Pirkanmaan ympäristökeskuksen monistesarja
21

Heikki Kaipainen, Ämer Bilaletdin, Heli Perttula, Heidi Heino,
Harri J. Mäkelä ja Satu Viitaniemi

Hauhon reitin kuormitusselvitys

TAMPERE 2002

PIRKANMAAN
YMPÄRISTÖKESKUS

Sisällysluettelo

1 Johdanto 2

2 Tutkimusalueen kuvaus 3
2.1 Vesistön yleiskuvaus 3
2.2 Alueen kunnat 6
2.3 Kallio- ja maaperä 7
2.4 Pohjavesialueet 7
2.5 Vesistön käyttömuodot 8
2.6 Suojelualueet 10
2.7 Maisema 10

3 Tutkimusmenetelmät 12
3.1 Valuma-alueselvitys 12
3.2 Vedenlaatu- ja virtaamamittaukset 12
3.3 Kuormituksen laskenta 15
3.4 Järvialtaiden ainetaseiden laskenta 18
3.5 Vesistöalueiden altaiden ja osavaluma-alueiden systeemikuvaus 20

4 Kuormitus 22
4.1 Pistekuormitus 22
4.2 Haja-asutus 23
4.3 Metsätalous 25
4.4 Maatalous 26
4.5 Perushuuhtouma ja laskeuma 29

5 Vesistön tila 30
5.1 Yleistä 30
5.2 Järvialtaiden veden laatu 30
5.3 Jokien veden laatu 46

6 Kuormitus- ja ainetaselaskelmat 57
6.1 Havaitut kuormitukset ja kuormitusmallin kalibrointi 57
6.2 Kuormituksen jakautuminen eri lähteiden kesken 60
6.3 Ainetaseet vesistössä 65
6.4 Kuormitusmuutosten vaikutukset vedenlaatuun 67

7 Toimenpidesuositukset vesistökuormituksen vähentämiseksi 71
7.1 Vesiensuojelutoimenpiteiden kohdentaminen Hauhon reitillä 71
7.2 Pistekuormitus 72
7.3 Haja- ja loma-asutus 72
7.4 Metsätalous 73
7.5 Maatalous 74

Kirjallisuus 78

Liitteet 80

Johdanto

Hajakuormituksen väheneminen on edelleen hidasta maatalouden ympäristötukien edellyttämien vesiensuojelutoimenpiteiden kohtuullisesta toteutumisesta huolimatta. Varsinkin erityistukisopimuksien käsittämät vesiensuojelutoimenpiteet ovat riittämättömiä. Tästä johtuen rehevöitymiskehitys jatkuu pääosin vesistöissä, näin myös Hauhon reitillä. Rehevöitymisen jatkuessa myös vaadittavat ympäristönsuojelukustannukset kasvavat ja siksi tilanteeseen on syytä puuttua riittävän aikaisessa vaiheessa.

Hauhon reitin kuormitusmallinnus on osa laajempaa Hauhon reitin vesiensuojelu- ja kehittämissuunnitelmaa. Hanke on saanut alkunsa jo vuonna 1997 kunnallisaloitteesta ja laajentunut vuoden 2001 alusta Huomisen Hauhon reitti -hankkeeksi. EU-hankkeen tavoitteena on edistää vesiensuojelua Hauhon reitillä ja luoda edellytyksiä pienimuotoisen matkailun kehittymiselle alueella. Lisäksi tavoitteena on lisätä asukkaiden ja lomalaisten ympäristötietoisuutta ja arvostusta vesistöä kohtaan ja innostaa heitä toimimaan ympäristönsä hyväksi. Hanke kestää vuoden 2003 loppuun asti. Hankkeessa ovat mukana Hauhon, Lammin, Tuuloksen, Luopioisten ja Pälkäneen kunnat, Hämeen ja Pirkanmaan liitot, Hämeen ja Pirkanmaan ympäristökeskukset, Hämeen työvoima- ja elinkeinokeskus, Hämeen ammattikorkeakoulu, Hämeen-Uudenmaan ja Pirkanmaan metsäkeskukset sekä hankkeesta aloitteen tehneet kalastusalueet ja järvien suojeluyhdistykset. Hankkeesta kerrotaan lisää osoitteessa **www.hauho.fi/hauhonreitti**.

Tässä kuormitusselvityksessä kootaan yhteen tiedot Hauhon reitin kuormittajista ja kuormituksesta sekä tehdään ennustelaskelmia tilanteen kehityksestä. Selvityksen on laatinut Pirkanmaan ympäristökeskuksen tutkimusosasto. Toimenpidesuositukset ovat koonneet Hämeen ympäristökeskuksen ympäristö- ja vesivaraosasto sekä Pirkanmaan ympäristökeskuksen ympäristönsuojeluosasto.

Tutkimusalueen kuvaus

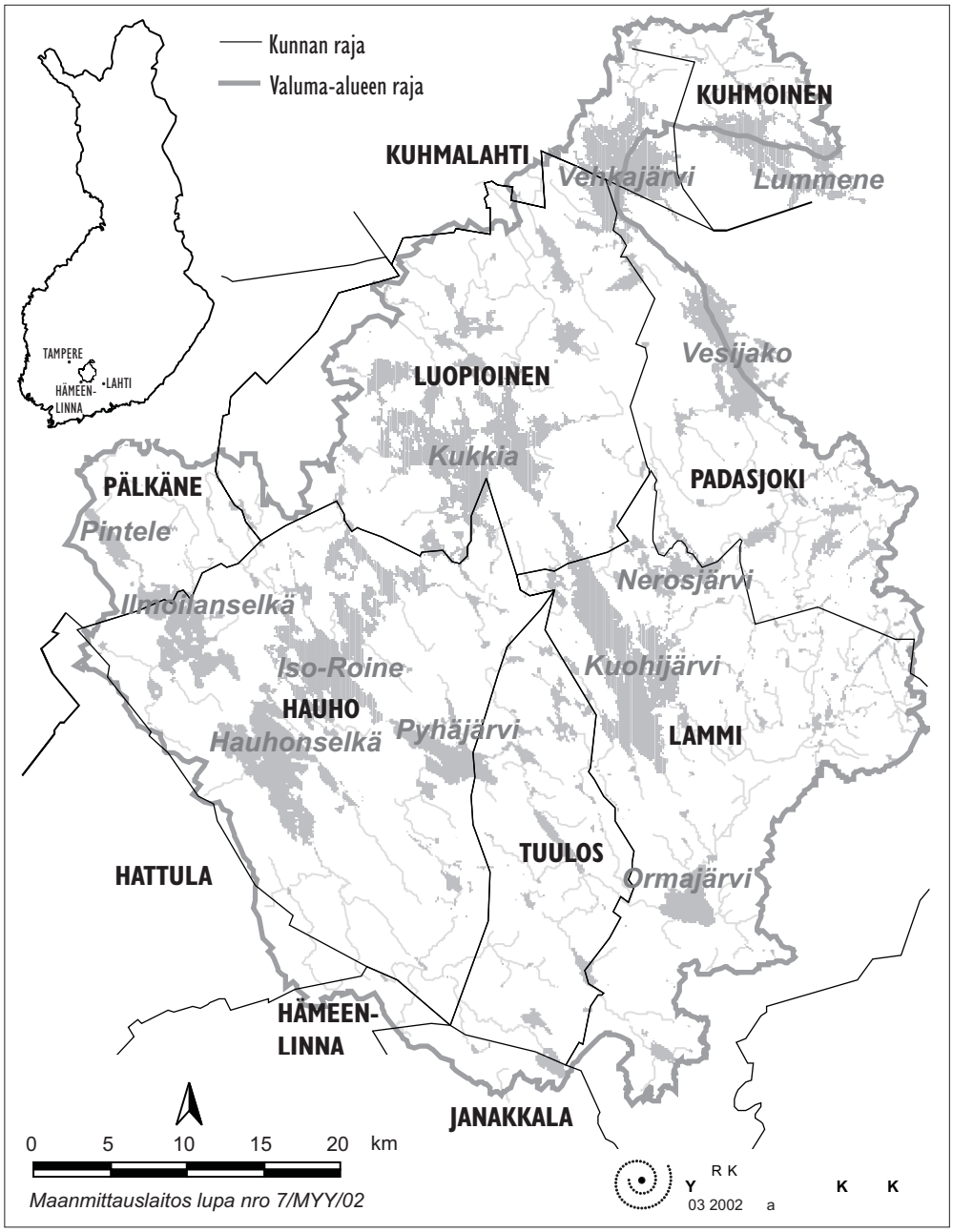
2

2.1 Vesistön yleiskuvaus

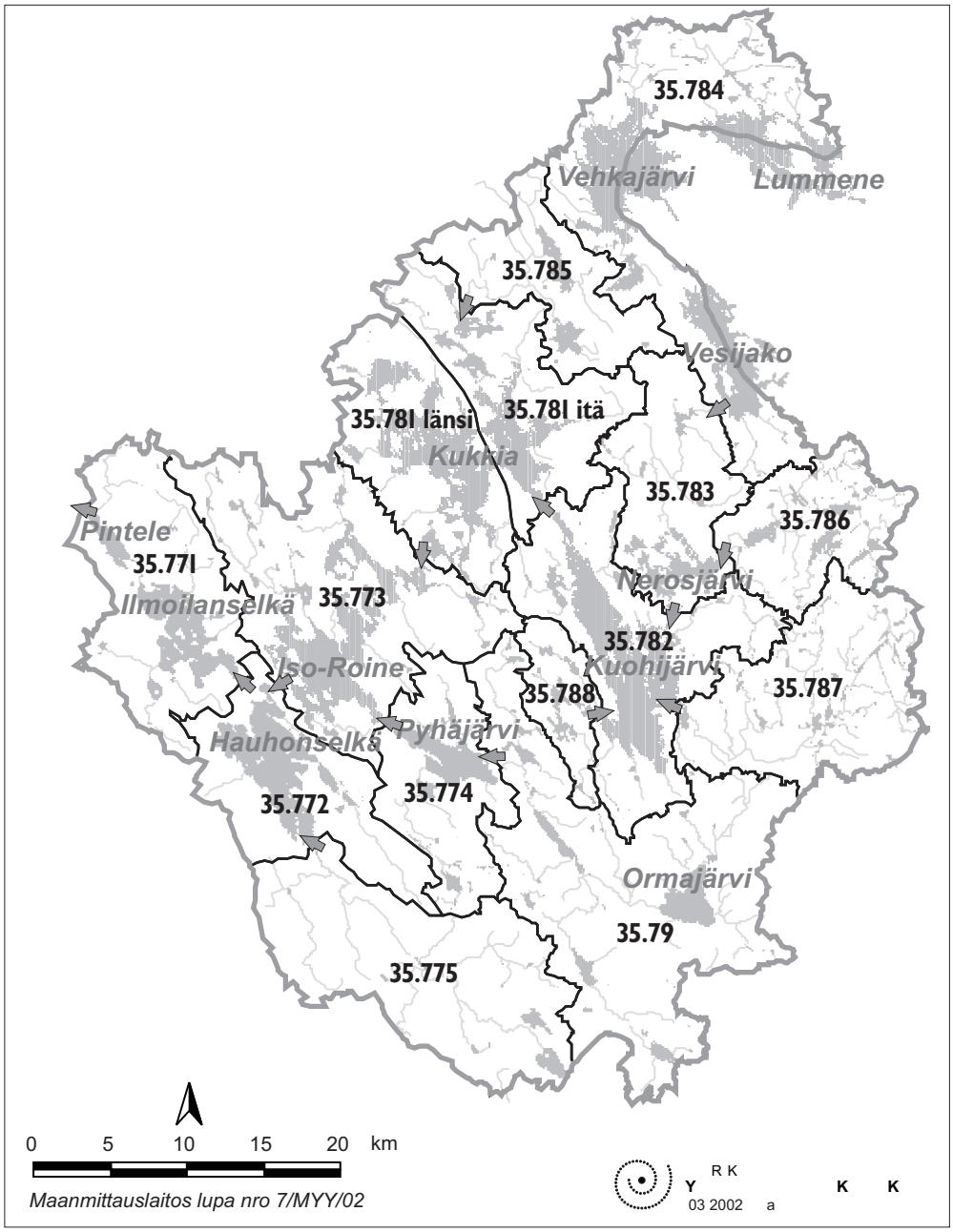
Kanta-Hämeen, Päijät-Hämeen, Pirkanmaan ja Keski-Suomen maakuntien rajoilta alkava Hauhon reitti kuuluu Kokemäenjoen vesistöön (35) ja siinä Längelmäveden ja Hauhon reittien vesistöalueeseen (35.7). Hauhon reitin valuma-alueeseen kuuluvat Hauhon alue (35.77), Kukkian reitin valuma-alue (35.78) ja Ormajoen valuma-alue (35.79) (taulukko 2.1, kuva 2.1), joiden pinta-ala on yhteensä n. 1700 km^2. Järvisyys on Hauhon alueella n. 17 %, Kukkian reitin valuma-alueella n. 20 % ja Ormajoen valuma-alueella n. 7 %. Ormajoen valuma-alueelle ei sijoitu Hauhon reitin pääjärviä. Valuma-alueen maankäyttömuodot näkyvät taulukossa 2.1 ja kuvassa 2.2 on esitetty Hauhon reitin osavaluma-alueet.

Taulukko 2.1. Hauhon reitin osavaluma-alueet (bif. = bifurkaatio, kahtaalle juoksu; vedet laskevat vesistöstä kahta reittiä) sekä maankäyttötiedot (SLAM3).

Tunnus	Valuma-alue	Pinta-ala (km^2)	vesi (%)	pelto (%)	avosuo (%)	metsä (%)	rakennettu alue (%)
35.77	Hauhon alue	612,4	16,8	15,7	0,5	66,8	0,1
35.771	Ilmoilanselän alue	117,3	17,4	21,2	0,6	60,8	0
35.772	Hauhonselän alue	92,6	26,5	20,7	0,2	51,9	0,7
35.773	Iso-Roineen alue	174,9	22,5	12,0	0,2	65,3	0
35.774	Pyhäjärven alue	77,9	17,7	14,9	0,9	66,5	0
35.775	Vuolujoen vesistöalue	149,7	3,0	13,1	1,0	82,9	0
35.78	Kukkian reitin vesistöalue (bif.)	867,6	19,5	6,6	0,2	73,6	0,1
35.781	Kukkian alue	201,2	27,0	9,5	0	63,4	0,1
35.782	Kuohijärven alue	132,5	30,1	5,3	0,3	64,3	0
35.783	Nerosjärven alue	83,4	11,9	5,9	0	82,0	0,1
35.784	Vesijaon vesistöalue (bif.)	156,5	24,7	5,0	0	70	0,3
35.785	Ämmätsänjärven-Myllyojan vesistöalue	74,4	7,6	11,5	0	80,6	0,2
35.786	Heinäjoen vesistöalue	70,1	12,6	4,7	0,1	82,4	0,1
35.787	Ekojärven vesistöalue	118,1	6,2	5,2	0,7	88,0	0
35.788	Pitkälänojan vesistöalue	31,3	14,7	2,7	0	82,5	0
35.79	Ormajoen vesistöalue	222,1	7,3	22,5	0,6	68,8	0,8
35.791	Leheejärven alue	73,7	6,8	19,4	0,5	72,9	0,3
35.792	Ormajärven vesistöalue	86,3	8,9	25,9	0,5	63,0	1,7
35.793	Teuronjärvenojan vesistöalue	62,0	5,7	21,5	0,8	72,0	0,1
	ka.		16,9	12,0	0,4	70,5	0,2



Kuva 2.1. Hauhon reitti ja sen pääjärvet, valuma-alue ja alueen kunnat.



Kuva 2.2. Hauhon reitin osavaluma-alueet.

Hauhon reitin latvavedet sijaitsevat Kuhmalahden, Kuhmoisten, Luopioisten ja Padasjoen kuntien alueella vedenjakajalla, josta vedet virtaavat Kokemäenjoen ja Kymijoen (14) vesistöihin. Vedenjakajalla olevat rinnakkaiset alueet ovat Vesijaon valuma-alue (35.784) ja Lummenen ja Vesijaon vesistöalue (14.25). Vedet virtaavat Hauhon reitin puolella Lummenesta Vehkajärveen ja edelleen Vesijakoon. Kymijoen vesistön puolella vedet virtaavat Lummenesta Suur-Päijänteen vesistöön (14.2) Päijänteeseen. Vesiä virtaa myös Vesijaon kautta Päijänteen puolelle.

Hauhon reitti jatkuu Vesijaosta Nerosjärven kautta Kuohijärveen ja edelleen Kukkian kautta Iso-Roineeseen, jonne virtaavat myös Pyhäjärven ja Ormajärven vedet kaakosta. Iso-Roineesta reitti jatkuu Ilmoilanselälle, jonne myös Hauhonselkä purkaa vetensä. Ilmoilanselältä vedet virtaavat Pinteleen kautta Mallasveteen, jonne laskevat myös Pälkäneveden sekä Längelmäveden reitin vedet. Längelmäveden ja Hauhon reittien vesistöalueen alaraja on Valkeakoski, jonka kautta

vedet virtaavat Vanajaveden-Pyhäjärven alueen (35.2) puolelle. Hauhon reitin suurimmat järvialtaat näkyvät taulukossa 2.2 ja kaikki yli 100 hehtaarin järvet liitteessä 1.

Taulukko 2.2 Hauhon reitin suurimmat järvialtaat ja niiden yleistiedot (Vesihallitus 1978, *= ympäristöhallinnon tietorekisteri, HERTTA).

Suurimmat järvet	Pinta-ala (km^2)	Keskisyvyys (m)	Suurin syvyys (m)	Tilavuus (milj. m^3)
Vehkajärvi	25,9*			
Vesijako	16,5*			
Kuohijärvi	35,0	10	30	360
Kukkia ja Rautajärvi	46,7	6	30	276
Iso-Roine	31,5	8	73	247
Pyhäjärvi	9,5	11	35	105
Hauhonselkä	21,1	4	11	84
Ilmoilanselkä ja Pintele	16,6	5	23	88

2.2 Alueen kunnat

Hauhon reitti sijaitsee valuma-alueineen pääosin kahdeksan kunnan alueella, jotka ovat Kuhmalahti, Kuhmoinen, Luopioinen, Padasjoki, Pälkäne, Hauho, Tuulos ja Lammi. Vain hyvin pieniä reunaosia valuma-alueesta jää näiden kuntien ulkopuolelle. Tutkimusalueen kunnat kuuluvat Hämeen, Pirkanmaan ja Keski-Suomen ympäristökeskusten toimialueisiin.

Reittivesistön alueen kunnat ovat pieniä ja maatalousvaltaisia. Suurin osa työpaikoista on palveluissa ja alkutuotannossa sekä osin teollisuudessa. Asukkaita Lammin, Luopioisten, Tuuloksen, Hauhon ja Pälkäneen kunnissa on yhteensä vajaa 18 000 henkeä (taulukko 2.3). Väkirikkain on Lammin kunta. Suuret järvet hallitsevat maisemia erityisesti Lammilla, Luopioisissa ja Hauholla. Pälkäneen vesistä suurin osa virtaa Längelmäveden reitille. Vain Pintele kuuluu Hauhon reitin vesistöön.

Taulukko 2.3. Hauhon reitin ydinalueen kuntien yleistietoja (Fennica, Suomi internetissä 2001)

Kunta	Kunnan pinta-ala (km^2)	Valuma-alueella oleva pinta-ala (km^2)	Vesistön osuus (%)	Väkiluku 1999
Hauho	443	437	19	4029
Lammi	610	367	12	5715
Luopioinen	391	333	19	2454
Pälkäne	346	71	31	4199
Tuulos	171	171	8	1566
Yhteensä	**1961**	**1379**		**17963**

2.3 Kallio- ja maaperä

2.3.1 Kallioperä

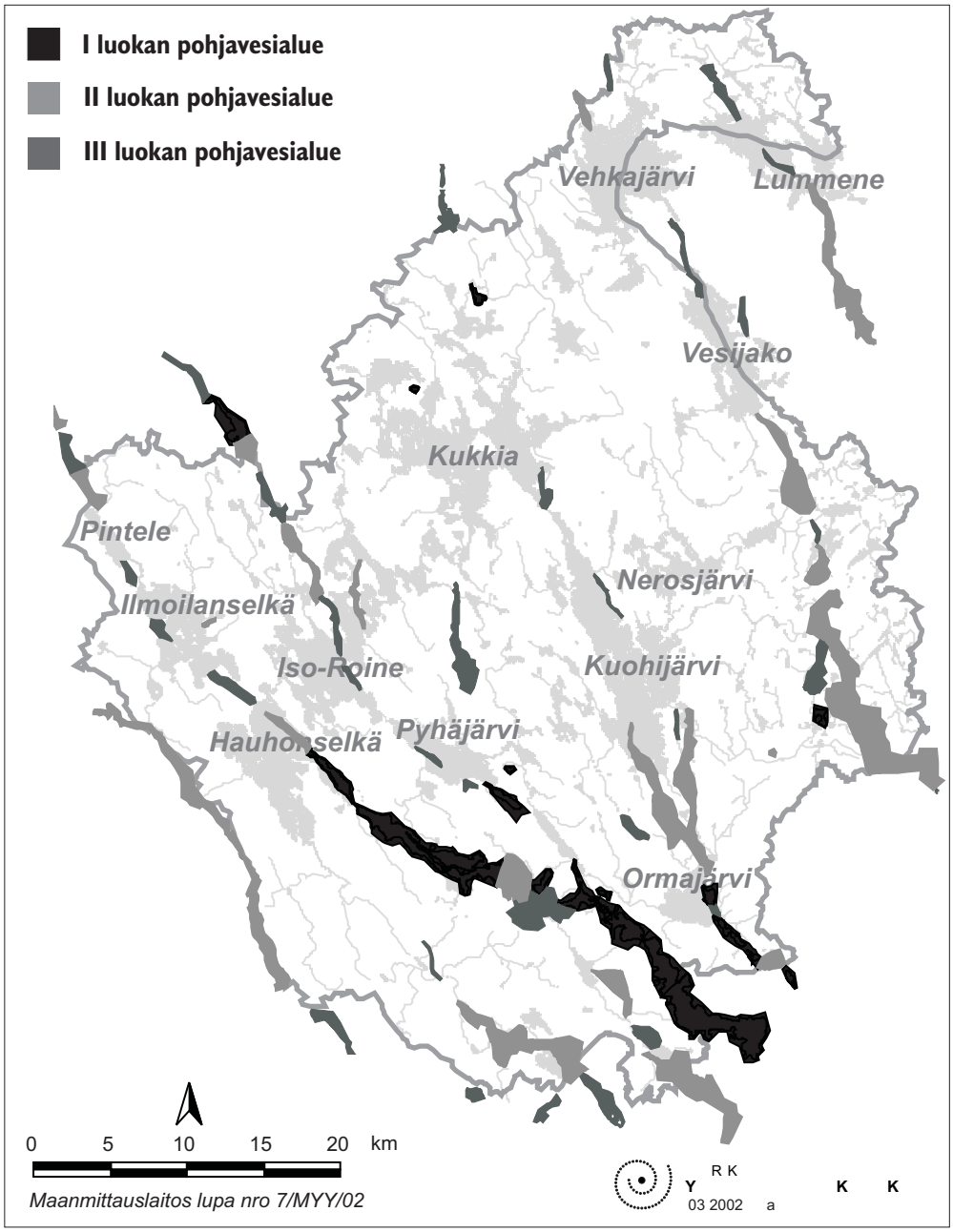
Hauhon reitin valuma-alue sijoittuu Keski-Suomen graniittimassiivin ja Etelä-Hämeen syväkivialueen väliselle kiillegneissialueelle. Valuma-alueen kallioperän pääasiallisia kivilajeja ovat graniittiraitaiset migmatiittiset kiillegneissit ja granodioriitit. Kiillegneississä voi paikoin olla välikerroksina kiille- tai mustaliuskeita sekä graniittijuonia. Myös granodioriiteissä voi olla graniittijuonia. Alueen koillisosassa on diabaasijuonia. Monet kallioperän voimakkaat ruhjevyöhykkeet ja -linjat näkyvät järvien rantaviivojen selvänä suuntautumisena. Voimakkain suuntautuminen on muinaisen jäätikön liikesuunnassa luoteesta kaakkoon.

2.3.2 Maaperä

Yleisin maalaji Hauhon reitin valuma-alueella on peruskalliota peittävä moreeni. Etenkin vedenjakaja-alueella vesistön latvoilla moreeni peittää lähes koko alueen. Suot ovat yleensä varsin pienialaisia ja ne sijaitsevat tavallisimmin kapeina juotteina kallioperän painanteissa. Alempana reitin varrella on runsaammin avokallioita mm. Pyhäjärven, Kukkian, Iso-Roineen, Hauhonselän ja Ilmoilanselän lähialueilla. Valuma-alueella on useita Salpausselkiin liittyviä pitkittäisharjuja, joita sijaitsee mm. Lummenen, Vehkajärven ja Vesijaon alueella sekä Hauhonselän koillisrannalla. Valuma-alueen läpi kulkee Hämeenkosken-Lammin-Tuuloksen-Hauhon-Kangasalan-Tampereen-Ylöjärven-Hämeenkyrön harjujakso. Hauhon reitin alaosan alueella on harjumuodostumien ympäristössä runsaasti niihin liittyviä hiekka- ja silttialueita. Savialueita on vähän ja ne sijoittuvat lähinnä jokilaaksoihin ja järvien ranta-alueille mm. Hauhon-selän ja Iso-Roineen ympäristössä.

2.4 Pohjavesialueet

Pohjavesialueet on luokiteltu käyttökelpoisuutensa ja suojelutarpeensa perusteella kolmeen luokkaan: I vedenhankintaa varten tärkeät pohjavesialueet, II vedenhankintaan soveltuvat pohjavesialueet ja III muut pohjavesialueet. Hauhon reitin luokitellut pohjavesialueet näkyvät kuvassa 2.3.



Kuva 2.3. Hauhon reitin luokitellut pohjavesialueet (tummennettu alue).

2.5 Vesistön käyttömuodot

Hauhon reitin ydinalueen kunnat käyttävät vedenhankinnassa pohjavettä. Poikkeuksena on ainoastaan Luopioisten kirkonkylä, jossa on lisäksi pintaveden ottamo. Pintavettä otetaan vähäisiä määriä Kukkiasta. Pälkäneen Kinnalan, Kuhmalahden Lintusyrjän sekä Luopioisten Syrjänharjun ja Aitoon pohjavedenottamot ovat Längelmäveden reitin valuma-alueella. Hauhon reitin kuntien vedenottamot näkyvät taulukossa 2.4. (Husu 1999, Vesihydro OY 1997)

Taulukko 2.4. Hauhon reitin valuma-alueen vedenottamot.

Kunta	Vedenottamo	Tyyppi	Vesimäärä (m^3 d^{-1})	Asukkaiden liittymisprosentti kunnassa
Hauho	Kirkonkylä	Pohjavesi	187	40
	Eteläinen, Akkijärvi	Pohjavesi	48,5	
Lammi	Kirkonkylä	Pohjavesi	700 (Lammi yhteensä)	60
	Kaunisniemi	Pohjavesi		
Luopioinen	Kirkonkylä	Pohjavesi	85	39
	Kirkonkylä	Pintavesi	28	
Tuulos	Laikanmäki	Pohjavesi	120	25

Hauhon reitillä ei ole vesivoimalaitoksia. Reitin alapuolisessa vesistössä lähin vesivoimala on Valkeakoskella, joka on Längelmäveden ja Hauhon reittien vesistöalueen alaraja.

Valkeakosken yläpuolinen Iso-Längelmävesi muodostuu useasta suunnilleen samassa tasossa olevasta järvialtaasta. Iso-Längelmävesi sisältää myös Hauhon reittiin kuuluvia altaita, jotka ovat Pyhäjärvi, Iso-Roine, Hauhonselkä, Ilmoilanselkä ja Pintele. Iso-Längelmäveden juoksutusta hoidetaan Valkeakosken voimalaitoksella. Varsinaista säännöstelyä ei kuitenkaan ole, vaikka se on teknisesti mahdollista. Juoksutuksesta on Länsi-Suomen vesioikeuden päätös (13.11.1978), jonka mukaan vettä on padottava ja juoksutettava tietyn luonnonmukaista tilannetta vastaavan purkautumiskäyrän mukaan (Vainio 1999). Altaan vedenkorkeuden vaihtelut mukailevat siten luonnontilaa.

Hauhon reittiä on aikaisemmin käytetty uittoon. Kuohijärven-Mallasveden pääväylällä uittoa oli viimeksi v. 1973 (Vesihallitus 1978). Uittoväyliä on ollut pääväylälle mm. Vesijaon, Ekojärven ja Pyhäjärven suunnilta. Aluetta koskeva uittosääntö on kumottu.

Vesiliikenne käyttää paljolti samoja pääväyliä kuin aikaisemmat uittoväylät. Reitin latvoilla vesiväylät ovat lähinnä soutuveneille ja kanooteille soveltuvia. Yhtenäinen avomoottoriveneille käyttökelpoinen vesireitti on Kuohijärvestä Kukkialle. Julkiset kulkuväylät alkavat Kukkian alapuolelta, Pyhäjärvestä ja Hauhonselältä ja jatkuvat Ilmoilanselän ja Pinteleen kautta Mallasvedelle (Vesihallitus 1983). Matalat sillat rajoittavat reitillä liikkumista.

Hauhon reitin alueella on runsaasti loma-asutusta ja maatilamatkailukohteita. Valuma-alueella on lähes 5100 loma-asuntoa, joista yli 70 % sijaitsee alle 100 metrin etäisyydellä vesistöstä. Loma-asunnoista yli 1200 on Kukkian alueella ja lähes 700 Vesijaon valuma-alueella. Vakituisessa käytössä olevia kiinteistöjä on valuma-alueella yli 3200. Niistä lähes joka neljäs sijaitsee alle 100 metrin etäisyydellä vesistöstä. Kuntien uimarantoja on Kuohijärvellä kaksi, Kukkialla ja sen lähialueiden vesillä viisi, Iso-Roineella kaksi, Hauhonselällä kaksi, Ormajärvellä kaksi ja Tuuloksen Suolijärvellä yksi.

Kanta-Hämeen suurimpiin järviin kuuluvat Iso-Roine ja Kuohijärvi ovat kalavesiluokituksen mukaan hyvässä tai paikoin jopa erinomaisessa kunnossa (Kirjavainen 2000). Kanta-Hämeen vesissä yleisimmät saalislajit ovat ahven, hauki, kuha ja särki. Kuohijärven, Kukkian ja Iso-Roineen kaltaisissa kirkkaissa ja karuissa vesissä muikku menestyy kuitenkin kuhaa paremmin. Vihavuodenkoskessa Kukkian ja Iso-Roineen välillä on lisääntyvä järvitaimenkanta.

Hauhon reitin valuma-alueella sijaitsevat vedet kuuluvat pääasiassa Hauhon, Kukkian, Vehkajärven-Vesijaon sekä Pääjärven kalastusalueisiin. Kanta-Hämeen ammattikalastus on lähes kokonaan sivutoimista, ja tärkeimmät pyyntialueet ovat Vanajanselkä ja Hauhon reitin vedet (Kirjavainen 2000). Kanta-Hämeen ammattikalastus on nuotta-, rysä- ja verkkopyyntiä, ja tärkeimmät saalislajit ovat muikku ja kuha. Vapaa-ajan kalastuksessa suosituimmat kalastusvälineet ovat onki ja heit-

tovapa, ja yleisimmät saalislajit ovat ahven ja hauki. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen julkaisun (Leinonen ym. 1998a) mukaan vapaa-ajankalastajia oli v. 1997 reitin kalastusalueilla seuraavasti: Hauhon 12 319, Kukkian 12 525, Vehkajärven-Vesijaon 6 357 ja Pääjärven 8 703 kalastajaa. Eri kalastusalueita voivat hyödyntää samatkin kalastajat. Vapaa-ajankalastuksen saalismäärä oli v. 1997 em. neljällä kalastusalueella yhteensä 710 tonnia (Leinonen ym. 1998b).

Hauhon reitin vuolteissa on tehty kalataloudellisia kunnostuksia. Kala- ja rapuistutuksista voidaan mainita, että Kanta-Hämeessä suurimmat täplärapuistutukset on tehty Hauhon reitin vesiin, joissa alkaa olla jo pyyntikelpoisia kantoja.

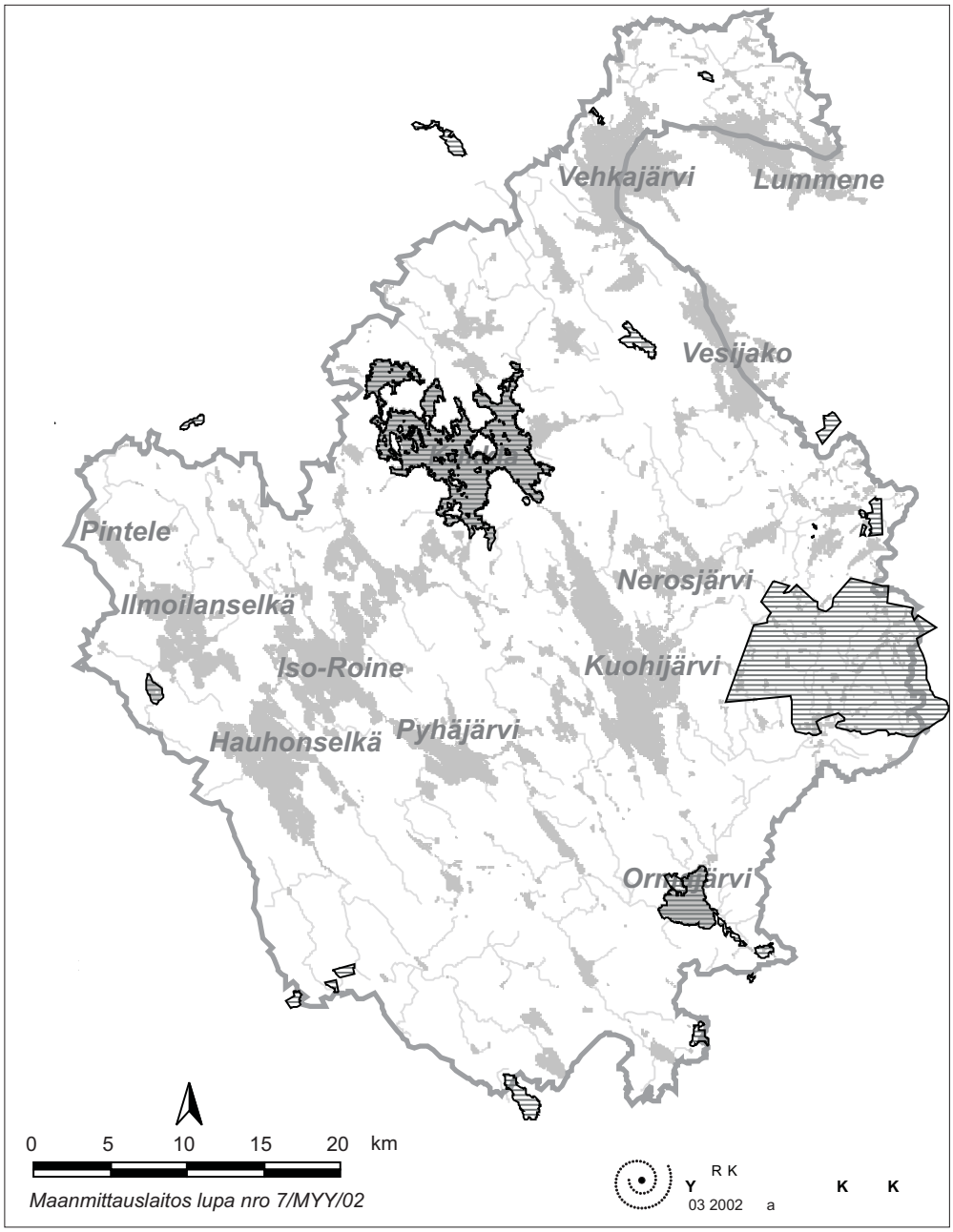
2.6 Suojelualueet

Natura 2000 -verkoston avulla pyritään vaalimaan luonnon monimuotoisuutta Euroopan unionin alueella. Suojelukohteiksi on valittu sekä arvokkaita, harvinaisia tai uhanalaisia luontotyyppejä että eläin- ja kasvilajeja. Natura 2000 -verkosto koostuu valtaosaltaan luonnonsuojelualueista ja vahvistettujen suojeluohjelmien kohteista, mutta se sisältää myös talouskäytössä olevia alueita. Hauhon reitin valuma-alueella sijaitsevat Natura-alueet näkyvät kuvassa 2.4. Luopioisissa Natura-alueita ovat Kukkiajärvi, Kurkisuo ja Kuohijoen kalkkilehto. Lammilla Hauhon reitin valuma-alueella kohteita on viisi: Evon alue, Kaurastensuo-Kantosuo, Lamminjärvi-Halila, Ormajärvi-Untulanharju ja Sajaniemi. Hauholla kohteena on valtakunnalliseen lintuvesiensuojeluohjelmaankin kuuluva Jokijärvi. Tuuloksessa ja Pälkäneellä ei ole Hauhon reitin valuma-alueelle sijoittuvia Natura-alueita.

2.7 Maisema

Hauhon reitti sijoittuu maisemamaakuntajaossa Hämeen viljely- ja järvimaahan ja siellä Keski-Hämeen viljely- ja järviseutuun. Maisemaa hallitsevat vesistöt, viljavat ja kumpuilevat viljelysmaat sekä pitkittäisharjut. Pitkäaikaista asutusta ja kulttuuriperinteitä kuvastavat mm. keskiaikaisten kivikirkkojen, vanhojen talonpoikaisrakennusten ja kartanoiden suuri määrä. Perinteinen karjatalous on jättänyt jälkensä kylämaisemiin monipuolisina hakoina, katajaketoina ja muina perinnemaisemina (Liedenpohja-Ruuhijärvi ym. 1999). Valtakunnallisesti arvokkaita maisemakokonaisuuksia Hauhon reitin alueella on kaksi: Hauhonselän kulttuurimaisemat Hauholla ja Ormajärven-Untulan kulttuurimaisemat Lammilla (Talvia 2000).

