosforipitoisuus. Pienin määritetty pitoisuus oli tällöin 0,017 mg P/l ja suurin 0,043 mg P/l. Koko jakson korkein pitoisuus (0,043 mg P/l) analysoitiin 10. elokuuta otetusta näytteestä.

Kuten ravinnepitoisuudet Kirkkojoen näytteenottopisteiden kiintoainepitoisuudet pysyivät verrattain alhaalla aina toukokuusta lokakuun 2005 lopulle (ks. kuva 24). Tällä ajanjaksolla otettujen näytteiden (19 näytettä/piste) kiintoainepitoisuuksien keskiarvo oli 28 mg SS/l. Keskiarvoa laskettaessa jätettiin pois 10. elokuuta otetut näytteet, sillä ne poikkesivat selvästi em. jakson muista näytteistä. Tällöin havaintopisteiden kiintoainepitoisuuksien keskiarvo oli koko tutkimusjakson (touko-joulukuu) korkein, 164 mg SS/l. Lokakuun lopulta joulukuun alkuun otettujen näytteiden (6 näytettä/piste) keskimääräinen pitoisuus oli 67 mg SS/l, kun touko-joulukuun keskiarvo oli 42 mg SS/l. Elokuun alun suhteellisen korkeat kiintoainepitoisuudet johtuvat poikkeuksellisen runsaista sateista, jotka nostivat selvästi myös ravinnepitoisuuksia.

Gårdskullan ja Suitian peltojen vaikutus Kirkkojoen veden laatuun

Tutkimusalueen yläpuolisen jokiosuuden veden laatua edustivat pisteestä K1 otetut vesinäytteet. Gårdskullan peltojen mahdollista vaikutusta Kirkkojoen veden laatuun tutkittiin pisteen K2 vesinäytteistä. Pisteen K3 veden laatuun oletettiin vaikuttavan sekä Gårdskullan että Suitian tiloilta tulevat valumavedet. Pisteen K1 ja K2 välinen etäisyys on vajaat kaksi kilometriä ja pisteen K1 ja K3 reilut neljä kilometriä. Eroavaisuudet näytteenottopisteiden K3 ja K1 ravinne- ja kiintoainepitoisuuksissa on esitetty kohdassa 4.2 (ks. kuva 25).

Kokonaistypen pitoisuus

Havaintopisteistä K1 ja K2 analysoitujen vesinäytteiden kokonaistyyppipitoisuuksien keskiarvot olivat saman suuruiset (2,0 mg N/l). Hieman yli puolet (14/26) määritetyistä tyyppipitoisuuksista oli Gårdskullan mittauspisteessä (K2) suurempia kuin vastaavan ajankohdan tyyppipitoisuudet ylemmässä pisteessä K1. Suurimmillaan K2:n kokonaistyyppipitoisuus oli 1,2 -kertainen ja pienimmillään 0,8 -kertainen K1:n pitoisuuteen nähden.

Gårdskullan ja Suitian peltoalueita edeltävän mittauspisteen, K1, ja niiden jälkeisen pisteen (K3) näytteiden kokonaistyyppipitoisuus oli tarkastelujaksolla tehtyjen analyysien perusteella varsin lähellä toisiaan. Kaikkien 26 pisteestä K3 määritetyn tyyppipitoisuuden keskiarvo oli viisi prosenttia korkeampi kuin pisteen K1 analyysien keskiarvo. Pisteen (K3) ja (K1) tyyppipitoisuuksien suhteen vaihteluväli oli 0,8 – 1,2.

Kokonaisfosforin pitoisuus

Kirkkojoen kokonaisfosforipitoisuus vaihteli tarkastelujaksolla samaan tapaan kuin kokonaistyyppipitoisuus. Fosforipitoisuus pisteessä K2 oli väliin suurempi (3/5 näytteistä) ja väliin alhaisempi (2/5 näytteistä) kuin pisteessä K1. Pisteessä K2 fosforipitoisuuden suhde pisteen K1 pitoisuuteen vaihteli välillä 0,9 – 1,2.

Kokonaisfosforipitoisuuksien keskiarvot olivat pisteissä K1 ja K3 käytännössä samansuuruiset. Noin kolmannes pisteen K3 analysoiduista kokonaisfosforipitoisuuksista oli korkeampia kuin pisteen K1 vastaavan päivän pitoisuus. K3:n fosforipitoisuudet olivat enimmillään 1,2- ja pienimmillään 0,7 -kertaisia pisteen K1 pitoisuuksiin nähden.

Fosfaattifosforin pitoisuus

Hieman useammin kuin joka toisessa (14/24) analyysissä Gårdskullan mittauspisteen (K2) vesinäytteiden fosfaattifosforipitoisuus oli korkeampi kuin pisteen K1 vesinäytteessä. Pisteessä K2 pitoisuudet olivat 0,8 – 1,5 -kertaisia edeltävän pisteen (K1) pitoisuuksiin nähden. Molempien pisteiden fosfaattifosforimääritysten keskiarvot olivat likimain yhtä suuria (0,02 mg P/l).

Mittauspisteiden K1 ja K3 välisen jokiosuuden fosfaattifosforipitoisuus vaihteli kokonaistyyppi ja -fosforipitoisuutta laajemmalla alueella. K3:n pitoisuudet olivat 0,6 – 2,5 -kertaisia K1:n pitoisuuksiin verrattuna. Suurin pitoisuussuhde 2,5 oli tosin yksittäinen piikki, sillä toiseksi suurin K3/K1 pitoisuussuhde oli 1,6. Lisäksi mittausjakson fosfaattifosforipitoisuuksien keskiarvot olivat kummassakin pisteessä lähellä toisiaan, K3:n keskiarvo oli noin seitsemän prosenttia korkeampi kuin K1:n keskiarvo. Pisteessä K3 pitoisuudet olivat 14:ta mittauspäivänä suurempia ja 12:ta pienempiä tai yhtä suuria kuin pisteen K1 pitoisuudet.

Kiintoaineen pitoisuus

Kiintoainepitoisuudet Kirkkojoen mittauspisteissä K1 ja K2 olivat tarkkailujaksolla keskimäärin samansuuruisia, molempien pisteiden pitoisuuksien keskiarvo oli noin 40 mg SS/l. Pisteestä K3 otetun näytteen kiintoainepitoisuus oli 15 päivänä suurempi ja 11 päivänä pienempi kuin pisteen K1 kiintoainepitoisuus. Suurimmillaan K2:n kiintoainepitoisuus oli 1,4 - ja pienimmillään 0,5 -kertainen K1:n pitoisuuteen verrattuna.

Gårdskullan peltoja edeltävän mittauspisteen (K1) ja Suitian peltojen jälkeisen pisteen (K3) kiintoainepitoisuudet olivat keskimäärin yhtä suuria. Kolmena mittauspäivänä neljästä K3:n pitoisuus oli K1:n lukemaa pienempi ja K3:n ja K1:n kiintoainepitoisuuksien suhde vaihteli välillä 0,7 – 1,6. Analyysitulosten pohjalta näyttää siltä, että peltojen valumavedet eivät lisää Kirkkojoen kiintoainepitoisuutta.

Pienet erot tutkimuspisteiden (K1, K2 ja K3) valuma-alueiden pinta-aloissa selittävät osaltaan ravinne- ja kiintoainepitoisuuksien vähäistä muuttumista jokea alaspäin mentäessä. Koko Kirkkojoen valuma-alueen pinta-ala on noin 140 km² ja pisteen K1 yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala lähes 130 km². Keskimmäisen pisteen (K2) valuma-alue on noin neljä ja alimman pisteen (K3) reilut yhdeksän neliökilometriä suurempi kuin ylimmän pisteen (K1) valuma-alue. Vaikka pisteiden K1 ja K3 välisen alueen peltoprosentti (54 %) on koko valuma-alueen peltoprosenttia (40 %) jonkin verran suurempi, niin sen pinta-ala (9 km²) on vain noin seitsemän prosenttia koko joen valuma-alueesta.

Huuhtoumat

Saatujen tutkimustulosten perusteella Kirkkojoen mittauspisteiden väliset ravinne- ja kiintoainepitoisuuksien erot olivat keskimäärin suhteellisen pieniä. Pitoisuudet sekä kasvoivat että vähenivät joen alajuoksulle päin mentäessä näytteenottoajankohdasta riippuen. Pitoisuuksien nousu pisteissä K1 ja K3 sattui kuitenkin yleensä ajankohtiin, jolloin ennen näytteenotto oli satanut runsaasti (ks. taulukko 2 ja kuva 25). Tällöin peltoalueilta oli oletettavasti purkautunut jokeen pintavalunta- ja salaojavesiä, joiden ravinne- ja kiintoainepitoisuudet ovat ajoittain hyvinkin korkeita. Jokiosuudella pellot viettävät joen rantaan ja salaojastojen laskuaukot päätyvät moni paikoin suoraan jokeen, jolloin peltoalueilta tuleva kuormitus kulkeutuu nopeasti uomaan saakka. Osa peltojen valumavesistä purkautuu jokeen valtaojien kautta.

Kuivina jaksoina ainepitoisuudet pysyivät lähes samoina tai pieneneivät jokijuoksulla. Sateettomina aikoina pinta- ja salaojavaluntaa ei luonnollisestikaan esiintynyt, vaan valunta oli pohjavesivaluntaa. Pohjavedessä ravinne- ja kiintoainepitoisuudet ovat yleensä selvästi pienempiä kuin peltoalueiden pintavalunta- ja salaojavesien pitoisuudet.

Joessa kulkeutuvia ainemääriä ja näytteenottopisteiden K1 ja K3 väliseltä valuma-alueelta tulevia huuhtoumia ja valumavesien pitoisuuksia arvioitiin lähemmin loppusyksyiltä 2005. Tarkasteluun valittiin kaksi erilaista vuorokautta, joilta oli vedenkorkeushavainto pisteestä K2. Valitut ajankohdat olivat 20. ja 27. lokakuuta 2005. Ennen ensimmäistä tarkastelupäivää oli ollut varsin kuivaa, kolmen viikon sademäärä oli alle kolme millimetriä. Tarkastelupäivien välinen viikko oli puolestaan sateinen, vettä tuli noin 50 mm.

Joessa kulkeutuvien ainemäärien laskemiseen tarvittava virtaama laskettiin pisteessä K2 havaittujen vedenkorkeuksien sekä samalla paikalla tehtyjen siivikkomittausten avulla. Vedenkorkeus 20. lokakuuta oli 54 cm ja sitä vastaava virtaama 180 l/s (ks. taulukko 4, s. 12). Viikkoa myöhemmin, 27. lokakuuta, joen vedenpinta oli noussut 91 cm:iin ja virtaus oli niin voimakas, ettei siivikkomittauksia pystytty tekemään. Virtaama ekstrapoloitiin taulukossa 4 esitettyjen siivikkomittausten pohjalta ja virtaamaksi saatiin 2300 l/s.

Pisteessä K2 laskettuja virtaamia vastaavat valumat olivat 20. lokakuuta 1,4 l/s/km² ja 27. lokakuuta 17,3 l/s/km². Pisteiden K1 ja K3 virtaamat laskettiin pisteen K2 valuma-arvojen ja pisteiden valuma-alueiden pinta-alojen perusteella. Ravinne- ja kiintoainemäärät laskettiin olettaen, että joen virtaama ja pitoisuudet olivat pysyneet koko vuorokauden vakioina. Ainepitoisuuksina käytettiin kustakin hetkellisestä piste-näytteestä määritettyjä arvoja (ks. liite 2).