Inventoituja perinnebiotooppeja on Luopioisissa yhdeksän ja niistä kahdeksan on Hauhon reitin valuma-alueella. Suurin osa kohteista on hakoja ja metsälaitumia. Pälkäneellä perinnemaisemia on 10 ja niistä Maunulan niitty on Hauhon reitin valuma-alueella (Liedenpohja-Ruuhijärvi ym. 1999). Kanta-Hämeen perinnemaisemat sijaitsevat yleensä moreenimailla. Hauholla niitä on yhteensä 13, Lammilla 25 ja Tuuloksessa 6 (Talvia 2000). Kaikki näistä eivät sijaitse Hauhon reitin valuma-alueella.



Kuva 2.4. Hauhon reitin Natura-alueet.

3 Tutkimusmenetelmät

3.1 Valuma-alueselvitys

Jätevedenpuhdistamoiden kuormitustiedot saatiin ympäristöhallinnossa käytössä olevasta valvonta ja kuormitustietojärjestelmästä (VAHTI) ja kaatopaikkojen kuormitus saatiin velvoitetarkkailutuloksista.

Haja-asutuksen kuormitus arvioitiin viemäriverkoston ulkopuolella olevien kiinteistöjen määrän ja jätevesien käsittelyratkaisujen avulla (Wirola ym. 1994). Valuma-alueella sijaitsevien kunnalliseen viemäriverkostoon kuulumattomien kiinteistöjen määrät poimittiin rakennus- ja huoneistorekisteristä (RHR). Lisäksi kiinteistöjen etäisyydet vesistöön laskettiin hyödyntäen paikkatieto-ohjelmistoa.

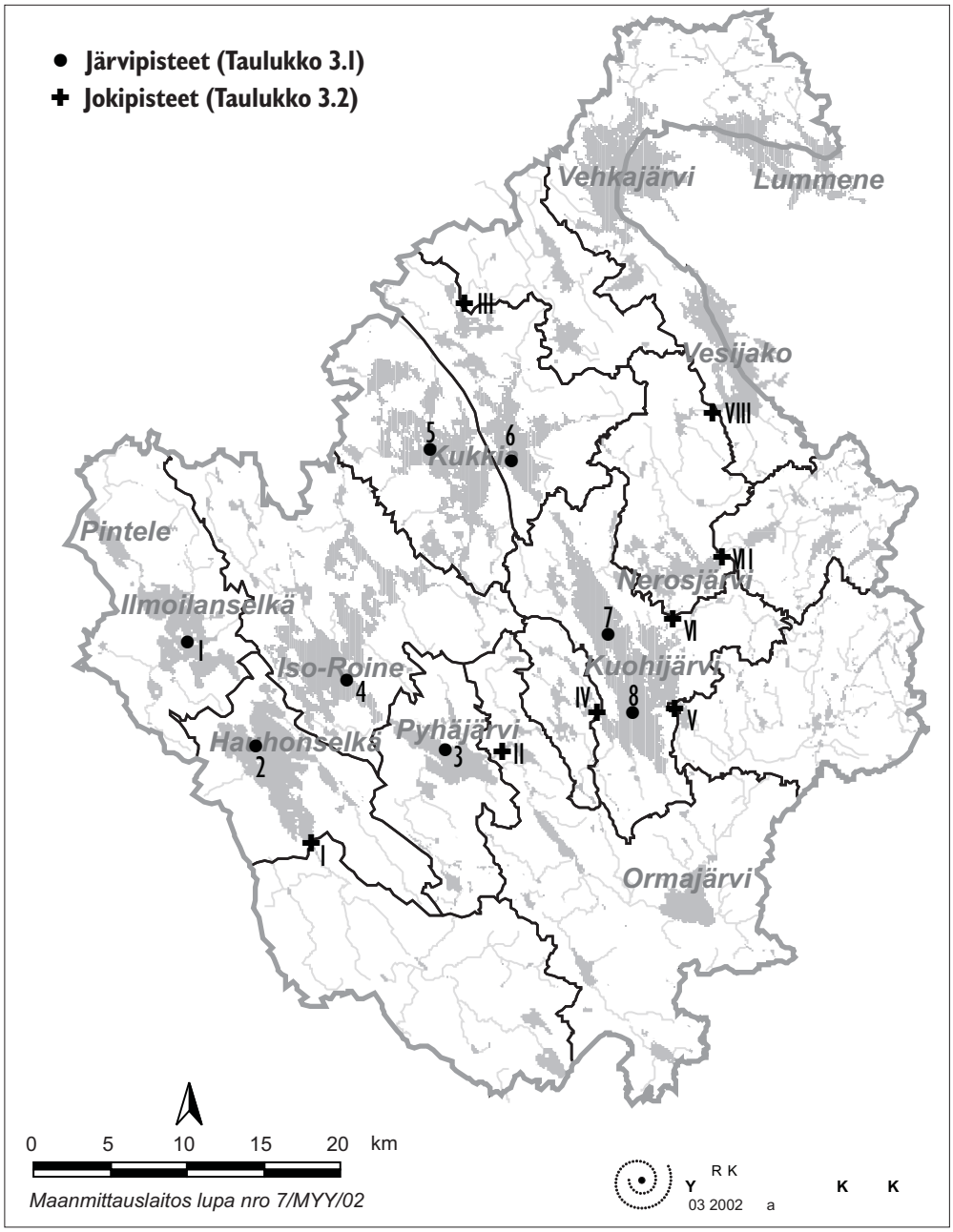
Maatalouden kuormitusta varten selvitettiin valuma-alueen peltopinta-alat ja karjamäärät. Maankäyttötiedot saatiin maanmittauslaitoksen tuottamasta maankäyttö- ja puustotulkintatietokannasta (SLAM3). Peltoviljelyn vaikutusten ja kuormituksen vähentämiskeinojen arvioimiseksi selvitettiin lisäksi tilojen määrä, pääkasvilajikkeet, lantaloiden lisätarve sekä maatalouden ympäristötukien määrä. Nämä tiedot sekä tilojen karjamäärät oli mahdollista saada tutkimuskäyttöön maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksen (TIKE) maaseutuelinkeinorekisteristä.

Metsätalouden vaikutusten arvioimiseksi kerättiin tiedot ojitus- ja maanmuokkausaloista sekä avohakkuualoista vuosilta 1994-1998. Metsätaloustoimenpiteiden fosfori- ja typpikuormituksen laskentaan käytettiin tilastollisia laskentamenetelmiä (Ahtiainen ym. 1993).

3.2 Vedenlaatu- ja virtaamamittaukset

Vedenlaatua on havainnoitu tässä tutkimuksessa kahdeksassa Hauhon reitin järvipisteessä ja kahdeksassa valuma-alueelta laskevan ojan tai joen havaintopisteessä (kuva 3.1, taulukot 3.1 ja 3.2). Useimmista paikoista vesinäytteitä on otettu pääasiassa tai ainoastaan tätä tutkimusta varten v. 2000. Pitkäaikaisessa seurannassa on ollut kaksi järvipistettä, Kukkian ja Iso-Roineen syvännepisteet, joiden vedenlaatua tarkastellaan tässä raportissa vuodesta 1975 alkaen. Myös Kopsjoen ja Porraskosken vedenlaadusta on jonkin verran tutkimusvuotta vanhempaa tietoa, jota esitellään lyhyesti tässä yhteydessä.

Vuoden 2000 aikana järvipisteistä otettiin näytteet seuraavasti: maalis-huhtikuun vaihteessa, touko-, kesä- ja heinäkuun puolivälissä, elokuun alkupuolella, syyskuun puolivälissä, loka-marraskuun vaihteessa ja marraskuun lopussa. Joitakin näytteitä on otettu vielä alkutalven 2001 aikana, mutta tuloksia ei käsitellä tässä yhteydessä niiden edustaessa eri talvikautta kuin v. 2001 lopputalven tulokset.



Kuva 3.1. Hauhon reitin vedenlaadun havainnoinnin näytteenottopisteet.

Taulukko 3.1 Vedenlaadun havainnoinnin järvipisteet.

Tunnus	Havaintopaikan nimi	Kunta	Ympäristökeskus	Yhtenäiskoordinaatit
1	Ilmoilanselkä Hevossaari	Hauho	Hämeen ympäristökeskus	6793506-3361346
2	Hauhonselkä,Valkkakivi	Hauho	Hämeen ympäristökeskus	6787446-3365333
3	Pyhäjärvi, Pyhäniemi	Hauho	Hämeen ympäristökeskus	6787308-3376401
4	Iso-Roine, syvänne	Hauho	Hämeen ympäristökeskus	6791377-3370640
5	Kukkia, syvänne	Luopioinen	Pirkanmaan ympäristökeskus	6804729-3375539
6	Kukkia Lehtisaarenselkä	Luopioinen	Pirkanmaan ympäristökeskus	6804115-3380176
7	Kuohijärvi, Matoniemi	Lammi	Hämeen ympäristökeskus	6793960-3385897
8	Kuohijärvi, Pitkälänkulma	Lammi	Hämeen ympäristökeskus	6789471-3387293

Järvisyvänteistä tehdyt analyysit ovat liukoisen hapen pitoisuus ja hapen kyllästysaste, sähkönjohtokyky, pH, alkaliniteetti, väriluku, kokonaistyppi ja -fosfori, ammoniumtyppi ja nitraatti-nitriittityppi, suodatettu fosfaattifosfori ja rauta. Lisäksi määritettiin näkösyvyys ja avovesikaudella myös klorofylli-a:n pitoisuus. Näytteet otettiin pintavedestä (1 m pinnasta), pohjanläheisestä vedestä ja myös välisyvyyksistä. Tässä raportissa vedenlaatua tarkastellaan ensisijaisesti pintavesiarvojen perusteella tavanomaisen vesien käyttökelpoisuusluokittelun periaatteiden mukaisesti. Etenkin happitilannetta tutkitaan myös pohjanläheisessä vedessä.

Vesistön hyvään tilaan kuuluu hyvä happitilanne. Hapen liukoisuus veteen riippuu veden lämpötilasta. Tässä raportissa happitilannetta tarkastellaan hapen kyllästysasteen avulla, koska kyllästysasteessa on otettu huomioon mm. lämpötilan vaikutus veden happipitoisuuteen.

Sähkönjohtavuudella mitataan vedessä olevien ionisoituvien suolojen määrää. Näitä ovat mm. natrium, kalium, kalsium, magnesium sekä sulfaatit ja kloridit. Veden pH-arvo kertoo veden happamuuden, kun taas alkaliniteetti ilmaisee veden puskurikyvyn happamuutta vastaan. Väriluku ilmentää lähinnä veden ruskeutta, joka useimmiten johtuu humuksesta.

Kokonaistypen ja -fosforin pitoisuudet ovat tavanomaisia veden ravinteisuuden ilmentäjiä. Etenkin kokonaisfosforiarvoja käytetään vesistön rehevyyden arvioinnissa. Fosfaattifosfori on liuennutta epäorgaanista fosforia, jota levät pääasiassa käyttävät. Fosfaattifosforia on siten yleensä hyvin vähän päällysvedessä kesällä. Suodatetuista näytteistä analysoitu fosfaattifosfori on liuennutta reaktiivista fosforia, joka kuvaa parhaiten leville välittömästi käyttökelpoisen fosforin määrää (ks. Pietiläinen & Räike 1999). Myös nitraattityppi on kesäkaudella levien aktiivisessa käytössä ja sen pitoisuudet ovat pieniä. Nitraatti- ja nitriittitypen pitoisuutta on tutkittu yhtenä kokonaisuutena, koska nitriitin pitoisuudet ovat yleensä hyvin pieniä eikä niitä analysoida erikseen. Myös ammoniumtypen määrä on tavallisesti melko vähäinen pintavedessä, mutta esim. asumajätevedet voivat nostaa pitoisuuksia.

Kokonaistypen ja -fosforin määräsuhdetta on tarkasteltu levätuotantoa rajoittavan ravinteen näkökulmasta. Jos kokonaisravinnesuhde on yli 17, rajoittava ravinne on fosfori. Jos suhde on alle 10, typpeä pidetään minimiravinteena. Kokonaisravinnesuhteen ollessa 10-17, molemmat ravinteet voivat säädellä levänkasvua (Forsberg ym. 1978, Pietiläinen & Räike 1999).

Klorofylli-a on levien yhteyttämispigmenttiä, jonka määrä on verrannollinen vedessä olevan levän määrään. Pitoisuus voi vaihdella huomattavastikin ajan ja paikan suhteen samassakin järvessä tai joessa etenkin silloin, jos vesistö on rehevä.

Rautaa on yleensä vähän kirkasvetisissä järvissä, mutta humuspitoisissa ja savisameissa vesissä pitoisuudet ovat suurempia. Myös hapettomissa oloissa pitoisuus kohoaa.

Taulukko 3.2. Tutkimuksessa mukana olleet jokipisteet.

Tunnus	Havaintopaikan nimi	Kunta	Ympäristökeskus	Yhtenäiskoordinaatit
I	Vuolujoki	Hauho	Hämeen ympäristökeskus	6781935-3368695
II	Kopsjoki	Tuulos	Hämeen ympäristökeskus	6787214-3379760
III	Inkinjoki puhdistamon yläpuoli	Luopioinen	Pirkanmaan ympäristökeskus	6813384-3377609
IV	Pitkälänoja	Lammi	Hämeen ympäristökeskus	6789563-3385285
V	Ekojärvi, luusua	Lammi	Hämeen ympäristökeskus	6789755-3389829
VI	Porraskoski	Lammi	Hämeen ympäristökeskus	6795009-3389660
VII	Monivalonoja	Padasjoki	Hämeen ympäristökeskus	6798580-3392567
VIII	Palsanoja	Padasjoki	Hämeen ympäristökeskus	6806993-3392063

Joki- ja ojapisteistä otettiin vesinäytteet 18-19 kertaa vuoden 2000 aikana. Näytteenottokertojen lukumäärät on esitetty taulukossa 3.3.

Taulukko 3.3. Jokinäytteenottokertojen jakautuminen kuukausittain vuonna 2000.

IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4	2-3	1	2	3	2	1	2	1

Jokipisteistä tehdyt analyysit olivat kiintoaine, sähkönjohtokyky, pH, alkaliniteetti, väriluku, kokonaistyppi ja -fosfori, ammonium- ja nitraatti-nitriittityppi sekä suodatettu fosfaattifosfori. Näytteet on otettu vain yhdestä syvyydestä pintavedestä.

Suoraa virtaaman havainnointia ei tässä tutkimuksessa tehty, vaan käytettiin Suomen ympäristökeskuksessa kehitettyä hydrologista vesistömallia osavaluma-alueiden virtaamien arvioinnissa (Ympäristöhallinnon internet-sivut, 2001). Hydrologinen vesistömalli kuvaa veden kiertokulun sadannasta maaperän ja vesistöjen kautta haihdunnaksi ja valunnaksi mereen. Säähavainnot ovat lähtötietoina, kun vesistömallilla seurataan vesistön lumen määrän, maankosteuden, pohjaveden, valunnan, jokien virtaamien ja järvien vedenkorkeuksien kehitystä. Todellisten vedenkorkeus- ja virtaamahavaintojen puute vaikeuttaa käytännössä mallin kalibroimista pienille osavaluma-alueille ja tässäkin tutkimuksessa pienten valuma-alueiden simuloidut virtaamat voivat aiheuttaa jonkin verran epätarkkuutta ainevirtaamien laskennassa. Toinen mahdollisuus on käyttää vertailualueiden valumia virtaamia muodostettaessa, mutta tässä tapauksessa päädyttiin em. käytäntöön.

3.3 Kuormituksen laskenta

Ravinteiden ainevirtaaman laskennassa käytettiin vedenlaatuhavaintoja sekä Suomen ympäristökeskuksessa kehitetyn hydrologisen vesistömallin laskennallisia virtaamia. Ainevirtaamia käytettiin kuormitusmallin kalibroinnissa. Tilastollisen kuormitusmallin käyttö on tarpeellista, koska kaikkea vesistöön tulevaa kuormitusta ei voida havainnoida. Suuri osa kuormituksesta tulee vesistöön lähivaluma-alueilta, eikä sisälly jokien ainevirtaamaan. Toinen tärkeä peruste laskennallisten menetelmien käytölle on se, että näin on mahdollista jakaa kokonaiskuormitus osatekijöihin menetelmän sisältämän kuormitusjaon mukaisesti.

Ainevirtaamalla tarkoitetaan joen tietyssä kohdassa virtaavan aineen määrää aikayksikössä. Ainevirtaama lasketaan virtaaman ja pitoisuuden tulona, yksikkönä esimerkiksi kiloa vuorokaudessa. Käytännössä yleisin tilanne on se, että käytettävissä on päivittäiset (esim. laskennalliset) virtaamatiedot, mutta pitoisuusmittauksia on tehty harvemmin. Näin oli myös Hauhon reitin vesistöalueella. Tietyn jakson (esim. vuoden) ainevirtaamia laskettaessa voidaan menetellä siten, että lasketaan pitoisuuksien virtaamapainotettu keskiarvo ja kerrotaan se jakson keskivirtaamalla. Laskukaava (1) on muotoa (Frisk ja Kylä-Harakka 1981):

$$L = \frac{\sum c_i q_i}{\sum q_i} \overline{Q} \qquad (1)$$

missä
L = ainevirtaama (M T^{-1})
c_i = näytteenottohetken pitoisuus (M L^{-3})
q_i = näytteenottohetken virtaama (L ^{3} T^{-1})
$\overline{Q}$ = jakson keskivirtaama (L ^{3} T^{-1})

Valuma-alueelta vesistöön tuleva kokonaiskuormitus voidaan jakaa osakuormittajiin, kuormituslähteisiin. Längelmäveden reitin vesiensuojelututkimuksessa ja sen yhteydessä kehitetyissä ravinteiden kuormituskaavoissa (Bilaletdin ym. 1992) on kokonaiskuormituksen oletettu muodostuvan seuraavista kuormituslähteistä:

- maatalouden kuormitus
- pistekuormitus
- haja- ja loma-asutuksen kuormitus
- metsätalouden kuormitus
- perushuuhtouma.

Lisäksi vesistöä kuormittavat sateen mukana tulevat ravinteet, joiden määrä voidaan arvioida sadantatietojen ja laatumittausten avulla. Välillisesti huuhtouman mukana vesistöön tuleva ilmakuormitus on mukana perushuuhtoumassa.

Pistekuormitus koostuu teollisuuden, taajamien jätevedenpuhdistamoiden, kalankasvatuslaitosten, turvetuotannon, kaatopaikkojen ym. kuormituksesta. Merkittävien kuormittajien kuormitustiedot on saatavissa ympäristöhallinnossa käytössä olevasta valvonta ja kuormitustietojärjestelmästä (VAHTI). Vaikka vesistön kokonaiskuormituksesta usein vain pieni osa on pistekuormitusta, sen vaikutus veden laadun heikentymiseen voi olla hyvin tärkeä alueellisesti sekä minimivaluntajaksona, esim. kesällä.

Haja- ja loma-asutuksen kuormituksen laskennassa on lähtökohtana kiinteistöjen sijoittuminen vesistöön nähden ja käytetyt jätevesien puhdistusmenetelmät. Kuormituksen arviointi tehdään yleensä kokeellisesti selvitettyjen ominaiskuormitusten avulla. Menetelmässä joudutaan inventoimaan haja- ja loma-asutuksen määrä ja sijainti valuma-alueella sekä puhdistusmenetelmät.

Metsätalouden toimenpiteistä ainakin lannoitus, hakkuut ja maanpinnan käsittely sekä ojitus aiheuttavat ravinteiden huuhtouman lisääntymistä. Metsätalouden toimenpiteiden vaikutus arvioidaan eri tutkimusten pohjalta muodostettujen ominaiskuormituslukujen avulla. Merkittävin yhtäkkinen kuormitusvaikutus on lannoituksella, jos kyseessä on suometsä; kivennäismaan lannoituksella ei ole todettu vaikutuksia fosforin huuhtoutumiseen (Saura 1995). Metsäojituksen vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen liittyy kiintoaineen kulkeutumiseen. Kiintoaineen kulkeutuminen voi kasvaa moninkertaiseksi uomaeroosion vaikutuksesta, mikäli kaivetut uomat ulottuvat eroosioherkkään kivennäismaahan (Ahtiainen ym. 1993). Hakkuun jälkeen hakkuutähteet ja juuret, joissa on suuri osa puiden sisältämistä ravinteista, hajoavat. Kasviravinteet eivät tällöin välttämättä sitoudu heti uuteen biomassaan, vaan joutuvat alttiiksi huuhtoutumiselle. Erityisesti avohakkuu, jossa koko puusto poistetaan, voi johtaa merkittävään liukoisten ravinteiden pitoisuuksien kasvuun maaperässä (Ahtiainen ym. 1993).

Luonnonhuuhtouman käsitteen perustana on se, että vesi ei esiinny luonnossa milloinkaan täysin puhtaana, sillä jo ilmakehässä vesipisaroihin liukenee kaasuja ja muita aineita. Maassa veteen liukenee maaperän epäorgaanisia ja orgaanisia yhdisteitä. Veden kierrossa on aina mukana myös ravinteita. Suomen maaperästä veteen liukenevat ja huuhtoutuvat ravinnemäärät ovat yleensä varsin pieniä ja vesistöt siten perusluonteeltaan oligotrofisia. Soiden ja kangasmaiden yleisyyden vuoksi vesistöihin huuhtoutuu kuitenkin varsin runsaasti orgaanisia yhdisteitä. Luonnonhuuhtouman asemesta käytetään myös termiä perushuuhtouma. Tämä sisältää ajatuksen, että täysin luonnontilaisia alueita ei nykyään oikeastaan ole olemassa. Perushuuhtouma sisältäisi myös lähinnä välilliset, ihmisen toiminnan aiheuttaman kuormituslisän (esim. laskeuma, metsäautotiet). Luonnonhuuhtoumaa on arvioitu pääasiassa pienten, metsäisten valuma-alueiden avulla. Näiden tutkimusten avulla voidaan valita sopiva arvio sovellettavalle valuma-alueelle.

Maatalouden kuormituksen voidaan ajatella muodostuvan peltoviljelyn ja karjatalouden kuormituksista. Kuormituksen määrää on mahdollista arvioida yksityiskohtaisten ominaiskuormituslukujen avulla, kuten Ähtävänjoen kuormitusselvityksissä on tehty (Viitasaari 1990). Yksityiskohtaiset ominaiskuormitusluvut muodostetaan esimerkiksi peltojen eri käyttömuodoille, kotieläinmäärille, säilörehun puristenesteelle, lietesäiliöiden puutoksille ym. Maatalouden aiheuttamaa kuormitusta on arvioitu yksinkertaisesti myös peltoprosentin avulla muodostetun kuormituskaavan mukaisesti (Rekolainen 1989).

Tampereen vesi- ja ympäristöpiirissä kehitettiin Längelmäveden kuormitusselvityksen yhteydessä (Bilaletdin ym. 1992) tilastolliset mallit, joiden avulla voidaan arvioida valuma-alueelta tulevaa fosfori- ja typpikuormitusta. Valitun kaavamuodon perusajatuksena oli tuottaa arviointimenetelmä, jossa kuormitukseen vaikuttavien tekijöiden määrä olisi mahdollisimman pieni ja suhteellisen helposti hankittavissa, mutta arviointimenetelmällä olisi mahdollista jakaa kuormitus eri kuormituslähteisiin. Malleissa otetaan huomioon perushuuhtouma, metsätalouden kuormitus, haja- ja loma-asutuksen kuormitus, pistekuormitus sekä maatalouden kuormitus. Maatalouden aiheuttama kuormitus otetaan huomioon yhdistämällä peltoviljelyn ja karjatalouden vaikutus ns. maataloustekijäksi, joka lasketaan valuma-alueen peltoprosentin ja lantaa tuottavien yksiköiden määrän lineaarisena kombinaationa. Lantaa tuottavien yksiköiden määrä on muuttuja, jossa eri kotieläimet on tehty kuormitusvaikutukseltaan yhteismitallisiksi. Malliin sisältyy myös ravinteiden pidättyminen valuma-alueen pienissä järvissä. Pidättymisen laskemiseksi tarvitaan kunkin osavaluma-alueen järviprosentti. Hauhon reitin vesistöalueen kuormituslaskelmia varten kuormitusmallit kalibroitiin uudelleen käyttämällä kalibrointiaineistona Hauhon reitin valuma-alueiden kuormitusaineistoja Längelmäveden aineistojen lisäksi (kaava 2).

$$L = \left(1 + p_l\right)^{\mathrm{a}} \left[\mathrm{b}\left(u_m + \mathrm{k}p_f\right)^{\mathrm{c}} + L_s + L_w + \left(L_f + L_b\right) A^{\mathrm{d}} \right] \qquad (2)$$

missä
L = kokonaiskuormitus (kg km^{-2} a^{-1})
p_l = järviprosentti (%)
p_f = peltoprosentti (%)
u_m = nautayksiköiden määrä (kpl km^{-2})
L_w = pistekuormitus (kg km^{-2} a^{-1})
L_s = haja- ja loma-asutuksen kuormitus (kg km^{-2} a^{-1})
L_f = metsätalouden kuormitus (kg km^{-2} a^{-1})
L_b = perushuuhtouma (kg km^{-2} a^{-1})
A = valuma-alueen pinta-ala (km^2)
a, b, c, d, k = kalibroitavia vakioita

Längelmäveden aineisto on kerätty vuonna 1990 ja Hauhon reitin aineisto vuonna 2000. Längelmäveden ja Hauhon reitin vesistöalueiden jokien pinta-alaan suhteutettuja vuosittaisia kuormitusarvoja (kg km^{-2} a^{-1}) ei voida yleensä suoraan verrata toisiinsa, koska valunnan määrä ja ajoitus vaihtelee vuosittain. Kaavan 2 kalibrointia varten on molempien aineistojen keskivalumia verrattu tutkimusalueiden pitkän aikajakson keskivalumiin, joiden avulla hydrologialtaan erilaisten vuosien aineistot on mahdollista saada kalibrointivaiheessa yhteismitallisiksi.

3.4 Järvialtaiden ainetaseiden laskenta

Monet ihmisen toiminnot sekä vesien- ja maankäyttömuodot, kuten asutus, maa- ja metsätalous, teollisuus ja kalankasvatus aiheuttavat vesistöihin kohdistuvaa ravinnekuormitusta. Seurauksena on usein ollut vesistön rehevöityminen lukuisine haittoineen. Jotta vesiensuojelutoimenpiteitä kyettäisiin kohdentamaan tehokkaasti, on tunnettava ravinnekuormituksen aiheuttavat kuormituslähteet sekä ravinnekuormituksen ja vesistön tilan välinen riippuvuus.

Järven rehevöityminen tapahtuu yleensä pitkän ajan kuluessa. Myös kokonaisfosforin keskipitoisuuden muutokset tapahtuvat vähitellen. Fosfori on useimmissa Suomen vesistöissä osoittautunut perustuotannon minimitekijäksi, joten rehevöitymisongelmat ovat suurimmaksi osaksi johtuneet fosforipitoisuuden kasvusta. Vesistön rehevyystason ennustamiseksi muuttuvassa kuormitustilanteessa on kehitetty yksinkertaisia fosfori- ja typpimalleja. Lähtökohtana näissä malleissa on ainetasetarkastelu. Ainetasemallien lähtökohtana on massatasapainoyhtälö, jossa tarkastellaan järveen tai tiettyyn vesistönosaan tulevia ja siitä lähteviä ainevirtaamia sekä aineen sedimentoitumista tai jotain muuta vesistön sisäistä prosessia. Yksinkertaisimmissa malleissa on mukana vain yksi tilamuuttuja, esimerkiksi kokonaisfosfori, ja yksi prosessi, fosforin sedimentoituminen. Tällaisilla malleilla voidaan ennustaa keskimääräistä fosforipitoisuutta vakiintuneissa kuormitusoloissa. Ainetasemallien perusyhtälö voidaan kirjoittaa muodossa (kaava 3):

$$\frac{dm}{dt} = I - O - S \qquad (3)$$

missä
m = tarkasteltavan aineen kokonaismäärä järvessä
t = aika
I = tarkasteltavan aineen järveen tuleva kokonaisainevirtaama
0 = tarkasteltavan aineen kokonaismenovirtaama
S = vesistön sisäisten prosessien vaikutus tarkasteltavan aineen määrään järvessä

Yhtälön (3) vasemman puolen derivaatta ilmaisee tarkasteltavan aineen kokonaismäärän muutosnopeutta. Ainetasetarkastelua sovellettaessa joudutaan usein olettamaan tasapainotila, jolloin em. derivaatta merkitään nollaksi. Tasapainotilassa siis (kaava 4):

$$I - O = S \qquad (4)$$

Järvien ainetasemalleissa käytetään yleensä ns. CSTR-hydrauliikkaa, jossa tarkasteltava allas oletetaan koko ajan täysin sekoittuneeksi. Tällainen kuvaus soveltuu vesistöissä vain pitkäaikaiskeskiarvojen ennustamiseen. Koska mallioletusten mukaan vesi on homogeenista, poistuvan veden pitoisuus on sama kuin pitoisuus altaassa, jolloin luusuan kautta poistuva ainevirtaama voidaan laskea pitoisuuden ja menovirtaaman tulona (kaava 5):

(5)

missä
Q = menovirtaama
c = tarkasteltavan aineen pitoisuus

Sisäisten prosessien vaikutus S on vaikeimmin kuvattava termi. Ravinteille S määritellään bruttosedimentaation ja sedimentistä vapautumisen erotuksena, mikä tarkoittaa nettosedimentaatiota. Yleisimmin kuitenkin yhtälössä käytetään vain nettosedimentaatiotermiä seuraavasti (kaavat 6 ja 7):

$$S = R\,I \tag{6}$$

missä
R = pidättymiskerroin, joka ilmaisee sen, mikä osuus tulevasta ainevirtaamasta pidättyy järvessä
I = tuleva kokonaisainevirtaama

tai

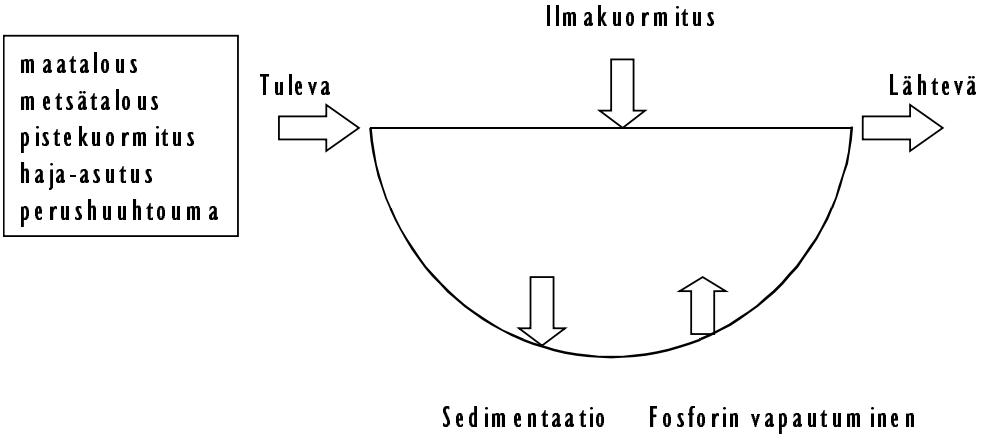
$$S = \sigma c V \tag{7}$$

missä
σ = ensimmäisen kertaluvun sedimentaatiokerroin
c = pitoisuus järvessä
V = järven tilavuus

Yhtälöiden (4), (5) ja (7) avulla saadaan yhtälö (8) pitoisuuden laskemiseksi, joka on tunnettu Vollenweiderin (1969) malli.

$$c = \frac{I}{Q + \sigma V} \tag{8}$$

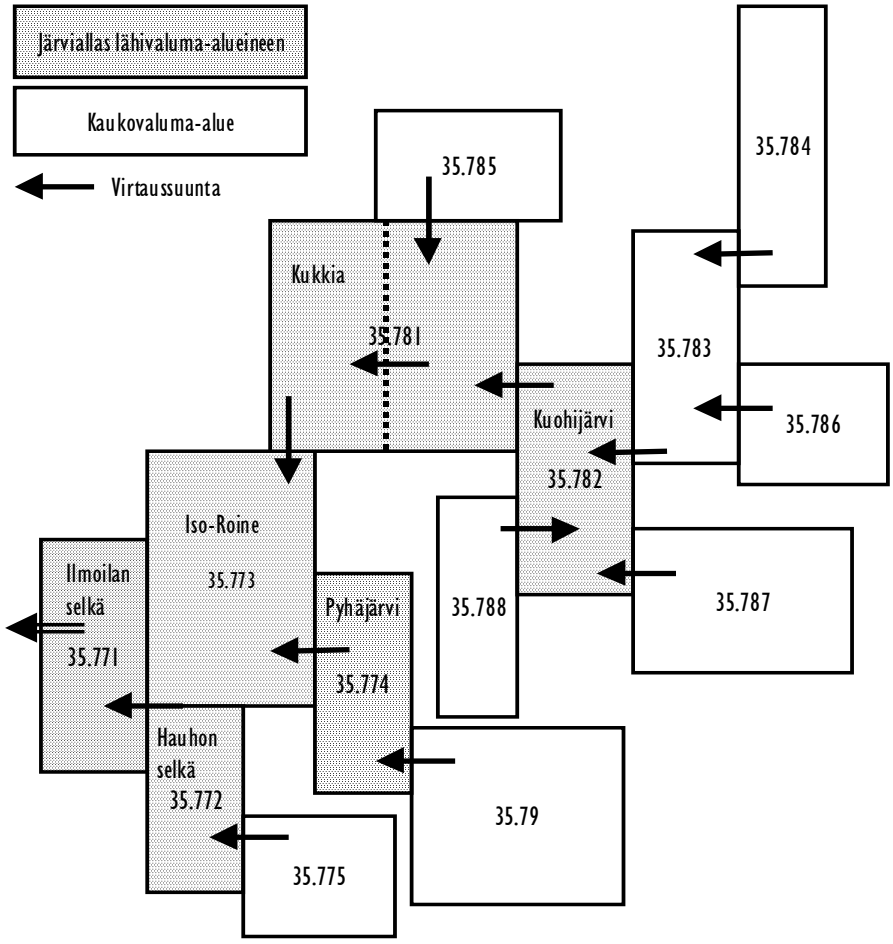
Käytetty tasapainotilan ainetasekaavio ravinteille voidaan esittää myös yksinkertaisella kuvalla (kuva 3.2). Kaava (8) kalibroidaan asettamalla ensimmäisen kertaluvun sedimentaatiokerroin vakioksi niin, että havaitut ja lasketut pitoisuudet ovat mahdollisimman lähellä toisiaan. Kalibroidulla kaavalla voidaan arvioida veden keskimääräisiä ainepitoisuuksia useiden kuormittajien systeemissä. Kuormitustietoja muuteltaessa voidaan ennustaa pitoisuuksien pitkäaikaiskeskiarvojen muutoksia.



Kuva 3.2. Tasapainotilan ainetasekaavio altaassa. Sedimentaation ja sedimentistä vapautumisen erotus tarkoittaa nettosedimentaatiota, jota käytetään esim. yhtälössä (8).

3.5 Vesistöalueiden altaiden ja osavaluma-alueiden systeemikuvaus

Hauhon reitin vesistöalue jaettiin osa-altaisiin ja näiden kauko- sekä lähivaluma-alueisiin ainetasetarkastelua varten (kuva 3.3 ja taulukko 3.4). Koko vesistöalue jaettiin ensin seitsemään järvialtaaseen, joista Kukkia jaettiin kahteen altaaseen. Järvisysteemin sedimentaatio pyrittiin kalibroimaan yhdessä, jolloin kaavan (8) ensimmäisen kertaluvun sedimentaatiokerroin määrättäisiin laskennallisesti samaksi koko vesistöalueelle. Iso-Roine ja Ilmoilanselkä jouduttiin kuitenkin kalibroimaan erikseen.



Kuva 3.3. Hauhon reitin vesistöalueen systeemikuvaus (ks.taulukko 3.4).

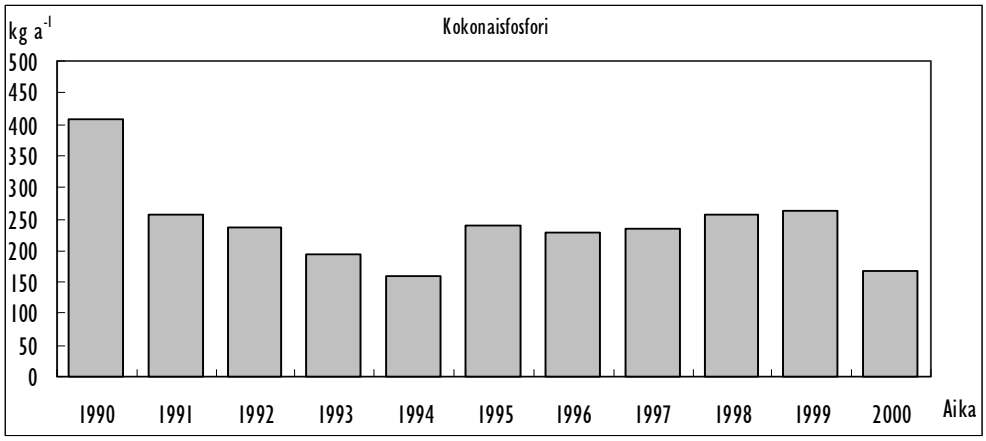
Taulukko 3.4. Hauhon reitin osavaluma-alueet

Tunnus	Valuma-alue	Pinta-ala (km^2)
35.771	Ilmoilanselän alue	117,3
35.772	Hauhonselän alue	92,6
35.773	Iso-Roineen alue	174,9
35.774	Pyhäjärven alue	77,9
35.775	Vuolujoen vesistöalue	149,7
35.78	Kukkian reitin vesistöalue (bif.)	867,6
35.781	Kukkian alue	201,2
35.782	Kuohijärven alue	132,5
35.783	Nerosjärven alue	83,4
35.784	Vesijaon vesistöalue (bif.)	156,5
35.785	Ämmätsänjärven-Myllyojan vesistöalue	74,4
35.786	Heinäjoen vesistöalue	70,1
35.788	Pitkälänojan vesistöalue	31,3
35.79	Ormajoen vesistöalue	222,1
35.791	Leheejärven alue	73,7
35.792	Ormajärven vesistöalue	86,3
35.793	Teuronjärvenojan vesistöalue	62,0

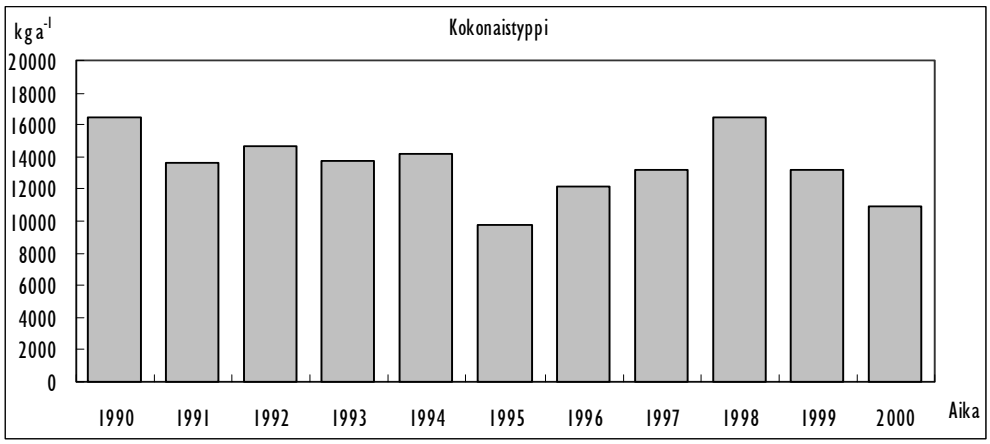
4 Kuormitus

4.1 Pistekuormitus

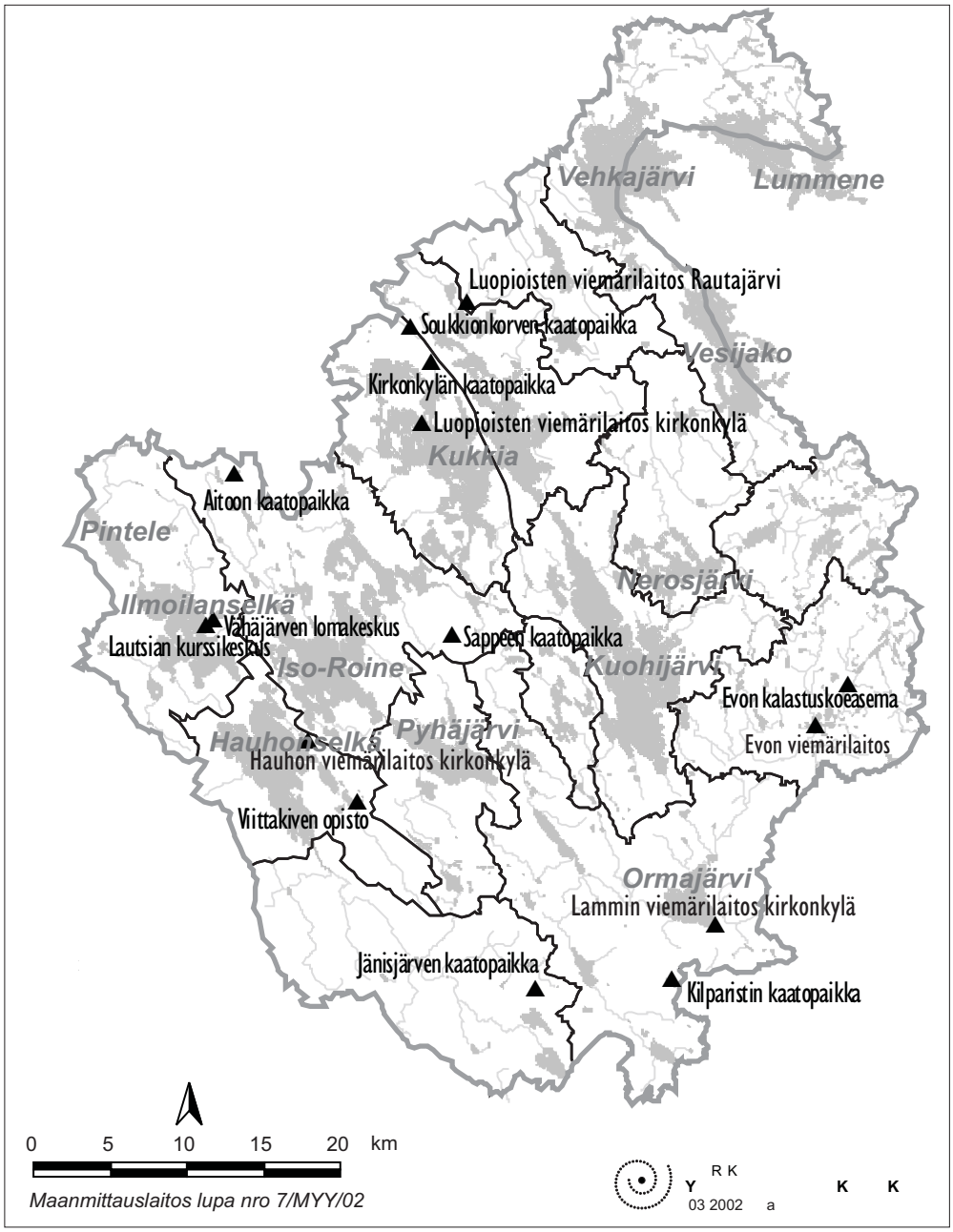
Hauhon reitin pistekuormitus on lähes kokonaisuudessaan peräisin yhdyskuntien jäteveden puhdistamoista. Viemärilaitoksia sijaitsee Hauhon, Lammin sekä Luopioisten kuntien alueilla. Evon koekalastusasemalla harjoitetaan nykyään vain ravunviljelyä, ja näin ollen myös kuormitus on loppunut. Lautsian lomakeskuksen jätevedet on johdettu Hauhon kunnan viemärilaitokselle 1.11.1999 alkaen. Vähäjärven lomakeskuksen jätevedet on johdettu Hauhon kunnan viemärilaitokselle 23.8.1999 alkaen. Lisäksi Hauholla sijaitseva Viittakiven kansanopisto aiheuttaa vähäistä pistekuormitusta. Valuma-alueella sijaitsevilta kaatopaikoilta ei velvoitetarkkailuraporttien perusteella tule vesistökuormitusta. Liitteessä 2 on tutkimusalueella sijaitsevien pistekuormittajien kuormittajakohtaiset kokonaisfosfori- ja kokonaistyppikuormitukset vuosina 1990-2000 (VAHTI). Kuvassa 4.1 on esitetty kokonaisfosforin ja kuvassa 4.2. kokonaistypen pistekuormituksen ajallinen kehitys tutkimusalueella vuosina 1990-2000. Pistekuormittajien sijainnit on esitetty kuvassa 4.3.



Kuva 4.1 Pistekuormituksen ajallinen kehitys tutkimusalueella vuosina 1990-2000, kokonaisfosfori.



Kuva 4.2 Pistekuormituksen ajallinen kehitys tutkimusalueella vuosina 1990-2000, kokonaistyppi.



Kuva 4.3 Tutkimusalueen pistekuormittajat.

4.2 Haja-asutus

Hauhon reitin valuma-alueella on vakituisessa asumiskäytössä yhteensä 4300 kiinteistöä. Näistä 75 % ei kuulu viemäriverkkoon. Loma-asutuskäytössä on 5100 kiinteistöä, joista vain noin yksi prosentti kuuluu viemäröinnin piiriin. Taulukossa 4.1 on viemäröintiin kuulumattomien kiinteistöjen lukumäärät osavaluma-alueittain. Taulukoissa 4.2 ja 4.3 on viemäröintiin kuulumattomien vakituiseen ja loma-asumiseen tarkoitettujen kiinteistöjen aiheuttamat ravinnekuormitukset osavaluma-alueittain.

Taulukko 4.1. Hauhon reitin kunnalliseen viemäröintiin kuulumattomien vakituiseen ja loma-asumiseen tarkoitettujen kiinteistöjen lukumäärät osavaluma-alueittain (Rakennus- ja huoneistorekisteri).

osavaluma-alue		vakituinen asuminen	loma-asuminen	yht.
35.771	Ilmoilanselän alue	295	331	626
35.772	Hauhonselän alue	321	209	530
35.773	Iso-Roineen alue	221	401	622
35.774	Pyhäjärven alue	177	196	373
35.775	Vuolujoen vesistöalue	316	204	520
35.781-itä	Kukkian alue (itä)	126	442	568
35.781-länsi	Kukkian alue (länsi)	195	789	984
35.782	Kuohijärven alue	147	423	570
35.783	Nerosjärven alue	93	203	296
35.784	Vesijaon vesistöalue (bif.)	155	664	819
35.785	Ämmätsänjärven-Myllyojan vesistöalue	145	195	340
35.786	Heinäjoen vesistöalue	151	160	311
35.787	Ekojärven vesistöalue	105	116	221
35.788	Pitkälänojan vesistöalue	12	179	191
35.79	Ormajoen vesistöalue	796	553	1349

Taulukko 4.2. Hauhon reitin kunnalliseen viemäröintiin kuulumattomien vakituiseen ja loma-asumiseen tarkoitettujen kiinteistöjen aiheuttama kokonaisfosforikuormitus osavaluma-alueittain.

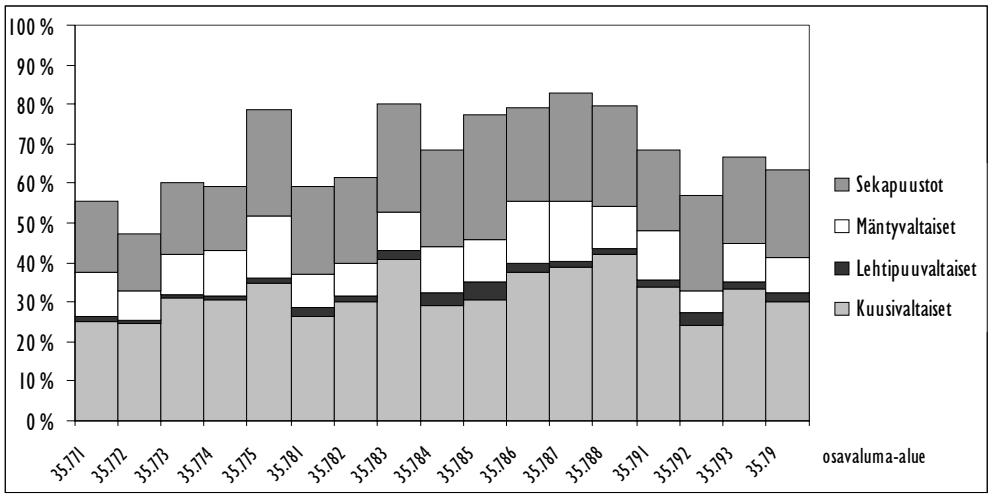
osavaluma-alue		vakituinen asuminen kg a^{-1}	loma-asuminen kg a^{-1}	yht. kg a^{-1}
35.771	Ilmoilanselän alue	158	65	224
35.772	Hauhonselän alue	165	41	207
35.773	Iso-Roineen alue	142	79	221
35.774	Pyhäjärven alue	100	39	138
35.775	Vuolujoen vesistöalue	139	40	180
35.781-itä	Kukkian alue (itä)	98	87	186
35.781-länsi	Kukkian alue (länsi)	141	156	297
35.782	Kuohijärven alue	101	83	184
35.783	Nerosjärven alue	60	40	100
35.784	Vesijaon vesistöalue (bif.)	112	131	243
35.785	Ämmätsänjärven-Myllyojan vesistöalue	87	38	125
35.786	Heinäjoen vesistöalue	121	32	153
35.787	Ekojärven vesistöalue	63	23	86
35.788	Pitkälänojan vesistöalue	7	35	42
35.79	Ormajoen vesistöalue	403	109	512

Taulukko 4.3. Hauhon reitin kunnalliseen viemäröintiin kuulumattomien vakituiseen ja loma-asumiseen tarkoitettujen kiinteistöjen aiheuttama kokonaistyppikuormitus osavaluma-alueittain.

osavaluma-alue		vakituinen asuminen kg a^{-1}	loma-asuminen kg a^{-1}	yht. kg a^{-1}
35.771	Ilmoilanselän alue	963	400	1363
35.772	Hauhonselän alue	1008	253	1260
35.773	Iso-Roineen alue	865	484	1350
35.774	Pyhäjärven alue	609	237	845
35.775	Vuolujoen vesistöalue	846	246	1093
35.781-itä	Kukkian alue (itä)	603	534	1137
35.781-länsi	Kukkian alue (länsi)	862	953	1815
35.782	Kuohijärven alue	615	511	1126
35.783	Nerosjärven alue	369	245	614
35.784	Vesijaon vesistöalue (bif.)	686	802	1488
35.785	Ämmätsänjärven-Myllyojan vesistöalue	529	236	764
35.786	Heinäjoen vesistöalue	740	193	934
35.787	Ekojärven vesistöalue	385	140	526
35.788	Pitkälänojan vesistöalue	42	216	258
35.79	Ormajoen vesistöalue	2449	668	3117

4.3 Metsätalous

Metsätalous on tutkimusalueella merkittävä maankäyttömuoto. Keskimäärin valuma-alueen pinta-alasta eri metsätyyppejä on 66.4 %. Kuvassa 4.4 on metsätyyppien suhteelliset osuudet valuma-alueittain.



Kuva 4.4 Osavaluma-alueiden metsäprosentit sekä puulajijakaumat. Kuvassa ei ole huomioitu ns. vähäpuustoisia alueita, joita koko metsäalueesta on marginaalinen määrä.

Maankäyttö- ja puustotulkinta (SLAM3) on Maanmittauslaitoksen tuottama rasterimuotoinen (25*25m) tietokanta koko Suomesta. Puustotulkinta on tehty Metsäntutkimuslaitoksessa valtakunnan metsien 8. inventoinnin (VMI8) tietoja hyväksikäyttäen. Puustotulkinta perustuu vuosien 1986-1994 satelliittikuviin. SLAM3:n teossa on hyödynnetty Maastotietokannan yleistyksen TOPO50:n kart-

taelementtejä niiltä osin kuin niitä on ollut saatavilla, mm. pellot perustuvat peruskartan peltoihin (vanhimmat vuodelta 1964) ja TOPO50 peltoelementtiin. Taajamat ovat osin TOPO50 aineistosta ja osin vanhasta maankäyttö- ja puustotulkinta-aineistosta. Suoalueet ovat peräisin 1:100 000 topografikartoilta (kartoitusvuodet 1954-1987).

Hauhon reitin valuma-alueella ei ole tehty lannoituksia tarkastelujaksolla 1994-1998. Taulukossa 4.4 on vuosina 1994-1998 tehtyjen ojitusten ja avohakkuiden pinta-alat sekä niiden aiheuttama laskennallinen vesistökuormitus.

Taulukko 4.4 Tutkimusalueella tehdyt metsätaloustoimenpiteet sekä niiden aiheuttama laskennallinen vesistökuormitus.

Valuma-alue	Ojitukset yht. (ha)	Ojituksien fosfori-kuormitus (kg a^{-1})	Ojituksien typpi-kuormitus (kg a^{-1})	Avohakkuut yht. (ha)	Avohakkuiden fosfori-kuormitus (kg a^{-1})	Avohakkuiden typpi-kuormitus (kg a^{-1})	Fosforin kokonais-kuormitus (kg a^{-1})	Typen kokonais-kuormitus (kg a^{-1})
35.771	24	2	47	100	70	303	72	350
35.772	132	13	263	92	64	278	77	541
35.773	35	4	70	177	123	535	126	605
35.774	58	6	116	80	56	242	61	358
35.775	94	9	189	167	116	504	125	692
35.781	306	31	612	191	132	576	163	1188
35.782	27	3	53	134	93	406	96	459
35.783	0	0	0	83	58	252	58	252
35.784	0	0	0	157	109	473	109	473
35.785	235	23	470	75	52	226	75	696
35.786	0	0	0	71	50	216	50	216
35.787	32	3	64	119	83	360	86	424
35.788	46	5	93	32	22	98	27	190
35.791	154	15	308	73	51	221	66	529
35.792	198	20	396	87	60	262	80	659
35.793	29	3	58	63	44	190	47	249
Yhteensä	**1370**	**137**	**2740**	**1702**	**1182**	**5140**	**1319**	**7880**

4.4 Maatalous

Koko Hauhon reitin valuma-alueella on peltoa n. 12 % maa-alasta (taulukko 2.2). Hauhon alueella (35.77) peltoa on 15,7 %, Kukkian reitin valuma-alueella (35.78) 6,6 % ja Ormajoen vesistöalueella (35.79) 22,5 %. Suhteellisesti eniten peltoa on Kuohijärven alueella (35.782) 30,1 % ja vähiten Pitkälänojan vesistöalueella (35.788) 2,7 %.

Peltojen kasvipeitetiedot saatiin maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksen (TIKE) maaseutuelinkeinorekisteristä peltolohkojen tarkkuudella. Koko tutkimusalueella kevätviljojen osuus viljelypinta-alasta oli vuonna 2000 noin 45 %. Nurmen ja heinien osuus oli neljännes ja kesannolla oli noin 12 %. Taulukossa 4.5 on yhteenveto eri kasvityyppien suhteellisista osuuksista osavaluma-alueittain.

Taulukko 4.5 Kasvilajityyppien suhteelliset osuudet (%) osavaluma-alueittain tutkimusalueella vuonna 2000.

Kasvi	Kevätvilja	Syysvilja	Erikoiskasvit	Kesanto	Öljykasvit	Laidun	Nurmi/heinä	Tieto puuttuu
35.771	45,8	2,8	14,1	16,6	1,2	1,9	17,7	0
35.772	53,6	1,7	13,7	8,3	2,3	1,2	19,1	0
35.773	52,9	0,6	4,3	10,9	1,2	0,9	28,5	0,6
35.774	40,8	0,8	13,2	10,9	0	2,0	32,3	0
35.775	42,0	2,1	9,6	10,9	2,9	3,5	29,0	0
35.781E	42,5	0	3,0	9,2	0,3	7,3	36,5	1,1
35.781W	29,3	1,5	2,6	18,6	1,8	0,7	39,6	5,9
35.782	36,4	0	17,8	10,4	1,3	1,2	32,7	0,3
35.783	44,8	0	4,5	9,1	0,7	0,7	40,0	0,3
35.784	53,9	3,8	10,2	20,1	0,1	0	11,8	0,1
35.785	46,9	0	2,3	13,9	1,6	2,9	26,9	5,4
35.786	59,4	3,3	11,0	12,8	1,6	0	12,0	0
35.787	37,6	0	16,7	13,3	3,8	10,1	18,4	0
35.788	25,5	0	0	40,7	0	0	33,8	0
35.79	44,0	2,4	19,2	10,6	1,2	0,3	22,3	0
Yhteensä	**45,1**	**1,7**	**12,5**	**12,0**	**1,5**	**1,8**	**24,9**	**0,6**

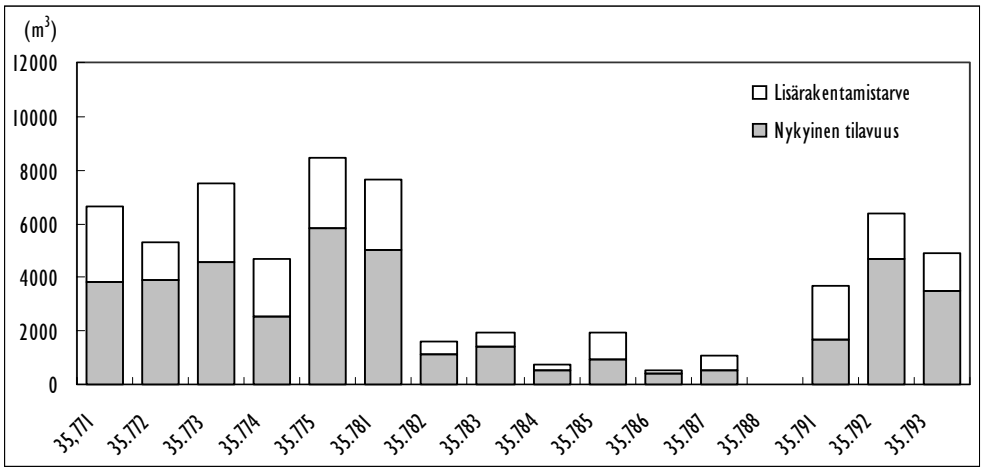
Tiedot tiloilla olevista eläimistä saatiin TIKEstä. Valtaosa kotieläinten aiheuttamasta ravinnekuormituksesta on peräisin nautaeläimistä. Taulukossa 4.6 on esitetty tutkimusalueen eläinmäärät nautayksiköiksi (u_m) muutettuna. Tutkimusalueella on yhteensä 594 tilakeskusta (TIKE). Näistä 90 prosentille on maksettu ympäristötuen perustukea vuonna 2000. Taulukossa 4.6 on tilakeskusten lukumäärät ja perustuen piiriin kuuluvien tilakeskusten osuudet osavaluma-alueittain.

Taulukko 4.6. Tutkimusalueen tilakeskusten lukumäärät, ympäristötuen perustuen piiriin kuuluvien tilojen prosenttiosuudet, sekä eläinmäärät nautayksiköiksi (u_m) muutettuna osavaluma-alueittain tutkimusvuonna 2000.

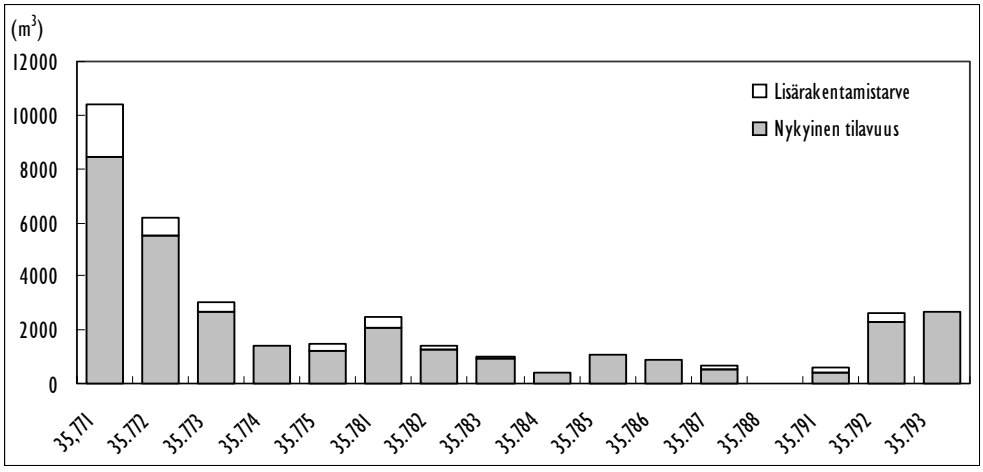
Valuma-aluetunnus		Perustukea maksettu v. 2000	Tilakeskuksia yhteensä	u_m
35.771	Ilmoilanselän alue	93 %	68	967
35.772	Hauhonselän alue	92 %	51	537
35.773	Iso-Roineen alue	92 %	59	584
35.774	Pyhäjärven alue	91 %	33	341
35.775	Vuolujoen vesistöalue	87 %	61	658
35.781-itä	Kukkian alue (itä)	91 %	22	242
35.781-länsi	Kukkian alue (länsi)	88 %	26	294
35.782	Kuohijärven alue	83 %	30	288
35.783	Nerosjärven alue	56 %	16	198
35.784	Vesijaon vesistöalue (bif.)	89 %	9	32
35.785	Ämmätsänjärven-Myllyojan vesistöalue	88 %	25	334
35.786	Heinäjoen vesistöalue	86 %	14	192
35.787	Ekojärven vesistöalue	75 %	16	99
35.788	Pitkälänojan vesistöalue	100 %	1	0
35.79	Ormajoen vesistöalue	94 %	163	1898
		ka. 90 %	yht. 594	yht. 6664

Erityisympäristötukisopimuksia vuonna 2000 oli 53 tutkimusalueen tilalla yhteensä 57, joista luomusopimuksia oli 20 kpl. Kaikki alueen erityisympäristötukisopimukset on lueteltu liitteessä 3.

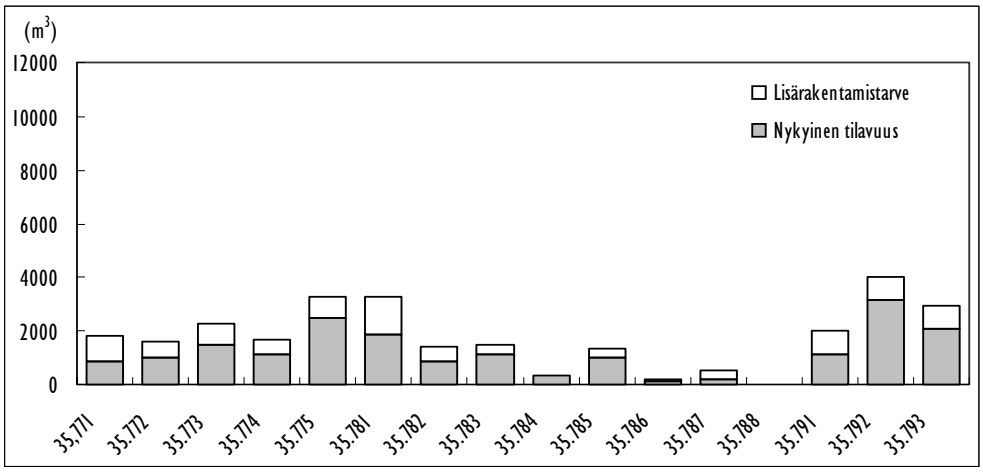
Lantalatiedot saatiin MMM:n maaseutuelinkeinorekisteristä. Tiloilta oli käytettävissä tiedot lantaloiden tilavuuksista, eläinmäärien perusteella lasketuista lantaloiden tilavuustarpeista ja näiden erotuksena saaduista lantaloiden lisärakentamistarpeista. Tiedot on laskettu erikseen kuiva-, liete- sekä virtsalantaloille. Tulokset on esitetty osavaluma-alueittain kuvissa 4.5-4.7.



Kuva 4.5 Kuivalantaloiden tilavuudet ja lisärakentamistarve.



Kuva 4.6 Lietelantaloiden tilavuudet ja lisärakentamistarve.



Kuva 4.7 Virtsalantaloiden tilavuudet ja lisärakentamistarve.

4.5 Perushuuhtouma ja laskeuma

Järvialtaisiin tulevasta kokonaiskuormituksesta erotettiin valuma-alueelta tuleva perushuuhtouma ja laskeuma suoraan järviin. Perushuuhtouma kuvaa sitä ravinnehuuhtoumaa joka valuma-alueelta tulisi, jos se olisi luonnontilaista tai pitkään käsittelemättömänä ollutta metsää. Siihen kuuluu sataneen veden ja lumen aiheuttama ravinnehuuhtouma sekä metsänkäsittelyn pitkäaikaisvaikutukset huuhtoumiin. Perushuuhtouman määränä käytettiin neliökilometriä kohti vuodessa 7 kilogrammaa fosforia (kg km^{-2} a^{-1}) ja 200 kg km^{-2} a^{-1} typpeä (Saura ym. 1999).

Laskeuma sateen ja lumen mukana suoraan järviin arvioitiin Suomen ympäristökeskuksen Lammin laskeumahavaintoaseman vuoden 2000 tulosten perusteella. Selvitysalueen fosforilaskeumaksi saatiin neliökilometrille 13,8 kilogrammaa vuodessa (kg km^{-2} a^{-1}) ja typpilaskeumaksi 548 kg km^{-2} a^{-1}. Laskeuma on monen eri tekijän summa. Osa laskeumasta on täysin luonnontilaista ja osa ihmisen toiminnasta aiheutuvaa. Siitepölyt ovat varsin merkittävä osa laskeumasta. Muita luonnollisia lähteitä ovat hyönteiset, mikrobit ja itiöt. Myrskyt ja kovat tuulet nostavat hienojakoista maa-ainesta ilmaan, varsinkin peltojen muokkauksen aikana. Liikenne, teollisuuden päästöt ja palamisen yhteydessä syntyvä tuhka lisäävät maanmuokkauksen ohella ihmistoiminnasta peräisin olevaa laskeumaa. Laskeuma sataa yhtä lailla maanpinnalle kuin vesistöönkin, mutta suuri osa siitä jää maahan eikä huuhtoudu vesistöön.

5 Vesistön tila

5.1 Yleistä

Veden laatua tutkittiin Hauhon reitillä kahdeksassa järvipisteessä kahdeksan kertaa maalis-huhtikuun vaihteen ja marraskuun lopun välillä vuonna 2000 (kuva 3.1 ja taul. 3.1 s. 16). Veden laatu eri järvialtaiden syvänteiden havaintopisteissä tutkimusvuoden aikana näkyy kuvissa 5.1.-5.11. Näytekohtaiset tulokset ja vedenlaatumuuttujien vuosi- ja kesäkeskiarvot ovat liitteessä 4. Kokonaistypen ja kokonaisfosforin suhde kullakin näytekerralla näkyy liitteessä 5. ja mineraaliravinteiden osuudet kokonaisravinteista liitteessä 6. Vedenlaadun muutokset Iso-Roineen ja Kukkian syvännepaikoilla v. 1975-2000 näkyvät kuvissa 5.12.-5.15. Muista tutkimuksessa mukana olleista syvännepaikoista ei ole pitkiä aikasarjoja. Raportissa kuvataan selkävesien vedenlaatua syvännepaikan havaintojen perusteella, joten järvien eri osa-alueilla ja etenkin sulkeutuneissa lahdissa veden laatu voi poiketa tässä kuvatusta.

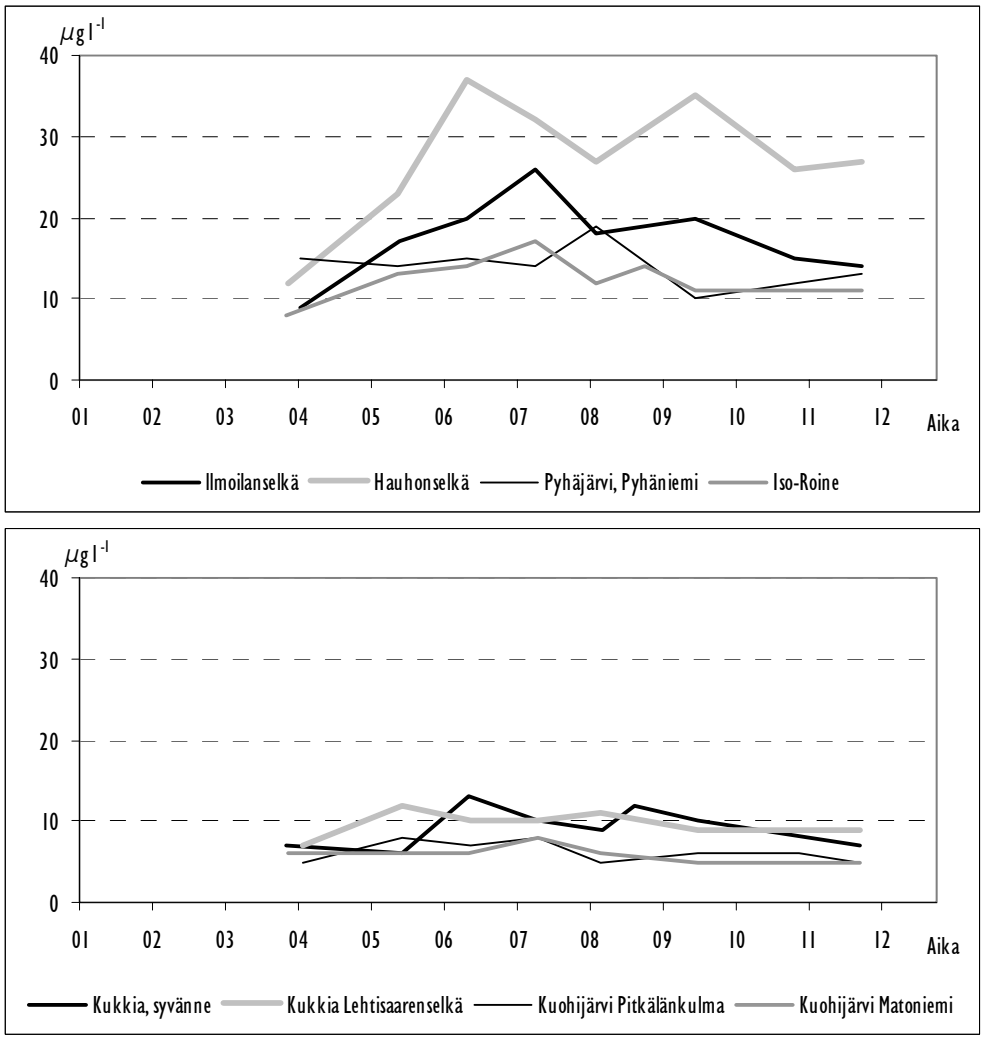
Kahdeksasta Hauhon reitin suuriin järviin laskevasta joesta tai ojasta otettiin vesinäytteet 18-19 kertaa huhtikuun alun ja joulukuun välisenä aikana vuonna 2000 (kuva 3.1 ja taul. 3.2). Jokivesien laatu vuoden 2000 aikana näkyy kuvissa 5.16-5.22. Näytekohtaiset tulokset ja muuttujien tunnusluvut ovat liitteessä 7. Vesien typpi-fosforisuhteet on esitetty liitteessä 8 ja mineraaliravinteet liitteessä 9. Jokivesistä on olemassa tutkimusvuotta aikaisempia tietoja vain vähän (kuvat 5.23 ja 5.24).

Tässä raportissa ei tarkastella erikseen sinilevien esiintymistä ja lajistoa. Yleisesti voidaan kuitenkin todeta, että Ilmoilanselän, Hauhonselän, Pyhäjärven, Iso-Roineen, Kukkian ja Kuohijärven vesillä on havaittu sinilevää ainakin satunnaisesti. Sinilevän määrän vaihtelu ajan ja paikan suhteen voi olla huomattavaa. Levän runsaus voi olla hyvin erilainen samankin järven eri osissa tiettynä aikana.

5.2 Järvialtaiden veden laatu

5.2.1. Veden laatu vuonna 2000

Ilmoilanselän veden yleinen käyttökelpoisuusluokka on hyvä. Vedessä on kohtalaisesti fosforia ja melko vähän typpeä. Kokonaisfosforin pitoisuus oli vuoden 2000 kesä-elokuussa keskimäärin 21 $\mu g\ l^{-1}$ ja kokonaistypen vastaava pitoisuus 400 $\mu g\ l^{-1}$ (liite 4). Fosforipitoisuus vaihteli vuoden aikana välillä 9-26 $\mu g\ l^{-1}$ ja typpipitoisuus välillä 360-500 $\mu g\ l^{-1}$. Planktonlevissä olevan yhteyttämispigmentin, klorofylli-a:n, pitoisuus oli kesäkuukausina keskimäärin 8,3 $\mu g\ l^{-1}$, mikä ilmentää kohtalaista levätuotantoa. Vesialuetta voidaan pitää lievästi rehevänä. Kokonaistyppi-kokonaisfosforisuhde on ollut kesäkuukausina keskimäärin n. 19, eli perustuotantoa rajoittava ravinne on fosfori.

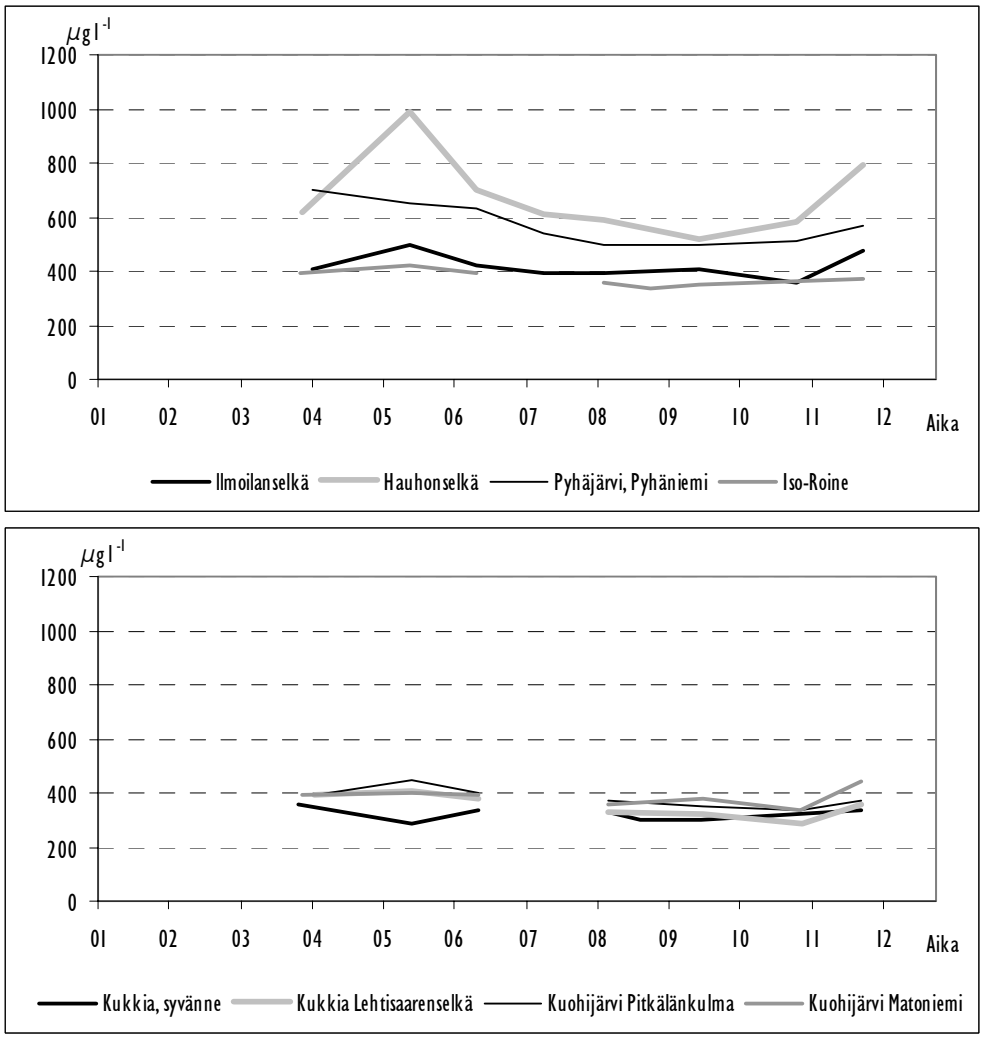


Kuva 5.1. Kokonaisfosforipitoisuus pintavedessä syvännepaikoilla v. 2000.