Joen virtaama oli 20. lokakuuta verrattain pieni ja ravinnepitoisuudet eivät juurikaan muuttuneet näytteenottopisteiden välillä. Kiintoainepitoisuus jopa pieneni joen alajuoksulle päin. Ravinnemäärät kasvoivat pisteestä K1 pisteeseen K3 mentäessä noin 7 % eli saman verran kuin virtaama. Kiintoainemäärää väheni noin 26 %. Tämä viittaa siihen, että pisteiden K1 ja K3 väliseltä alueelta purkautuneiden valumavesien ravinnepitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin pisteen K1 pitoisuudet. Kiintoainepitoisuuden ja -kuorman vähenemisen syynä saattaa olla maapartikkeleiden laskeutuminen uoman pohjalle ja pidäytyminen kasvustoon. Virtaaman lisäys näytteenottopisteiden välillä johtui pohjavesivalunnasta.

Toista tarkasteluvuorokautta, 27. lokakuuta, edelsi varsin sateinen viikko, jonka aikana pelloilta voidaan olettaa valuneen jokeen pinta- ja salaojavesiä. Tällöin

ravinnepitoisuudet kasvoivat noin 12-20 % ja kiintoainepitoisuus 29 % joen juoksulla pisteestä K1 pisteeseen K3. Joessa kulkeutuneet ravinnemäärät olivat Gårdskullan ja Suitian tilojen peltoalueiden jälkeen (piste K3) 20 – 30 % suurempia kuin niiden yläpuolisissa pisteissä (K1). Kiintoainemäärän lisäys oli noin 38 %. Ainemäärät kasvoivat suhteessa enemmän kuin virtaama, joten pisteiden K1 ja K3 väliseltä osavaluma-alueelta tulevien valumavesien pitoisuuksien on pitänyt olla suurempia kuin Kirkkojoen pisteen K1 pitoisuuksien. Edellä esitettyjen oletusten perusteella jokiveden kokonaistyyppipitoisuuden nousu pisteestä K1 (5,66 mg N/l) pisteeseen K3 (6,34 mg N/l) edellytti, että osavaluma-alueelta tulevien valumavesien pitoisuus oli noin 16 mg N/l. Vastaavasti valumavesien kokonaisfosforin pitoisuudeksi arvioitiin 0,60 mg P/l, fosfaattifosforin pitoisuudeksi 0,16 mg P/l ja kiintoaineen pitoisuudeksi 414 mg SS/l. Jokiveden vastaavat pitoisuudet pisteessä K1 olivat 0,20 mg P/l, 0,04 mg P/l ja 77 mg SS/l ja pisteessä K3 0,22 mg P/l, 0,05 mg P/l ja 99 mg SS/l.

Samana näytteenottopäivänä, 27. lokakuuta, valtaojan veden kokonaistyyppi-pitoisuus (9,87 mg/l) oli pienempi kuin edellä arvioitu valumavesien pitoisuus, mutta selvästi korkeampi kuin Kirkkojoen pitoisuus pisteessä K1. Samoin fosfaattifosforin pitoisuus valtaojassa (0,056 mg/l) oli selvästi pienempi kuin valumavesien pitoisuus, mutta noin 44 % korkeampi kuin pisteen K1 pitoisuus. Valtaojan kokonaisfosforin (0,178 mg/l) ja kiintoaineen (68 mg/l) pitoisuudet olivat pienempiä kuin sekä valumavesien arvioidut että jokiveden pitoisuudet.

Edellä esitettyjä tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että todellisuudessa pisteiden K1 ja K3 välisen osavaluma-alueen (9 km²) valuma saattaa poiketa paljonkin pisteen K1 valumasta johtuen suurista eroista valuma-alueiden pinta-aloissa. Myös virtaaman ja pitoisuuksien oletaminen vakiosuuruisiksi koko vuorokauden ajan aiheuttaa epävarmuutta tuloksiin. Ylivirtaamien aikana varsinkin kiintoaineen ja kokonaisfosforin pitoisuudet vaihtelevat yleensä suuresti.

Vedenlaatumuuttujien välisiä riippuvuuksia

Ainepitoisuuksien ja vedenkorkeuden välinen yhteys

Syyskuusta lähes lokakuun loppuun asti pisteen K2 vedenkorkeusasteikolta havaitut lukemat olivat 50 ja 55 cm:n välillä ja pisteestä otettujen vesinäytteiden kokonaistyyppipitoisuudet (piste K2) välillä 1,1 – 1,5 mg N/l. Lokakuun lopulta joulukuun alkuun vedenkorkeushavainnot vaihtelivat välillä 72 – 155 cm, ja kokonaistyyppipitoisuudet välillä 2,1 – 5,8 mg N/l. Karkeasti ottaen tyyppipitoisuus kasvoi vedenkorkeuden noustessa (ks. kuva 27). Selvimmin yleislinjasta poikkesi jakson suurin pitoisuus (5,8 mg N/l), joka määritettiin 27. lokakuuta 2005 otetusta näytteestä vedenkorkeuden ollessa havaituista kolmanneksi korkein, 91 cm.

Tyyppipitoisuuksien tapaan kokonaisfosforin pitoisuudet olivat lokakuun lopulle asti suhteellisen alhaisia (ks. kuva 28). Vedenkorkeuksien noustessa myös fosforipitoisuudet olivat keskimäärin jakson alkupuolen pitoisuuksia korkeampia. Vedenkorkeuden nousun ja kokonaisfosforin pitoisuuden kasvun välinen yhteys oli hieman heikompi kuin yhteys vedenkorkeuden ja kokonaistyyppipitoisuuden välillä.

Kirkkojoen fosfaattifosforin pitoisuuksien ja vedenkorkeuksien välille sovitettu suora on niin ikään nouseva (ks. kuva 29). Suoran selitysaste (R^2) on tarkastelluista pienin, eli fosfaattifosforipitoisuuden riippuvuus joen vedenkorkeudesta on muita määritettyjä pitoisuuksia pienempi. Kokonaistyyppipitoisuuden tapaan aineistoon sovitetusta suorasta

poikkiesi selvimmin 27. lokakuuta ($W = 91$ cm) otetun näytteen pitoisuus (0,042 mg P/l), joka oli suurin koko tarkastelujakson pitoisuuksista.

Ravinnepitoisuuksien tapaan myös kiintoainepitoisuuksien ja joen vedenkorkeuksien välille muodostuu nouseva suora (ks. kuva 30). Aineistoon sovitetusta suorasta eniten poikkiesi, kuten muillakin vedenlaatumuuttujilla, 27. lokakuuta otetusta näytteestä analysoitu kiintoainepitoisuus, 101 mg SS/l. Vedenkorkeuteen nähden alhaisia olivat 1. marraskuuta ($W=72$ cm) ja 1. joulukuuta ($W=155$ cm) maritetyt pitoisuudet 21 ja 69 mg SS/l.

Ravinne- ja kiintoainepitoisuuksien välinen yhteys

Kirkkojoen veden ravinnepitoisuuksien riippuvuutta kiintoainepitoisuudesta on tarkasteltu kuvissa 31 – 33. Kaikkiin kolmeen aineistoon sovitetut suorat ovat nousevia. Heikoin yhteys nytt olevan kokonaistyyppipitoisuuden ja kiintoainepitoisuuden välillä, kolmen mittauspisteen selitysasteen (R^2) keskiarvo oli 0,37. Voimakkain riippuvuussuhde oli puolestaan kokonaisfosforin ja kiintoaineen välillä, selitysaste keskimarin 0,81. Selitysasteita vertailtaessa fosfaattifosfori (keskiarvo $R^2 = 0,69$) sijoittui typen ja kokonaisfosforin väliin. Kirkkojoen kolmen mittauspisteen väliset erot selitysasteessa olivat suurimmat kokonaisfosforipitoisuudessa ja pienimmät kokonaistyyppipitoisuudessa.

Valtaosa (75 %) maatalouden valumavesien fosforista on kiintoaineeseen sitoutunutta (Pietiläinen ja Rekolainen 1991). Fosforin vahva sitoutuminen kiintoaineeseen on näkynyt maatalousalueiden valumavesiä koskeneissa tutkimuksissa, esim. Aurajoen vesistöalueen pienellä (1 ha) kokonaan peltoa olevalla koealueella tehdyissä tutkimuksissa (Puustinen et al. 2005) kiintoaineen ja partikkelimaisen fosforin välillä oli vahva korrelaatio, $R^2 = 0,97$. Typen kohdalla tilanne on toisenlainen. Maatalouden valumavesien tyypestä valtaosa on liuenneessa muodossa esiintyvää nitraattityypp (Rekolainen et al. 1992) ja siten myös kokonaistypen sitoutuminen kiintoaineeseen on kokonaisfosforia selvästi heikompa.

Fosfaattifosforin ja kokonaisfosforin välinen yhteys

Fosfaattifosforin ja kokonaisfosforin pitoisuuksien suhdetta kuvaavaan aineistoon sovitettu suora (ks. kuva 34) on selkeästi nouseva eli keskimarin fosfaattifosforipitoisuus on sitä suurempi mitä korkeampi on kokonaisfosforipitoisuus. Mittauspisteiden selitysasteet kasvoivat hieman jokea alaspäin mentäessä.

Valtaojan veden laadun ajallinen vaihtelu

Mittauspisteiden K1 ja K2 välissä Kirkkojokeen laskevasta valtaojasta (V1) otettiin loka-joulukuussa 2005 kahdeksan vesinäytettä. Valtaojan kokonaistypen pitoisuudet vaihtelivat välillä 1,8 – 9,9 mg N/l ja niiden keskiarvo oli 4,7 mg N/l. Alimmillaan valtaojan kokonaisfosforin pitoisuus oli 0,065 mg P/l ja korkeimmillaan 0,178 mg P/l. Keskiarvoksi tuli 0,122 mg P/l. Fosfaattifosforin pitoisuuksien keskiarvo oli 0,039 mg P/l ja vaihteluväli 0,021 – 0,056 mg P/l. Ojaveden kiintoainepitoisuus vaihteli puolestaan välillä 26 – 88 mg SS/l ja oli keskimarin 51 mg SS/l.

Lokakuun alusta kolme viikkoa kestäneen lähes sateettoman ajan valtaojan kokonaistyyppipitoisuus pysytteli noin 2 mg:ssa N/l. Sateisen viikon (sadem noin 50

mm) jälkeen 27. lokakuuta otetun vesinäytteen kokonaistyyppipitoisuus nousi koko jakson korkeimmaksi (9,9 mg N/l), ollen yli viisinkertainen edellisten viikkojen pitoisuuksiin nähden. Lokakuun viimeisten lähes sateettomien päivien jälkeen tyyppipitoisuus laski valtaojassa puoleen huippuarvosta. Marraskuun alkupuolen sateet (sademäärä 50 mm) nostivat kokonaistyyppipitoisuutta 16. marraskuuta mennessä vain noin 20 %, 5,70 mg:aan N/l. Seuraavaa näytteenottoa edeltäneen sateettoman viikon aikana ojaveden tyyppipitoisuus laski hieman. Marraskuun loppupäivien runsaiden sateiden (sademäärä 75 mm) jälkeinen kokonaistyyppipitoisuus nousi samalle tasolle kuin se oli kuun puolivälissä. Joulukuun ensimmäisen viikon sadanta oli noin 10 mm ja osa siitä satoi lumenä. Tällöin tyyppipitoisuus laski alimmilleen, 3,82 mg:aan N/l, sitten lokakuun keskivaiheen kuivan jakson.