Suodatetun fosfaattifosforin osuus kokonaisfosforipitoisuudesta oli vuoden 2000 määrityksissä 3,8-14,3 %. Vuosikeskiarvona (7,2 %) osuus on pienempi kuin muilla Hauhon reitin selkävesillä. Ammoniumtypen sekä nitraatti-nitriittitypen osuus kokonaistypestä on ollut hyvin vähäinen etenkin kesällä. Myös alkutalven ja kevään määrityksissä nitraatti-nitriittitypen osuus (n. 20-23 %) on ollut vähäisempi kuin monilla muilla tutkimuksen selkävesillä vastaavana aikana.

Näkösyvyys oli Ilmoilanselällä keskimäärin 1,9 m ja väriluku 27 mg Pt l^{-1} kesällä 2000 (liite 4). Vesi on siten melko kirkasta ja vain lievästi humuspitoista. Sähkönjohtavuuden (8,4 mS m^{-1}) perusteella veden ionisoituvien suolojen määrä on keskinkertainen. Veden pH-arvo oli vuonna 2000 keskimäärin 7,3 (7,0-7,6) ja alkaliniteetti 0,29 mmol l^{-1}.

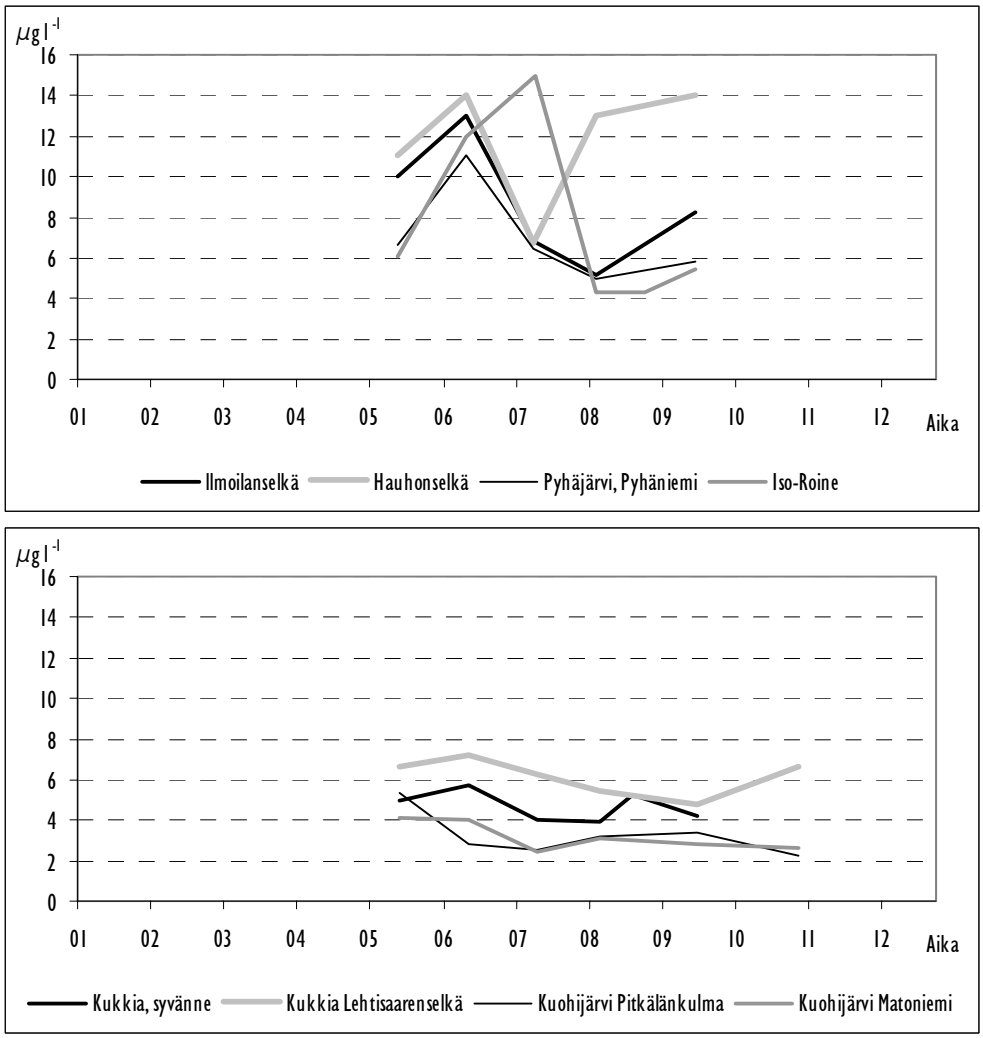
Pintaveden happitilanne oli melko hyvä kaikissa vuonna 2000 tehdyissä määrityksissä. Hapen kyllästysaste oli pintavedessä keskimäärin 92 % (80-101 %). Pohjanläheisessä vedessä happi oli vähissä sekä huhtikuun alun että elokuun alun mittauksissa, jolloin hapen kyllästysaste oli molemmissa tapauksissa vain 4 %.



Kuva 5.2. Kokonaistyppipitoisuus pintavedessä syvännepaikoilla v. 2000.

Hauhonselän veden laatu oli yleiseltä käyttökelpoisuudeltaan tyydyttävä kesällä 2000. Viime vuosina vesialueen laatuluokka on ollut hyvän ja tyydyttävän rajoilla, ja edellisessä valtakunnallisessa laatuluokituksessa vuosina 1994-97 alue määritettiin hyväksi. Kokonaisfosforipitoisuus oli vuoden 2000 kesäkaudella keskimäärin 32 μg l^{-1} ja kokonaistyppipitoisuus 633 μg l^{-1}. Fosforin määrä on vaihdellut vuoden 2000 analyyseissa välillä 12-37 μg l^{-1} ja typen määrä välillä 520-990 μg l^{-1}. Fosforia ja typpeä on siten keskimäärin melko runsaasti, mutta vaihtelu on myös melko suurta. Klorofylli-a:n keskipitoisuus kesällä 2000 oli 11,2 μg l^{-1} vuoden aikana määritettyjen pitoisuuksien vaihdeltua välillä 6,7-14 μg l^{-1}. Levätuotanto on siten pääsääntöisesti melko runsasta. Hauhonselkä voidaan jo luokitella reheväksi, vaikka rehevöityneisyys ei ole voimakasta. Typpi-fosforisuhde on ollut kesäkaudella keskimäärin n. 20, joten perustuotantoa rajoittava ravinne on fosfori.

Suodatetun fosfaattifosforin osuus kokonaisfosforista oli vuonna 2000 kesäkuukausina keskimäärin vain 3,2 %. Loka-marraskuun määrityksissä osuus oli kuitenkin yli 30 %. Ammoniumtypen määrä oli pieni kaikissa mittauksissa, mutta nitraatti-nitriittitypen osuus kokonaistypestä vaihteli välillä 0,3-47,5 % (liite 6).

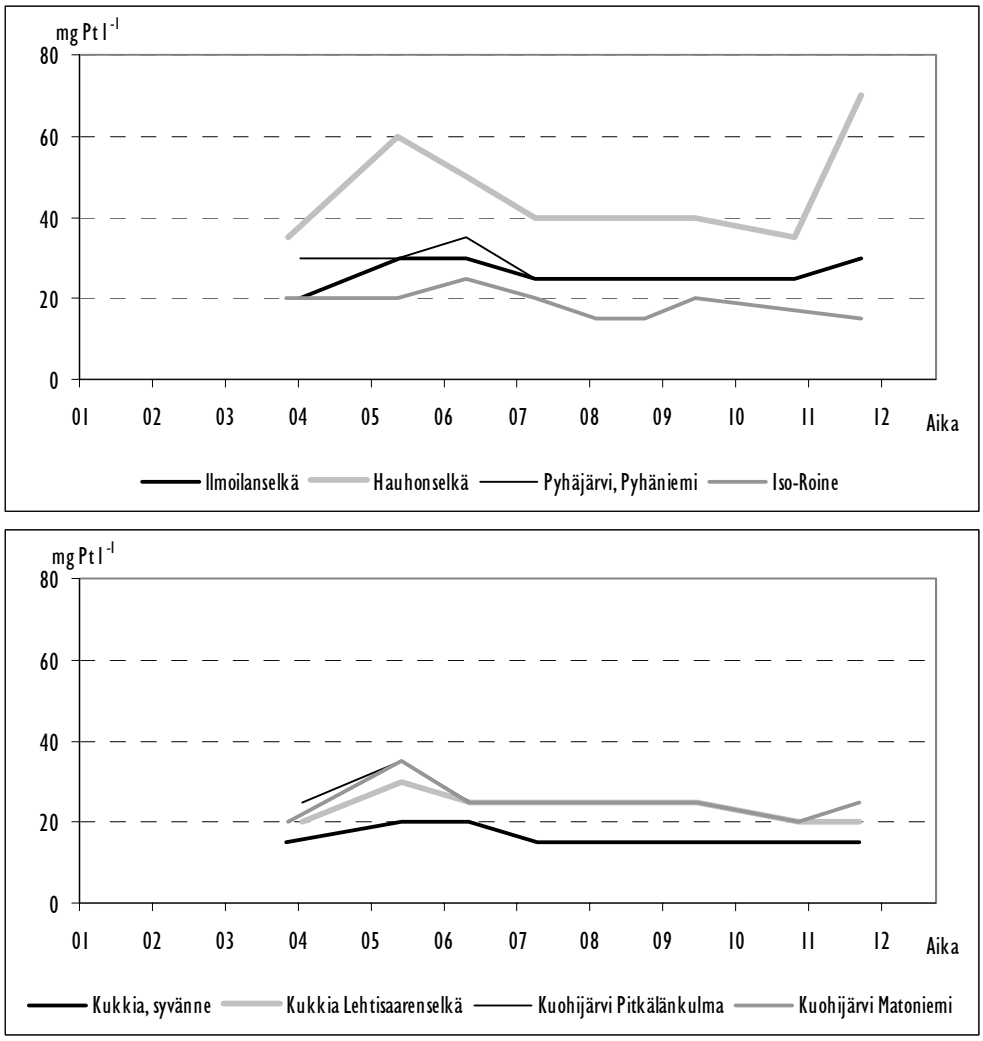


Kuva 5.3. Klorofylli-a-pitoisuus pintavedessä syvännepaikoilla v. 2000.

Keskimääräinen näkösyvyys oli Hauhonselällä 1,7 m ja väriluku 43 mg Pt l^{-1} kesällä 2000 (liite 4). Vesi on lievästi sameaa ja jonkin verran humuspitoista. Sähkönjohtavuus (9,2 mS m^{-1}) on hieman keskimääräistä suurempi eli ionisoituvia suoloja on melko runsaasti. Veden pH-arvo oli vuonna 2000 keskimäärin 7,4 (7,1-7,9) ja alkaliniteetti 0,31 mmol l^{-1}. Kohonneet pH-arvot viittaavat kesällä aktiiviseen levätuotantoon.

Pintaveden happitilanne oli hyvä vuonna 2000 tehdyissä määrityksissä; hapen kyllästysaste vaihteli välillä 89-98 %. Voimakkaaseen levätuotantoon liittyvää hapen ylikyllästystä ei esiintynyt kesän tutkimuspäivinä. Loppukeväällä happi kului melko vähiin pohjanläheisessä vedessä. Hapen kyllästysaste oli 29.3. 10 %.

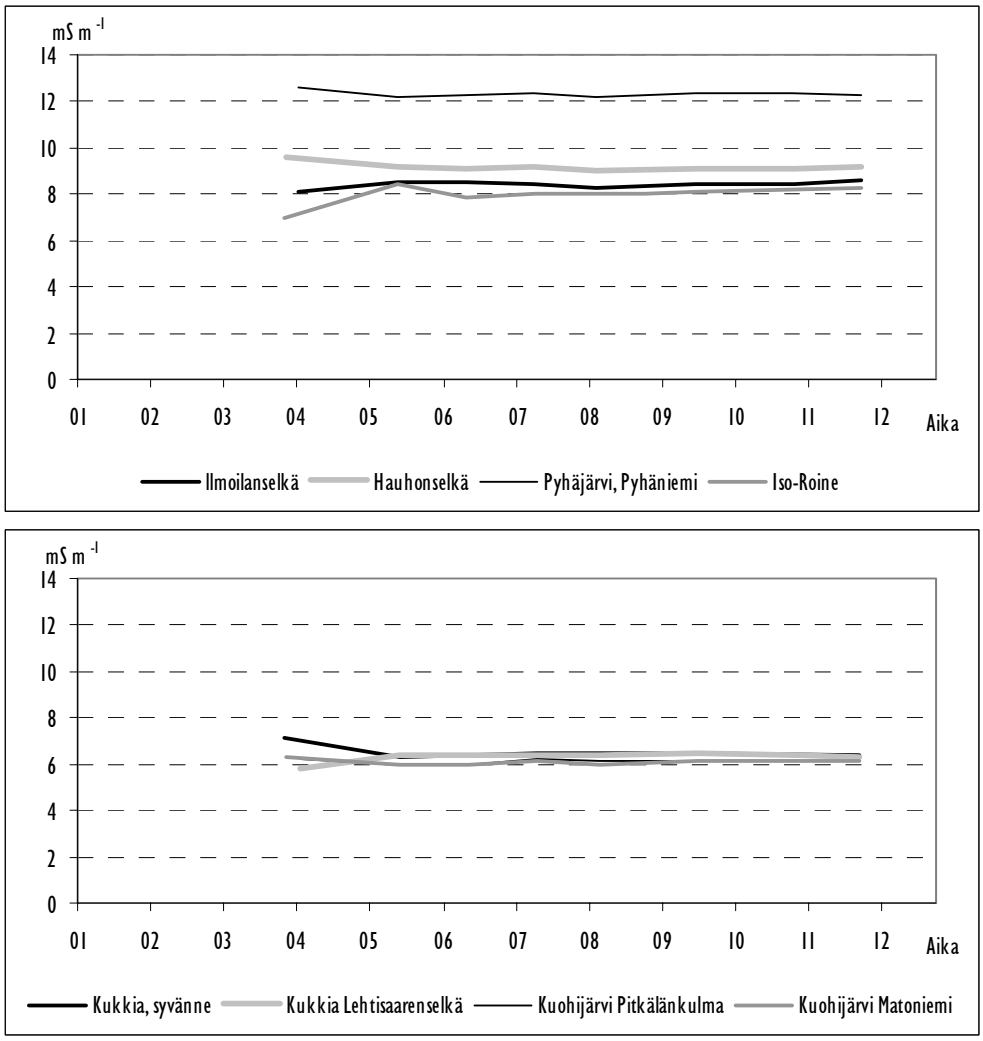
Pyhäjärven Pyhäniemen havaintopisteessä vesi on yleiseltä käyttökelpoisuudeltaan hyvälaatuista. Vedessä on kohtalaisesti fosforia ja typpeä. Kokonaisfosforipitoisuus oli kesällä 2000 keskimäärin 16 $\mu g\ l^{-1}$ arvojen vaihdeltua kyseisen vuoden määrityksissä välillä 10-19 $\mu g\ l^{-1}$. Kokonaistyppeä oli vuoden 2000 määrityksissä 500-700 $\mu g\ l^{-1}$. Klorofylli-a-pitoisuus oli kesäkuukausina keskimäärin 7,5 $\mu g\ l^{-1}$ arvojen vaihdeltua kaikissa määrityksissä välillä 5,0-11,0 $\mu g\ l^{-1}$. Levätuotanto on alueella kohtalaista ja vesialuetta voidaan pitää lievästi rehevänä. Typpi-fosforisuhteen (kesäkeskiarvo 36) perusteella perustuotanto on voimakkaasti fosforirajoitteista.



Kuva 5.4. Pintaveden väriluku syvännepaikoilla v. 2000.

Kesäkuukausina suodatetun fosfaattifosforin osuus kokonaisfosforista oli keskimäärin 6,4 %. Ammoniumtypen osuus kokonaistypestä oli vuonna 2000 vain 0,4-2,6 %. Nitraatti- ja nitriittityppeä on kuitenkin ollut määrityksissä enemmän kuin muilla tämän tutkimuksen selkävesillä. Niiden osuus oli vuonna 2000 n. 17-42 % vuosikeskiarvon oltua 32 % kokonaistypestä (liite 6).

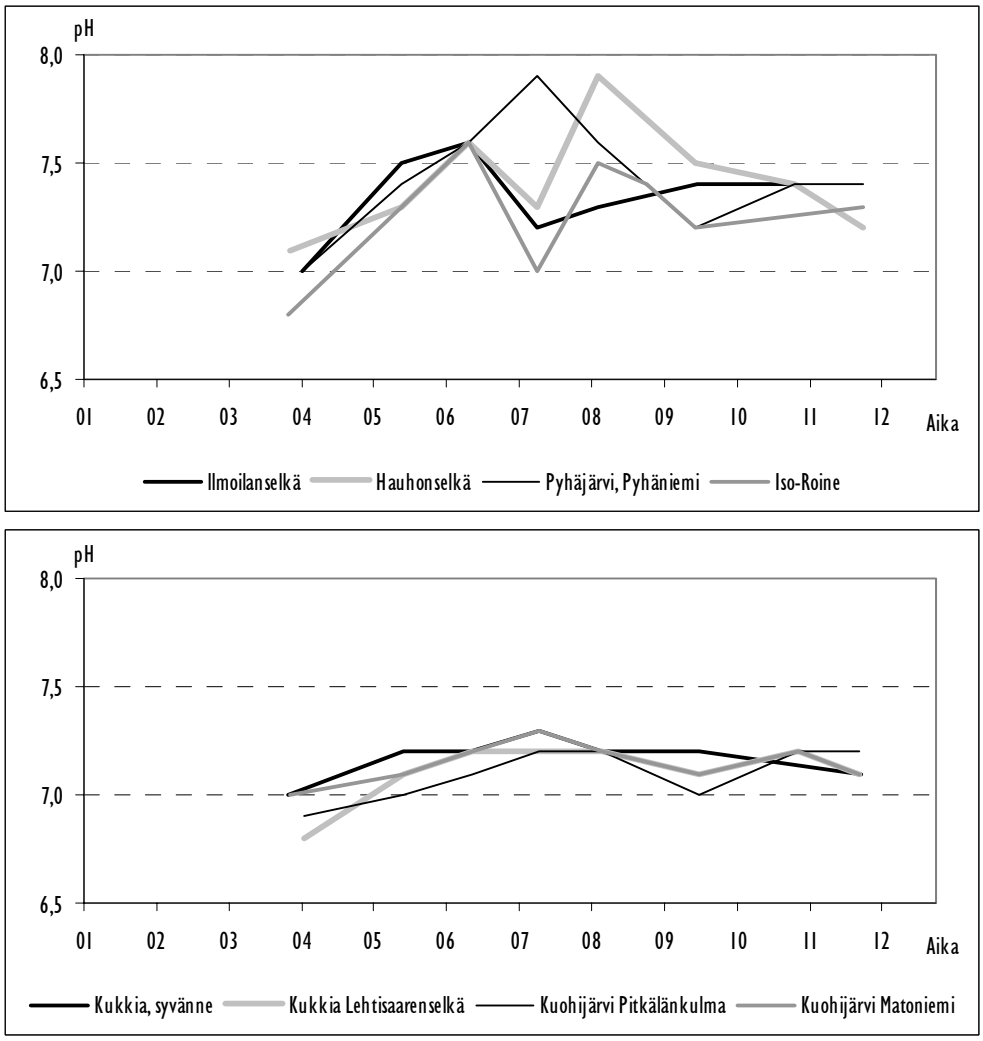
Pyhäjärven näkösyvyys oli Pyhäniemen havaintopisteessä keskimäärin 3,5 m ja väriluku 28 mg Pt l^{-1} kesällä 2000 (liite 4). Vesi on siten kirkasta, mutta lievästi humuspitoista. Keskimääräinen sähkönjohtavuus oli vuonna 2000 12,4 mS m^{-1}, joten vedessä on runsaasti ionisoituvia suoloja. Sähkönjohtavuus on suurin tässä tutkittavien selkävesien sähkönjohtavuusarvoista. Kukkian ja etenkin Kuohijärven selkiin verrattuna arvot ovat noin kaksinkertaisia. Veden pH-arvo oli vuonna 2000 keskimäärin 7,4 (7,0-7,9) ja alkaliniteetti 0,38-0,41 mmol l^{-1}.



Kuva 5.5. Sähkönjohtavuus pintavedessä syvännepaikoilla v. 2000.

Hapen kyllästysaste vaihteli vuoden aikana pintavedessä välillä 82-100 %. Pohjanläheisessä vedessä happi oli lopputalvella vähissä kyllästysasteen oltua 3.4. vain 4 %. Myös syksyllä happi oli syvänteessä vähissä kyllästysasteen oltua 18.9. 13 %.

Iso-Roineen syvännealueella pintaveden yleinen käyttökelpoisuusluokka on määritetty valtakunnallisessa laatuluokituksessa vuosina 1994-97 erinomaiseksi. Vuonna 2000 havaintojen perusteella laatuluokka on hyvä. Kokonaisfosforipitoisuus oli keskimäärin 14 μg l^{-1} kesällä 2000 pitoisuuden vaihdeltua tutkimusvuoden aikana välillä 8-17 μg l^{-1} (liite 4). Typpeä on niukasti, vuonna 2000 keskimäärin 374 μg l^{-1} (340-420 μg l^{-1}). Klorofyllipitoisuuksien perusteella levätuotanto on ajoittain melko runsasta. Kesällä 2000 klorofylli-a:n pitoisuus oli keskimäärin 10,4 μg l^{-1} pitoisuuden vaihdeltua kaikissa tutkimusvuoden määrityksissä välillä 4,3-15 μg l^{-1}. Klorofyllipitoisuus heikentää eniten veden laatuluokkaa. Vesialue oli vuonna 2000 lievästi rehevä tai levätuotannon vuoksi ajoittain jopa rehevä. Kesäkuukausien typpi-fosforisuhteen (29) perusteella perustuotantoa rajoittaa selkeästi fosfori.

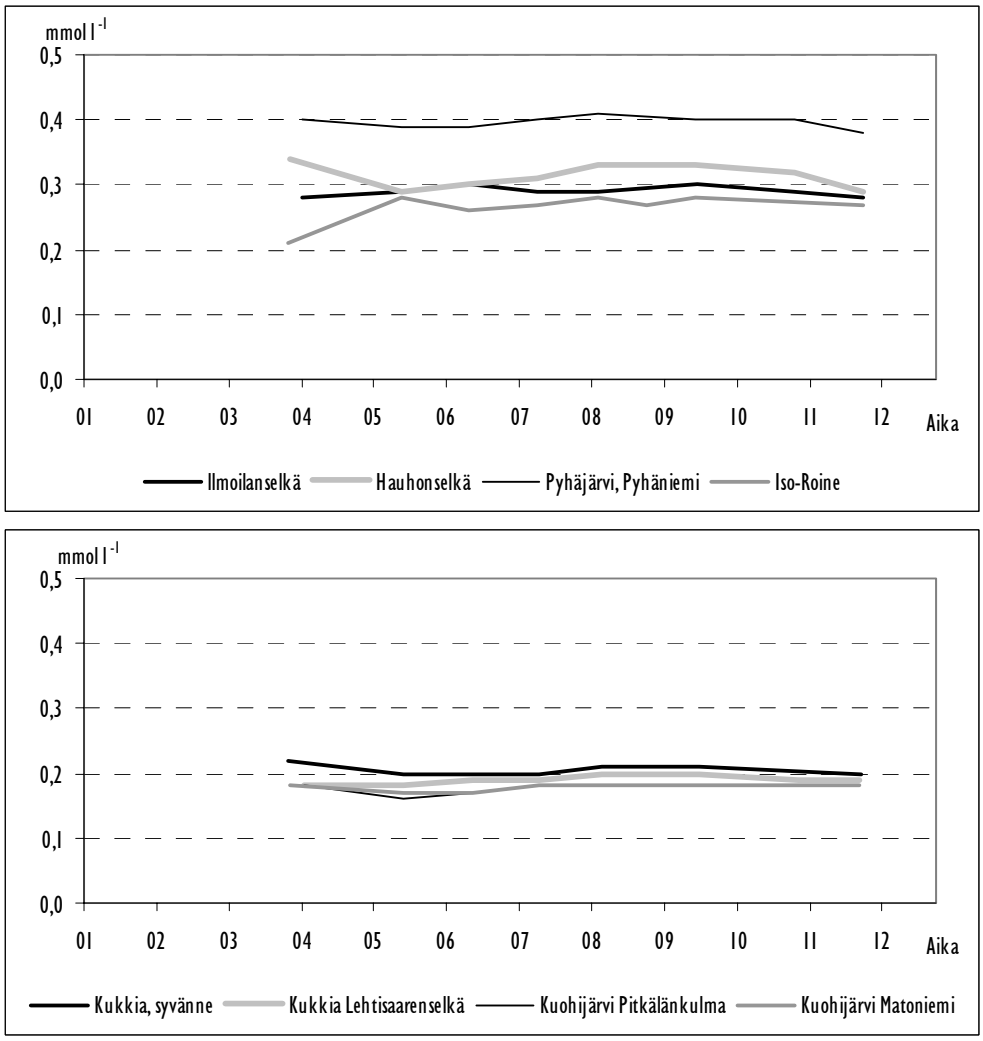


Kuva 5.6. Pintaveden pH-arvo syvännepaikoilla v. 2000.

Suodatetun fosfaattifosforin osuus kokonaisfosforista on muuhun Hauhon reittiin verratuna suhteellisen pieni. Kesällä osuus oli keskimäärin 7 %. Ammoniumtypen osuus kokonaistypestä (0,7-0,9 %) on Iso-Roineen altaassa pienin muihin Hauhon reitin altaisiin verrattuna, vaikka ammoniumtyppeä on kaikissa altaissa hyvin vähän. Nitraatti-nitriittitypen osuus kokonaistypestä on tyypillisesti pieni kesällä. Muina tutkittuina aikoina osuus on ollut n. 22-28 %.

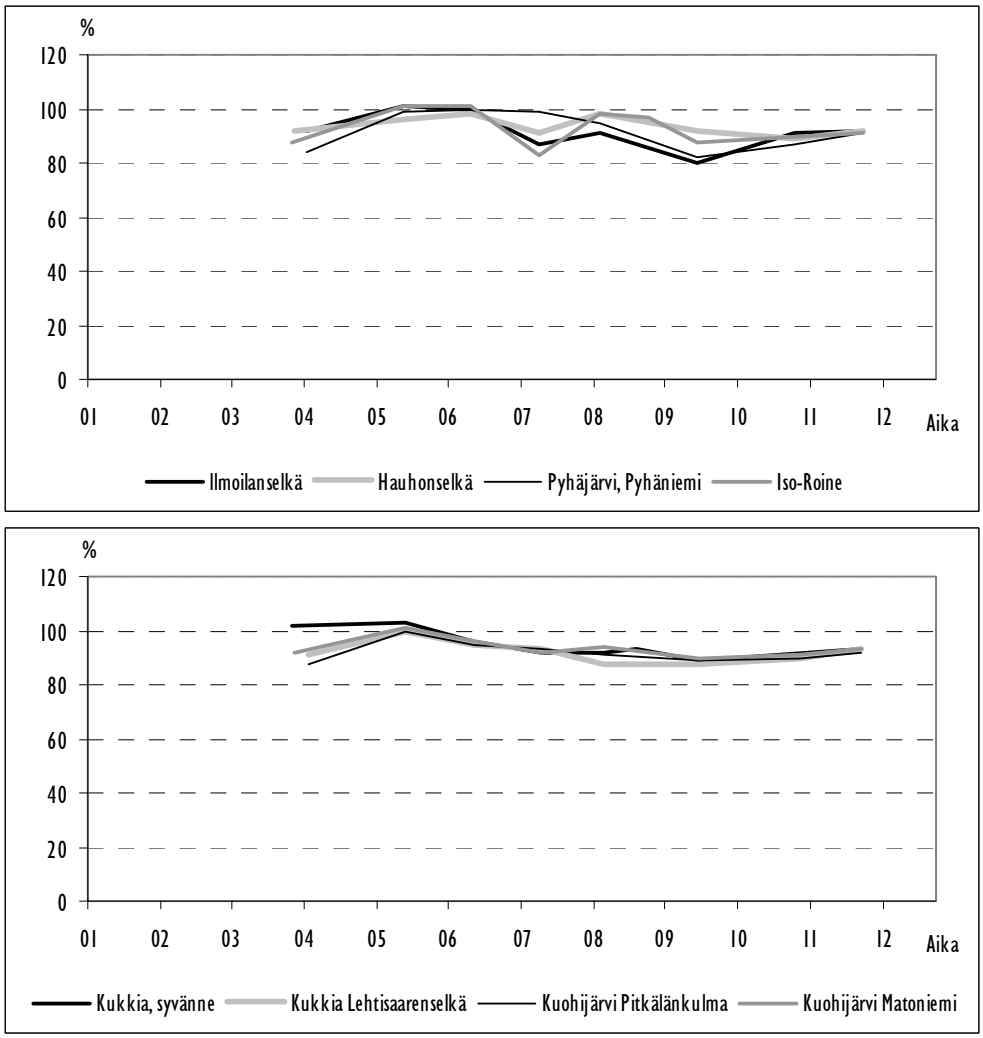
Keskimääräinen näkösyvyys oli Iso-Roinen selällä 3,3 m ja väriluku 20 mg Pt l^{-1} kesällä 2000. Vesi on kirkasta ja lähes väritöntä levätuotannon ollessa vähäistä. Sähkönjohtavuus (8,0 mS m^{-1}) on suomalaisittain keskimääräinen. Veden pH-arvo oli vuonna 2000 keskimäärin 7,3 (6,8-7,6) ja alkaliniteetti 0,27 mmol l^{-1}.

Pintaveden hapen kyllästysaste vaihteli vuonna 2000 mittauksissa välillä 83-101 %. Voimakkaaseen levätuotantoon viittaavaa hapen ylikyllästystä ei tavattu kesäkuukausien tutkimuspäivinä. Loppukeväällä happi kului vähiin pohjanläheisessä vedessä. Hapen kyllästysaste oli maaliskuun lopun mittauksessa 7 %.



Kuva 5.7 Alkaliniteettiarvo pintavedessä syvännepaikoilla v. 2000.

Sekä Kukkian pääaltaan syvännealueella että Lehtisaarenselällä veden laadun keskimääräinen käyttökelpoisuus on erinomaisen ja hyvän rajoilla. Ravinnetaso vastaa erinomaista laatuluokkaa, mutta veden laatua heikentää klorofylli-a:n määrä ja siten kohtalainen levätuotanto etenkin Lehtisaarenselällä. Kukkian alueella on tavattu sinilevää, ja veden laatu voi vaihdella järven eri osissa etenkin suojaisilla osa-alueilla. Kokonaisfosforipitoisuuden kesäkeskiarvo oli vuonna 2000 pääaltaassa 11 μg l^{-1} ja Lehtisaarenselällä 10 μg l^{-1}. Kaikissa vuoden 2000 analyyseissa pitoisuuksien vaihteluväli oli pääaltaassa 6-13 μg l^{-1} ja Lehtisaarenselällä 7-12 μg l^{-1}. Fosforia on siten niukasti samoin kuin typpeäkin. Kokonaistypen pitoisuuden vaihteluväli oli samana vuonna pääaltaassa 290-360 μg l^{-1} ja Lehtisaarenselällä 290-410 μg l^{-1}. Klorofylli-a:n keskipitoisuus oli vastaavilla havaintopaikoilla kesäkuukausina 4,5 μg l^{-1} ja 6,3 μg l^{-1}, ja pitoisuus vaihteli vuonna 2000 näillä Kukkian havaintopaikoilla välillä 3,9-7,2 μg l^{-1}. Etenkin klorofyllitason perusteella vesialue ilmentää lievää rehevöitymistä. Keskimääräinen kokonaisfosfori-kokonaistyppisuhde oli kesällä 2000 yli 30 Kukkian havaintopisteissä (liite 5), joten fosfori on perustuotantoa rajoittava ravinne.

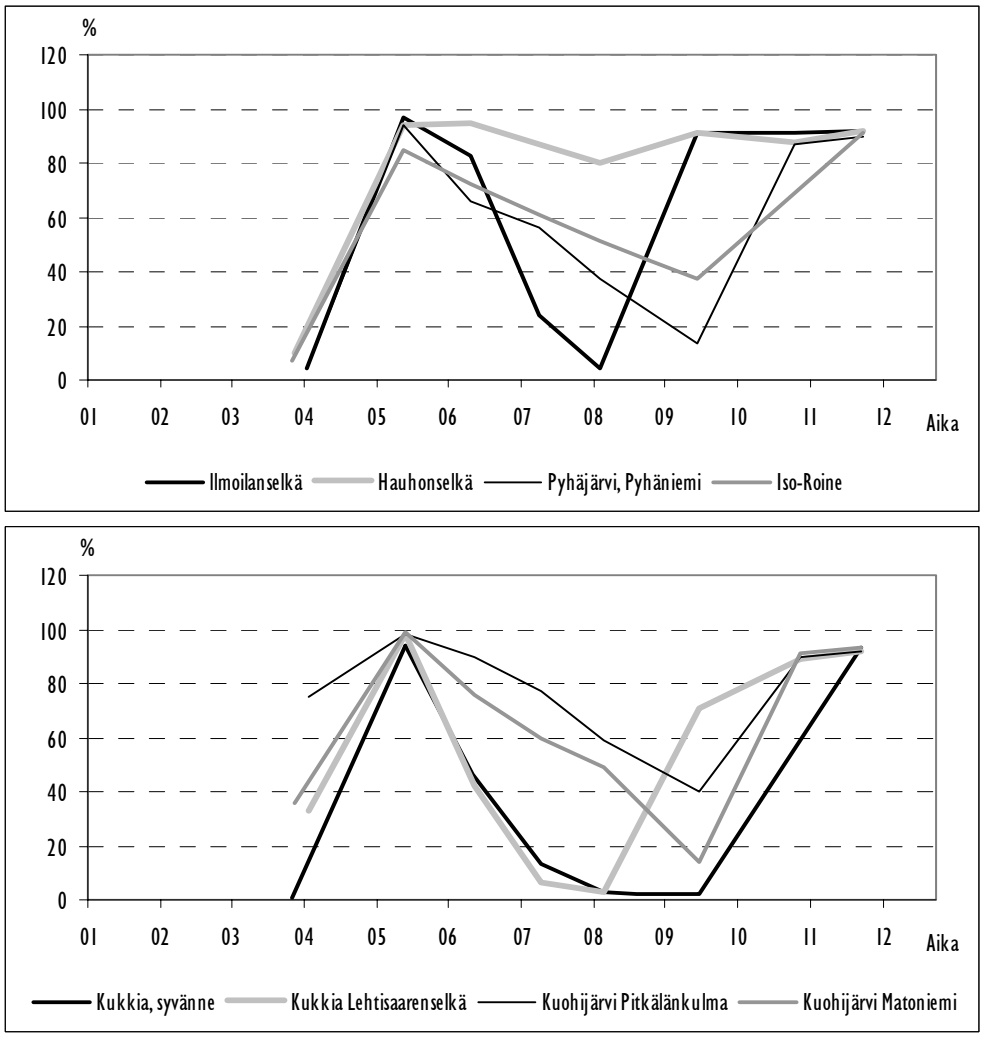


Kuva 5.8. Hapen kyllästysaste pintavedessä syvännepaikoilla v. 2000.

Suodatetun fosfaattifosforin osuus kokonaisfosforista oli Kukkian vesillä n. 10 % kesällä 2000 (liite 6). Ammoniumtyppeä oli selkävesille tyypillisesti vähän. Nitraatti-nitriittityppeä oli kesällä niukasti etenkin Kukkian pääaltaassa, mutta Lehtisaarenselällä nitraatti-nitriittityppeä oli selvästi enemmän. Huhtikuun alun määrityksessä sen osuus kokonaistypestä oli Lehtisaarenselällä lähes 40 %.

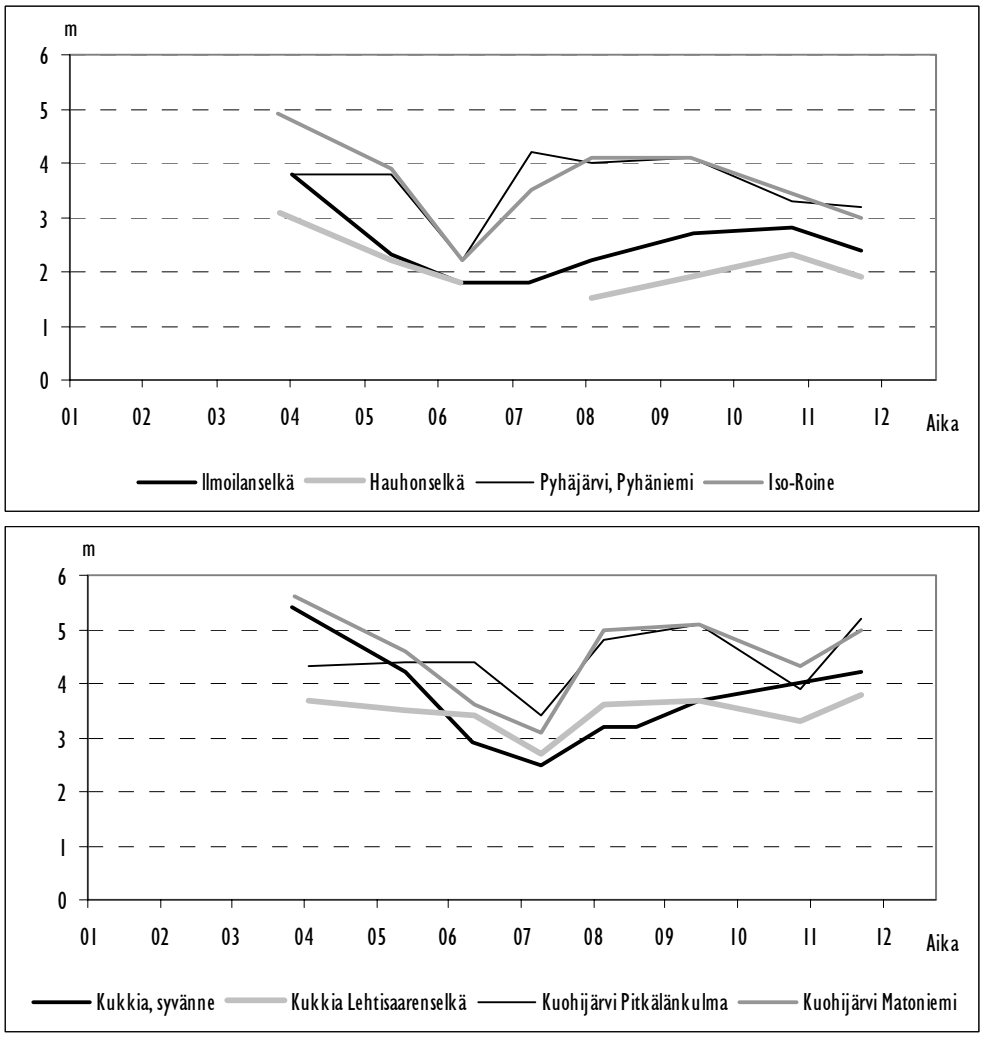
Näkösyvyys oli Kukkian pääsyvänteessä keskimäärin 2,9 m ja Lehtisaarenselällä 3,2 m kesällä 2000. Vastaavat väriluvut olivat 17 mg Pt l^{-1} ja 25 mg Pt l^{-1} (liite 4). Vesi on siten keskimäärin kirkasta ja lähes väritöntä pääaltaassa, mutta lievästi humuspitoista Lehtisaarenselällä. Keskimääräiset sähkönjohtavuudet olivat vuoden 2000 analyyseissa vastaavasti 6,5 mS m^{-1} ja 6,3 mS m^{-1}. Veden pH-arvot olivat keskimäärin 7,2 (7,0-7,3) ja 7,1 (6,8-7,2)kaikki vuoden 2000 analyysit huomioon ottaen. Alkaliniteettiarvot olivat pääsyvänteessä 0,20-0,22 mmol l^{-1} ja Lehtisaarenselällä 0,18-0,20 mmol l^{-1}.

Hapen kyllästysaste oli vuoden 2000 määrityksissä Kukkian pääaltaan pintavedessä 89-103 % ja Lehtisaarenselällä 88-100 %. Pääsyvänteen pohjanläheisessä vedessä happea oli hyvin vähän sekä lopputalvella että keskikesästä syksyyn asti (liite 4). Lehtisaarenselällä happi kului pohjanläheisestä vedestä vähiin kesällä.



Kuva 5.9. Hapen kyllästysaste pohjanläheisessä vedessä syvännepaikoilla v. 2000.

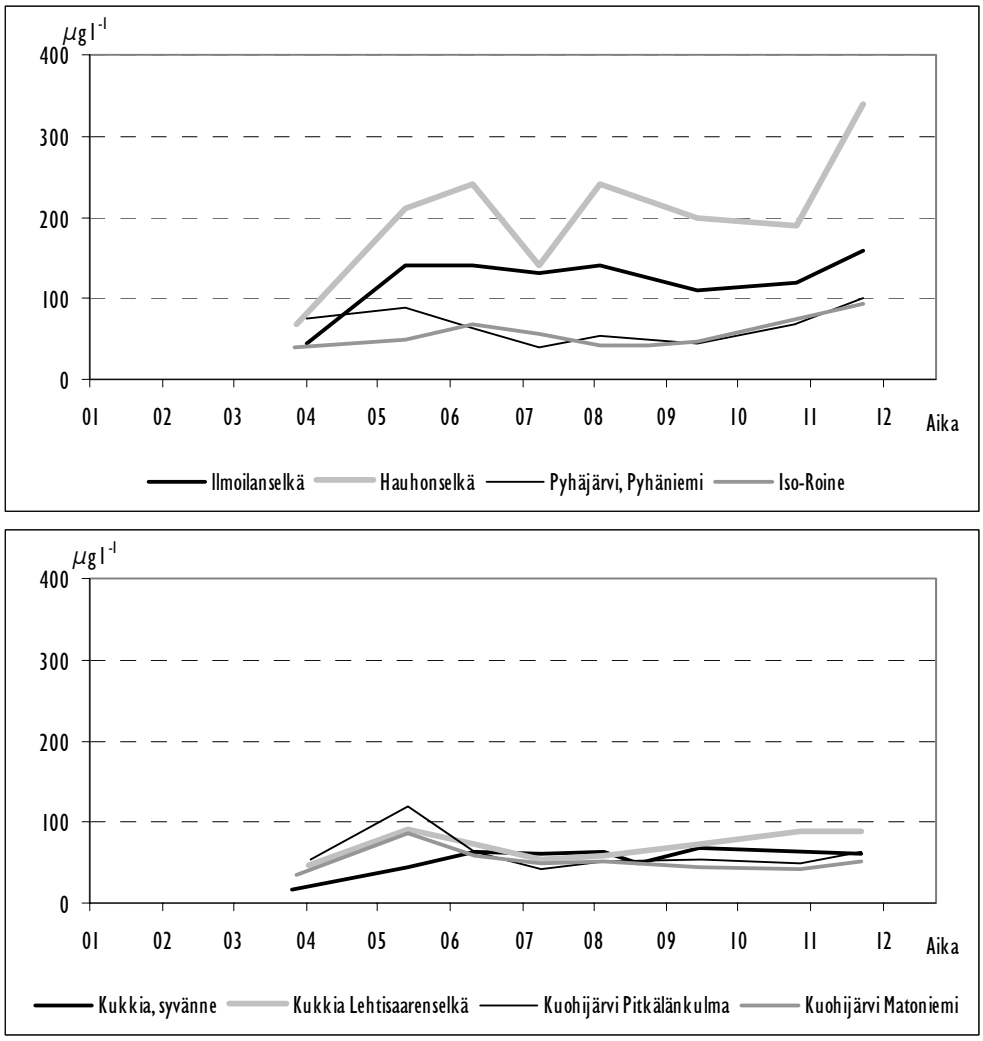
Kuohijärven veden laadun yleinen käyttökelpoisuusluokka on erinomainen. Järven veden laatu on tässä yhteydessä tutkituista Hauhon reitin selkävesistä paras. Sekä fosforia että typpeä on niukasti. Kokonaisfosforin kesäpitoisuus oli sekä Pitkälänkulman että Matoniemen havaintopisteissä keskimäärin vain 7 μg l^{-1} pitoisuuksien vaihdeltua kaikissa vuoden 2000 määrityksissä välillä 5-8 μg l^{-1}. Typen vastaavat kesäpitoisuudet olivat Pitkälänkulmalla 385 μg l^{-1} (vuosivaihtelu 340-450 μg l^{-1}) ja Matoniemessä 375 μg l^{-1} (vuosivaihtelu 340-400 μg l^{-1}). Klorofylli-a:n määrä oli kesäkuukausina keskimäärin 2,8 μg l^{-1} Pitkälänkulman pisteessä ja 3,2 μg l^{-1} Matoniemen havaintopaikalla. Suurin määritetty klorofylli-a-pitoisuus oli 5,3 μg l^{-1} Pitkälänkulmalla 16.5.2000. Järvi on ravinnetason perusteella selkeästi karu, mutta klorofyllitaso ilmentää ainakin ajoittain lieveästi rehevän vesistön tilaa. Kokonaistyppi-kokonaisfosforisuhde on Kuohijärvellä erittäin suuri. Kokonaisravinnesuhde vaihteli vuoden 2000 tutkimuskerroilla välillä 56-88 Kuohijärven kahdessa havaintopisteessä. Fosforia on siten erittäin niukasti typen määrään verrattuna ja fosfori on perustuotantoa rajoittava ravinne.



Kuva 5.10. Näkösyvyys syvännepaikoilla v. 2000.

Suodatetun fosfaattifosforin osuus kokonaisfosforista on Kuohijärvessä suurempi kuin muissa tämän tutkimuksen järvissä. Keskimääräinen osuus oli kesällä runsaat 15 % (liite 6). Kirkkaissa vesissä hiukkasiin sitoutunutta fosforia on vähän. Ammoniumtypen osuus kokonaistypestä on samoin hieman suurempi kuin muilla tutkituilla vesillä etenkin kesällä, mutta osuus on silti alle 2 %. Myös nitraatti- ja nitriittityppeä oli keskimäärin enemmän kuin muilla tutkimuksen selkävesillä. Kesälläkään niiden osuus kokonaistypestä ei ollut paljon vähäisempi kuin muina ajankohtina. Nitraatti-nitriittitypen osuus kokonaistypestä oli Kuohijärven havaintopaikoilla 19-36 % vuoden 2000 tutkimuksissa.

Näkösyvyys on Kuohijärvessä suurin muihin tutkimusjärviin verrattuna. Vuoden 2000 mittauksissa keskimääräinen näkösyvyys oli noin 4,5 m (liite 4). Näkösyvyys vaihteli vuoden aikana Pitkälänkulman pisteessä välillä 3,4-5,2 m ja Matoniemen pisteessä välillä 3,1-5,6 m. Kuohijärven väriluku oli tutkimuskesänä keskimäärin 25 mg Pt l^{-1}, ja vaihtelu oli melko vähäistä. Vesi on siten (läpinäkyvyydeltään) kirkasta, mutta lievästi humuksen värjäämää. Keskimääräinen sähkönjohtavuus oli vuonna 2000 6,1 mS m^{-1}. Veden pH-arvo vaihteli vuonna 2000 Pitkälänkulmalla välillä 6,9-7,2 ja Matoniemessä välillä 7,0-7,3. Kuohijärven keskimääräinen alkaliniteettiarvo oli 0,18 mmol l^{-1}, ja vaihtelu oli hyvin pientä.

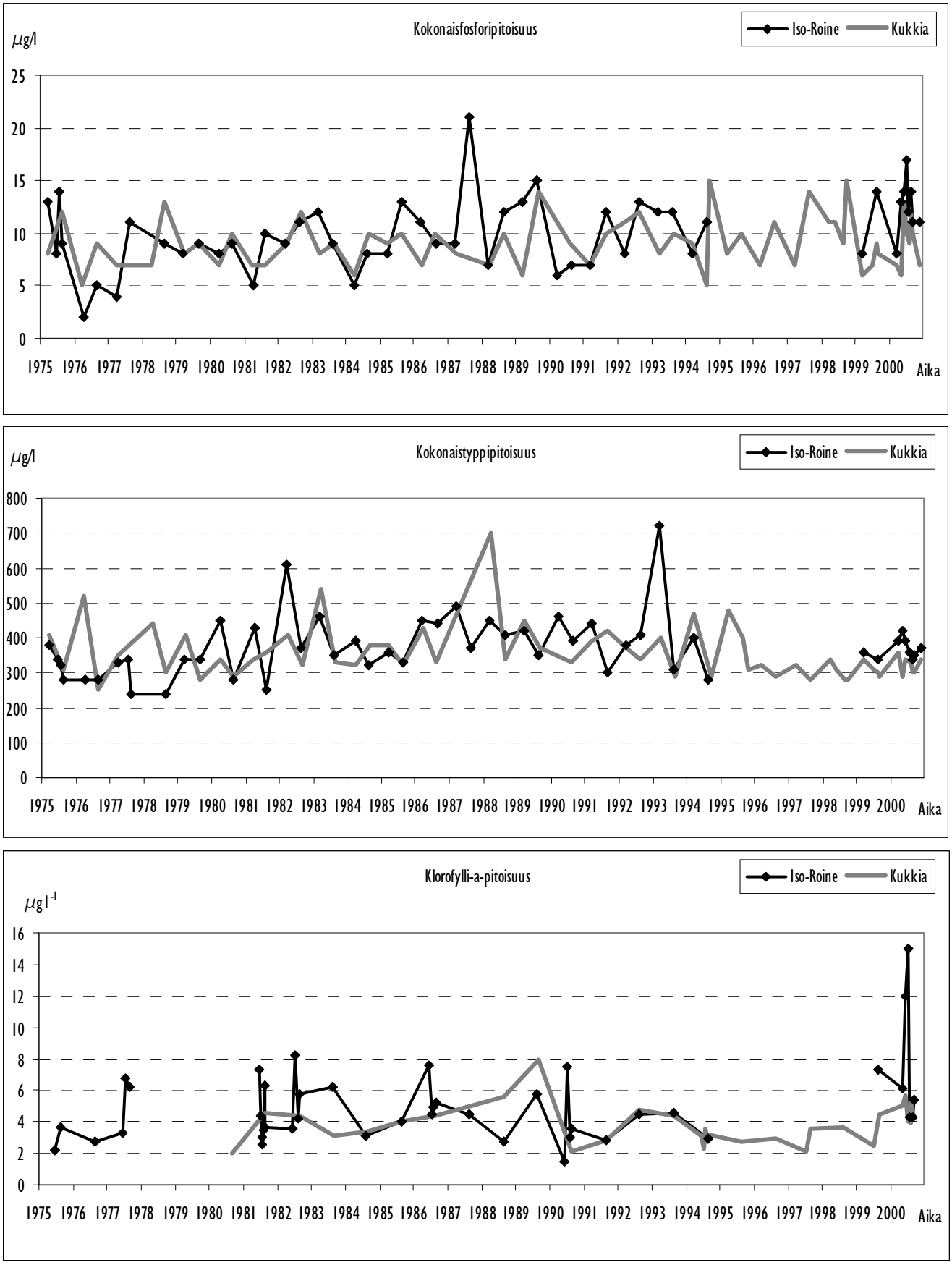


Kuva 5.11. Rautapitoisuus pintavedessä syvännepaikoilla v. 2000.

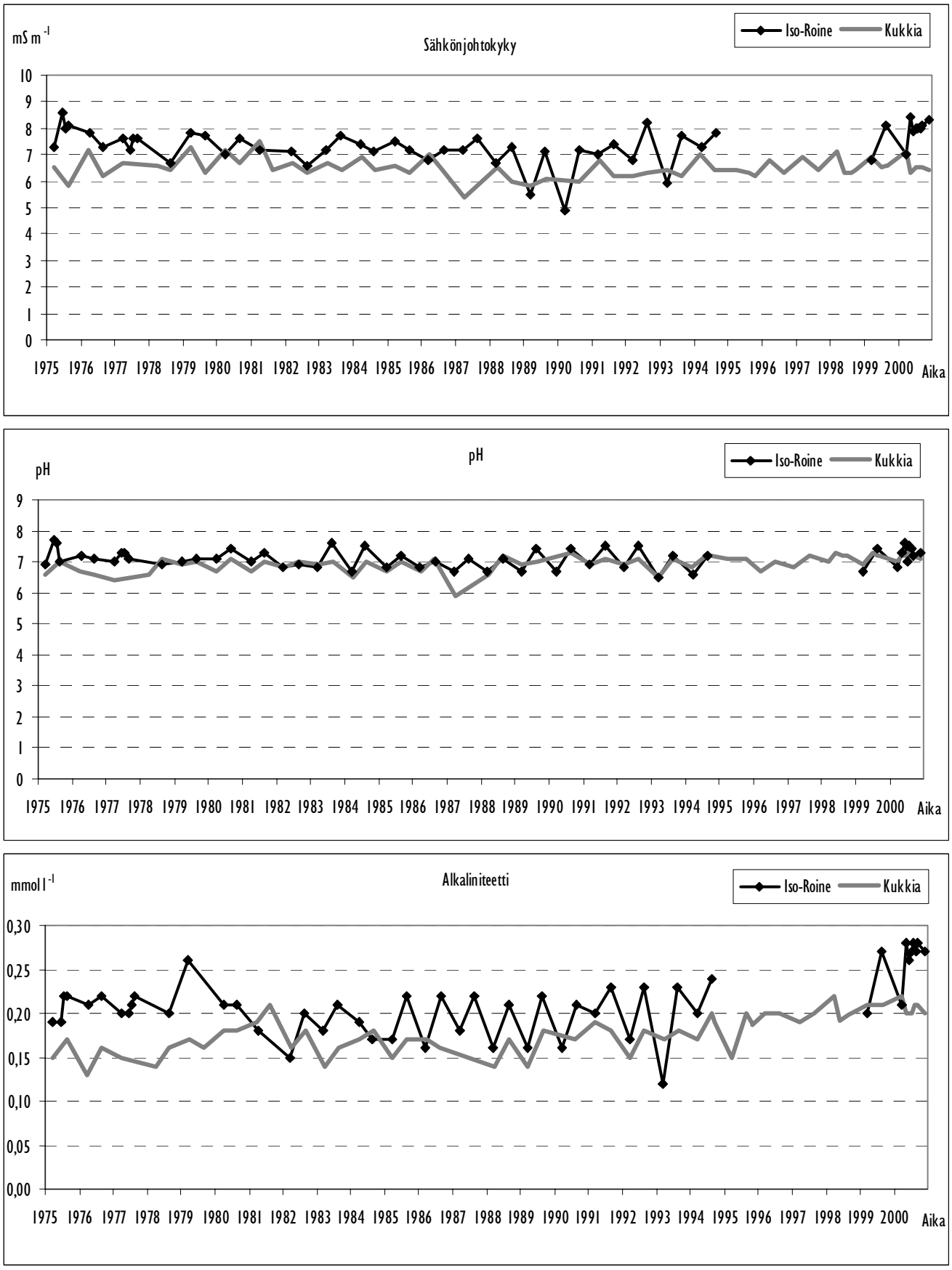
Hapen kyllästysaste pysyi pintavedessä hyvänä vuoden 2000 tutkimuksissa. Kyllästysaste vaihteli kahdessa havaintopisteessä välillä 88-101 %. Pohjanläheisessä vedessä happea kului eniten kesän aikana. Pohjanläheisessä vedessä hapen kyllästysaste vaihteli tutkimusvuonna Pitkälänkulmalla välillä 40-98 % ja Matoniemen pisteessä välillä 14-99 %. Talvimittauksia ei havaintosarjassa ole kuin maalishuhtikuun vaihteesta. Tällöin hapen kyllästysaste oli Pitkälänkulmalla vielä 75 %, mutta Matoniemessä enää 36 %.

5.2.2. Veden laadun muutokset

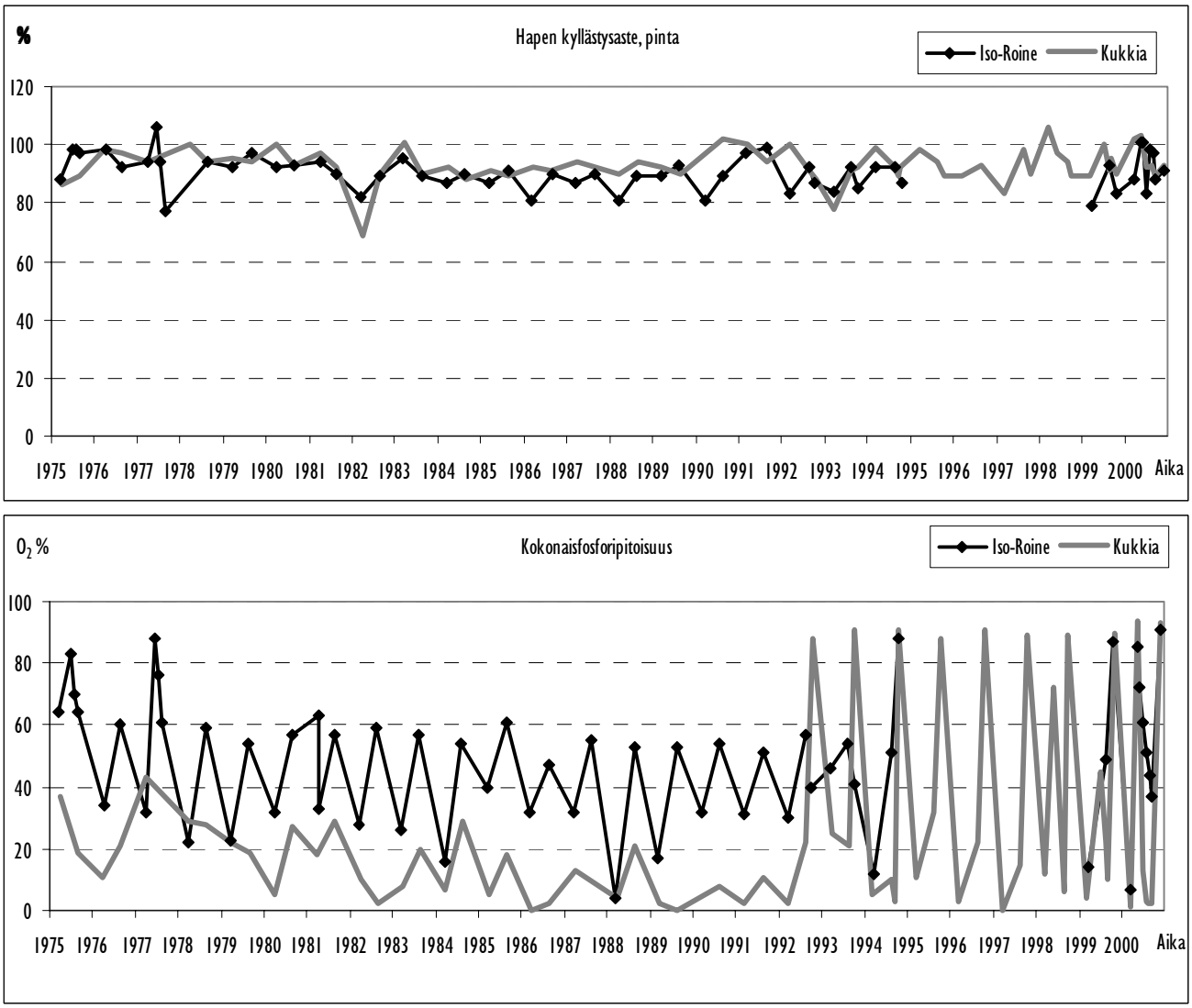
Tutkituista järvialtaista vain Iso-Roineesta ja Kukkian pääsyvänteestä on pitkät aikasarjat. Veden laadun muutokset vuosina 1975-2000 näiden havaintopaikkojen pintavedessä näkyvät kuvissa 5.12-5.15. Silmämääräisesti tarkasteltuna useimmissa vedenlaatumuuttujissa ei ole tapahtunut muutoksia. On kuitenkin huomattava, että Iso-Roineesta ei ole havaintoja vuosilta 1995-1998. Selkeimmät muutokset ovat happitilanteen paraneminen pohjanläheisessä vedessä Kukkialla vuodesta 1993 lähtien sekä näkösyvyyden pieneneminen etenkin Kukkian havaintopaikalla.



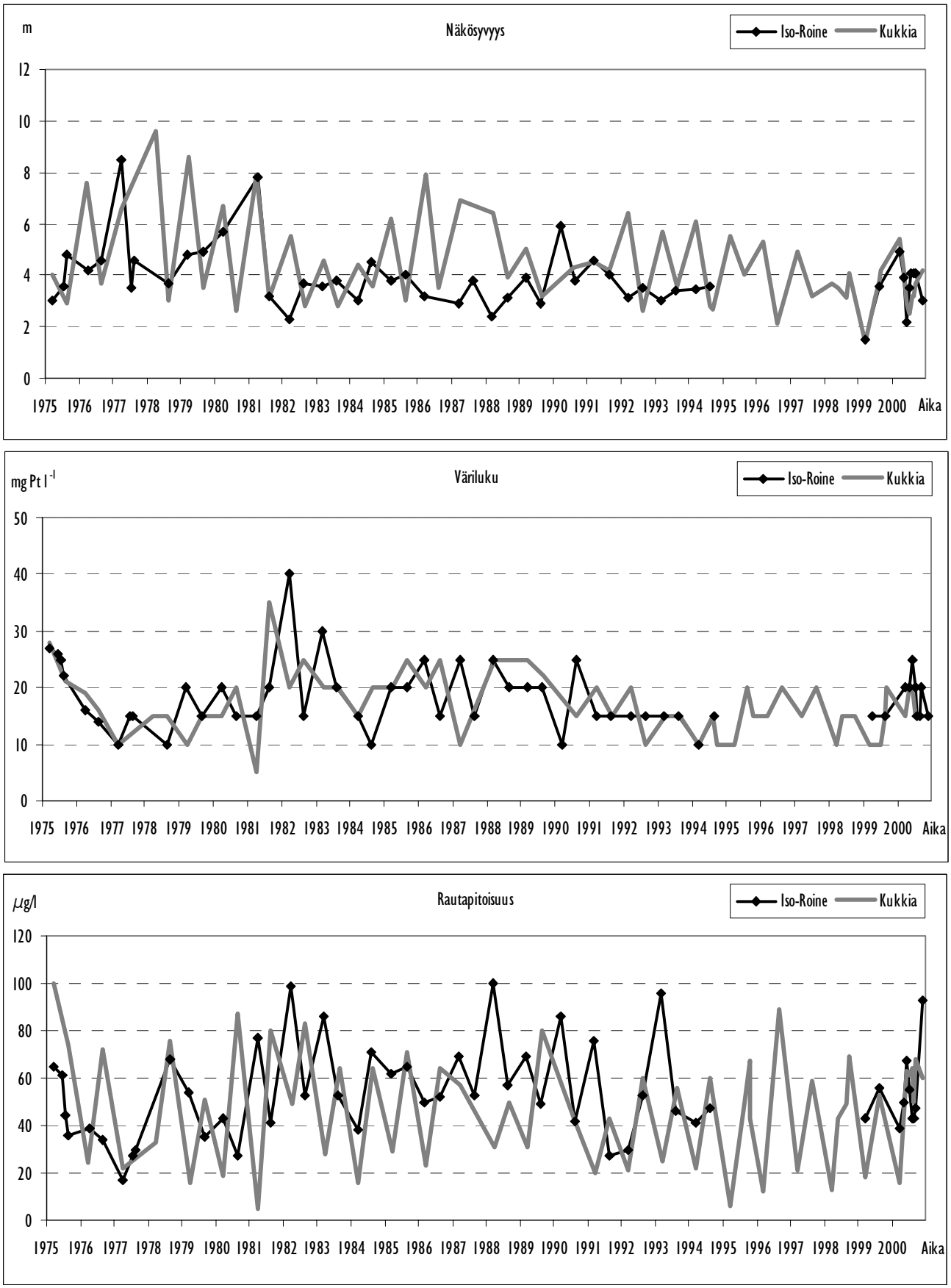
Kuva 5.12. Kokonaisfosforin, kokonaistypen ja klorofylli-a:n pitoisuudet pintavedessä vuosina 1975-2000.



Kuva 5.13. Sähkönjohtavuus, pH-arvo ja alkaliniteetti pintavedessä vuosina 1975-2000.



Kuva 5.14. Hapen kyllästysaste pintavedessä ja pohjanläheisessä vedessä vuosina 1975-2000.



Kuva 5.15. Näkösyvyys sekä pintaveden väriluku ja rautapitoisuus vuosina 1975-2000.

5.3 Jokien veden laatu

5.3.1. Veden laatu vuonna 2000

Luopioisten Inkinjoki laskee Kukkian pohjoispuoliseen Rautajärveen. Havaintopiste sijaitsee puhdistamon yläpuolella. Vuonna 2000 veden laatu oli keskimäärin tyydyttävä, mutta ajoittain vain välttävä. Vedessä on melko runsaasti fosforia ja typpeä. Keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus oli kesäkuukausina 47 $\mu g\ l^{-1}$ ja vastaava kokonaistyppipitoisuus 732 $\mu g\ l^{-1}$ (liite 7). Fosforipitoisuus vaihteli vuoden aikana välillä 24-56 $\mu g\ l^{-1}$ ja typpipitoisuus välillä 530-2200 $\mu g\ l^{-1}$. Typpi-fosforisuhde oli kesällä 2000 keskimäärin 16, joten perustuotantoa rajoittava ravinne voi siten olla typpi tai fosofori. Mineraaliravinteiden osuus kokonaisravinteista näkyy liitteessä 9.

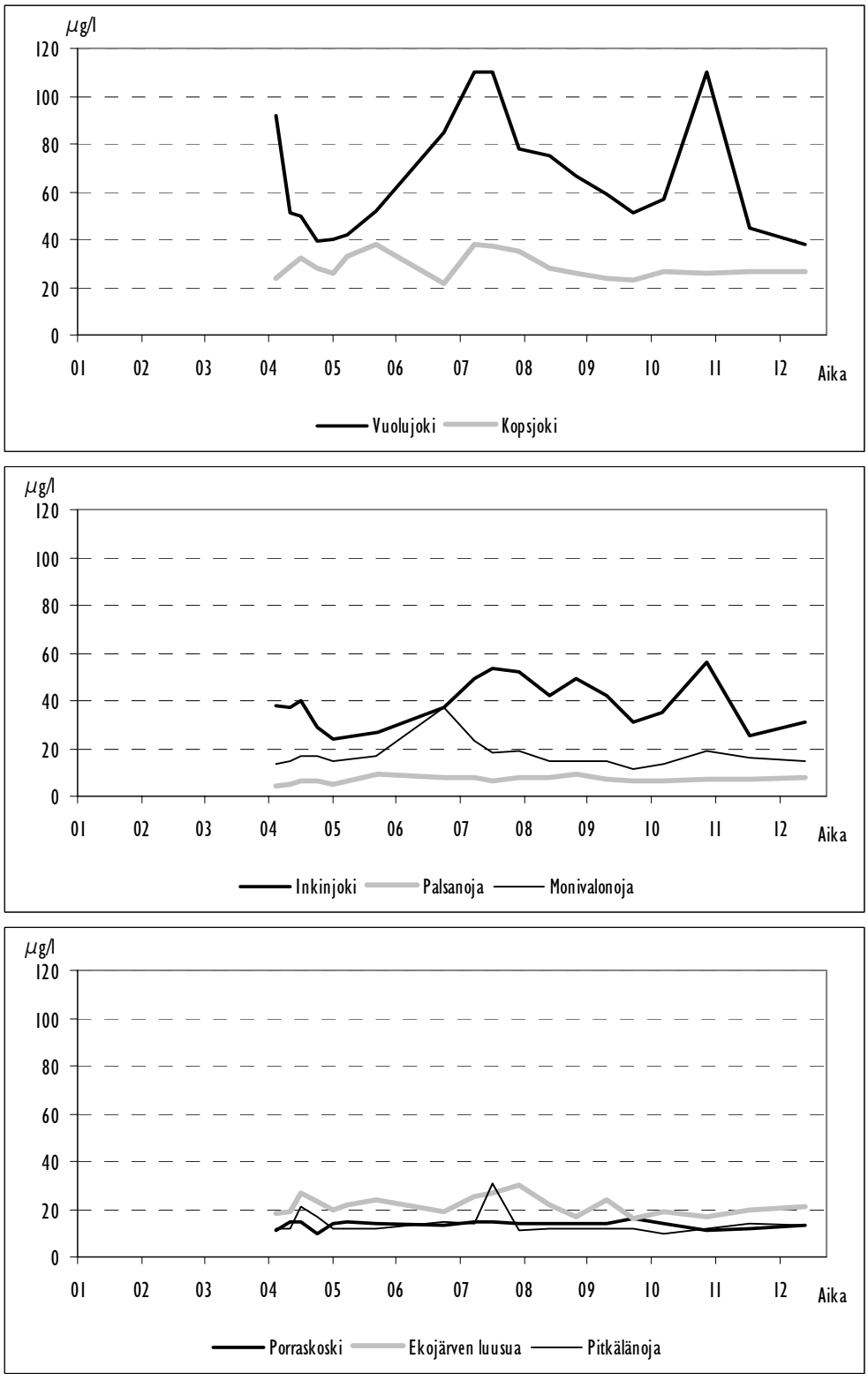
Inkinjoen veden kiintoainepitoisuus oli keskimäärin 5,1 mg l^{-1} vuoden 2000 määrityksissä. Veden väriluku oli tutkimusvuonna keskimäärin 107 mg Pt l^{-1}, mikä osoittaa veden olevan melko voimakkaasti humuspitoista. Sähkönjohtavuuden vuosikeskiarvo oli 6,9, joten vedessä on ionisoituvia suoloja melko keskinkertainen määrä. Veden pH -arvot vaihtelivat tutkimusvuonna välillä 5,8-6,6, joten vesi on hapahkoa. Puskurikyky happamoitumista vastaan oli silti keskimäärin tyydyttävä alkaliniteettiarvojen vaihdeltua välillä 0,07-0,26 mmol l^{-1}. Huhtikuussa pH-arvon oltua pienimmillään myös alkaliniteettiarvo oli pienin ja puskurikyky vain välttävä.

Kuohijärven latvavesiin kuuluva **Palsanoja** on veden laadultaan erinomainen. Sekä fosforia että typpeä on niukasti. Kesällä 2000 kokonaisfosforin keskipitoisuus oli vain 8 $\mu g\ l^{-1}$ ja kokonaistypen 312 $\mu g\ l^{-1}$. Fosforipitoisuuden vuotuinen vaihtelu oli välillä 4-9 $\mu g\ l^{-1}$ ja typpipitoisuuden välillä 280-360 $\mu g\ l^{-1}$. Kokonaistyppi-kokonaisfosforisuhde oli kesällä noin 40, joten perustuotanto on voimakkaasti fosforirajoitteista. Mineraaliravinteiden määrä ja osuus kokonaisravinteista näkyy liitteessä 9.

Palsanojan vedessä oli hyvin vähän kiintoainetta vuonna 2000 (keskimäärin vain 0,7 mg l^{-1}). Veden väriluku (15-35 $\mu g\ l^{-1}$) ilmentää lievää humuspitoisuutta. Sähkönjohtokyky oli myös pieni (4,6 mS m^{-1}), joten ionisoituvia suoloja on vedessä vähän. Keskimääräinen pH-arvo oli tutkimusvuonna 6,9 ja alkaliniteetti 0,12 mmol l^{-1}. Alkaliniteettiarvo on tässä yhteydessä tutkituista oja- ja jokivesistä pienin, mutta puskurikykyä voidaan pitää vielä melko tyydyttävänä. Alkaliniteetin vaihtelu on kuitenkin ollut vähäistä.

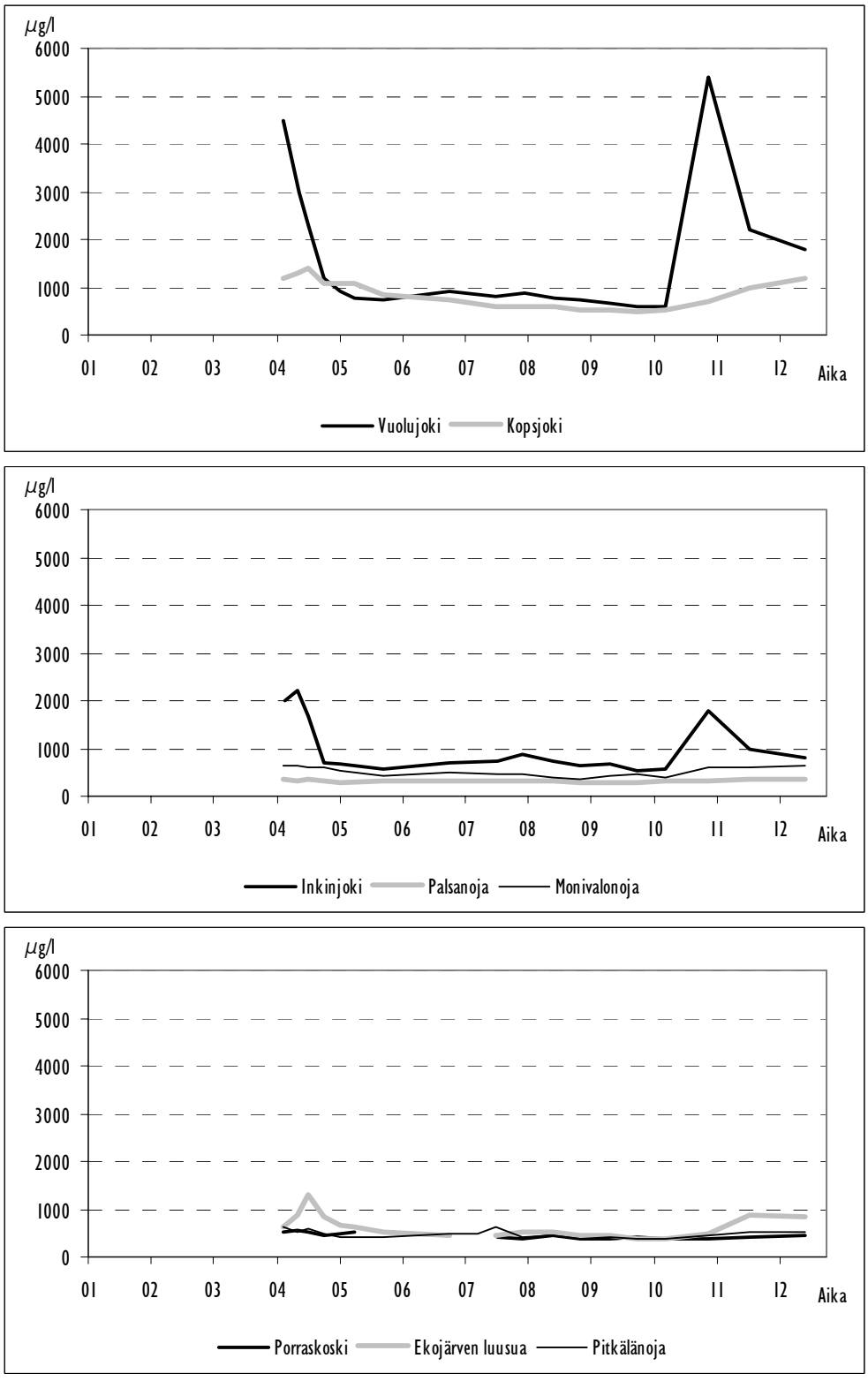
Kuohijärven koillispuolella sijaitsevaan Nerosjärveen laskee **Monivalonoja**, jonka vesi on yleiseltä käyttökelpoisuudeltaan hyvälaatuista. Vedessä on kohtalaisesti fosforia ja typpeä vuoden 2000 kesäkeskiarvojen oltua kokonaisfosforin osalta 21 $\mu g\ l^{-1}$ ja kokonaistypen osalta 426 $\mu g\ l^{-1}$. Vastaavien pitoisuuksien vaihteluväli oli kaikissa vuoden 2000 määrityksissä 11-37 $\mu g\ l^{-1}$ ja 340-620 $\mu g\ l^{-1}$. Kesäkuukausien typpi-fosforisuhde oli keskimäärin 22, joten levätuotantoa rajoittaa fosforin määrä. Mineraaliravinteiden määrät näkyvät liitteessä 9.