Kaksi ensimmäistä ojavesinäytettä, jotka otettiin sadeolosuhteiltaan samanlaisen lähes sateettoman viikon jälkeen 13. ja 20. lokakuuta, erosivat kokonaisfosforipitoisuudeltaan selvästi. Ensimmäisen näytteen fosforipitoisuus oli 1,6 -kertainen viikkoa myöhemmään nähden. Lokakuun loppupuolen runsaat sateet nostivat fosforipitoisuuden 27. lokakuuta 0,178 mg:aan P/l, joka oli korkein koko tutkimusjaksolla mitattu pitoisuus. Valtaojan kokonaisfosforipitoisuudet seurasivat Kirkkojoen vedenkorkeuksien vaihtelua myös marras-joulukuussa; runsaat sateet nostivat kokonaisfosforipitoisuutta ja kuivan viikon jälkeen pitoisuudet alenivat samoin kuin kokonaistypen kohdalla. Marraskuun alkupuolen sateet lisäsivät virtaamia ja valtaojan kokonaisfosforipitoisuus nousi kuun puolivälissä tarkkailujakson toiseksi korkeimpaan lukemaan 0,170 mg:aan P/l. Pitoisuus laski seuraavan viikon jälkeen tasolle 0,100 mg P/l. Fosforipitoisuuden vaihtelu jatkui säätilan mukaisena. Ensin sateisen viikon perään pieni nousu 0,122 mg:aan P/l, ja sitten kuivan viikon jälkeisestä näytteestä analysoitiin koko tutkimusjakson alin kokonaisfosforipitoisuus, 0,065 mg P/l.

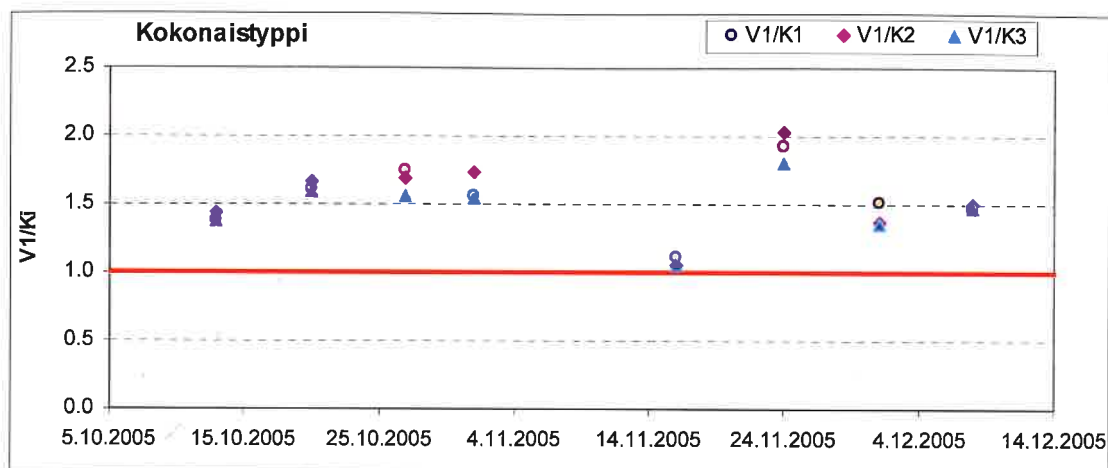
Kokonaisfosforin ja fosfaattifosforin pitoisuuksien ajallinen vaihtelu noudatteli varsin samanlaista rytmiä. Myös fosfaattifosforin osalta koko jakson korkein pitoisuus, 0,056 mg P/l määritettiin 27. lokakuuta. Samoin kuin kokonaisfosforin kohdalla määritettiin jakson toiseksi suurin fosfaattifosforipitoisuus (0,046 mg P/l), näytteestä, joka otettiin 16. marraskuuta ja pienin pitoisuus (0,021 mg P/l) analysoitiin jakson viimeisestä näytteestä 8. joulukuuta. Selvin eroavaisuus pitoisuuksien vaihtelurytmissä oli 24. marraskuuta haetuissa näytteissä. Tällöin kokonaisfosforin pitoisuus pieneni sateettoman viikon aikana lähes puoleen edellisviikkoon verrattuna, mutta fosfaattifosforin pitoisuus laski samaan aikaan vain 10 %.

Valtaojan suurin kiintoainepitoisuus, 88 mg SS/l, määritettiin ensimmäisestä, 13. lokakuuta, otetusta näytteestä. Seuraavan viikon jälkeisessä näytteessä kiintoainepitoisuus oli laskenut 60 %. Kumpaakin näytteenottoa edeltäneet viikot olivat hyvin kuivia. Tämän jälkeen valtaojan kiintoainepitoisuus vaihteli sademäärän mukaan. Jakson alin kiintoainepitoisuus, 26 mg SS/l, mitattiin 1. marraskuuta otetusta näytteestä, joka ajoittui kahden sateisen viikon väliin osuneen kuivan viikon loppuun.

Kirkkojoen ja siihen laskevan valtaojan veden laadun vertailu

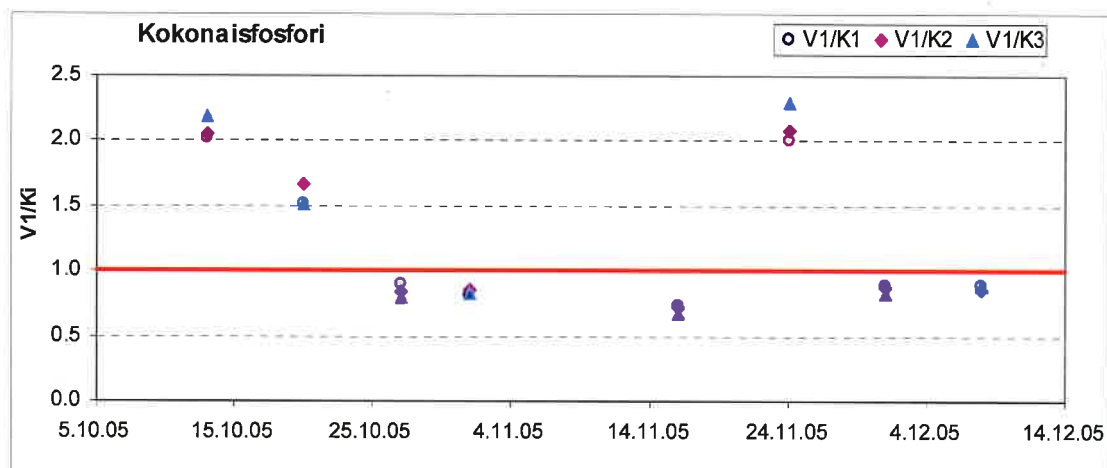
Kirkkojoen mittauspisteiden (K1, K2 ja K3) lisäksi vesinäytteitä otettiin Kirkkojokeen pääosin peltoalueiden valumavesiä tuovasta valtaojasta (piste V1). Samanaikaisesti näytteitä otettiin kaikista neljästä pisteestä loka-joulukuussa 2005 kahdeksana ajankohtana. Seuraavassa on vertailtu näiden näytteiden ravinne- ja kiintoainepitoisuuksia.

Kokonaistypen pitoisuus oli valtaojan vedessä kaikkina näytteenottopäivinä korkeampi kuin Kirkkojoesta otetuissa näytteissä (kuva 35). Valtaojan ja jokiveden pitoisuuksien keskiarvon suhde vaihteli välillä 1,1 – 1,9. Valtaojan kokonaistypen pitoisuudet olivat keskimäärin 1,5 -kertaisia pisteiden K1, K2 ja K3 pitoisuuksiin verrattuina.



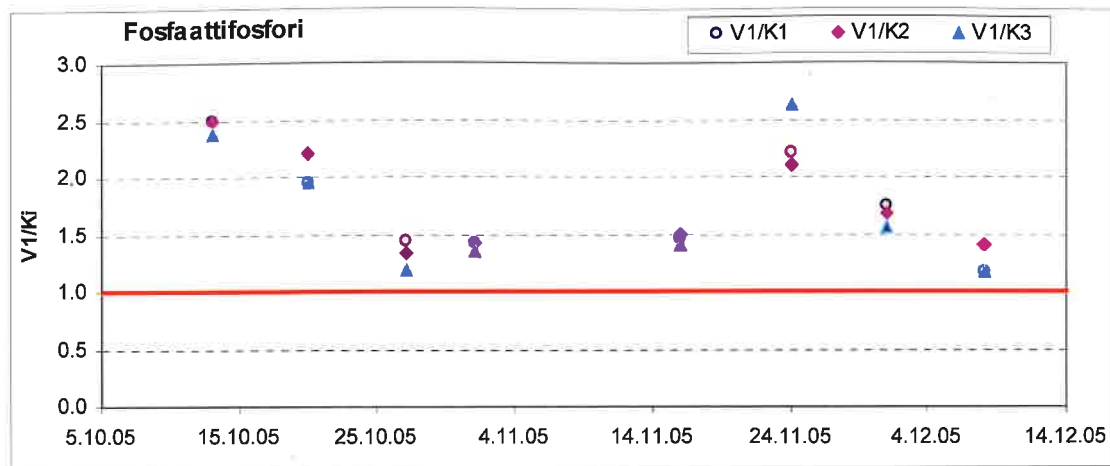
Kuva 35. Valtaojan (piste V1) ja Kirkkojoen (Ki, pisteet K1 – K3) kokonaistypen pitoisuuksien suhde.

Valtaojan ja Kirkkojoen veden kokonaisfosforin pitoisuuksien suhde poikkesi typpipitoisuuksien suhteesta (kuva 36). Kolmena tutkimuspäivänä valtaojan vesinäytteet sisälsivät enemmän fosforia kuin Kirkkojoen kolmen havaintopaikan näytteet. Näinä päivinä pitoisuudet olivat keskimäärin 1,9 -kertaisia. Viitenä tutkimuspäivänä tilanne oli päinvastainen, tällöin valtaojan ja joen fosforipitoisuuksien suhteen keskiarvo oli 0,8. Korkeat suhdeluvut sattuiivat ajankohtiin, jolloin näytteenottoa edeltävä viikko oli lähes sateeton ja peltoalueilta tuleva valunta oli niukkaa.



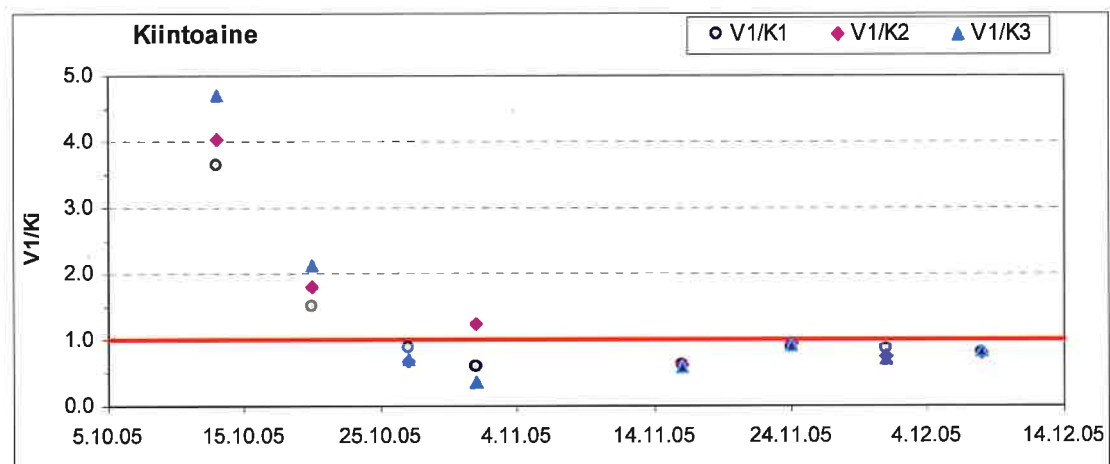
Kuva 36. Valtaojan (V1) ja Kirkkojoen (Ki, K1 – K3) kokonaisfosforin pitoisuuksien suhde.