Kiintoaineen keskipitoisuus Monivalonojassa oli melko pieni, 1,8 mg l^{-1}. Veden väriluku (35-110 mg Pt l^{-1}) ilmaisee kuitenkin selvää humuspitoisuutta. Sähkönjohtavuus (5,7 mS m^{-1}) on suhteellisen pieni. Keskimääräinen veden pH-arvo oli 6,7 (6,3-6,9) ja alkaliniteetti 0,15 mmol l^{-1}. Puskurikyky on siten tyydyttävä.



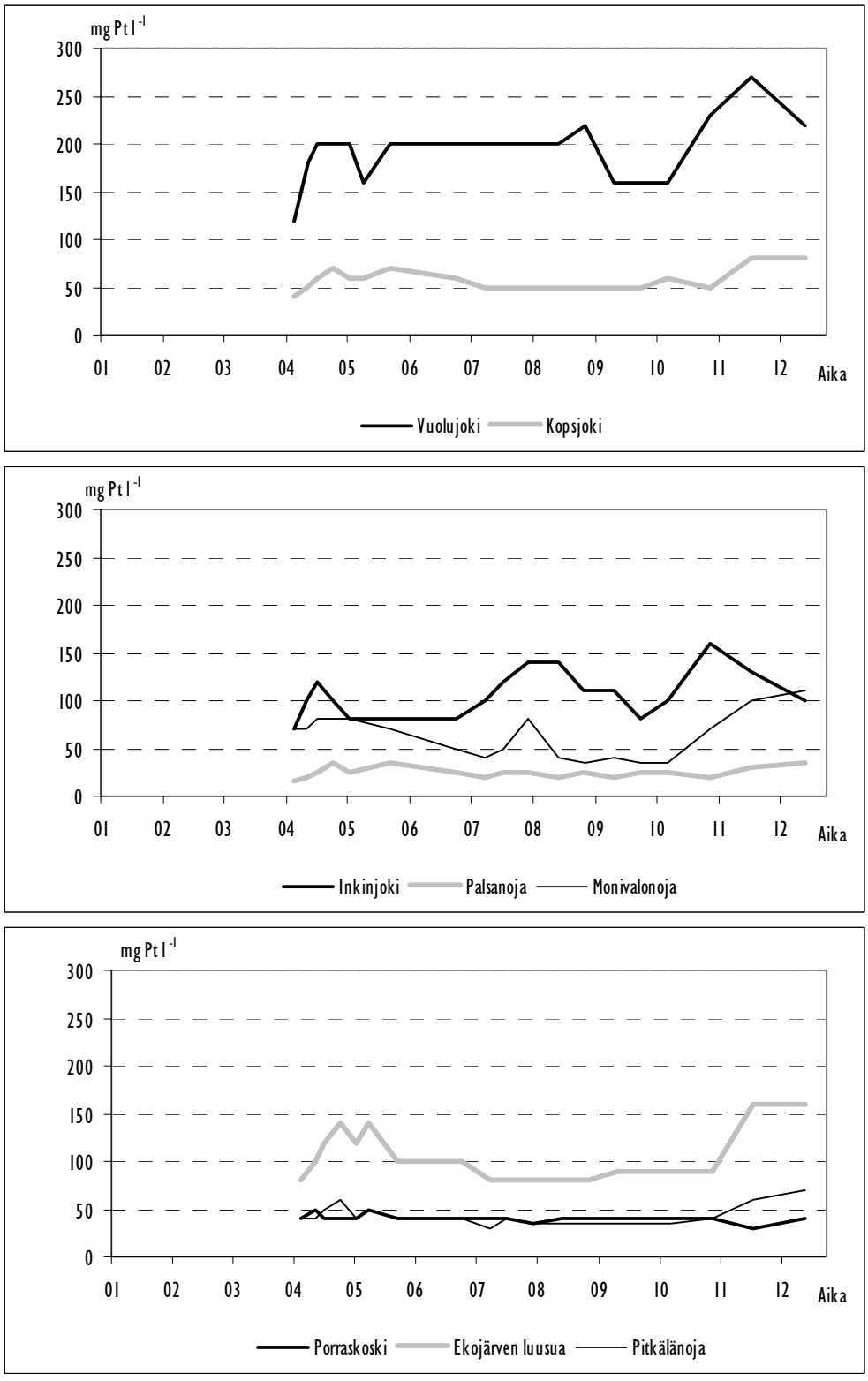
Kuva 5.16. Kokonaisfosforipitoisuus jokivesissä v. 2000.

Kuohijärven itärannalle Nerosjärvestä laskevassa **Porraskoskessa** on hyvä veden laatu. Fosforia ja typpeä on kohtalaisesti kokonaisfosforipitoisuuden oltua keskimäärin 14 $\mu g\ l^{-1}$ ja kokonaistyppipitoisuuden 422 $\mu g\ l^{-1}$ kesällä 2000. Pitoisuuksien vuotuinen vaihteluväli oli vastaavasti 10-16 $\mu g\ l^{-1}$ ja 370-570 $\mu g\ l^{-1}$. Typpi-fosforisuhde oli kesäkuukausien aikana keskimäärin noin 30, minkä perusteella fosfori on perustuotantoa rajoittava minimiravinne. Mineraaliravinteiden osuudet kokonaisravinteista on esitetty liitteessä 9.



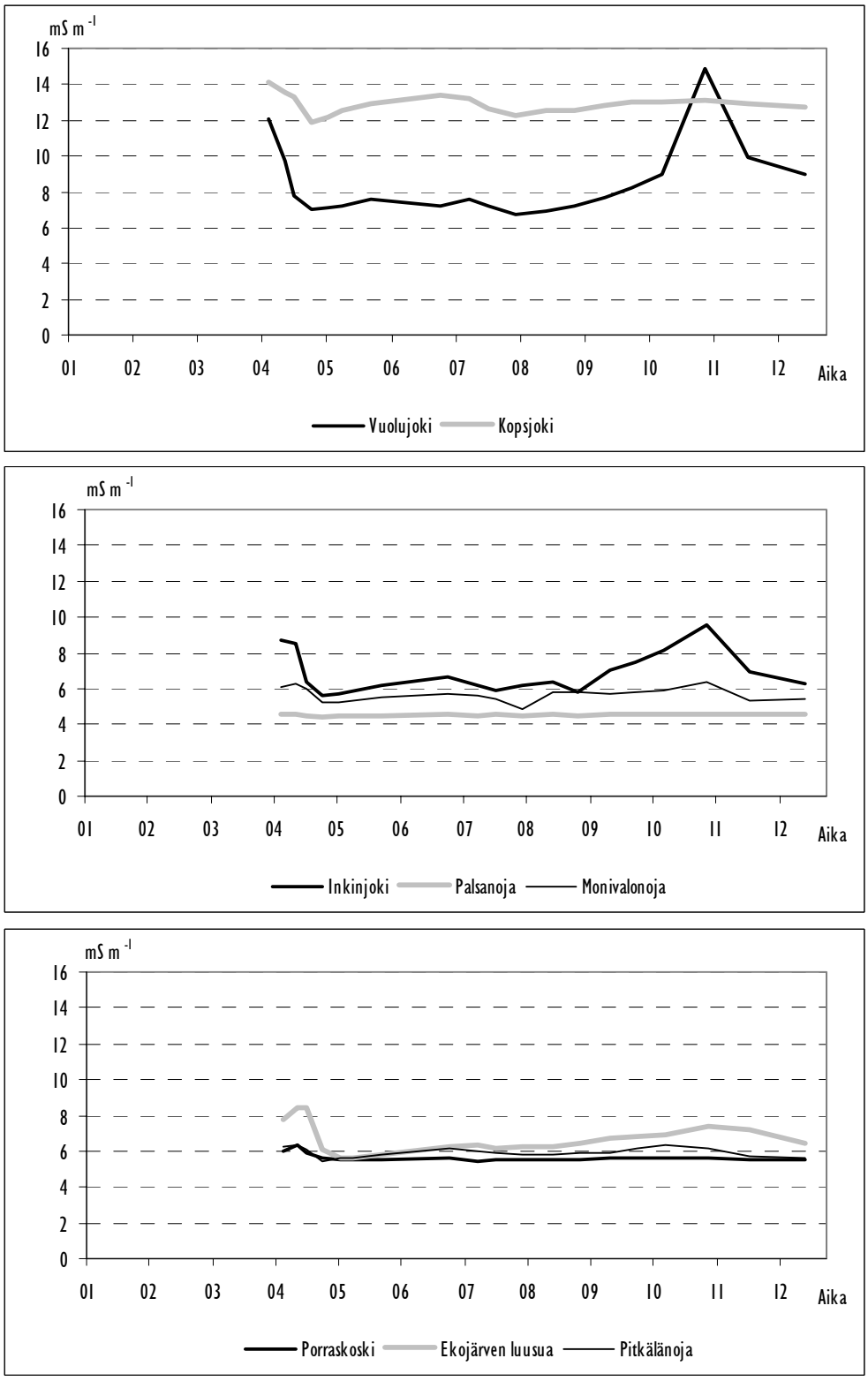
Kuva 5.17. Kokonaistyppipitoisuus jokivesissä v. 2000.

Porraskosken vedessä oli keskimäärin vain 1,3 mg l^{-1} kiintoainetta vuoden 2000 tutkimuksissa. Veden väriluvun vuosikeskiarvo oli 40 mg Pt l^{-1} (30-50 mg Pt l^{-1}), mikä osoittaa vedessä olevan humusta. Ionisoituvien suolojen määrä oli kohtalaisen vähäinen keskimääräisen sähkönjohtokyvyn (5,6 mS m^{-1}) perusteella. Veden pH-arvo vaihteli vuoden aikana välillä 6,4-7,1 vuosikeskiarvon oltua 6,8. Vesi on keväisin hieman hapanta. Alkaliniteettiarvot ovat vaihdelleet vähän keskiarvon oltua 0,15 mmol l^{-1}.



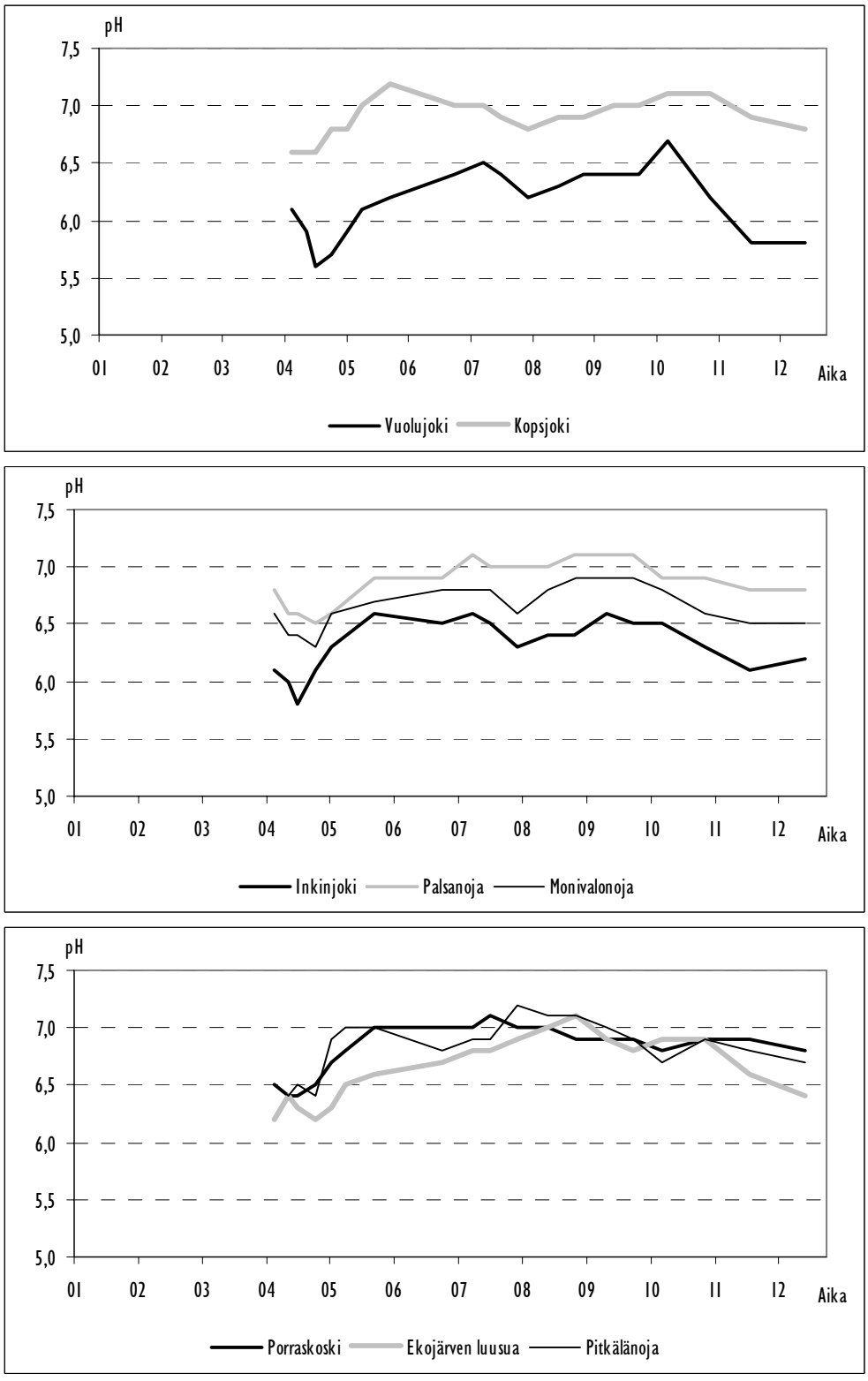
Kuva 5.18. Väriluku jokivesissä v. 2000.

Kuohijärven itärannalle laskevan **Ekojärven** luusuassa yleinen vedenlaatuluokka on hyvä. Vedessä on kohtalaisesti fosforia kesäkeskiarvon oltua 23 μg l^{-1}. Typpeä on ajoittain melko runsaasti pitoisuuksien vaihdeltua vuonna 2000 välillä 380-1300 μg l^{-1}. Kokonaistyppi-kokonaisfosforisuhteen (30) mukaan fosfori on kesäkuukausina levänkasvua rajoittava ravinne.



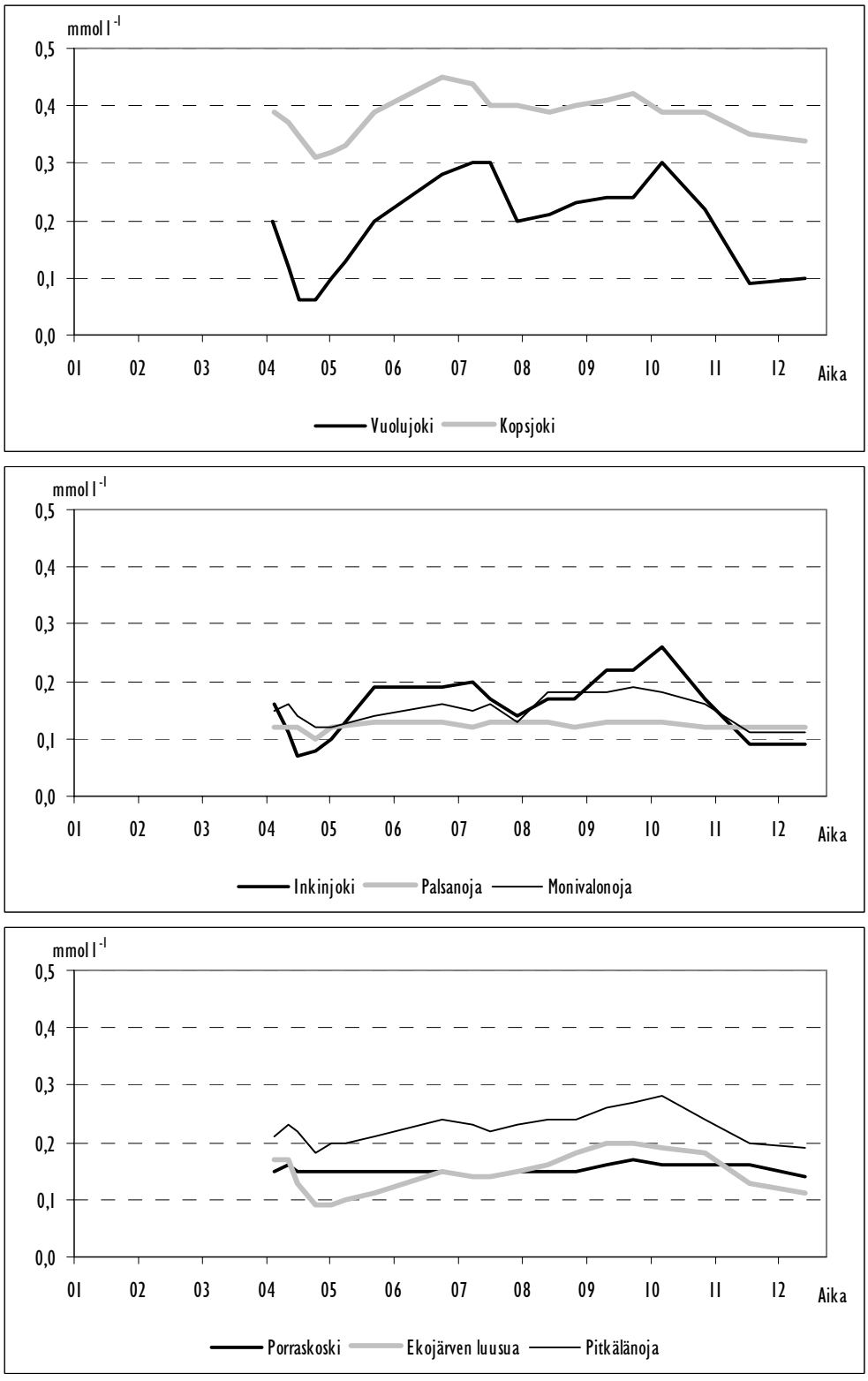
Kuva 5.19. Sähkönjohtavuus jokivesissä v. 2000.

Kiintoainetta oli Ekojärven luusuassa keskimäärin 3,4 mg l^{-1} vuonna 2000. Väriluvun vuosikeskiarvo 104 mg Pt l^{-1} osoittaa humusta olevan runsaasti. Keskimääräinen sähkönjohtokyky oli 6,7 mS m^{-1}. Veden pH-arvo vaihteli välillä 6,2-7,1 ja alkaliniteettiarvo välillä 0,09-0,20 mmol l^{-1}. Vesi on keväisin hieman hapanta, ja puskurikyky on ajoittain vain välttävä.



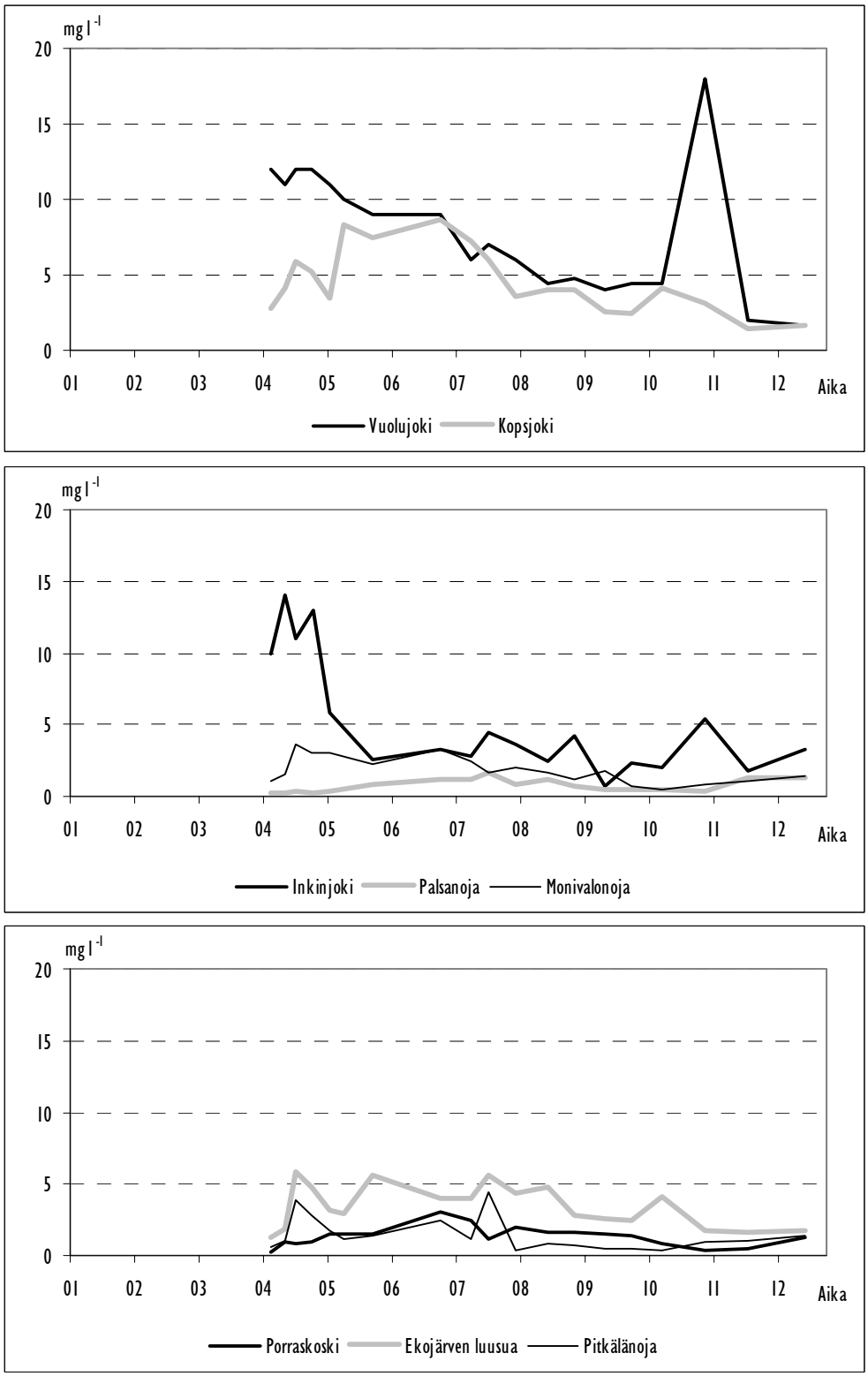
Kuva 5.20. Jokivesien pH-arvo v. 2000.

Kuohijärven länsirannalle laskevassa **Pitkälänojassa** on hyvä veden laatu. Fosforia oli keskimäärin 16 $\mu g\ l^{-1}$ ja typpeä 473 $\mu g\ l^{-1}$ kesällä 2000. Pitoisuudet vaihtelivat tutkimusvuonna vastaavasti välillä 10-31 $\mu g\ l^{-1}$ ja 390-620 $\mu g\ l^{-1}$. Typpi-fosforisuhteen (32) mukaan fosfori on kesällä levätuotantoa rajoittava minimiravinne. Mineraaliravinteista nitraatti-nitriittitypen osuus kokonaistypestä oli Pitkälänojassa pienin tässä yhteydessä tutkituista joki- ja ojavesistä (liite 9).



Kuva 5.21. Alkaliniteetti jokivesissä v. 2000.

Pitkälänojan keskimääräinen kiintoainepitoisuus (1,4 mg l^{-1}) oli melko vähäinen vuonna 2000. Väriluku (43 mg Pt l^{-1}) ilmentää lievää humuspitoisuutta. Sähkönjohtavuus oli tutkimusvuonna keskimäärin 5,9 mS m^{-1}. Keskimääräinen veden pH-arvo oli 6,8 (6,4-7,2) ja alkaliniteetti 0,23 mmol l^{-1}.



Kuva 5.22. Kiintoainepitoisuus jokivesissä v. 2000.

Kopsjoki laskee Tuuloksen Lehee-järvestä Tuuloksen ja Hauhon rajalla sijaitsevaan Pyhäjärveen. Kopsjoen veden laatu on hyvän ja tyydyttävän rajalla. Kesällä 2000 jokiveden keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus oli 31 μg l^{-1} ja kokonaistyppipitoisuus noin 600 μg l^{-1}. Tutkimusvuoden aikana fosforipitoisuudet vaihteli-

vat välillä 23-38 μg l^{-1} ja typpipitoisuudet välillä 480-1400 μg l^{-1}. Typpi-fosforisuhde oli kesällä 2000 21,5 , joten perustuotantoa rajoittava ravinne on fosfori.

Kopsjoen vedessä oli kiintoainetta keskimäärin 4,5 mg l^{-1} vuonna 2000. Vastaava väriluku oli 57 mg Pt l^{-1} arvojen vaihdeltua vuoden aikana välillä 40-80 mg Pt l^{-1}. Vesi on humuspitoista. Keskimääräinen sähkönjohtavuus oli melko suuri, 12,9 mS m^{-1}. Veden pH oli vuosikeskiarvona 6,9 (6,6-7,2) ja alkaliniteetti 0,38 mmol l^{-1}. Veden puskurikyky on siten erittäin hyvä.

Hauhonselän eteläpäähän laskevan **Vuolujoen** veden laatu on keskimäärin vain välttävää. Vedessä on ajoittain hyvin runsaasti ravinteita. Kokonaisfosforin keskipitoisuus oli kesällä 2000 88 μg l^{-1} arvojen vaihdeltua vuoden aikana välillä 38-110 μg l^{-1}. Kokonaistypen pitoisuus vaihteli suuresti (590-5400 μg l^{-1}) vuoden 2000 tutkimuksissa. Pitoisuuksien vuosikeskiarvo oli noin 1600 μg l^{-1} ja kesäkuukausien keskiarvo runsaat 800 μg l^{-1}.

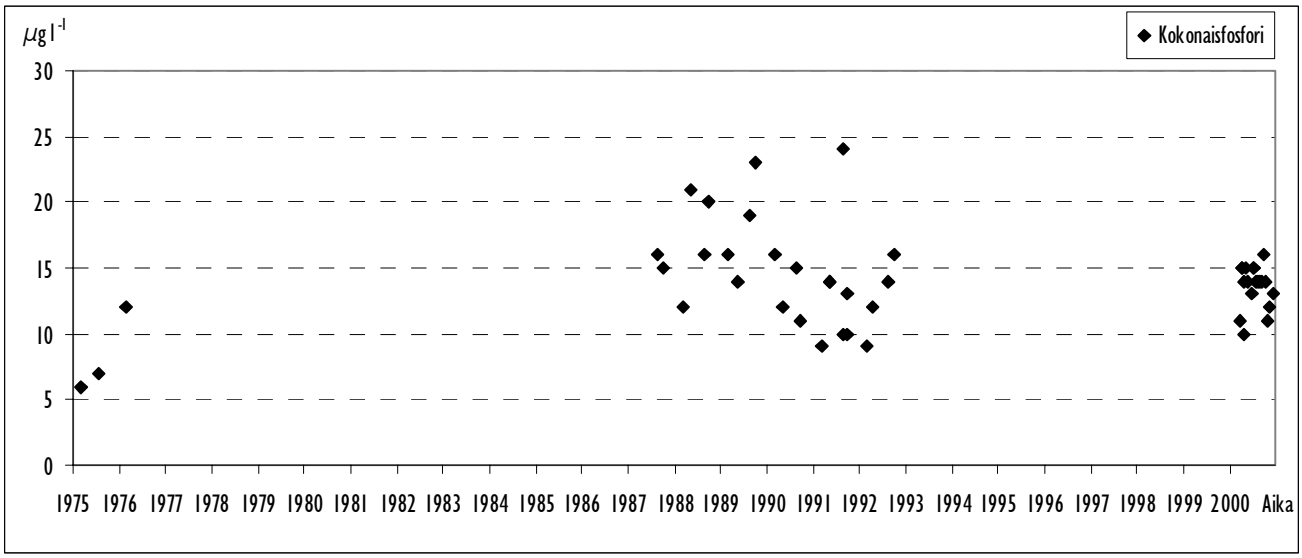
Kokonaistyppi-kokonaisfosforisuhde oli kesä-elokuussa vain noin 10, joten levänkasvua voi rajoittaa joko typpi tai fosfori. Arvo on huomattavan pieni verrattuna monien muiden tässä yhteydessä tutkittujen joki- ja ojavesien ravinnesuhteisiin. Talvikaudella typpi-fosforisuhde ei kuitenkaan ole tavallista pienempi. Suodatetun fosfaattifosforin osuus kokonaisfosforista oli myös suurempi kuin useimissa muissa tutkituissa jokivesissä (liite 9).

Vuolujoen vedessä on enemmän kiintoainetta kuin muissa tutkituissa Hauhon reittiin laskevissa jokivesissä. Keskipitoisuus oli vuoden 2000 määrityksissä 7,8 mg l^{-1}. Väriluvun vuosikeskiarvo oli 194 mg Pt l^{-1}, joten veden väri on voimakas. Sähkönjohtavuus oli keskimäärin 8,4 mS m^{-1}. Veden pH-arvot vaihtelivat välillä 5,7-6,7 vuosikeskiarvon oltua 6,2. Vesi on siten hapahkoa etenkin keväisin. Alkaliniteettiarvot ovat vaihdelleet välillä 0,06-0,30 mmol l^{-1} vuosikeskiarvon oltua 0,19 mmol l^{-1}. Näin ollen puskurikyky on ajoittain vain välttävä.

5.3.2. Jokien veden laadun muutokset

Tässä tutkimuksessa mukana olleista joista ja ojista on melko vähän aikaisempia vedenlaatutietoja. Ainoastaan Porraskosken kokonaisfosforipitoisuuksista sekä Kopsjoen muutamista vedenlaatumuuttujista on olemassa jonkinlainen aikasarja. Muista kohteista vanhoja tietoja on hyvin niukasti, tai vesinäytteitä on otettu ainoastaan tätä tutkimusta varten.

Porraskosken kokonaisfosforipitoisuus näyttää kasvaneen 1970-luvulta nykypäivään etenkin kesäarvojen perusteella. Havaintojen vähäisyyden vuoksi muutoksia ja niiden ajankohtaa ei voida arvioida tarkasti. On mahdollista, että fosforipitoisuus on nykyisin taas pienempi kuin mitä se oli noin 10 vuotta sitten (kuva 5.23). Heinäkuussa 1975 Porraskosken veden kokonaisfosforipitoisuudeksi määritettiin 7 μg l^{-1}. Kokonaisfosforin pitoisuuksia on määritetty joka vuosi vuosina1987-1992, jolloin niiden kesäkeskiarvo oli elokuun lopussa vuosittain otetuissa näytteissä 17 μg l^{-1} (14-24 μg l^{-1}). Vuonna 2000 fosforipitoisuus oli useissa kesäkauden määrityksissä 14 μg l^{-1}, mikä oli myös kesäkuukausien pitoisuuskeskiarvo. Talviarvojen osalta ero ei ole aivan yhtä suuri. Helmikuussa 1975 kokonaisfosforin pitoisuus oli 6 μg l^{-1} ja vuonna 1976 12 μg l^{-1}. Vuosina 1988-1992 talviarvot vaihtelivat välillä 9-16 μg l^{-1}, ja lopputalvella 2000 pitoisuus oli 11 μg l^{-1}.



Kuva 5.23. Määritetyt kokonaisfosforipitoisuudet Porraskoskessa v. 1975-2000.

Kopsjoen veden laadun muutoksia voidaan tarkastella useampien muuttujien perusteella (kuva 5.24). Vertailuajankohtana nykytilaan ovat vuoden 1975 sekä vuosien1979-1984 havainnot.

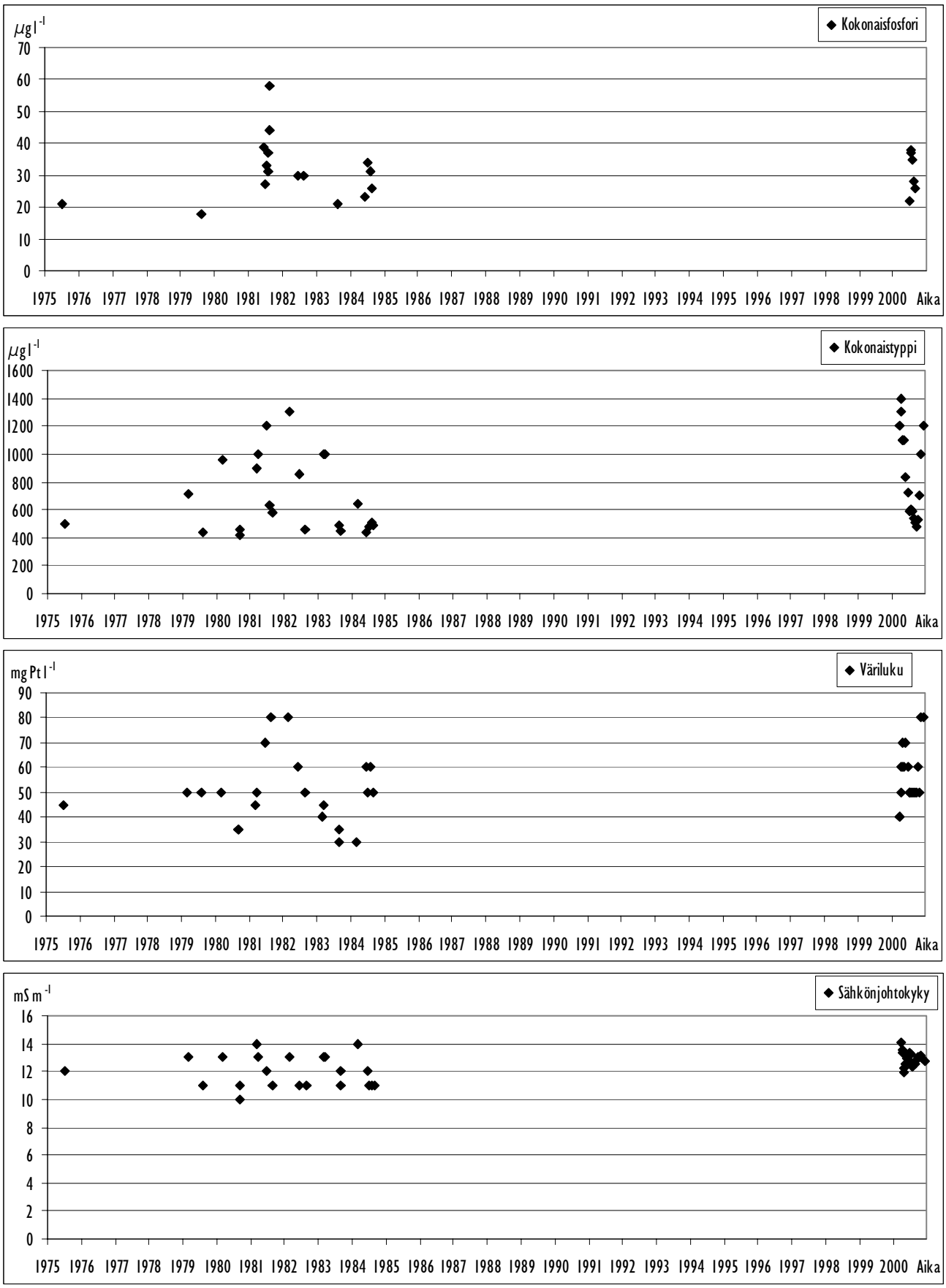
Kokonaisfosforipitoisuudessa ei voida osoittaa selkeitä muutoksia olemassa olevan aineiston perusteella. Peräkkäisinä vuosina 1979-1984 fosforipitoisuuden vuosikeskiarvo oli 29 μg l^{-1} (n=26) ja kesäkeskiarvo 32 μg l^{-1} (n=15). Vuonna 2000 vastavat luvut olivat 29 μg l^{-1} (n=19) ja 31 μg l^{-1} (n=6). Heinäkuussa 1975 määritetty pitoisuus 21 μg l^{-1} mahtuu vielä vuosien 1979-1984 vuosivaihtelun sisälle, joten ravinnetason kasvua ei ole yksittäisen arvon perusteella osoitettavissa.

Kokonaistypen kesäpitoisuus on ollut sekä vuosijaksolla 1979-1984 että vertailuvuonna 2000 keskimäärin noin 600 μg l^{-1}. Vastaavat vuosikeskiarvot olivat noin 700 μg l^{-1} (n=22) ja 860 μg l^{-1} (n=18). Vuosittaisen vaihtelun huomioon ottaen pitoisuuden kasvua kesäkuukausien ulkopuolella ei voida varmuudella todeta yhden tutkimusvuoden perusteella.

Väriluku on pysynyt suunnilleen samana arvojen vaihtelun huomioon ottaen. Vuosina 1979-1984 vuosikeskiarvo oli 50 mg Pt l^{-1} (n=21) ja kesäkeskiarvo 56,5 mg Pt l^{-1} (n=10). Vuonna 2000 vastaavat keskiarvot olivat 57 mg Pt l^{-1} (n=19) ja 52 mg Pt l^{-1} (n=6). Vuoden 1975 väriluvut ovat myöhemmin havaitun vuosivaihtelun sisällä.

Kopsjoen sähkönjohtavuus on ollut melko suuri jo vuosina 1979-1984, mutta keskiarvot olivat vuonna 2000 vielä suuremmat kuin aikaisemmin. Vuoden 2000 sähkönjohtavuudet on tosin ilmoitettu tarkempina lukuarvoina kuin aikaisemmin, mutta arvot ovat todellisuudessakin suurempia. Koska sähkönjohtavuus on usein melko vakaa ja kullekin vesistölle tyypillinen, arvojen voidaan katsoa hieman nousseen. Vuosien 1979-1984 keskiarvo oli 12,0 mS m^{-1}, kun vuoden 2000 vuosikeskiarvo oli 12,9 mS m^{-1}. Kesäkeskiarvoina vastaavat luvut olivat 11,3 mS m^{-1} ja 12,8 mS m^{-1}.

Veden keskimääräinen pH-arvo oli 6,9 sekä vuosijaksolla 1979-1984 että vuonna 2000. Kesällä 2000 pH-arvojen keskiarvo oli vain 6,9 (6,8-7,0), kun se aikaisemmalla vuosijaksolla oli 7,1 (6,9-7,4). Ero voi selittyä vuosien välisellä vaihtelulla.



Kuva 5.24. Kopsjoen kokonaisfosfori- ja kokonaistyppipitoisuudet sekä veden väriluku ja sähkönjohtavuus v. 1975-2000.

6 Kuormitus- ja ainetaselaskelmat

6.1 Havaitut kuormitukset ja kuormitusmallin kalibrointi

Kokonaisfosforin (TP) ja kokonaistypen (TN) ainevirtaamat laskettiin kahdeksan valuma-alueen osalta käyttäen vedenlaatuhavaintoja ja vesistömallin tuottamia virtaamia (kaava 1). Tulokset on esitetty taulukossa 6.1.

Taulukko 6.1. Keskivalumat sekä kokonaisfosforin ja kokonaistypen ainevirtaamat vuonna 2000.

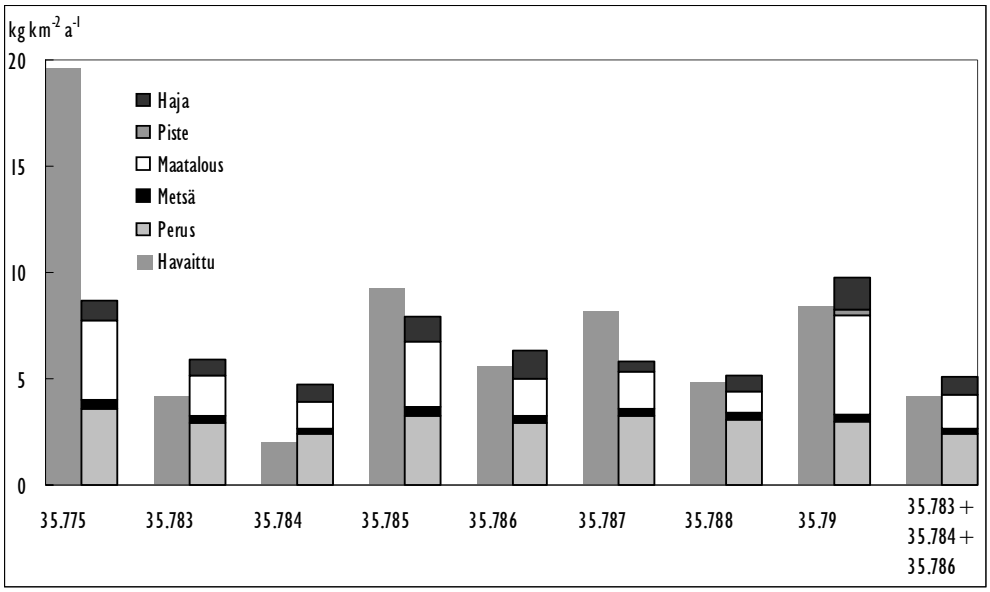
Vesistöalue	Valuma (l $s^{-1}km^{-2}$)	Kokonaisfosfori (kg km^{-2} a^{-1})	Kokonaistyppi (kg km^{-2} a^{-1})
35.775	10,7	19,6	625,6
35.783	9,8	4,2	146,7
35.784	9,2	2,0	92,9
35.785	8,6	9,3	289,8
35.786	10,5	5,6	179,7
35.787	11,8	8,1	273,3
35.788	10,7	4,8	163,4
35.79	9,1	8,4	293,6

Fosfori- ja typpikuormitusten laskentaan käytettiin luvussa 3 esitettyä kuormituksen arviointimenetelmää, joka kalibroitiin käyttäen ainevirtaamia. Kuormitusmalli kalibroitiin käyttäen Ämmätsäjärven-Myllyojan (35.785), Heinäjoen (35.786), Ekojärven (35.787), Pitkälänojan (35.788), Ormajoen (35.79) sekä Nerosjärven, Vesijaon ja Heinäjoen (35.783+35.784+35.786) osavaluma-alueita. Kalibrointitulokset on esitetty kuvissa 6.1 (kokonaisfosfori) ja 6.2 (kokonaistyppi) sekä taulukoissa 6.2 ja 6.3. Kalibroidut parametrit on esitetty kaavoissa 9 (kokonaisfosfori) ja 10 (kokonaistyppi). Kaksi osavaluma-aluetta jätettiin pois kalibroinnista erikoisluonteensa vuoksi. Vesijaon vesistöalueella vedet laskevat alueen latvajärvistä nimensä mukaisesti kahta eri reittiä. Tämän seurauksena tilastolliset tunnusluvut, mm. järviprosentti, antavat harhaanjohtavan kuvan kuormituksen suuruudesta ja Vesijaon vesistöalueen ainevirtaamia ei ole erillisenä alueena käytetty kalibroinnissa.

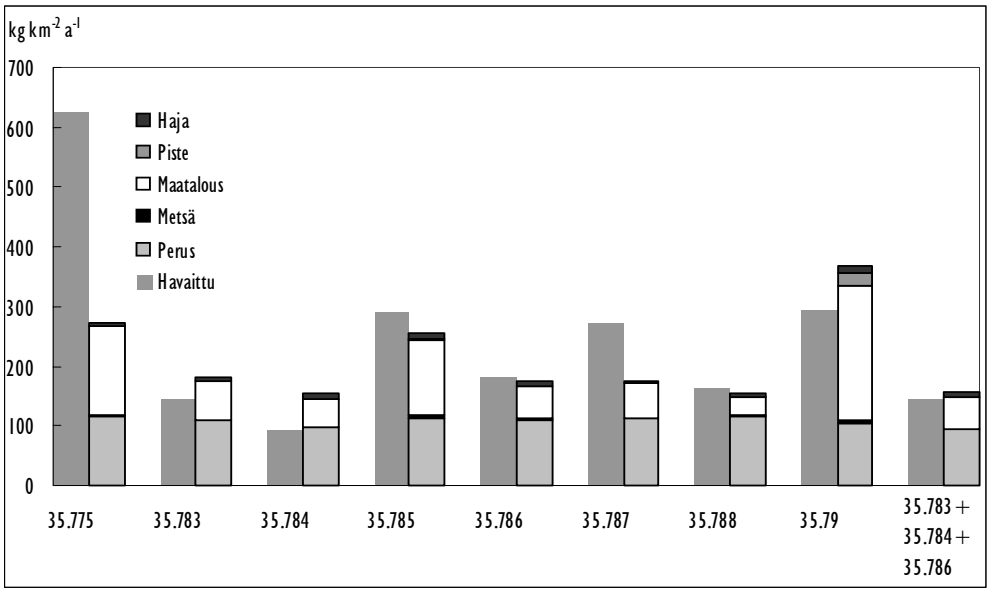
Toinen ongelmallinen osavaluma-alue on Vuolujoen vesistöalue. Alueen havaitut ravinnepitoisuudet ja lasketut ainevirtaamat eroavat korkeiden arvojensa vuoksi selvästi muista valuma-alueiden havainnoista (esim. kuva 5.16 ja kuva 6.1). Tilastollisen kuormitusmallin eri tunnusluvut, kuten järvisyys, peltoprosentti, nautayksiköiden määrä, metsätalouden kuormitus, pistekuormitus ja haja-asutuksen kuormitus, eivät kuitenkaan selitä näin suuria ravinnepitoisuuksien arvoja. Myös kiintoainepitoisuus (kuva 5.22) ja veden väriluku (kuva 5.18) ovat selvästi suurempia kuin muilla osavaluma-alueilla. Lisäksi Vuolujoen purkautumisjärven, Hauhonselän ravinnepitoisuudet ovat Hauhon reitin korkeimmat. Tällöin on kyse suhteellisen pysyvästä tilanteesta, ei esim. vuoden 2000 poikkeuksellisesta kuormituksesta. Tarkasteltaessa kuvaa 5.16 voidaan havaita, että esim. Vuolujoen kokonaisfosforipitoisuus seuraa, kuten yleensä, valuman muutoksia luonnossa. Tästä

voidaan päätellä, että korkeat ravinnepitoisuudet eivät johdu niinkään pistekuormituksesta tai haja-asutuksen kuormituksesta vaan valuman aiheuttamasta eroosiokuormituksesta, käytännössä ilmeisesti pelloilta tulevasta ravinnekuormituksesta. Selvää syytä Vuolujoen osavaluma-alueen suuriin kuormitusarvoihin ei kuitenkaan tässä selvityksessä pystytty antamaan, vaikka ilmiötä on tutkittu eri asiantuntijoiden voimin, maastokäynnillä sekä tekemällä ylimääräisiä vedenlaatuhavaintoja Vuolujoesta. Järvialtaisiin kohdistuvan kuormituksen sekä järvisysteemin massatasapainomallin laskennassa Vuolujoen valuma-alueen kuormitukseen tehtiin lisäys, jotta laskennallinen kuormitus vastaisi havaittua kuormitusta.

Luonnossa valunnan määrä ja ajoitus vaihtelee vuosittain. Kuormitusmallin antamat tulokset kuvaavat keskimääräisen sadevuoden kuormituksia. Tämän vuoksi kuormitusarvoja on yleensä korjattava korjauskertoimella, joka muodostetaan vertaamalla havaintojakson keskivalumaa pitkän aikajakson keskivalumaan. Näin hydrologialtaan erilaisten vuosien tulokset on mahdollista saada yhteismitallisiksi. Vuonna 2000 keskivaluma Hauhon reitin alueella oli kuitenkin hyvin lähellä pitkän ajan vuosikeskiarvoa, joten korjauskerrointa ei käytetty.



Kuva 6.1. Kuormitusmallin kalibrointi, kokonaisfosfori.



Kuva 6.2. Kuormitusmallin kalibrointi, kokonaistyppi.

Taulukko 6.2. Hauhon reitin osavaluma-alueiden laskennallinen kokonaisfosforikuormitus kuormituslähteittäin (kg a^{-1} km^{-2}).

Valuma-alue		Pinta-ala (km^2)	Maatalous	Piste	Metsä	Haja	Perus	Yht.
35.771 (L)	Ilmoilanselän alue	102,6	7,42	0	0,70	2,18	7,00	17,30
35.772 (L)	Hauhonselän alue	70,5	7,56	0,86	1,09	2,93	7,00	19,44
35.773 (L)	Iso-Roineen alue	144,0	5,21	0	0,88	1,53	7,00	14,62
35.774 (L)	Pyhäjärven alue	68,4	5,75	0	0,89	2,02	7,00	15,67
35.775	Vuolujoen vesistöalue	149,7	3,79	0	0,42	0,91	3,55	8,67
35.781E (L)	Kukkian alue (itä)	83,3	4,36	0	0,97	2,23	7,00	14,56
35.781W (L)	Kukkian alue (länsi)	74,5	4,97	0,10	1,11	3,98	7,00	17,16
35.782 (L)	Kuohijärven alue	97,7	3,63	0	0,98	1,88	7,00	13,50
35.783	Nerosjärven alue	83,4	1,92	0	0,29	0,72	2,95	5,88
35.784	Vesijaon vesistöalue (bif.)	156,5	1,26	0	0,24	0,81	2,44	4,75
35.785	Ämmätsänjärven-Myllyojan vesistöalue	74,4	3,09	0,01	0,47	1,09	3,22	7,88
35.786	Heinäjoen vesistöalue	70,1	1,78	0	0,30	1,29	2,96	6,33
35.787	Ekojärven vesistöalue	118,1	1,78	0	0,34	0,49	3,22	5,83
35.788	Pitkälänojan vesistöalue	31,3	0,95	0	0,38	0,78	3,06	5,17
35.79	Ormajoen vesistöalue	222,1	4,62	0,28	0,37	1,51	2,97	9,76
35.783+35.784+35.786		310,1	1,53	0,00	0,24	0,88	2,44	5,10

(L)=Järvialtaan lähivaluma-alue, jonka pinta-alasta vähennetty järven pinta-ala.

Taulukko 6.3.Hauhon reitin osavaluma-alueiden laskennallinen kokonaistyppikuormitus kuormituslähteittäin (kg a^{-1} km^{-2}).

Valuma-alue		Pinta-ala (km^2)	Maatalous	Piste	Metsä	Haja	Perus	Yht.
35.771 (L)	Ilmoilanselän alue	102,6	300	0	3	13	200	517
35.772 (L)	Hauhonselän alue	70,5	325	40	8	18	200	590
35.773 (L)	Iso-Roineen alue	144	186	0	4	9	200	400
35.774 (L)	Pyhäjärven alue	68,4	214	0	5	12	200	432
35.775	Vuolujoen vesistöalue	149,7	149	0	3	6	116	274
35.781E (L)	Kukkian alue (itä)	83,3	143	0	7	14	200	364
35.781W (L)	Kukkian alue (länsi)	74,5	172	20	8	24	200	424
35.782 (L)	Kuohijärven alue	97,7	102	0	5	12	200	318
35.783	Nerosjärven alue	83,4	66	0	2	6	109	182
35.784	Vesijaon vesistöalue (bif.)	156,5	48	0	1	7	96	153
35.785	Ämmätsänjärven-Myllyojan vesistöalue	74,4	124	2	5	8	114	254
35.786	Heinäjoen vesistöalue	70,1	55	0	2	10	110	177
35.787	Ekojärven vesistöalue	118,1	59	0	2	4	112	176
35.788	Pitkälänojan vesistöalue	31,3	29	0	4	6	115	155
35.79	Ormajoen vesistöalue	222,1	226	23	3	11	105	369
35.783+35.784+35.786		310,1	54	0	1	7	94	157

(L)=Järvialtaan lähivaluma-alue, jonka pinta-alasta vähennetty järven pinta-ala.

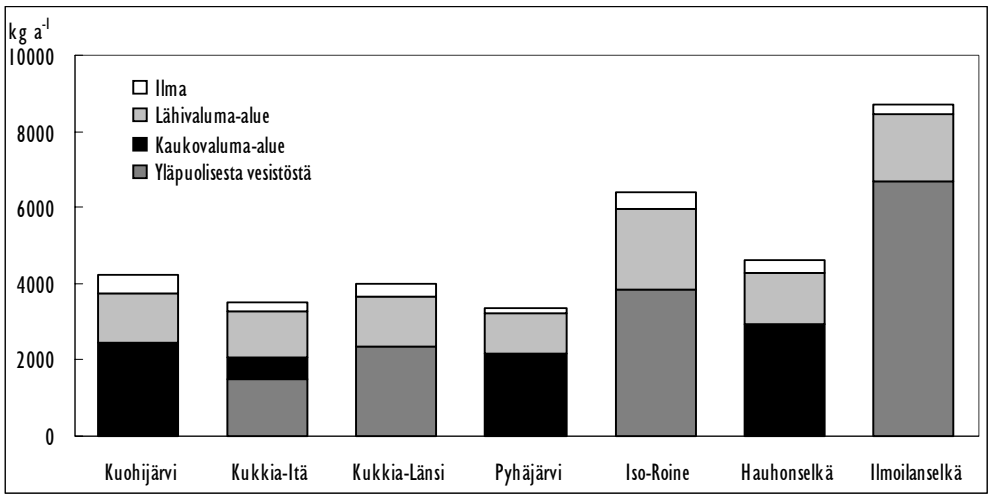
$$L_P = \left(1+ p_l\right)^{-0.20}\left[0.90\left(u_m + 1.0\, p_f\right)^{0.60} + L_s + L_w + \left(L_f + L_b\right)A^{-0.08} \right] \qquad (9)$$

$$L_N = \left(1+ p_l\right)^{-0.10}\left[4.50\left(u_m + 4.0\, p_f\right)^{0.90} + L_s + L_w + \left(L_f + L_b\right)A^{-0.08} \right] \qquad (10)$$

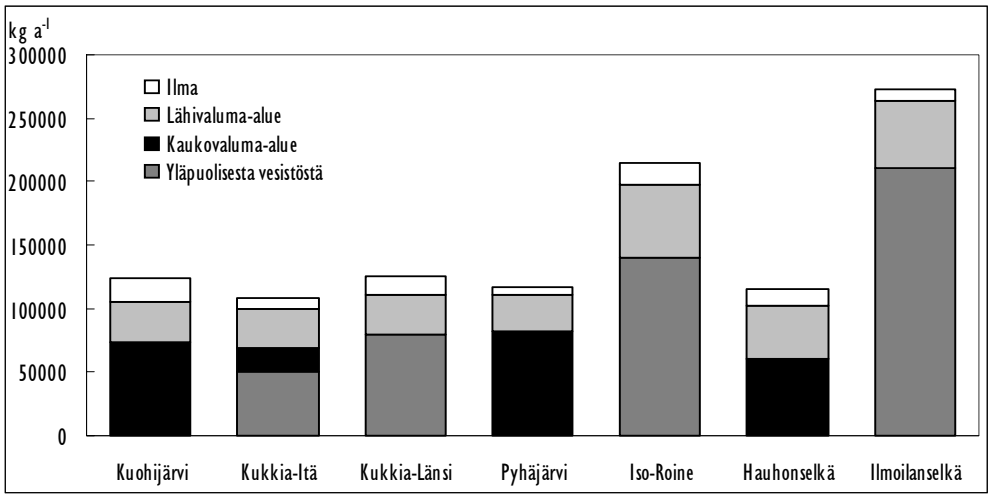
Kuormitusmallin kalibrointi Hauhon reitille osoittaa, että maatalouden, varsinkin peltojen, aiheuttama ravinnekuormitus on fosforin osalta matala verrattuna esim. koko Längelmäveden vesistöön. Osaltaan tämä johtuu peltojen suhteellisen pienestä osuudesta koko valuma-alueella (12 %), mutta todennäköisesti myös siitä, että maatalouden ympäristötukien edellyttämät ympäristönsuojelutoimet ovat jo ensimmäisen tukikauden (1995-1999) jälkeen vaikuttaneet vähentävästi maatalouden ravinnekuormitukseen.

6.2 Kuormituksen jakautuminen eri lähteiden kesken

Järvialtaisiin tuleva kuormitus voidaan jakaa kuormitukseen lähivaluma-alueelta , kaukovaluma-alueelta, altaan yläpuolisesta vesistöstä, sekä suoraan vesistöön kohdistuvaan ilmakuormitukseen. Kuvista 6.3 ja 6.4 nähdään, että Ilmoilanselkään kohdistuvasta kokonaisfosfori- ja kokonaistyppikuormituksesta neljä viidesosaa on peräisin yläpuolisesta vesistöstä. Pyhäjärveen kohdistuvasta ravinnekuormituksesta vastaavasti kaksi kolmasosaa on peräisin kaukovaluma-alueelta (Ormajoen va). Kuvista 6.3 (kokonaisfosfori) ja 6.4 (kokonaistyypi) ilmenee järvialtaisiin kohdistuvan kuormituksen ositus.



Kuva 6.3. Kokonaisfosforikuormituksen ositus järvialtaisiin valuma-alueelta, ilmasta ja yläpuolisesta vesistöstä tulevaan kuormitukseen.



Kuva 6.4. Kokonaistyppikuormituksen ositus järvialtaisiin valuma-alueelta, ilmasta ja yläpuolisesta vesistöstä tulevaan kuormitukseen.

6.2.1 Fosforikuormitus

Hauhon reitin suuriin järvialtaisiin kohdistuvassa fosforikuormituksessa eri kuormituslähteiden osuudet vaihtelevat seuraavasti: perushuuhtouma 22-45 %, maatalous 25-59 %, haja-asutus 7-15 %, metsätalous 3-5,5 % ja pistekuormitus 0-2 % (taulukko 6.4). Ihmisen toiminnasta aiheutuva fosforikuormitus on siten valtaosaltaan peräisin maataloudesta.

Perushuuhtouman osuus fosforikuormituksesta on suurin Kuohijärvessä (45 %) ja Kukkian itäosissa (43 %). Näiden altaiden valuma-alueet ja yläpuoliset vesistöt ovat Hauhon reitin karuimmissa osissa. Eniten ihmistoiminnan vaikutusta on Hauhonselällä, missä perushuuhtouman osuus fosforikuormituksesta on vain 22 %.

Maatalouden osuus kuormituslähteenä on suurin Hauhonselällä (59 %), mutta myös Ilmoilanselällä ja Pyhäjärvellä maatalouden kuormitus on voimakasta. Kuohijärvellä ja Kukkialla maatalous muodostaa noin neljänneksen järvialtaaseen kohdistuvasta fosforikuormituksesta. Määrällisesti eniten maatalouden fosforikuormitusta kertyy vesistöön Ilmoilanselälle, Hauhonselälle ja Iso-Roineeseen, missä on runsaasti maataloutta myös altaiden lähivaluma-alueilla. Metsätalouden osuus järviin kohdistuvasta fosforikuormituksesta on melko vähäinen kaikilla Hauhon reitin suurilla järvillä.

Haja-asutuksen osuus suurten järvien fosforikuormituksesta on 11-15 % lukuun ottamatta Hauhonselkää, jossa sen osuus on vain 7 %. Määrällisesti hajakuormitusta päätyy eniten Ilmoilanselälle, Iso-Roineeseen ja Kukkian länsiosiin. Kukkian länsiosissa haja-asutuksesta peräisin olevan kuormituksen merkitys on korostuneempi kuin muilla altailla, koska maatalouden osuus kokonaiskuormituksesta on vähäisempi kuin monella muulla reitin järvialtaalla.

Pistekuormituksen osuus järvialtaiden kokonaiskuormituksesta on hyvin vähäinen, mutta voi olla paikallisesti merkittävä. Pistekuormitusta päätyy määrällisesti eniten Pyhäjärveen (Lammilta), Hauhonselkään ja Ilmoilanselkään. Määrältään suurin fosforikuormitus kohdistuu järvialtaisiin seuraavasti kuormituslähteittäin (altaan valuma-alueen ja yläpuolisen vesistön huomioon ottaen):

Maatalous: Ilmoilanselkä ja Hauhonselkä, myös Iso-Roine
Haja-asutus: Ilmoilanselkä ja Iso-Roine, myös Kukkia (etenkin länsiosat)
Pistekuormitus: Pyhäjärvi, Hauhonselkä ja Ilmoilanselkä

Fosforikuormituksen alkuperä on eritelty osavaluma-alueittain taulukossa 6.2. Suurin osa fosforikuormituksesta on peräisin perushuuhtoumasta ja maataloudesta. Maatalouskuormitusta päätyy vesistöön määrällisesti eniten Ilmoilanselän, Hauhonselän ja Iso-Roineen lähivaluma-alueilta sekä Vuolujoen ja Ormajoen kaukovaluma-alueilta (huomaa pinta-ala valuma-alueen kuormituksen laskennassa. Metsätalouden kuormitusta tulee määrällisesti eniten Iso-Roineen lähivaluma-alueelta.

Myös haja-asutuksen kuormituksen määrä on kohtalaisen suuri etenkin Ilmoilanselän, Hauhonselän, Iso-Roineen ja Kukkian länsiosien lähivaluma-alueilla sekä Ormajoen kaukovaluma-alueella. Vesistön latvoilla haja-asutuksen kuormitusta tulee vesistöön eniten Vesijaon valuma-alueella. Kaukovaluma-alueista Pyhäjärveen laskevalta Ormajoen valuma-alueelta tulee määrällisesti eniten kokonaisfosforikuormitusta vesistöön. Kuohijärveen laskevilta latvavesien alueilta tuleva kuormitus on huomattavasti vähäisempi, mikä selittyy pitkälti valuma-alueen maankäytöllä.

Jos tutkitaan kuormitusta pinta-alayksikköä kohti (kg km^{-2} a^{-1}) osavaluma-alueittain, kuormituspaine vesistöön on voimakkainta suurten altaiden lähivaluma-alueilla. Maatalouden fosforikuormitus pinta-alayksikköä kohti on suurinta Ilmoilanselän ja Hauhonselän lähivaluma-alueilla, mutta myös muiden lähivaluma-alueiden kuormitus on merkittävä.

Kaukovaluma-alueista suurin maatalouden kuormituspaine on Ormajoen, Vuolujoen ja Ämmätsänjärven-Myllyojan valuma-alueilla. Havaintojen perusteella Hauhonselälle purkautuvan Vuolujoen valuma-alueen kuormituspaine on poikkeuksellisen suuri (kuvat 6.1 ja 6.2). Alueen vesiensuojelutoimenpiteisiin tulee kiinnittää aivan erityistä huomiota, koska joen purkuvesistö on tutkituista järvialtaista rehevöitynein.

Haja-asutuksesta peräisin olevan fosforin kuormituspaine on suurin Kukkian läntisellä alueella. Kuormitus pinta-alayksikköä kohti on pääaltaiden lähivaluma-alueilla suurempi kuin muilla osavaluma-alueilla. Iso-Roineen lähivaluma-alueella haja-asutuksen kuormituspaine on pienempi kuin muilla isoilla järvillä. Metsätalouden fosforikuormitus pinta-alayksikköä kohti on suurin Kukkian, Kuohijärven ja Hauhonselän lähivaluma-alueilla.

6.2.2 Typpikuormitus

Kuormitusmallin perusteella Hauhon reitin järvialtaisiin kohdistuvassa typpikuormituksessa eri kuormituslähteiden osuudet vaihtelevat seuraavasti: perushuuhtouma 28-53 %, maatalous 28-57 %, haja-asutus noin 3 %, metsätalous noin 1 % ja pistekuormitus 0-4 % (ks. taulukko 6.5). Suurin osa ihmisen toiminnasta peräisin olevasta typpikuormituksesta tulee maataloudesta.

Perushuuhtouman osuus typpikuormituksesta on suurin (53 %) Kuohijärvessä. Myös Kukkian itäosissa perushuuhtouman osuus on huomattava (48 %). Näiden altaiden yläpuoliset vesistön osat ja valuma-alueet ovatkin Hauhon reitin luonnontilaisinta osaa. Ihmistoiminnan vaikutus typpikuormitukseen on suurinta Hauhonselällä, missä perushuuhtouman osuus on vain noin 28 %.

Maataloudesta peräisin olevan typen osuus järvialtaaseen kohdistuvasta kokonaistyppikuormituksessa on suurin Hauhonselällä (57 %) ja Pyhäjärvessä (56 %).Vähäisintä se on Kuohijärvessä (28%). Määrältään selvästi eniten maatalouden typpikuormitusta päätyy Ilmoilanselälle (ks. taulukko 6.5). Myös Iso-Roineeseen, Hauhonselkään ja Pyhäjärveen kohdistuu määrältään suuri maatalouden typpikuormitus. Metsätalouden osuus typpikuormitukseen on hyvin vähäinen.

Haja-asutuksen osuus kokonaiskuormituksesta on typpikuormituksessa vähäisempi kuin fosforikuormituksessa. Haja-asutuksen osuus typpikuormituksesta on hieman yli 3 % vain Kuohijärven ja Kukkian valuma-alueilla, kun se muualla on vähäisempi. Määrältään eniten haja-asutuksen kuormitusta kohdistuu kuitenkin Ilmoilanselkään ja Iso-Roineeseen.

Pistekuormituksen osuus järviin päätyvästä typen kokonaiskuormituksesta on melko pieni. Sen osuus on suurin Pyhäjärvellä (4 %), mihin pistekuormitusta kulkeutuu myös määrällisesti eniten Ormajoen vesistöalueelta. Määrältään suurin typpikuormitus kohdistuu järvialtaisiin seuraavasti kuormituslähteittäin (altaan valuma-alueen ja yläpuolisen vesistön huomioon ottaen):

Maatalous: etenkin Ilmoilanselkä, myös Iso-Roine, Hauhonselkä ja Pyhäjärvi
Haja-asutus: Ilmoilanselkä ja Iso-Roine
Pistekuormitus: Pyhäjärvi ja Ilmoilanselkä

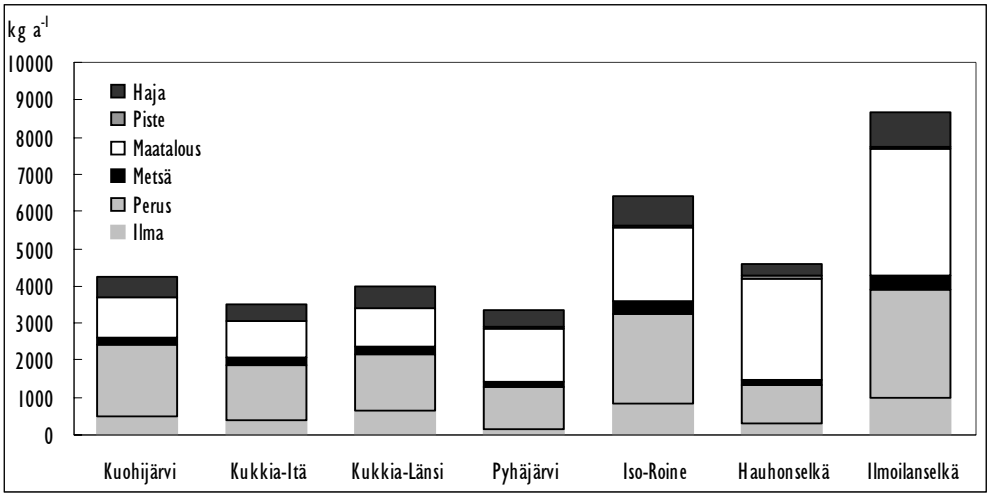
Typpikuormituksen alkuperä näkyy osavaluma-alueittain taulukossa 6.3. Suurin osa typpikuormituksesta on peräisin perushuuhtoumasta ja maataloudesta. Maatalouskuormitusta tulee eniten suurten järvien lähivaluma-alueilta sekä Ormajoen kaukovaluma-alueelta (huomaa pinta-ala valuma-alueen kuormituksen laskennassa.

Haja-asutuksen typpikuormitusta päätyy vesistöihin määrällisesti eniten suurten järvien lähivaluma-alueilta sekä Vesijaon ja Ormajoen kaukovaluma-alueilta. Lähivaluma-alueiden haja-asutuksen typpikuormitusta tulee vähiten Pyhäjärven alueelta. Metsätalouden kuormitusta tulee määrällisesti eniten Iso-Roineen ja Kukkian lähivaluma-alueilta.

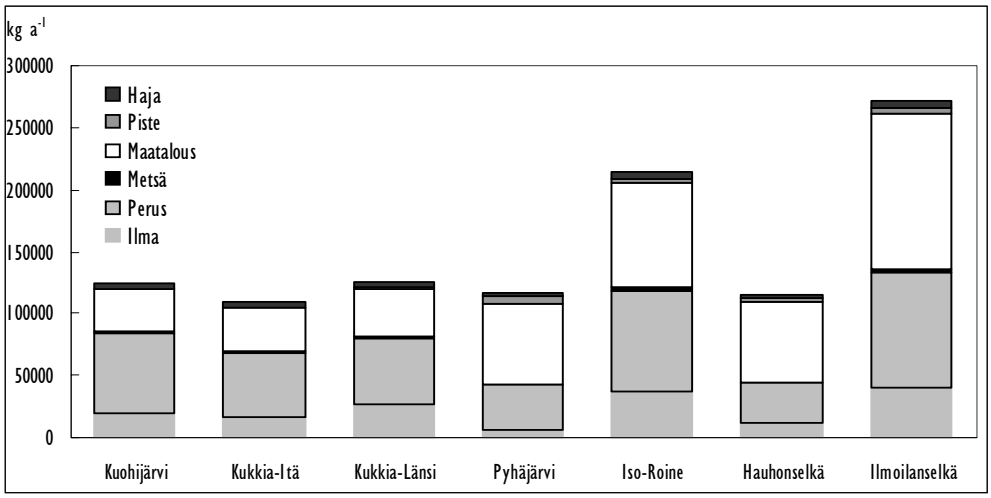
Jos tutkitaan kuormitusta pinta-alayksikköä kohti (kg km^{-2} a^{-1}) osavaluma-alueittain, voidaan havaita, että suurten altaiden lähivaluma-alueiden kuormituspaine vesistöön on suurin. Maatalouden typpikuormitus osavaluma-alueen pinta-alayksikköä kohti on voimakkainta Ilmoilanselän, Hauhonselän ja Pyhäjärven lähivaluma-alueilla sekä Ormajoen ja Ämmätsänjärven-Myllyojan kaukovaluma-alueilla.

Haja-asutuksen typpikuormitus on pinta-alayksikköä kohti selvästi suurinta Kukkian läntisellä alueella. Lähivaluma-alueista Iso-Roineen alueella on vähäisin haja-asutuksen kuormituspaine. Pinta-alaansa nähden Heinäjoen kaukovaluma-alueella on muihin verrattuna kohtalaisen suuri haja-asutuksen aiheuttama kuormituspaine.

Metsätalouden fosforikuormitus pinta-alayksikköä kohti on suurin Kukkian ja Hauhonselän lähivaluma-alueilla. Kaukovaluma-alueista suurin metsätalouden kuormituspaine on Ämmätsänjärven-Myllyojan kaukovaluma-alueella.



Kuva 6.5. Kokonaisfosforikuormituksen osuudet kuormituslähteittäin reitin järvialtaissa.



Kuva 6.6. Kokonaistyppikuormituksen osuudet kuormituslähteittäin reitin järvialtaissa.

Taulukko 6.4. Hauhon reitin järvialtaisiin kohdistuva kokonaisfosforikuormitus kuormituslähteittäin. Altaan yläpuolisen vesistön aiheuttama kuormitus huomioitu.

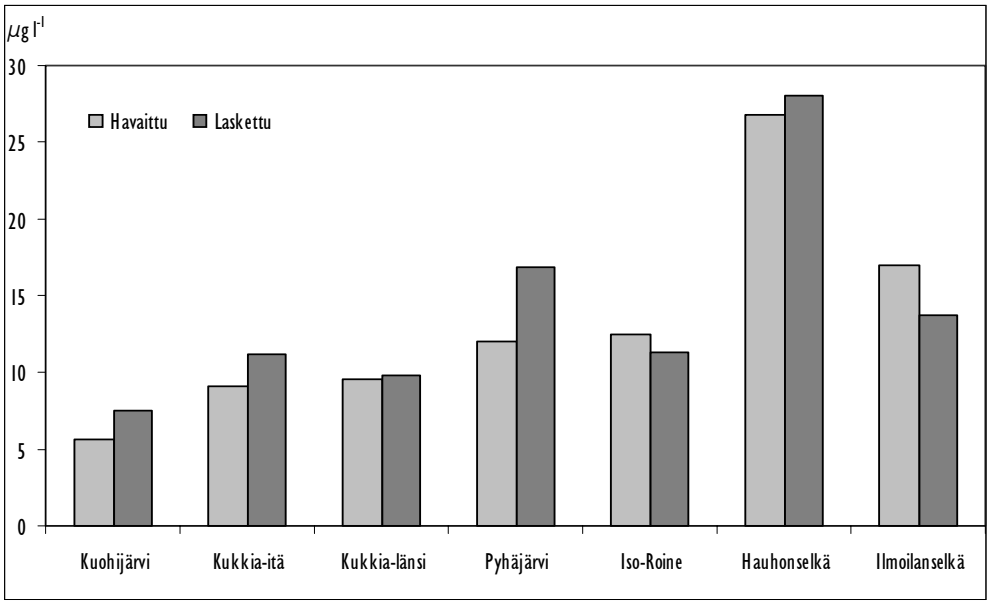
	Maatalous	Piste	Metsä	Haja	Perus	Ilma
kg a^{-1}						
Kuohijärvi	1069	0	223	540	1918	479
Kukkia-Itä	966	1	193	456	1493	390
Kukkia-Länsi	1021	8	213	604	1528	639
Pyhäjärvi	1420	63	143	473	1139	131
Iso-Roine	1989	33	314	786	2412	856
Hauhonselkä	2731	60	140	342	1024	305
Ilmoilanselkä	3411	51	364	951	2939	967
%						
Kuohijärvi	25,3	0	5,3	12,8	45,3	11,3
Kukkia-Itä	27,6	0	5,5	13,0	42,7	11,2
Kukkia-Länsi	25,5	0,2	5,3	15,0	38,1	15,9
Pyhäjärvi	42,1	1,9	4,2	14,0	33,8	3,9
Iso-Roine	31,1	0,5	4,9	12,3	37,7	13,4
Hauhonselkä	59,3	1,3	3,1	7,4	22,2	6,6
Ilmoilanselkä	39,3	0,6	4,2	11,0	33,8	11,1

Taulukko 6.5. Hauhon reitin järvialtaisiin kohdistuva kokonaistyppikuormitus kuormituslähteittäin. Altaan yläpuolisen vesistön aiheuttama kuormitus huomioitu.

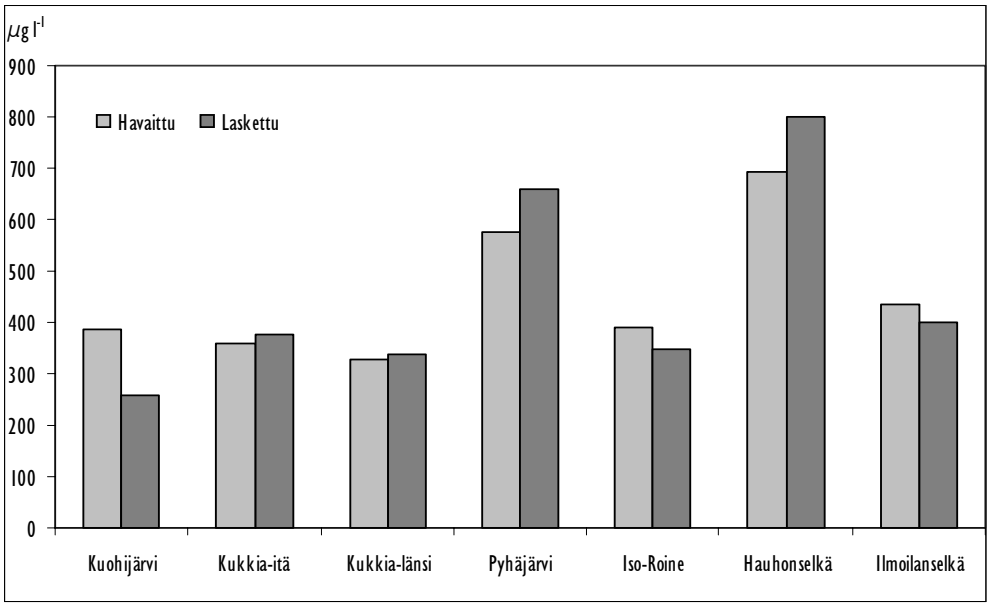
	Maatalous	Piste	Metsä	Haja	Perus	Ilma
kg a^{-1}						
Kuohijärvi	34531	0	1248	4009	65515	19038
Kukkia-Itä	35227	180	1496	3386	51853	16602
Kukkia-Länsi	38339	1642	1683	4272	52531	26974
Pyhäjärvi	64917	5005	1112	3367	37010	5201
Iso-Roine	84802	3630	2255	5818	81477	36849
Hauhonselkä	65152	2820	944	2210	31536	12122
Ilmoilanselkä	125669	4078	2414	6556	93576	39882
%						
Kuohijärvi	27,8	0	1,0	3,2	52,7	15,3
Kukkia-Itä	32,4	0,2	1,4	3,1	47,7	15,3
Kukkia-Länsi	30,6	1,3	1,3	3,4	41,9	21,5
Pyhäjärvi	55,7	4,3	1,0	2,9	31,7	4,5
Iso-Roine	39,5	1,7	1,0	2,7	37,9	17,2
Hauhonselkä	56,8	2,5	0,8	1,9	27,5	10,6
Ilmoilanselkä	46,2	1,5	0,9	2,4	34,4	14,7

6.3 Ainetaseet vesistössä

Kullekin järvialtaalle laskettiin ainetase, jossa otettiin huomioon altaan yläpuolelta tuleva ainevirtaama, altaan valuma-alueelta tuleva kuormitus ja ilmalaskeuma sekä altaasta lähtevä ainevirtaama. Taseet laskettiin kokonaisfosforille sekä kokonaistypelle. Näiden tietojen avulla laskettiin kunkin altaan nettosedimentaatio ja pidättymiskerroin ja kalibroitiin ainetasemalli havaintoja vastaavaksi (taulukko 6.7, kuvat 6.7 ja 6.8). Sedimentaatiokertoimien kalibrointia varten järvialtaiden keskimääräiset kokonaisfosfori- ja kokonaistyppipitoisuudet määritettiin laskemalla havaintoaineistosta tilavuuspainotteisten pitoisuuksien aritmeettiset keskiarvot (taulukko 6.6).