Kokonaistypen pitoisuuksien tapaan fosfaattifosforin pitoisuudet olivat kaikkina mittauspäivinä valtaojassa Kirkkojoen vastaavia arvoja korkeampia (kuva 37). Suurimmillaan valtaojan fosfaattifosforipitoisuus oli Kirkkojoen pitoisuuksiin verrattuna 2,6 - ja pienimmillään 1,2 -kertainen. Valtaojan ja joen pitoisuuksien suhteen keskiarvo oli 1,7.



Kuva 37. Valtaojan (V1) ja Kirkkojoen (Ki, K1 – K3) fosfaattifosforin pitoisuuksien suhde.

Valtaojan ja jokiuoman kiintoainepitoisuuksien suhde (kuva 38) vaihteli osittain samalla tavalla kuin kokonaisfosforin pitoisuuksien suhde. Lokakuussa valtaojan kiintoainepitoisuudet olivat 4,1- ja 1,8 -kertaisia verrattuna Kirkkojoen näytteiden keskimääräisiin pitoisuuksiin. Marras-joulukuussa suhde oli yhtä poikkeusta (piste K2, 1. marraskuuta) lukuun ottamatta päinvastainen. Tällöin valtaojan veden kiintoainepitoisuus oli keskimäärin 80 % jokiveden kiintoainepitoisuudesta. Lokakuussa näytteenottokertoja oli kolme ja marras-joulukuussa kuusi.



Kuva 38. Valtaojan ja Kirkkojoen kiintoaineen pitoisuuksien suhde.

Kirkkojoen vedenlaatuluokitus kokonaisfosforin osalta.

Vesien yleinen käyttökelpoisuusluokitus kuvaa pintavesiemme keskimääräistä veden laatua sekä soveltuvuutta vedenhankintaan, kalavesiksi ja virkistyskäyttöön (Suomen ympäristökeskus 2005). Vedenlaatuluokituksessa käytettäviä muuttujia ovat: veden happipitoisuus, väri, näkösyvyys ja sameus, hygienian indikaattoribakteerit, haitalliset aineet sekä ravinnepitoisuus (kokonaisfosfori), klorofylli a:n määrä ja levähaitat. Laatuluokka määräytyy vesistön luontaisen veden laadun ja ihmisen toiminnan vaikutuksien mukaan. Pintavedet luokitellaan viiteen luokkaan: erinomainen, hyvä, tyydyttävä, välttävä ja huono. Vedenlaatuluokituksen luokkarajat (sisävedet) kokonaisfosforin osalta on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Vedenlaatuluokituksen luokkarajat kokonaisfosforille, sisävedet (Suomen ympäristökeskus 2005).

	Tot P (µg/l)
I Erinomainen	< 12
II Hyvä	< 30
III Tyydyttävä	< 50
IV Välttävä	50 -100
V Huono	> 100

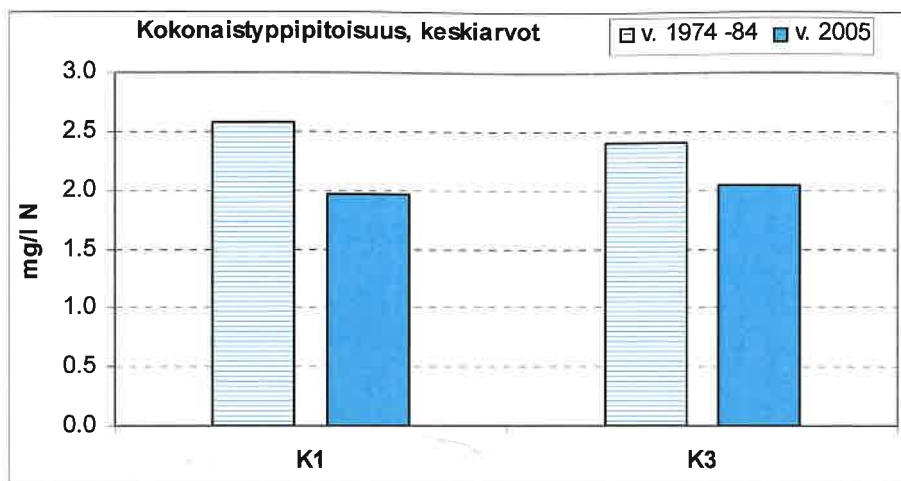
Vedenlaatuluokituksessa kokonaisfosforin pitoisuus, klorofylli a:n määrä sekä levähaitat kuvaavat vesistön rehevyytasoa. Kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo touko-joulukuussa 2005 oli kaikissa Kirkkojoen havaintopisteessä (K1, K2 ja K3) hieman yli 100 µg/l. Kokonaisfosforin pitoisuuskeskiarvojen perusteella Kirkkojoen vesi kuuluisi yllä esitetystä laatuluokituksessa keskimäärin luokkaan huono. Toisaalta valtaosa (21/25) määritetyistä kolmen mittauspisteen kokonaisfosforipitoisuuksien keskiarvoista oli alle 100 µg/l ja pienimmät määritetyt fosforipitoisuudet olivat välillä 50 – 70 µg/l, eli pääosan tutkimusjaksosta Kirkkojoen veden luokitus oli fosforin osalta välttävä. Tähän luokkaan Kirkkojoen päähaara kuuluu myös Uudenmaan ympäristökeskuksen selvityksen (2005) mukaan.

Vertailu vuosien 1974 – 1984 vedenlaatumäärityksiin

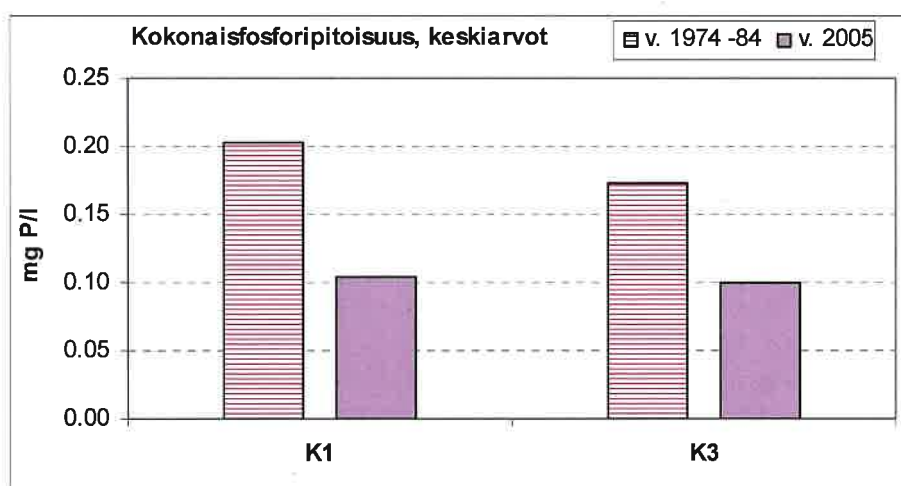
Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry ja Teknillisen korkeakoulun vesitalouden laboratorio toteuttivat Siuntionjoen vesistön yhteistarkkailua vuosina 1974 – 1984 (Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry 1979 – 1985, Teknillinen korkeakoulu 1974 ja 1977). Tutkimuksen osana Kirkkojoesta otettiin vesinäytteitä kahdesta pisteestä: Störsbyn padolta ja Siuntion kirkon kohdalla. Vuosina 1974 – 84 mitatut kokonaistypen, kokonaisfosforin, fosfaattifosforin ja kiintoaineen pitoisuudet on esitetty liitteessä 3.

Störsbyn näytteiden analyysituloksia verrattiin vuoden 2005 seurantatutkimuksen pisteen K1 tuloksiin. Piste K1 sijaitsee kilometrin verran Störsbyn padolta alavirtaan. Toinen vertailupari oli Siuntion kirkon kohdalla sijainnut havaintopiste ja vuoden 2005 seurantatutkimuksen piste K3, joka sijaitsee noin puoli kilometriä Siuntion kirkolta ylävirtaan. Vuosina 1974 – 84 tehdystä yhteistarkkailusta vertailuun on otettu mukaan huhti-joulukuun vesinäytteistä määritetyt ainepitoisuudet. Näinä kuukausina ravinne- ja kiintoaineanalyysyjä tehtiin yleensä kolmesta kuuteen kertaa vuotta kohden. Vuonna 2005 toteutetussa seurantatutkimuksessa näytteenottopäiviä oli touko-joulukuussa 26.

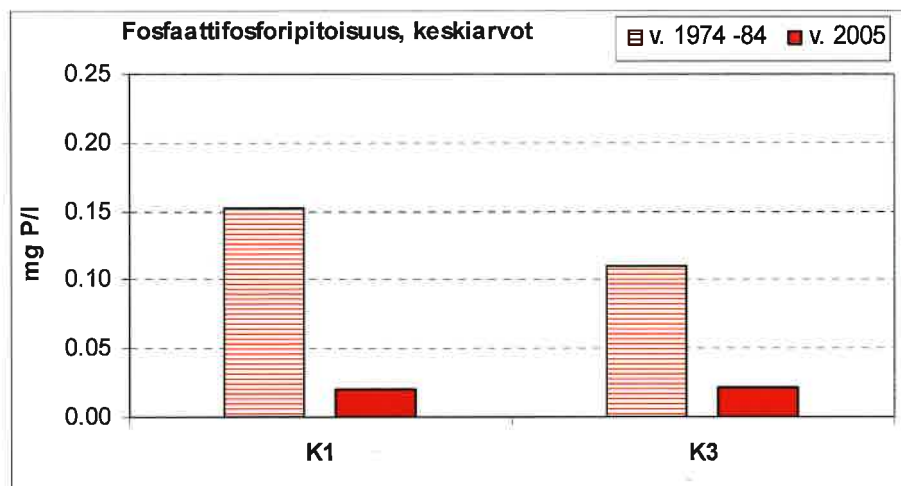
Siuntionjoen vesistön yhteistarkkailun (1974 – 84) ja vuoden 2005 seurantatutkimuksen ainepitoisuuksien keskiarvot on esitetty kuvissa 39 – 42. Vuosina 1974 – 84 kaikkien neljän ainepitoisuuden keskiarvot olivat Kirkkojoen ylemmässä näytteenottopisteessä (Störsby, K1) alemmaa pistettä (Siuntion kirkko, K3) suurempia. Kokonaistypen osalta suhde K1/K3 oli pienin, noin 1,1 ja kiintoaineen kohdalla suuri, lähes 1,5. Näiden väliin jäivät kokonaisfosfori 1,2 sekä fosfaattifosfori 1,3.



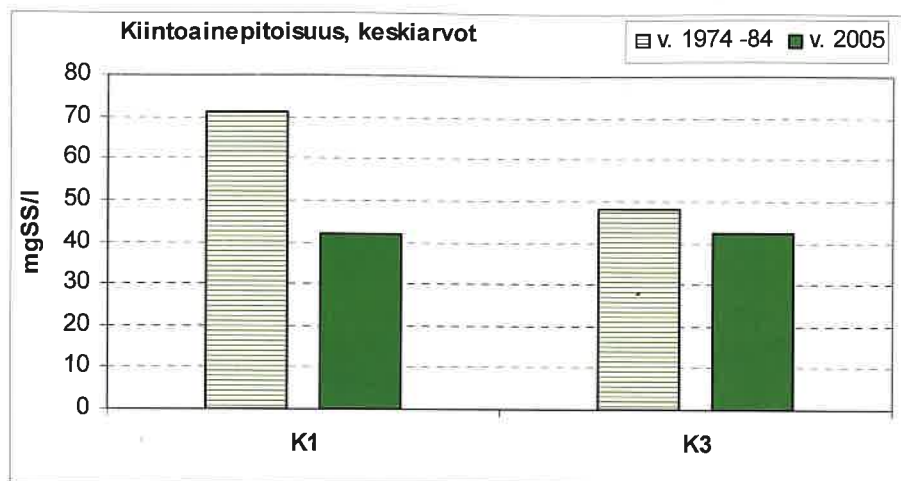
Kuva 39. Kokonaistypen pitoisuuksien keskiarvot vuosina 1974 – 84 (Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry 1979 – 1985, Teknillinen korkeakoulu 1974 ja 1977) ja vuonna 2005 Kirkkojoen näytteenottopisteissä K1 (Störsby 1974 – 1984) ja K3 (Siuntion kirkko 1974 – 1984).



Kuva 40. Kokonaisfosforin pitoisuuksien keskiarvot vuosina 1974 – 84 (Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry 1979 – 1985, Teknillinen korkeakoulu 1974 ja 1977) ja vuonna 2005.



Kuva 41. Fosfaattifosforin pitoisuuksien keskiarvot vuosina 1974 – 84 (Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry 1979 – 1985, Teknillinen korkeakoulu 1974 ja 1977) ja vuonna 2005.



Kuva 42. Kiintoaineen pitoisuuksien keskiarvot vuosina 1974 – 84 (Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry 1979 – 1985, Teknillinen korkeakoulu 1974 ja 1977) ja vuonna 2005.

Kaikkien neljän vertailun vedenlaatumuuttujan keskimääräiset pitoisuudet olivat vuoden 2005 seurantatutkimuksessa alempia kuin 1970- ja 1980 -luvulla toteutetussa yhteistarkkailussa. Kokonaistyyppipitoisuuksien keskiarvo joen ylemmässä vertailupisteessä (Störsby/K1) oli vuoden 2005 seurantatutkimuksessa noin 75 % vuosien 1974 – 1984 kokonaistyyppianalyysien keskiarvosta. Alemmassa vertailupisteessä (Siuntion kirkko/K3) vuoden 2005 kokonaistyyppipitoisuudet olivat keskimäärin noin 85 % vanhan tutkimuksen keskiarvosta. Vuonna 2005 kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo oli ylemmässä pisteessä (Störsby/K1) noin puolet ja alemmassa pisteessä (Siuntion kirkko/K3) reilut 60 % 1970- ja 1980-lukujen pitoisuuden keskiarvosta.

Vuoden 2005 tutkimuksen kiintoainepitoisuuden keskiarvo oli pisteessä K1 vajaat 60 % ja pisteessä K3 noin 90 % vanhan yhteistarkkailun vastaavien pisteiden pitoisuuksien keskiarvoista. Pisteessä K1 suhteellisen korkeaan keskiarvopitoisuuteen (yli 70 mg SS/l) vaikutti voimakkaasti yksi muista selvästi poikkeava kiintoainemääritys. Vuonna 1981 Kirkkojoesta otettiin huhti-joulukuussa kolme vesinäytettä, joista lokakuun näytteen kiintoainepitoisuudeksi saatiin 550 mg SS/l, joka on noin kaksinkertainen vuosien 1974 – 84 seuraavaksi korkeimpaan kiintoainepitoisuuteen verrattuna.

Vanhan ja uuden tutkimuksen tuloksia vertailtaessa eniten eroa oli keskimääräisissä fosfaattifosforipitoisuuksissa. Vuonna 2005 määritettyjen fosfaattifosforipitoisuuksien keskiarvo oli pisteessä K1 vain reilut 10 % ja pisteessä K3 noin 20 % vuosien 1974 – 84 keskiarvopitoisuuksista. Tutkimuksissa määritettyjen ainepitoisuuksien vertailua vaikeuttaa eri aikoina käytetyt ja mahdollisesti erilaisia tuloksia antavat analyysimenetelmät. Lisäksi tutkimuksessa, jossa näytteitä otetaan verrattain harvoin, kuten vuosien 1974 – 84 yhteistarkkailussa (3 – 6 päivänä /vuosi), yksittäisen näytteen painoarvo on merkittävä. Jokivesien pitoisuudet riippuvat voimakkaasti myös virtaamasta, mikä pitäisi ottaa huomioon tuloksia vertailtaessa. Ensimmäiseltä seurantajaksolta vedenkorkeus-/virtaamahavainnot ei ollut käytettävissä. Näistä sekoista huolimatta on ilmeistä, että fosfaattifosforipitoisuuden pienenemisen syynä on pitkälti teollisuuden ja asutuksen jätevesikuormituksen väheneminen (ks. luku 2).

Vertailu muihin maatalousvaltaisten valuma-alueiden tutkimuksiin

Pekkarinen (1979) tutki diplomityössään ravinteiden huuhtoutumista Siuntionjoen vesistöalueella. Työssä verrattiin Kirkkojoen (peltoa 40 %) ja Siuntionjoen päähaaran (peltoa 28 %) valumalla painotettuja ravinteiden keskipitoisuuksia vuosina 1975 – 77. Kirkkojoen kokonaistyyppipitoisuudet olivat 2,3 – 3 kertaa korkeammat, kokonaisfosforipitoisuudet 2 – 3 kertaa korkeammat ja fosfaattifosforipitoisuudet 3 – 4 kertaa korkeammat kuin Siuntionjoen päähaaran vastaavat arvot.

Pekkarisen (1979) tutkimuksessa esitettyjen ravinnepitoisuuksien (1975 – 77) aritmeettisia vuosikeskiarvoja verrattiin vuoden 2005 keskiarvopitoisuuksiin. Vertailtavana oli vanhan tutkimuksen Siuntionjoen päähaaran ennen Kirkkojokea sijainnut näytteenottopiste ja uuden tutkimuksen alin piste, K3. Kirkkojoen kokonaistyyppipitoisuuden keskiarvo oli vuoden 2005 touko-joulukuussa noin 1,6 -kertainen Siuntionjoen päähaaran vuosikeskiarvoihin (1976 ja 1977) verrattuna. Kokonaisfosforin (1975 – 77) osalta vastaava suhde oli 2,3 ja fosfaattifosforin 1,2.

Suomen ympäristökeskuksen pienten peltovaltaisten valuma-alueiden ravinnepitoisuuksia ja -huuhtoumia on esitetty muun muassa julkaisussa Granlund et al. (2005), jossa analysoidaan maatalouden vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutuksia vesistöjen typpi- ja fosforihuuhtoumiin. Tutkimuksessa oli mukana kaksi pientä, järvetöntä peltovaltaista valuma-aluetta Etelä-Suomesta. Kokemäenjoen vesistöalueeseen kuuluva Löytäneenoja, jonka valuma-alueen pinta-ala oli 5,6 km² ja pellon osuus valuma-alueesta 68 % sekä Aurajoen vesistöalueeseen kuuluva Savijoki, jonka vastaavat lukemat olivat 15,4 km² ja 39 %. Vuosina 1981 – 2000 Löytäneenojalla tehtiin lähes 480 vedenlaatumääritystä ja Savijoella näytteitä oli analysoitavasta ravinteesta riippuen joko 557 tai 575. Vedenlaadun tarkkailu oli yhdistelmä manuaalisia näytteitä (noin 15 näytettä/vuosi) ja virtaamalla painotettuja, automaattisesti otettuja näytteitä, noin 30 – 50 näytettä vuodessa. Näytteenottostrategiaa muutettiin vuonna 1986, josta lähtien säännöllisen ympärivuotisen näytteenoton sijaan keskityttiin kevään ja syksyn ylivirtaamakausiin.

Kokonaistyyppipitoisuudelle ja kokonaisfosforipitoisuudelle (vuodet 1981 – 2000) esitettiin keski-, minimi- ja maksimi-arvot. Savijoella kokonaistyyppipitoisuuden vaihteluväli oli varsin laaja. Pienin mitattu pitoisuus oli 0,130 ja suurin 20 mg N/l ja keskiarvoksi tuli 2,32 mg N/l. Löytäneenojalla tyyppipitoisuuden vaihtelu (1,1 – 14 mg N/l) oli vähäisempää, mutta keskiarvo (4,06 mg N/l) selvästi korkeampi kuin Savijoella. Kokonaisfosforipitoisuudet olivat pienimmillään Savijoella 0,029 mg P/l ja Löytäneenojalla 0,035 mg P/l. Suurimmat pitoisuudet olivat vastaavasti 0,990 ja 1,500 mg P/l ja keskiarvot 0,185 ja 0,169 mg P/l. (Granlund et al. 2005).

Savijoen ja Löytäneenojan vuosien 1981 – 2000 tutkimusten tuloksia (Granlund et al. 2005) verrattiin Kirkkojoelta touko-joulukuussa 2005 saatuihin mittaustuloksiin. Kokonaistypen ja kokonaisfosforin pitoisuuksien keskiarvot olivat sekä Löytäneenojalla että Savijoella korkeampia kuin Kirkkojoella. Löytäneenojan tyyppipitoisuuden keskiarvo oli Kirkkojokeen nähden lähes kaksinkertainen ja Savijoessa tyyppiä oli keskimäärin 1,1 kertaa Kirkkojoen määrä. Fosforin osalta vastaavat suhteet olivat: Löytäneenoja 1,7 ja Savijoki 1,9. Koko tutkimusjakson maksimi-arvot olivat kokonaistypen osalta Löytäneenojalla 2,2 -kertaisia ja Savijoella ja 3,2 -kertaisia Kirkkojoen suurimpiin pitoisuuksiin verrattuina. Tosin Kirkkojoen vajaan vuoden mittaisen tutkimusjakson tuloksista puuttuu kevään sulamisjakson mahdollisesti suuret ravinnepitoisuudet.

Maaperän eroosiota Paimionjoen vesistöalueella käsitelleessä tutkimuksessa (Mansikkaniemi 1982) mitattiin ravinnepitoisuuksia yhdeksällä valuma-alueella vuosina 1977 – 79. Koealueista kuusi oli pieniä ($F=1,7 - 4 \text{ km}^2$) ja järvettä valuma-alueita, joiden peltoprosentti oli keskimäärin 58. Kolme muuta olivat koko Paimionjoki ($F=1080 \text{ km}^2$) sekä kaksi sen peltovaltaista sivujoeta, Vähäjoki ($F=63 \text{ km}^2$) ja Tarvasjoki ($F=145 \text{ km}^2$). Jokien valuma-alueilla peltoa oli keskimäärin 40 % pinta-alasta.

Kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuuksia määritettiin Paimionjoen tutkimuksessa vuosittain neljässä jaksossa. Ensimmäinen jakso, kevättulvat, päättyi kolmena tutkimusvuonna jo ennen 20. huhtikuuta. Toinen, tulvien jälkeinen jakso kesti toukokuun loppuun. Kolmas jakso ulottui kesäkuun alusta syyskuun loppuun ja neljäs käsitti loka- ja marraskuun. Analyysejä tehtiin kolmesta kuuteen kappaletta valuma-alueelta ja jaksoa kohti. Tehtäessä vertailua Kirkkojoen vuoden 2005 ravinnepitoisuuksiin, mukaan otettiin jaksojen 2 – 4 tulokset. Sekä kokonaistyyppi- että kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo oli Paimionjoen valuma-alueella vuosina 1977 – 79 (21. huhtikuuta - 30. marraskuuta) suurempi kuin Kirkkojoella touko-joulukuussa 2005. Typpipitoisuuden keskiarvo oli Paimionjoen vesistöalueella noin 2,4 - ja fosforipitoisuuden keskiarvo noin 2,1 -kertainen Kirkkojoen vastaaviin pitoisuuksiin verrattuna.

Peltoalueiden valumavesiä Kirkkojokeen tuovan valtaojan (V1) ainepitoisuuksia verrattiin TKK:n Kirkkonummen Sjökillassa sijainneen peltovaltaisen koealueen valtaojan pitoisuuksiin. Pellon valtaojasta otettiin jaksolla 13.10. – 28.12.1998 vesinäytteitä 11 kertaa. (Paasonen-Kivekäs 2006).

Kirkkojokeen laskevan valtaojan (näytteenottopiste V1) kokonaistyyppipitoisuuksien keskiarvo oli noin 1,3 -kertainen Sjökillan valtaojan pitoisuuteen nähden. Kokonaisfosfori-, fosfaattifosfori- ja kiintoainepitoisuuksien keskiarvot olivat puolestaan Sjökillan valtaojassa selvästi korkeammat kuin Kirkkojokeen laskevassa valtaojassa. Sjökillan valtaojan kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo loka-joulukuun 1998 mittauksissa oli Kirkkojoen valtaojaan (V1) nähden lähes seitsenkertainen ja fosfaattifosforin noin 1,6 -kertainen. Suurin ero oli kiintoainepitoisuuksissa. Sjökillassa jakson pienin mitattu kiintoainepitoisuus (117 mg SS/) oli suurempi kuin Kirkkojoen valtaojan korkein kiintoainepitoisuus, 88 mg SS/l. Sjökillan kiintoainepitoisuuden keskiarvo oli noin 20 -kertainen Kirkkojoen valtaojaan verrattuna. Lokakuu 1998 oli poikkeuksellisen märkä, (Sjökillan sadanta noin 120 mm) ja eroosiota oli paljon, mikä nosti kiintoainepitoisuudet poikkeuksellisen korkeiksi. Suurin mitattu pitoisuus oli 6600 mg SS/l, joka oli samaa suuruusluokkaa kuin pellolta tulevissa pintavalunta- ja salaojavesissä mitatut pitoisuudet (Paasonen-Kivekäs ja Koivusalo 2006). Sjökillan ja Kirkkojoen kiintoainepitoisuuksien eroihin saattaa vaikuttaa myös se, että Sjökillan kiintoainepitoisuudet määritettiin haihdutusjäännöksenä (kuiva-aine) ja Kirkkojoen kiintoainepitoisuudet suodattamalla.

Vihtijoen varrella sijaitsevan Hovin vesiensuojelukosteikon yhteydessä mitattiin kosteikkoon purkautuvan valtaojan ainepitoisuuksia (Puustinen et al. 2001). Hovin valuma-alue ($F=0,12 \text{ km}^2$) on kokonaan peltoa. Kosteikkoon tulevan veden pitoisuuksia analysoitiin kevästä 1999 kevään 2000 loppuun. Keväällä sulannan alettua näytteitä otettiin automaattisilla näytteenottimilla kolmesti vuorokaudessa. Viikon virtaamatilanteita edustamaan valittiin analysoitaviksi 2 – 4 päivän kokoomanäyte. Talvella vesinäytteitä otettiin satunnaisista sulamisjaksoista. Jakson kokonaistyyppipitoisuus vaihteli välillä 0,64 – 35 mg N/l ja kokonaisfosforipitoisuuden vaihteluväli oli 66 – 280 µg P/l. Analysoitujen näytteiden kiintoainepitoisuuden keskiarvo oli 500 mg SS/l ja vaihteluväli 32 – 4400 mg SS/l.

Hovin kosteikolle tulevan valumaveden ravinne- ja kiintoainepitoisuuden keskiarvot olivat korkeampia kuin peltoalueelta Kirkkojokeen laskevan valtaojan (V1) vastaavat arvot. Hovin kokonaistyyppipitoisuuden keskiarvo oli valtaojaan (V1) verrattuna noin 1,8 -kertainen. Kokonaisfosforipitoisuus oli Hovissa keskimäärin noin 4,3 -kertainen kiintoainepitoisuus lähes kymmenkertainen verrattuna Kirkkojokeen laskevan valtaojan pitoisuuksiin. Pitoisuuksia vertailtaessa on otettava huomioon, että valuma-alueiden, viljelytoimenpiteiden yms. erojen lisäksi pitoisuuksiin vaikuttavat paljon myös tutkimusjakson sääolot ja näytteenottotekniikka.

YHTEENVETO

Siuntion Kirkkojoki (Kyrkån) sijaitsee läntisellä Uudellamaalla Lohjanharjun itä- ja eteläpuolella, Siuntion ja Lohjan kaupungin alueilla. Siuntionjoen vesistöalueeseen kuuluvan vähäjärvisen ($L = 0,3 \%$) Kirkkojoen valuma-alueen pinta-ala on noin 140 km^2 . Valuma-alueesta on peltoa noin $2/5$ ja metsää lähes $3/5$.

Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen laboratoriossa aloitettiin toukokuussa 2005 Kirkkojoen veden laadun seurantatutkimus. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää veden laadun muuttumista Kirkkojoen juoksulla sekä Gårdskullan ja Suitian tilojen peltoalueilta tulevan ravinne- ja kiintoainekuormituksen mahdollista vaikutusta joen veden laatuun. Tässä raportissa on esitetty seurantatutkimuksen tulokset touko-joulukuulta 2005.

Kirkkojoen veden laadun analysointia varten vesinäytteitä otettiin kolmesta jokiuoman pisteestä sekä yhdestä jokeen laskevasta valtaojasta. Ylimmän (K1) ja alimman (K3) mittauspisteen välinen etäisyys oli noin neljä kilometriä, ja kolmas mittauspiste (K2) sijoittui likimain edellisten puoliväliin. Pisteestä K1 analysoidut vesinäytteet edustivat Gårdskullan tilan peltöjen yläpuolisen Kirkkojoen veden laatua. Pisteiden K1 ja K2 välissä Kirkkojokeen laskeva valtaoja (V1) tuo jokeen pääasiassa peltoalueiden valumavesiä. Peltoalueiden valumavesien mahdollista vaikutusta Kirkkojoen veden laatuun tarkasteltiin pisteistä K2 (Gårdskulla) ja K3 (Gårdskulla ja Suitia) otettuja näytteitä analysoimalla.

Toukokuusta 2005 alkaen Kirkkojoen vesinäytteitä otettiin noin viikon välein joulukuun alkuun saakka. Haetuista vesinäytteistä määritettiin kokonaistyyppi-, kokonaisfosfori-, fosfaattifosfori- ja kiintoainepitoisuudet. Näytteiden oton lisäksi Kirkkojoen vedenkorkeutta havaittiin viikoittain näytteenottopisteen K2 läheisyyteen asennetulta vedenkorkeusasteikolta syyskuusta 2005 lähtien. Tutkimuksen aikaiset sademäärät saatiin Siuntion Rudbäckissä (noin kuusi kilometriä kaakkoon Kirkkojoelta) sijaitsevalta TKK:n vesitalouden ja vesirakennuksen laboratorion mittausasemalta.

Tutkimusjakson (touko-joulukuu 2005) sademäärä oli Ilmatieteen laitoksen Helsinki-Vantaan mittausasemalla hieman pitkäaikaista (1971 – 2000) keskiarvoa suurempi. Rudbäckin koalueella tutkimusjakson sadanta oli noin 1,2 -kertainen Ilmatieteen laitoksen mittauksiin verrattuna. Rudbäckissä verrattain sateisia olivat kesä-, marras- ja etenkin elokuu, jolloin sadetta saatiin keskiarvoon nähden yli kaksinkertaisesti. Kuivia kuukausia olivat syys- ja lokakuu. Jaksolla keskimääräistä lämpimämpiä kuukausia olivat heinä-, syys-, loka- sekä varsinkin marraskuu. Kokonaisuudessaan tutkimusjakso oli verrattain lämmin, sillä vain kesäkuu oli hieman keskiarvoa viileämpi.

Toukokuusta aina lokakuun lopulle Kirkkojoen kokonaistyyppipitoisuudet pysyivät jakson keskiarvon alapuolella, lukuun ottamatta sateiden jälkeisiä nousuja kesä- ja elokuun alussa. Lokakuun lopun kuivan jakson jälkeiset sateet nostivat kokonaistyyppipitoisuuden 27. lokakuuta kaikissa pisteissä tutkimusjakson korkeimpaan lukemaan. Tyyppipitoisuus pysyi tutkimusjakson loppuajan suhteellisen korkealla. Lokakuun lopusta joulukuun alkuun näytteenottopisteiden keskimääräinen kokonaistyyppipitoisuus oli lähes kaksinkertainen koko tutkimusjakson keskiarvoon verrattuna.

Kokonaisfosfori-, fosfaattifosfori- ja kiintoainepitoisuudet vaihtelivat ajan suhteen samaan tapaan. Korkeimmat pitoisuudet määritettiin sateisia jaksoja seuranneista näytteistä: 10. elokuuta, 27. lokakuuta sekä 16. marraskuuta. Jos tarkastelun

ulkopuolelle jätetään elokuun alun rankkasateiden jälkeinen näytteenottokerta 10. elokuuta, niin toukokuusta aina lokakuun lopulle ainepitoisuudet pysyivät verrattain pieninä. Lokakuun 20. päivän jälkeen ainepitoisuudet Kirkkojoen vedessä nousivat, ja lokakuun lopulta joulukuun alkupuolelle kolmen mittauspisteen kiintoainepitoisuuksien keskiarvo oli noin kaksinkertainen tarkastelujakson alkuosan (touko-lokakuu) pitoisuuksiin verrattuna. Kokonaisfosforin osalta vastaava tarkastelujakson loppuosan ja alkuosan suhde oli 1,5 ja fosfaattifosforin 1,3.

Touko-joulukuussa 2005 Kirkkojoen kolmen havaintopisteen ainepitoisuuksien keskiarvot olivat lähellä toisiaan. Kokonaistyyppipitoisuuksien ($n=26$) keskiarvo oli alimmassa tutkimuspisteessä (K3) noin viisi prosenttia ylintä (K1) tarkastelupistettä korkeampi. Tosin keskimäärin joka kolmannella mittauksella pisteen K3 tyyppipitoisuus oli pisteen K1 pitoisuutta pienempi. Kokonaisfosforipitoisuuden vaihtelu oli jokijuoksulla kokonaistyyppipitoisuutta pienempi. Kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo oli peltoalueiden (Gårdskullan ja Suitian tilat) jälkeisessä pisteessä K3 käytännössä saman suuruinen kuin peltoja edeltäneessä pisteessä K1. Fosfaattifosforipitoisuus oli pisteessä K3 noin puolena ($14/26$) tutkimuspäivistä suurempi kuin pisteen K1 pitoisuus. Jokiosuuden fosfaattifosforipitoisuuksien keskiarvojen suhde alimmassa ja ylimmässä pisteessä ($K3/K1$) oli noin 1,07. Kokonaisfosforipitoisuuden tapaan pisteiden K3 ja K1 kiintoainepitoisuusmääritysten keskiarvot olivat likimain samansuuruiset. Valtaosana ($20/26$) näytteenottokerroista pisteen K3 pitoisuus oli pisteen K1 lukemaa pienempi.

Jokiveden keskimäärin pienistä pitoisuusmuutoksista huolimatta tulosten perusteella oli nähtävissä viitteitä siitä, että näytteenottopisteiden väliseltä alueelta tulleet valumavedet olivat ajoittain selvästi konsentroituneempia kuin jokivesi. Joessa ainepitoisuudet kasvoivat varsinkin runsaiden sateiden jälkeen, jolloin peltoalueilta tuli todennäköisesti pinta- ja salaojavaluntaa. Vähäsateisina aikoina jokeen tuli vain pohjavesivaluntaa, jonka ainepitoisuudet ovat yleensä huomattavasti pienempiä kuin pintavalunta- ja salaojavesien pitoisuudet.

Tutkimusalueen yläpuolinen (pisteen K1) valuma-alue on vajaat 130 km^2 . Pisteen K2 kohdalle tultaessa valuma-alue on kasvanut noin neljä nelikilometriä ja pisteestä K1 pisteeseen K3 lisäystä on tullut reilut yhdeksän neliökilometriä. Jos keskivirtaaman (MQ) arvioimiseen käytetään vuosivaluman arvoa $9,5 \text{ l/s/km}^2$ (Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry 1985), niin pisteen K1 keskivirtaama on noin 1200 l/s . Vastaavasti laskien virtaaman lisäys pisteessä K2 olisi noin 40 l/s ja pisteessä K3 virtaisi noin 90 l/s enemmän kuin pisteessä K1. Vaikka tutkimusalueen (K1 – K3) peltoprosentti on pisteen K1 yläpuolista aluetta jonkin verran korkeampi, niin sen pinta-ala (9 km^2) on vain noin seitsemän prosenttia yläpuolisen valuma-alueen pinta-alasta. Tämä saattaa osaltaan selittää vähäiset pitoisuuserot jokijuoksun kolmen tutkimuspisteen välillä. Myös tutkimusjakson sääolosuhteilla saattaa olla vaikutusta siihen, että ainepitoisuuksien erot mittauspisteiden välillä olivat pieniä. Syksyllä, etenkin syys-lokakuussa, peltoalueiden pintavalunta oli havaintojen mukaan vähäistä. Lisäksi vedenlaatuhavainnot vuoden 2005 talvi- ja kevätkausilta puuttuvat.

Syksyn ja alkutalven aikana valtaojan (V1) näytteistä analysoidut kokonaistyyppipitoisuudet olivat kaikkina päivinä Kirkkojoen vastaavia suurempia. Ojaveden kokonaistyyppipitoisuus oli Kirkkojoen kolmen näytteenottopisteen pitoisuuteen keskiarvoon nähden noin 1,5 -kertainen. Valtaojan ja Kirkkojoen analysoitujen näytteiden kokonaisfosforipitoisuuksien suhde vaihteli välillä 0,7 – 2,1. Viitenä näytteenottopäivänä kahdeksasta valtaojan kokonaisfosforipitoisuus oli Kirkkojoen pitoisuutta alempi. Samoin kuin kokonaistyyppipitoisuus oli myös fosfaattifosforipitoisuus valtaojan vedessä kunakin tutkimuspäivänä korkeampi kuin saman päivän

fosfaattifosforipitoisuudet kolmessa Kirkkojoen mittauspisteessä. Keskimäärin valtaojan fosfaattifosforipitoisuus oli 1,7 -kertainen Kirkkojoen pitoisuuteen nähden. Valtaojan kiintoainepitoisuus oli kuutena päivänä kahdeksasta alempi kuin Kirkkojoen vastaavan ajankohdan kiintoainepitoisuus. Ojaveden ja jokiveden kiintoainepitoisuuksien suhteen vaihteluväli oli 0,6 – 4,1.

Vesien yleinen käyttökelpoisuusluokitus kuvaa pintavesiemme keskimääräistä veden laatua sekä soveltuvuutta vedenhankintaan, kalavesiksi ja virkistyskäyttöön. Määritettyjen kokonaisfosforipitoisuuksien osalta Kirkkojoki kuului valtaosan tutkimusjaksosta luokkaan (IV/V) välttävä ja koko jakson (n=26) keskiarvon perusteella niukasti luokkaan (V/V) huono.

Kirkkojoen veden laatua tutkittiin vuosina 1974 – 84 osana Siuntionjoen vesistön yhteistarkkailua. Tällöin Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistyksen ry:n ja Teknillisen korkeakoulun vesitalouden laboratorion yhteistyönä toteutetussa tutkimuksessa Kirkkojoesta otettiin vesinäytteitä kahdesta pisteestä: Störsbyn/Munksin padolta sekä Siuntion kirkon kohdalta. Yhteistarkkailussa saatuja vedenlaatutuloksia verrattiin vuoden 2005 tuloksiin. Tarkasteluun otettiin mukaan huhti-joulukuussa tehdyt ravinne- ja kiintoaineanalyysit. Yhteistarkkailussa vesinäytteitä otettiin kolmesta kuuteen päivänä vuotta kohden. Vuonna 2005 näytteenottopäiviä oli touko-joulukuussa 26.

Kaikkien neljän vertailun vedenlaatumuuttujan keskimääräiset pitoisuudet olivat molemmissa vertailupisteissä vuoden 2005 seurantatutkimuksessa alempia kuin 1970- ja 80 -luvuilla toteutetussa yhteistarkkailussa. Kokonaistypen, kokonaisfosforin sekä kiintoaineen osalta vuoden 2005 analyysitulosten keskiarvot olivat 50 – 90 % vuosien 1974 – 84 keskiarvopitoisuuksista. Fosfaattifosforin kohdalla ero oli selvästi edellisiä suurempi, vuoden 2005 pitoisuuksien keskiarvot olivat alle 20 % vanhojen määritysten keskiarvoista. Vuosina 1974 – 84 tehdyissä Siuntionjoen yhteistarkkailussa käytettiin eri analyysimenetelmiä kuin vuoden 2005 tutkimuksessa, mikä voi osaltaan vaikuttaa pitoisuuseroihin. Lisäksi aiemman tutkimuksen verrattain vähäisillä näyttemäärillä, yleisesti kolme näytettä jaksolla (huhti-joulukuu), on oma merkityksensä tuloksia vertailtaessa. Näytteenottohetken virtaamalla on myös suuri vaikutus pitoisuuksiin, mitä vertailussa ei voitu ottaa huomioon, koska virtaamahavainnot vuosilta 1974 – 1984 puuttuvat. Teollisuuden ja asutuksen pistekuormitus Kirkkojokeen on kuitenkin selvästi vähentynyt vuoden 1993 jälkeen, mikä selittää fosfaattifosforin pitoisuuksien pienenemistä. Myös lannoitteiden käytön väheneminen 1990-luvun puolivälistä lähtien on todennäköisesti vähentänyt valumavesien ja siten jokiveden ravinnepitoisuuksia.

Kirkkojoen vuoden 2005 ainepitoisuuksia verrattiin muihin Etelä-Suomen maatalousvaltaisten jokien sekä valtaojien veden laatua koskeviin tutkimustuloksiin. Pekkarinen (1979) tutki diplomityössään Siuntionjoen vesistöalueen huuhtoumia vuosina 1977 – 79. Kirkkojoen alimman näytteenottopisteen (K3) ravinnepitoisuuksia verrattiin Siuntionjoen päähaaran vesinäytteiden pitoisuuksiin. Kirkkojoen touko-joulukuun 2005 kokonaistyyppipitoisuuden keskiarvo oli Siuntionjoen päähaaran keskiarvoon nähden noin 1,6 -kertainen. Kokonaisfosforin osalta vastaava suhde oli noin 2,3 ja fosfaattifosforin noin 1,2.

Granlundin et al. (2005) maatalouden aiheuttamaa ravinnekuormitusta käsitelleen tutkimuksessa oli mukana kaksi pientä, järvetöntä peltovaltaista valuma-aluetta. Kokemäenjoen vesistöalueeseen kuuluva Löytäneenoja sekä Aurajoen vesistöalueeseen kuuluva Savijoki. Jokien pitoisuusmittauksia vuosilta 1981 – 2000 verrattiin Kirkkojoelta touko-joulukuussa 2005 saatuihin mittaustuloksiin. Kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuuksien keskiarvot olivat sekä Löytäneenojalla että Savijoella korkeampia kuin Kirkkojoessa. Löytäneenojan tyyppipitoisuuden keskiarvo oli

Kirkkojokeen nähden lähes kaksinkertainen ja Savijoessa tyypeä oli keskimäärin 1,1 kertaa Kirkkojoen määrä. Fosforin osalta vastaavat suhteet olivat: Löytäneenoja 1,7 ja Savijoki 1,9.

Paimionjoen vesistöalueelle sijoittuneessa eroosiotutkimuksessa (Mansikkaniemi 1982) mitattiin ravinnepitoisuuksia yhdeksällä maatalousvaltaisella valuma-alueella vuosina 1977 – 79. Tutkimuksessa oli mukana kuusi pientä ja järvetöntä valuma-aluetta sekä koko Paimionjoki ja kaksi sen sivujokea, Vähäjoki ja Tarvasjoki. Paimionjoen valuma-alueella vuosina 1977 – 79 analysoitujen kokonaistyyppipitoisuuksien keskiarvo oli noin 2,4 - ja fosforipitoisuuksien keskiarvo noin 2,1 -kertainen Kirkkojoen vastaaviin pitoisuuksiin verrattuina.

Peltoalueiden valumavesiä Kirkkojokeen tuovan valtaojan ainepitoisuuksia verrattiin TTK:n Kirkkonummen Sjököllässä sijainneen peltovaltaisen koealueen valtaojan pitoisuuksiin (Paasonen-Kivekäs 2006). Kirkkojokeen laskevan valtaojan (V1) kokonaistyyppipitoisuuksien keskiarvo oli noin 1,3 -kertainen Sjököllän valtaojan pitoisuuteen nähden. Sjököllän valtaojan kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo loka-joulukuun 1998 mittauksissa oli Kirkkojoen valtaojaan (V1) nähden lähes seitsenkertainen ja fosfaattifosforin noin 1,6 -kertainen. Sjököllän kiintoainepitoisuuden keskiarvo oli noin 20 -kertainen Kirkkojokeen laskevaan valtaojaan verrattuna. Eroihin vaikuttaa ennen kaikkea valtaojien valuma-alue ja eri vuosien erilaiset sääolosuhteet. Sjököllän kiintoainepitoisuudet (kuiva-aine) määritettiin haihdutusjäännöksenä ja Kirkkojoen suodattamalla.

Vihdissä sijaitsevan Hovin kosteikkoon peltoalueelta tulevien valumavesien ravinne- ja kiintoainepitoisuuksia mitattiin kevästä 1999 kevääseen 2000 (Puustinen et al. 2001). Hovin kokonaistyyppipitoisuuden keskiarvo oli valtaojaan (V1) verrattuna noin 1,8-, kokonaisfosforin noin 4,3- ja kiintoaineen lähes kymmenkertainen.

VIITTEET

- Granlund, K., Räike, A., Ekholm, P., Rankinen, K., Rekolainen, S. 2005.** Assessment of water protection targets for agricultural nutrient loading in Finland. *Journal of Hydrology*. Volume 304, Issues 1-4: 251-260.
- Ilmatieteenlaitos. 2005.**
<http://www.fmi.fi/saa/paikalli.html?Keywords=&kunta=Vantaa¶m=T&neito=1>
[Viitattu 28.11. ja 8.12.2005]
- Ilmatieteenlaitos. 2006.** Ilmastotilastot. <http://www.fmi.fi/saa/tilastot.html>. [Viitattu 3.1.2006]
- Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry. 1979.** Siuntionjoen vesistön yhteistarkkailun yhteenveto vuodelta 1978. Tutkimusjulkaisu 5:1979.
- Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry. 1980.** Siuntionjoen vesistön yhteistarkkailun yhteenveto vuodelta 1979. Tutkimusjulkaisu 8:1980.
- Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry. 1981.** Siuntionjoen vesistön yhteistarkkailun yhteenveto vuodelta 1980. Tutkimusjulkaisu 13/1981.
- Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry. 1982.** Siuntionjoen vesistön yhteistarkkailun vuosiyhteenveto 1981. Tutkimusjulkaisu 19:1982.
- Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry. 1983.** Siuntionjoen vesistön yhteistarkkailun vuosiyhteenveto 1982. Tutkimusjulkaisu 25:1983.
- Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry. 1984.** Siuntionjoen vesistön yhteistarkkailun vuosiyhteenveto 1983. Tutkimusjulkaisu 35:1984.
- Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry. 1985.** Siuntionjoen vesistön yhteistarkkailun vuosiyhteenveto 1984. Tutkimusjulkaisu 44:1985.
- Mansikkaniemi, H. 1982.** Maaperän eroosio intensiivisesti viljellyillä alueilla Lounais-Suomessa. Turun yliopiston maantieteen laitoksen monisteita, No 3. Turku 1982.
- Mettinen, A., Jokinen, O. 2001.** Siuntionjoen vesistön yhteistarkkailun yhteenveto vuodelta 2000. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry, Lohja. Julkaisu 113. 56 s.
- Pekkarinen, M. 1979.** Ravinteiden huuhtoutuminen Siuntionjoen vesistöalueella. Diplomityö. Otaniemi 1979. 225 s. liitteet 29 s.
- Paasonen-Kivekäs, M. 2006.** Henkilökohtainen tiedonanto 11.9.2006
- Paasonen-Kivekäs, M., Koivusalo, H. 2006.** Losses of sediment and phosphorus through subsurface drains in a clayey field in southern Finland. Julkaisussa: Tamm, T. & Pietola, L. (eds.). NJF Seminar 373 Transport and retention of pollutants from different production systems. Tartu, Estonia, 11-14 June 2006. NJF Report, Vol. 2, Nr. 5: 95-100.
- Pietiläinen, O-P., Rekolainen, S. 1991.** Dissolved reactive and total phosphorus load from agricultural and forested basins to surface waters in Finland. *Aqua Fennica* 21,1: 127-136.
- Puustinen, M., Koskiahho, J., Gran V., Jormola J., Maijala T., Mikkola-Roos, M., Puumala, M., Riihimäki, J., Räty, M., Sammalkorpi, I. 2001.** Maatalouden vesiensuojelukosteikot VESIKOT-projektin loppuraportti 2001. Suomen ympäristö 499, ympäristönsuojelu, 61 s.
- Puustinen, M., Koskiahho, J., Peltonen, K. 2005 M.** Influence of cultivation methods on suspended solids and phosphorus concentrations in surface runoff on clayey sloped fields in boreal climate, *Agricult. Ecosyst. Environ.* 105: 565-579.
- Ranta, E., Sundström, S., Perander, N., Muttilainen, A., Mettinen, A. 2000.** Siuntionjoen ja Björnträskin kalataloudellinen yhteistarkkailu vuonna 1999. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry, Lohja. Julkaisu 107. 61 s.
- Ranta, E., Jokinen, O. 1992.** Siuntionjoen vesistön yhteistarkkailun yhteenveto vuodelta 2000. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry, Lohja. Julkaisu 26. 40 s.
- Rekolainen, S., Kauppi, L., Turtola, E. 1992.** Maatalous ja vesien tila. MAVEROn loppuraportti. Luonnonvarajulkaisuja 15. Luonnonvarainneuvosto, Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki. 61 s.

Siuntionjokineuvottelukunta 1989. Siuntionjoen vesistön käytön ja suojelun yleissuunnitelma. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 41, osa I 330 s. ISBN osa I: 9514729110.

Suomen ympäristökeskus 2005. Ympäristön tila, pintavesien laatu, yleinen käyttökelpoisuusluokitus. 18.1.2005. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=7543&lan=fi> [Viitattu 21.2.2006]

TE-keskus 2004. Uudenmaan lohi- ja siikapitoisten vesistöjen koski- ja virtapaikat 01.10.2002. <http://www.tekeskus.fi/web/teuus.nsf/0/F497EEA68FCB1B96C2256F0700368AFE?OpenDocument> > lohijasiikapitoiset vesistöt > LOHIJ~UUSIN.XLS. [Viitattu 9.12.2005]

Teknillinen korkeakoulu, Vesitalouden laboratorio 1974. Siuntionjoen vesistön veden laatu vuosina 1962...1974, Alustava selvitys. Otaniemi 31.12.1974.

Teknillinen korkeakoulu, Vesitalouden laboratorio 1977. Siuntionjoen vesistö Analyysitulokset 1976 : Otaniemi 31.12.1974

Toivonen, V. 2004. Siuntionjoen alaosan kunnostustarveselvitys. Uudenmaan ympäristökeskus - Monisteita 152. 120 s.

Uudenmaan ympäristökeskus 2004. Natura 2000 -alueiden luettelo, Uudenmaan ympäristökeskuksen alueella.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=10974&lan=fi> [Viitattu 18.1.2006]

Uudenmaan ympäristökeskus 2005. Vesistöjen laatuluokitus 1998- 2000.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=14970&lan=fi> [Viitattu 12.12.2005]

LIITE 1. Lämpötilat ja sademäärät 5/2005 - 12/2005 (Helsinki-Kaisaniemi ja Helsinki-Vantaa, Ilmatieteenlaitos 2006).

KUUKAUDEN KESKILÄMPÖTILAT, °C				KUUKAUDEN SADEMÄÄRÄT, mm			
Rudbäck, Siuntio 2005		Helsinki-Kaisaniemi 2005 1971-2000		Rudbäck, Siuntio 2005		Helsinki-Vantaa 2005 1971-2000	
Toukokuu	8.8	10.3	9.9	Toukokuu	32	61	35
Kesäkuu	13.6	14.4	14.8	Kesäkuu	76	78	49
Heinäkuu	17.5	19.2	17.2	Heinäkuu	75	36	69
Elokuu	14.7	16.8	15.8	Elokuu	162	161	78
Syyskuu	10.7	13.2	10.9	Syyskuu	28	25	69
Lokakuu	5.6	8.3	6.2	Lokakuu	54	34	75
Marraskuu	2.3	4.6	1.4	Marraskuu	127	82	69
Joulukuu	-4.9	-2.2	-2.2	Joulukuu	58	36	57
Keskiarvo	8.5	10.6	9.3	Summa	613	513	501
						533	486

LIITE 3. Siuntiojoen vesistöalueen velvoitetarkkailu 1974-84, Kirkkojoen kahden näytteenottopisteen (K1 ja K3) ainepitoisuudet (Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry 1979 – 1985, Teknillinen korkeakoulu 1974 ja 1977).

Piste K1	37	47	42	24
	Kokonais- typpi (mg N/l)	Kokonais- fosfori (mg P/l)	Fosfaatti- fosfori (mg P/l)	Kiintoaine (mg SS/l)
7.5.1974	-	-	126	-
19.5.1974	-	366	284	-
10.6.1974	-	650	562	-
10.7.1974	-	940	851	-
22.7.1974	-	895	674	-
5.8.1974	-	1260	1100	-
18.8.1974	-	970	880	-
16.9.1974	-	1020	935	-
29.9.1974	-	630	440	-
16.10.1974	-	168	120	-
16.4.1975	-	119	54	-
26.5.1975	2.4	136	72	-
9.6.1975	1.5	170	90	-
15.7.1975	2.9	283	222	-
11.8.1975	2.2	290	190	-
18.9.1975	2.9	182	160	-
20.10.1975	3.1	153	130	-
25.11.1975	-	100	74	-
10.12.1975	2.8	55	34	-
25.5.1976	0.6	70	36	-
7.6.1976	5.4	77	32	-
21.7.1976	2.7	-	-	-
9.8.1976	1.5	135	100	-
21.9.1976	1.7	160	125	-
17.11.1976	2.3	170	165	-
9.5.1977	1.6	80	-	30
15.8.1977	2.3	160	-	13
7.10.1977	2.6	72	-	19
9.5.1978	1.6	97	58	46
24.7.1978	1.2	160	-	28
25.9.1978	2	98	53	39
18.4.1979	2.8	100	-	95
30.7.1979	2.3	110	46	35
22.10.1979	2.7	100	60	35
21.4.1980	2.3	280	150	280
28.7.1980	2.9	200	100	20
13.10.1980	3.5	190	90	86
21.4.1981	2.6	120	52	58
3.8.1981	1.7	120	-	43
12.10.1981	3.8	424	400	550
19.4.1982	2.4	130	64	64
9.8.1982	3.1	100	78	25
18.10.1982	2.9	170	78	83
18.4.1983	1.9	82	64	40
2.8.1983	3.7	110	75	25
17.10.1983	3.4	120	82	19
9.4.1984	1.8	200	110	33
13.8.1984	3.3	100	80	12
5.11.1984	2.7	110	71	35

Piste K3	29	47	43	18
	Kokonais- typpi (mg N/l)	Kokonais- fosfori (mg P/l)	Fosfaatti- fosfori (mg P/l)	Kiintoaine (mg SS/l)
7.5.1974	-	-	104	-
15.5.1974	-	163	118	-
2.6.1974	-	280	216	-
10.6.1974	-	510	438	-
3.7.1974	-	715	314	-
10.7.1974	-	735	632	-
15.7.1974	-	685	612	-
22.7.1974	-	705	560	-
28.7.1974	-	910	330	-
5.8.1974	-	580	480	-
12.8.1974	-	-	700	-
9.9.1974	-	1680	895	-
16.9.1974	-	618	600	-
24.9.1974	-	917	697	-
29.9.1974	-	585	490	-
16.10.1974	-	151	96	-
16.4.1975	-	149	62	-
21.4.1975	-	115	61	-
19.5.1975	-	120	24	-
26.5.1975	2.2	119	104	-
9.6.1975	1.1	132	82	-
7.7.1975	1.7	145	102	-
15.7.1975	1.7	121	82	-
10.5.1976	3.5	71	26	-
25.5.1976	0.7	91	40	-
1.6.1976	-	64	30	-
7.6.1976	2.9	80	42	-
13.7.1976	1	135	75	-
2.8.1976	1.6	160	119	-
6.9.1976	1.9	110	100	-
12.10.1976	1.9	130	64	-
9.5.1977	1.8	90	-	27
15.8.1977	1.6	150	-	12
5.10.1977	2.4	73	-	14
9.5.1978	1.7	93	60	53
24.7.1978	2.07	140	-	35
10.10.1978	1.7	83	-	19
18.4.1979	2.9	100	-	60
30.7.1979	2.2	110	44	33
22.10.1979	2.8	110	61	28
21.4.1980	3.5	260	77	320
5.8.1980	2.7	160	81	26
13.10.1980	3.7	230	70	110
19.5.1981	1.1	81	46	32
24.8.1981	3.5	200	120	63
26.10.1981	2.1	170	110	71
10.5.1982	2.9	100	44	41
31.8.1982	3.2	150	120	13
2.11.1982	2.6	110	73	8.9
9.5.1983	1.9	94	48	33
22.8.1983	3.6	96	73	7.2
1.11.1983	4.5	190	97	53
8.5.1984	1.6	80	38	33
20.8.1984	2.9	70	33	11
5.11.1984	2.4	190	170	53