Kuva 6.7. Järvisysteemin CSTR-mallin kalibrointi, kokonaisfosfori



Kuva 6.8. Järvisysteemin CSTR-mallin kalibrointi, kokonaistyppi

Taulukko 6.6. Hauhon reitin altaiden tilavuuspainotteisten ravinnepitoisuuksien aritmeettiset keskiarvot.

	kokonaisfosfori (μg l^{-1})	kokonaistyppi (μg l^{-1})
Kuohijärvi	5,7	385
Kukkia-itä	9,1	358
Kukkia-länsi	9,6	329
Pyhäjärvi	12,0	577
Iso-Roine	12,5	391
Hauhonselkä	26,8	692
Ilmoilanselkä	17,0	434

Taulukko 6.7. Kokonaisfosforin ja kokonaistypen pidättymiskerroin (R) ja ensimmäisen kertaluvun sedimentaatiokerroin (σ) Hauhon reitin altaille.

Allas	kokonaisfosfori		kokonaistyppi	
	R	σ	R	σ
	%	a^{-1}	%	a^{-1}
Kuohijärvi	65,1	1,05	59,3	0,82
Kukkia-itä	32,6	1,05	27,4	0,82
Kukkia-länsi	41,9	1,05	36,0	0,82
Pyhäjärvi	54,6	1,05	48,5	0,82
Iso-Roine	26,3	0,60	32,8	0,82
Hauhonselkä	56,6	1,05	50,5	0,82
Ilmoilanselkä	8,4	0,60	11,1	0,82

Järvialtaiden kalibroinnissa oli lieviä ongelmia. Muun muassa kokonaisfosforin ensimmäisen kertaluvun sedimentaatiokerroin jouduttiin kalibroimaan kahdelle järvialtaalle, Iso-Roineelle ja Ilmoilanselälle, erikseen. Syitä tähän on monia, mm. kuormitustietojen epätarkkuus, lyhyt havaintojakso, CSTR-mallin soveltuvuus morfologialtaan epäsäännöllisiin altaisiin ja kompleksiseen allasverkostoon. Kokonaisuutena kalibrointi onnistui kuitenkin hyvin ja palvelee hyvin kuormituksen ennustekäyttötarkoitusta.

6.4 Kuormitusmuutosten vaikutukset vedenlaatuun

Kuormitusvaihtoehtoja valittaessa on keskitytty kuormituksen vähentämiseen (taulukko 6.8). Lisäksi on laskettu ennuste (H), jos tutkimusalueen rantaosayleiskaavassa olevat rakennuspaikat toteutetaan. Pääsääntöisesti vähentämistoimenpiteet on ajateltu kohdennettavan kaikille vesistöalueen valuma-alueille. Laskelmat on tehty ns. nykytilassa, joka vastaa pitkäaikaisen jakson keskivaluman tuottamia ainevirtaamia. Laskelmien tuloksena saadaan kokonaisfosforin ja kokonaistypen pitoisuudet pitkäaikaiskeskiarvoina valituissa kuormitustilanteissa.

Taulukko 6.8. Tarkasteltavat kuormituksen muutosvaihtoehdot.

Toimenpide	Tunnus
Nykyinen laskennallinen keskipitoisuus	A
Pistekuormitusta vähennetty 100 %	B
Haja- ja loma-asutuksen kuormitusta vähennetty 100 %	C
Pistekuormitusta, haja- ja loma-asutuksen sekä metsätalouden kuormitusta vähennetty 100 %	D
Maatalouden kuormitusta vähennetty 15 %	E
Maatalouden kuormitusta vähennetty 30 %	F
Luonnonhuuhtouma ja ilmakuormitus	G
Suunniteltu loma-asutuksen lisäys	H
Vuolujoen vesistöalueen kuormitus teoreettisella, laskennallisella tasolla (Hauhonselkä ja Ilmoilanselkä)	I

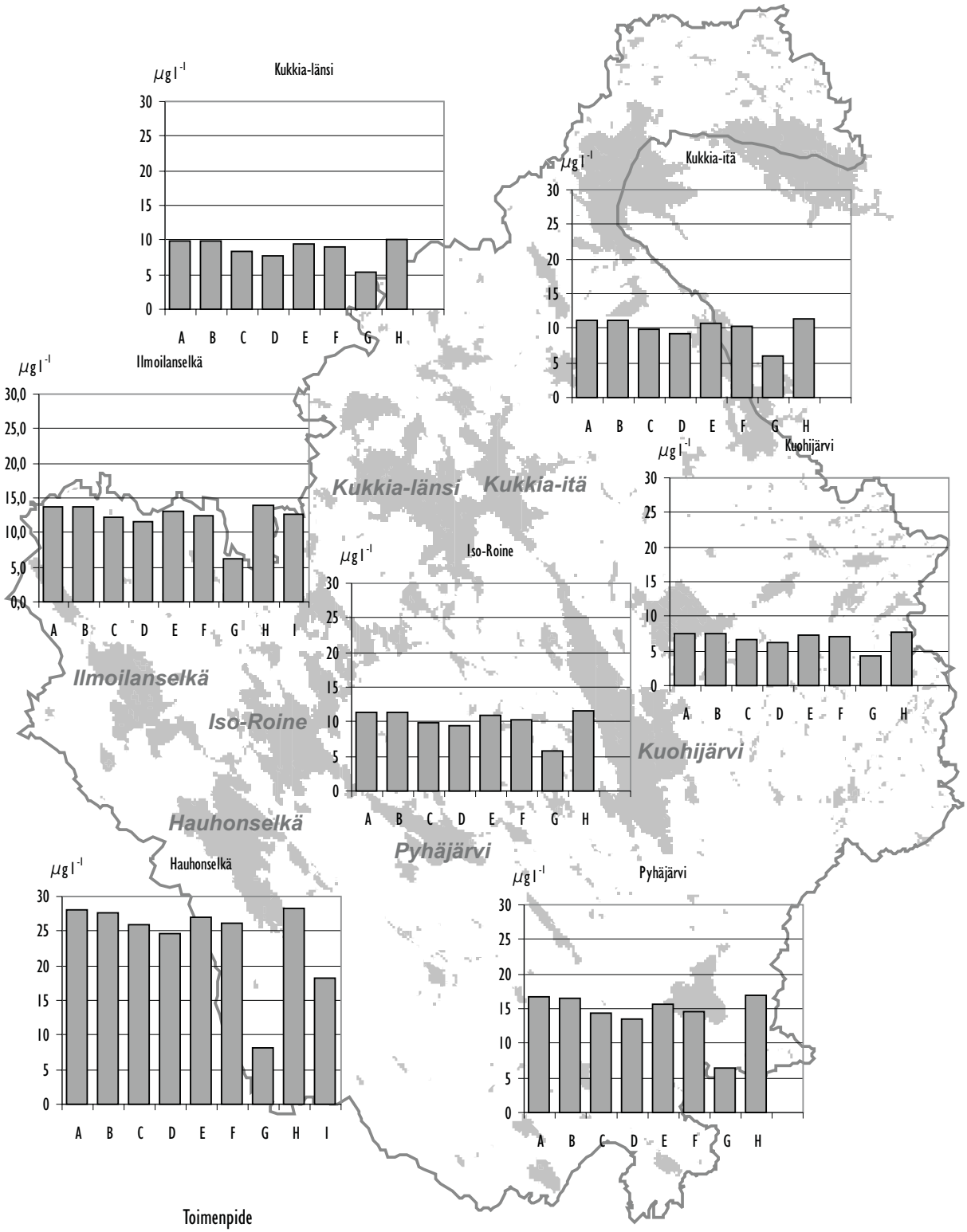
Maatalouden kuormituksen ollessa Hauhon reitillä suhteellisesti pienempi kuin yleensä Suomessa ja esim. Längelmäveden vesistössä, muiden kuormitustekijöiden vaikutus on luonnollisesti suurempi. Taulukoissa 6.9 ja 6.10 sekä kuvissa 6.9 ja 6.10 on esitetty kuormituksen muutostoimenpiteiden vaikutukset järvialtaissa.

Taulukko 6.9. Fosforikuormituksen muutostoimenpiteiden vaikutukset Hauhon reitin järvialtaiden kokonaisfosforipitoisuuksissa ($\mu g\ l^{-1}$).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Kuohijärvi	7,6	7,6	6,6	6,2	7,3	7	4,3	7,6	7,6
Kukkia-itä	11,2	11,2	9,8	9,1	10,8	10,3	6	11,4	11,2
Kukkia-länsi	9,8	9,8	8,3	7,8	9,4	9,1	5,3	10	9,8
Pyhäjärvi	16,8	16,5	14,4	13,4	15,7	14,7	6,3	16,9	16,8
Iso-Roine	11,4	11,3	10	9,3	10,8	10,3	5,8	11,5	11,4
Hauhonselkä	28	27,7	26	24,7	27	26	8,1	28,2	18,1
Ilmoilanselkä	13,7	13,6	12,2	11,5	13,1	12,4	6,2	13,8	12,6

Taulukko 6.10. Typpikuormituksen muutostoimenpiteiden vaikutukset Hauhon reitin järvialtaiden kokonaistyppipitoisuuksissa ($\mu g\ l^{-1}$).

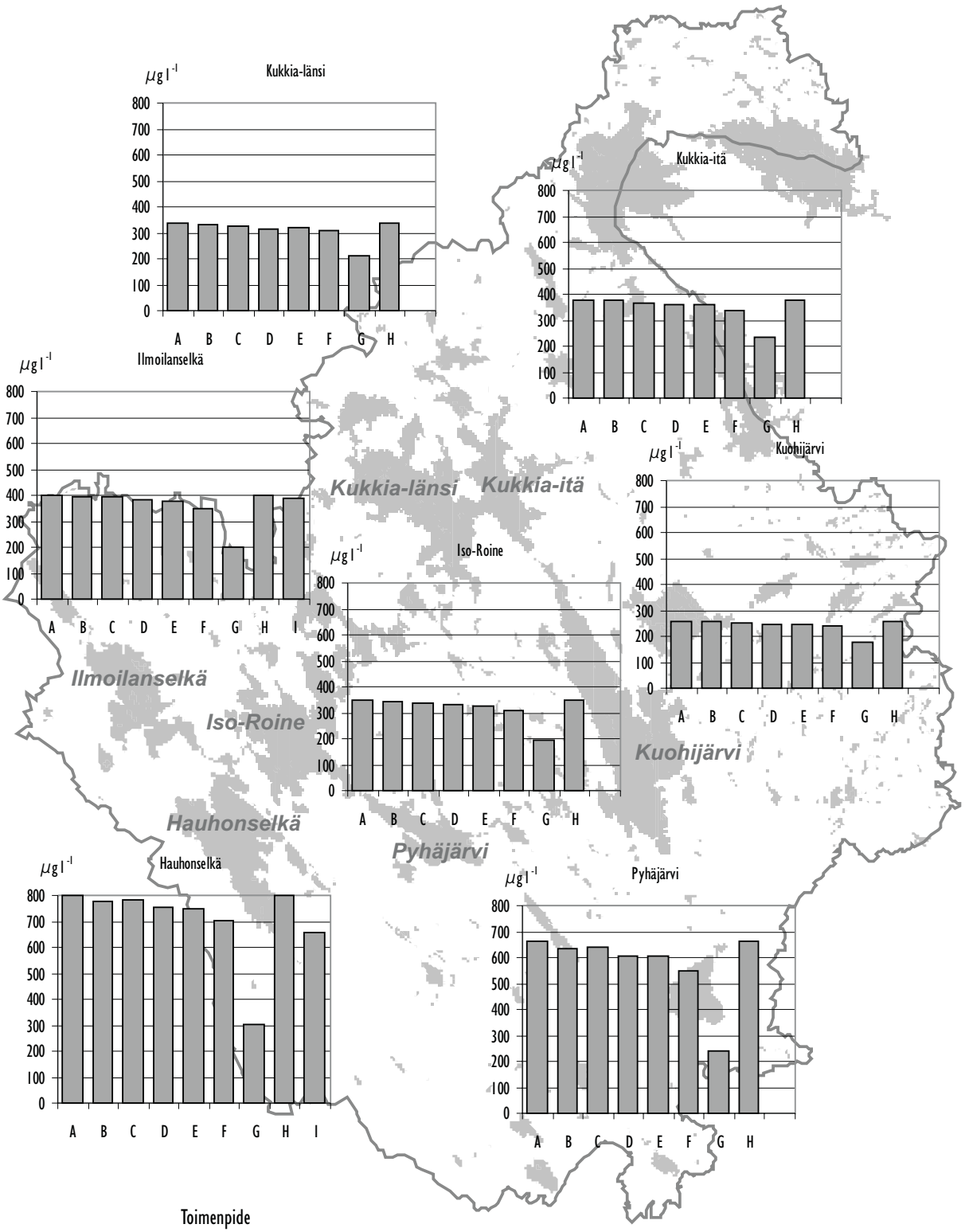
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Kuohijärvi	259	259	251	248	248	237	176	260	259
Kukkia-itä	376	375	364	358	358	339	237	377	376
Kukkia-länsi	337	333	326	317	322	307	214	339	337
Pyhäjärvi	660	632	641	606	605	550	239	661	660
Iso-Roine	348	342	339	329	328	307	192	349	348
Hauhonselkä	798	779	783	757	751	704	304	799	659
Ilmoilanselkä	401	396	392	382	376	351	199	402	386



Toimenpide

- A Nykyinen laskennallinen keskipitoisuus
- B Pistekuormitusta vähennetty 100 %
- C Haja- ja loma-asutuksen kuormitusta vähennetty 100 %
- D Pistekuormitusta, haja- ja loma-asutuksen sekä metsätalouden kuormitusta vähennetty 100 %
- E Maatalouden kuormitusta vähennetty 15 %
- F Maatalouden kuormitusta vähennetty 30 %
- G Luonnonhuuhtouma ja ilmakuormitus
- H Suunniteltu loma-asutuksen lisäys
- I Vuolujoki (Hauhonselkä ja Ilmoilanselkä)

Kuva 6.9. Fosforikuormituksen muutostoimenpiteiden vaikutukset Hauhon reitin järvialtaiden kokonaisfosforipitoisuuksissa.



Toimenpide

- A Nykyinen laskennallinen keskipitoisuus
- B Pistekuormitusta vähennetty 100 %
- C Haja- ja loma-asutuksen kuormitusta vähennetty 100 %
- D Pistekuormitusta, haja- ja loma-asutuksen sekä metsätalouden kuormitusta vähennetty 100 %
- E Maatalouden kuormitusta vähennetty 15 %
- F Maatalouden kuormitusta vähennetty 30 %
- G Luonnonhuuhtouma ja ilmakuormitus
- H Suunniteltu loma-asutuksen lisäys
- I Vuolujoki (Hauhonselkä ja Ilmoilanselkä)

Kuva 6.10. Typpikuormituksen muutostoimenpiteiden vaikutukset Hauhon reitin järvialtaiden kokonaistyppipitoisuuksissa.

Maatalouden kuormituksen vähentäminen ei vähennä kokonaiskuormitusta Hauhon reitillä siinä määrin kuin yleisesti muissa vastaavissa selvityksissä. Tämä johtuu maatalouden normaalia suhteellisesti pienemmästä osuudesta kokonaiskuormituksesta. Hauhon reitin järvialtaissa kokonaisfosforin kuormitusosuus vaihtelee 25 – 59 %, kun useissa tutkimuksissa maatalouden kuormitusosuus on 60 % tasolla. Haja-asutuksen ja pistekuormituksen vähennyksillä näyttäisi olevan selvempi vesiensuojelullinen merkitys. On huomattavaa, että esim. maatalouden yleinen 15 %:n vähennysskenaario (E) ei mainittavasti vähennä kokonaiskuormitusta Hauhon reitillä. Tämä skenaario vastaa keskimääräisesti Suomen ympäristökeskuksen, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen ja Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen projektin "Maatalouden ympäristötuen toimenpiteiden toteutuminen ja vaikutukset vesistökuormitukseen vuosina 1995-1999", (MYTVAS-projekti) arviota realistisesta ympäristötuen ympäristösuojelullisesta vaikutuksesta ravinnekuormitukseen (Palva ym. 2001). Ympäristötuen tavoitteeksi asetettua n. 30-40 % vähennystä ravinnekuormituksessa ei siten ole vielä saavutettu. Maatalouden ympäristötuen toimenpiteiden vaikutus myöskään vesistöissä ei ole tähän mennessä näkynyt toivotulla tavalla. Tämä johtunee mm. korkean fosforitilan omaavien peltojen fosforilannoituksen jatkamisesta, lantaloiden rakentamisviiveestä suunniteltuun verrattuna sekä matalasta erityistukien toteutumistasosta. Tukitoimenpiteiden varsinainen ympäristönsuojelullinen vaikutus tullee olemaan hidasta ja merkittäviä muutoksia ei ole odotettavissa tämänkään tukikauden aikana vuoteen 2006 mennessä.

Loma-asutuksen lisääntyminen nostaa ravinnetasoa reitin selkävesillä vain vähän, vaikka suunnitteilla on yhteensä noin 1240 loma-asunnon rakentaminen. Uudesta loma-asutuksesta aiheutuva ravinnetason nousu ei näy mallitarkastelussa, koska mallin avulla ei voida arvioida rantavesien paikallisia muutoksia. Ravinteisuuden lisääntyminen ilmenee mm. veden mikrobien, plankton- ja rihmalevien sekä vesikasvillisuuden runsastumisena ja lajistomuutoksina sekä veden samentumisena ja näkösyvyyden pienentymisenä. Rannat ja rantakivet, vedenalaiset rakenteet, kuten laiturit sekä kalanpyydykset limoittuvat. Rehevöityminen vaikuttaa myös veden selkärangattomien eläinten ja kalaston runsauteen ja lajistoon. Rantavesien eliöyhteisön ja ravintoverkon muutokset alkavat vähitellen vaikuttaa laajemminkin järvessä.

Nykytilassa Hauhon reitin järvialtaiden kokonaisfosforipitoisuudet alittavat rehevöitymiskehityksen kriittisen raja-arvon (Hauhonselkää lukuun ottamatta), joka Dillonin (1975) mukaan on 20 $\mu g\ l^{-1}$. Poikkeuksellisina sää- ja valuntavuosina edellytykset voivat olla kuitenkin sopivat pitkäaikaisille leväkukinnoille. Alueellisesti kuormituspisteiden lähistöllä kukintoja voi myös helposti esiintyä, vaikka koko altaan keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus ei edellyttäisikään massiivisia leväkukintoja. Hauhon reitti, kuten koko Längelmäveden vesistöreittikin, on suhteellisen kirkasvetinen. Tästä syystä perustuotanto on pinta-alayksikköä kohden suuri.

Toimenpidesuositukset vesistökuormituksen vähentämiseksi

7

7.1 Vesiensuojelutoimenpiteiden kohdentaminen Hauhon reitillä

Vesiensuojelutoimenpiteet tulisi mahdollisuuksien mukaan kohdistaa niihin kuormituslähteisiin ja alueisiin, joiden osuus on suurin kokonaiskuormituksessa ja toisaalta niihin, joihin käytännössä on mahdollista vaikuttaa. Toimenpiteiden kohdentamisessa tulee ottaa huomioon myös havainnot vedenlaadusta.

Voimakkaimmin kuormitetut järvialtaat ovat pääsääntöisesti reitin alaosissa, joten koko yläpuolisen vesistön ja valuma-alueen vesiensuojelutoimenpiteet ovat perusteltuja. Kuormituksen vähentäminen on siten olennaista myös Hauhon reitin yläosan alueilla, vaikka alue on karumpaa ja kuormitus on vähäisempää kuin vesistön alaosassa. Sekä typen että fosforin osalta yläpuolisen vesistön kuormitusvaikutus on huomattava reitin alaosassa Ilmoilanselällä ja Iso-Roineessa (kuvat 6.3 ja 6.4). Myös Kukkialla yläpuolisen vesistön suhteellinen osuus kuormituksessa on merkittävä. Kuohijärvellä, Pyhäjärvellä ja Hauhonselällä taas kaukovaluma-alueiden merkitys on suuri.

Kuormituksen vähentämisen vaikutuksia järvialtaiden ravinnetasoon on tutkittu seuraavilla vaihtoehdoilla: 1) pistekuormituksen loppuminen 2) haja-asutuksen kuormituksen loppuminen, 3) haja-asutuksen, metsätalouden ja pistemäisen kuormituksen loppuminen, 4) maatalouskuormituksen väheneminen 15 % ja 5) maatalouskuormituksen väheneminen 30 %. Maatalouskuormituksen vähentämisvaihtoehdot on valittu lähinnä yleisten kansallisten vähentämistavoitteiden perusteella. Muita kuormitusvaihtoehtoja on tutkittu, jotta eri vähennystoimenpiteiden vaikutukset voitaisiin erottaa toisistaan.

Koska maatalouden osuus kokonaiskuormituksesta on Hauhon reitillä keskimäärin vähäisempi kuin monilla muilla vesistöalueilla, mallitarkastelussa käytetyt kuormituksen vähentämisvaihtoehdot (15 % ja 30 %) eivät yksin vaikuta veden laatuun olennaisesti. Koska maatalous on määrällisesti suurin ravinnekuormittaja Hauhon reitillä, kaikki maatalouskuormitusta vähentävät vesiensuojelutoimenpiteet ovat kuitenkin hyvin tarpeellisia. Mallitutkimuksen vaihtoehdoista haja-asutuksen, metsätalouden ja pistemäisen kuormituksen vähennyksillä olisi erillisenä toimenpiteenä selvin vaikutus vesistön yleiseen ravinnetasoon, mikäli ne pystyttäisiin kokonaisuudessaan lopettamaan. Em. kuormituksen lopettaminen kokonaisuudessaan ei kuitenkaan ole käytännössä mahdollista. Kuormituksen vähentäminen on siten tarpeen kaikkien kuormituslähteiden osalta, jotta toimenpiteillä on yhdessä vaikutusta vedenlaatuun.

Olennaista on huomata, että malleissa on hyödynnetty syvännealueiden vedenlaatutietoja, eikä alueellisia eroja vedenlaadussa järvialtaan sisällä voida ottaa huomioon. On silti selvää, että ravinnekuormituksen vähentäminen vaikuttaa eri tavalla altaiden eri osissa. Kaikenlaisten vesiensuojelutoimien merkitys voi olla olennainen etenkin rantavesien ja eristyneiden vesistön osien veden laatuun.

Hauhonselkää kuormittavan Vuolujoen veden ravinnepitoisuudet ovat poikkeuksellisen suuria Hauhon reitillä tutkittujen muiden jokien ravinnepitoisuuksiin verrattuna. Vuolujoen valuma-alueelta vesistöön päätyvä kuormitus on siten

huomattava. Syytä suureen ravinnekuormaan ei toistaiseksi tunneta, mutta valunnan määrää seuraavan veden laadun perusteella suuria määriä ravinteita päätyy vesistöön eroosion mukana. Vuolujoen alueen vesiensuojelutoimenpiteisiin tulee kiinnittää erityistä huomiota etenkin pintavalunnan mukana kulkeutuvan ravinnekuormituksen vähentämiseksi.

Mallitutkimuksen tulosten ja vedenlaatutietojen perusteella vesiensuojelutoimenpiteitä tulisi painottaa ensisijaisesti seuraavalla tavalla:

Maatalous:
1) suurten järvien lähivaluma-alueet, etenkin Ilmoilanselän, Hauhonselän ja Iso-Roineen lähivaluma-alueella,
2) Vuolujoen, Ormajoen ja Ämmätsänjärven-Myllyojan kaukovaluma-alueet.

Metsätalous:
1) Kukkian, Kuohijärven, Hauhonselän ja etenkin Iso-Roineen lähivaluma-alueet,
2) Ormajoen kaukovaluma-alue

Haja-asutus:
1) suurten järvien lähivaluma-alueet, etenkin Kukkian läntiset osat,
2) Ormajoen ja Vesijaon kaukovaluma-alueet

Pistekuormitus:
1) Hauhonselkä

7.2 Pistekuormitus

Hauhon reitin vesistöalueella sijaitsevat jätevedenpuhdistamot (Luopioisten Rautajärvi ja Kirkonkylä, Hauhon kirkonkylän puhdistamo, Lammin kirkonkylän puhdistamo, Evon metsäopiston puhdistamo) toimivat hyvin, lupaehdot selkeästi alittaen (Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys 2001a, 2001b, 2001c, 2001d, 2002), eikä näiden puhdistamoiden toimintaa ole mahdollista tehostaa siinä määrin, että vesistökuormitus merkittävästi pienenisi. Tuuloksen kunnan jätevedet johdetaan siirtoviemärin kautta Hämeenlinnan Paroisten puhdistamolle käsiteltäväksi. Paroisten puhdistamo johtaa käsitellyt jätevedet Vanajaveteen, joka ei kuulu Hauhon reitin vesistöalueeseen. Hauhon kunnan jätevedet tultaneen johtamaan myös Hämeenlinnan Paroisten puhdistamolle, kun nykyinen johtamislupa päättyy vuoden 2004 lopussa. Tällöin Ilmoilan- ja Hauhonselkään kohdistuva kuormitus pienenee.

7.3 Haja- ja loma-asutus

Asuinkiinteistöt olisi ensisijaisesti liitettävä yleiseen viemäriverkostoon, jos liittyminen on mahdollista kohtuullisin kustannuksin. Useat kiinteistöt voivat myös rakentaa yhteisen viemäriverkoston ja jätevedenpuhdistamon. Naapurusten yhteiset viemäröintihankkeet ovat vielä harvinaisia, vaikka yhteiset vedenhankintajärjestelyt ovatkin tietyillä alueilla Suomessa tavallisia.

Mikäli asuinkiinteistön on vastattava jätevesien käsittelystä omatoimisesti, on periaatteessa valittavana useita erilaisia ratkaisuja. Syntyvän jäteveden määrää voidaan vähentää käyttämällä kompostikäymälää tai muuta kuivakäymälää, jossa virtsa ja uloste erotellaan, käyttämällä vettä säästäviä vesikalusteita sekä pitämällä sadevedet erillään käsittelemättömistä jätevesistä. Syntyneen jäteveden tehokas puhdistustulos edellyttää jäteveden esikäsittelyä sekä jatkokäsittelyä. Tavallisesti

jätevedet käsitellään vanhoissa kiinteistöissä kaksiosaisella sakokaivolla, jonka jälkeen vedet johdetaan maastoon. Perinteinen saostuskaivo yksinomaisena käsittelynä ei ole puhdistusteholtaan riittävä. Saostuskaivosta lähtevän jäteveden jatkokäsittelynä on monesti yksinkertainen maaperäkäsittely, imeytyskuoppa tai vastaava. Sellainen on riittävä vain edullisissa olosuhteissa vähäisille jätevesimäärille. Normaalivarusteiselle ympärivuotisesti asutulle talolle tarvitaan kunnollinen, oikein suunniteltu ja rakennettu maapuhdistamo. Sellaisena pidetään esimerkiksi imeytysojastoa ja imeytyskenttää sekä maasuodatinta. Muita vaihtoehtoja ovat tehdasvalmisteinen pienpuhdistamo tai jätevesisäiliö. Pienpuhdistamoa käytettäessä voidaan samassa yhteydessä käsitellä sekä harmaavesi että WC-vesi. Jos kiinteistöllä on jätevesijakeiden erottelujärjestelmä tulee WC-vedet johtaa umpikaivoon ja tällöin harmaiden vesien käsittelemiseksi tarvitaan kaksiosainen sakokaivo ja jatkokäsittelyjärjestelmäksi imeytyskenttä. Umpikaivosta jätevesi kuljetetaan kunnalliselle jätevedenpuhdistamolle. Kompostikäymälän ja muun kuivakäymälän yhteydessä on pesuvedet käsiteltävä asianmukaisesti. Ravinnekuormitusta voidaan pienentää myös pesuaineiden valinnalla.

Parhaan puhdistustuloksen saavuttamiseksi kiinteistökohtaisten jätevedenkäsittelylaitteiden käyttöä ja hoitoa tulee tarkkailla säännöllisin väliajoin. Laitteiden hoitoon kuuluu muun muassa kertyneen lietteen säännöllinen poisto laitteiden hoito-ohjeiden mukaisesti.

Yleiseen viemäriverkkoon kuulumattomien kiinteistöjen jätevesihuollon vaatimukset kiristyvät tulevina vuosina. Ympäristöministeriö valmistelee ympäristönsuojelulain nojalla uutta asetusta, jotta haja-asutuksen jätevesikuormitus saataisiin nykyistä huomattavasti pienemmäksi. Asetuksessa määrättäisiin talousjäteveden käsittelylle vähimmäispuhdistustehokkuudet.

Hauhon reitin kuntien alueelle on tehty tai on tekeillä (Hämeen ympäristökeskus 1997) haja- ja loma-asutuksen jätevesien käsittelyn tehostamiseksi vyöhyketarkasteluja, joiden mukaan määritellään kiinteistöiltä vaadittava jätevedenkäsittelyn taso. Luokittelun perusteena on alueen herkkyys asumajätevesien aiheuttamalle kuormitukselle. Esimerkiksi vedenhankintavesistön ympärillä (tai tärkeällä pohjavesialueella) sijaitsevilla kiinteistöillä vaadittaisiin tehokkaampaa jätevesien käsittelyä kuin kaukana vesistöistä sijaitsevilla kiinteistöillä. Puhdistusvaatimusten lisäksi vyöhykkeille voidaan asettaa rajoituksia tai kieltoja jätevesien maahan imeyttämisestä.

7.4 Metsätalous

Metsätalouden vesiensuojelun keskeisin tavoite on estää kiintoaineen huuhtoutuminen vesistöön, koska kiintoaineeseen on sitoutuneena fosforia ja typpeä. Liuenneiden mineraaliravinteiden (ammonium, nitraatti ja fosfaatti) poistaminen metsävesistä on osoittautunut vaikeaksi.

Ympäristöministeriön 30.3.2000 hyväksymässä vesiensuojelun toimenpideohjelmassa (Ympäristöministeriö 2000) on esitetty metsätaloutta koskevia toimenpiteitä. Muun muassa seuraavat toimenpiteet ehkäisevät metsämaiden ravinnehäviöitä ja maa-aineksen eroosiota:

1. Vesistöjen rannat sekä pienvesistöt, kuten lähteet, purot ja lammet, sekä niiden suojavyöhykkeet hoidetaan luonnonsuojelulliset ja metsämaisemalliset näkökohdat huomioon ottaen tai ne jätetään käsittelemättä.

2. Maanpinnan muokkauksessa käytetään kohteeseen soveltuvaa, mahdollisimman kevyttä maanpinnan käsittelymenetelmää erityisesti pohjavesialueilla. Kivennäismaiden aurauksesta luovutaan kokonaan. Hakkuu- ja maanmuokkausalueita rajattaessa vesistöjen varsiin jätetään kaltevuudesta riippuen vähintään 10-30 m:n suojavyövyöhykkeitä. Toimenpidealueen ja vesistöjen välinen käsittelemätön suojavyöhyke pienentää kaikkea vesistökuormitusta.

3. Torjunta-aineita ei tule käyttää lainkaan vesistöjen rannoilla ja pienvesien välittömässä läheisyydessä eikä tärkeillä pohjavesialueilla. Vesistöjen ja pohjavesialueiden läheisyydessä metsälannoituksessa on kiinnitettävä erityistä huomiota vesien suojelunäkökohtiin. Metsien lannoitus on tällä hetkellä vähäistä ja Hauhon reitillä metsälannoituksia ei ole tehty lainkaan vuosina 1994-1998. Lannoituksen vesistövaikutukset ovat tavallisesti suuremmat turve- kuin kivennäismaalla. Syynä tähän on kivennäismaan ravinteita pidättävä ominaisuus. Lannoitetaso tulee aina selvittää ennen metsälannoitukseen ryhtymistä ravinneanalyyseillä, jotka tehdään sekä maasta että neulasista. Turvemailla fosforilannoitusta ja pohjavesialueella typpilannoitusta tulee välttää. Vesistöjen rannoille tulee jättää lannoittamaton 50 m:n suojavyöhyke, ja ojitusalueilla tulee välttää lannoitteiden joutumista suoraan ojiin. Helppoliukoiset metsälannoitteet tulee levittää vain sulan maan aikana.

4. Soiden uudistusojituksista luovutaan kokonaan. Kunnostusojituksia ei tehdä tärkeiden pohjavesialueiden suojavyöhykkeillä. Ojitukset suunnitellaan ja toteutetaan siten, että vesistöjen kuormitus jää mahdollisimman vähäiseksi. Ojitus aiheuttaa voimakasta eroosiota. Kaivutyö itsessään irrottaa maa-ainesta ja sekoittaa sitä veteen, kaivupinnat ja kaivun irrottama aines ovat alttiina virtaavan veden eroosiovaikutuksille sekä sade huuhtoo ojaluiskista irtoainesta (Metsä- ja turvetalouden vesiensuojelutoimikunta 1988). Herkimmin veden voimasta liikkeelle lähteviä maalajeja ovat hienojakoiset hiekka, hieta ja hiesu. Kaivuaikaisen kiintoaineskuorman vähentämiseksi ojitustyö aloitetaan ojan yläpäästä, jolloin kaivettavana olevaan ojaan purkautuva vesimäärä on mahdollisimman pieni (Metsä- ja turvetalouden vesiensuojelutoimikunta 1988). Ojitukset tulisi tehdä alivalumakausina eli vähän veden aikaan vesistövaikutusten vähentämiseksi. Ojavesiä ei johdeta suoraan vesistöihin, lähteisiin tai puroihin, vaan valumavedet ohjataan erilaisten suoja- ja puskurivyöhykkeiden sekä laskeutusaltaiden kautta. Laskeutusaltaiden tehoa parannetaan aiemmasta mitoittamalla ne riittävän suuriksi ja kehittämällä niiden tyhjennyskalustoa.

7.5 Maatalous

Maatalouden merkitys Hauhon reitin kuormittajana vaihtelee valuma-alueittain kuten kohdassa 4.4. on esitetty. Maatalouden vesiensuojelua toteutetaan ensisijaisesti EU:n osarahoittaman ympäristötuen avulla. Ympäristötuki muodostuu perus-, lisä- ja erityistoimenpiteistä. Ravinnekuormituksen pienentämiseen pyritään lannoitusta tarkentamalla ja vähentämällä sekä vähentämällä kiintoaineen (ja siihen sitoutuneiden ravinteiden) kulkeutumista vesistöön.

Maatalouden ympäristötuen perustoimenpiteistä vesiensuojelua tehostavat erityisesti seuraavat toimet:

- viljelyn ympäristösuunnittelu ja -seuranta
- peltokasvien peruslannoitus
- pientareet ja suojakaistat

Lisätoimenpiteistä vesistökuormitusta vähentävät erityisesti:

- tarkennettu lannoitus
- peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys ja kevennetty muokkaus
- maitohuoneen pesuvesien käsittely

Viljelijän antama ympäristötukisitoumus on viisivuotinen

Erityistukisopimukset ovat viisi tai kymmenvuotisia viljelijän ja valtion kesken tehtäviä sopimuksia, joissa viljelijä sitoutuu tekemään sopimuksessa määrätyllä alueella sopimuksessa määrätyt toimenpiteet tai kasvattamaan tiettyjen alkuperäisrotujen eläimiä rodun lisäämiseksi. Vesiensuojeluun tähtääviä erityistukisopimuksia voidaan tehdä seuraavista toimenpiteistä:

- suojavyöhykkeiden perustaminen ja hoito
- kosteikon ja laskeutusaltaan perustaminen ja hoito
- muut valumavesien käsittelymenetelmät (säätösalaojitus, säätökastelu ja kasteluvesien kierrätys)
- pohjavesialueiden peltoviljely
- lannan käytön tehostaminen
- happamuuden alueellinen vähentäminen

Typpikuormituksen vähentämiseen pyritään ns. nitraattiasetuksella (valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta, 931/2000). Asetuksen mukaan lannan levitys on kielletty 15.10-15.4. välisenä aikana. Typpilannoitteita tai lantaa ei saa kuitenkaan koskaan levittää lumipeitteiseen, routaiseen tai veden kyllästämään tai kevättulvan alle jäävään maahan. Jos maa on sula ja kuiva eikä valumia vesistöön aiheudu, voi lantaa levittää enintään 15.11 asti ja aloittaa levitys jo 1.4. Tiukemmat määräykset koskevat nurmia, joiden pintaan lantaa ei saa levittää 15.9. jälkeen. Levitetty lanta on välittömästi joko mullattava tai pelto kynnettävä haihtumisen, valumien ja hajuhaittojen vähentämiseksi. Vuoden aikana lantaa saa levittää vain sellaisen määrän, joka vastaa enintään 170 kg/ha typpeä. Valumien vähentämiseksi on kalteville ja rantaan rajoittuville pelloille annettu sekä typpilannoitteiden että lannan levitystä koskevia kieltoja. Typpilannoitus on kielletty viisi metriä lähempänä vesistöä ja seuraavan viiden metrin leveydellä, jos pellon kaltevuus ylittää kaksi prosenttia. Karjanlannan pintalevitys on aina kielletty, jos pellon keskimääräinen kaltevuus ylittää 10 prosenttia. Typpilannoitteiden annostelussa ja levittämisessä on otettava huomioon keskimääräinen sato. Tavoitteena on maan ravinnetasapainon säilyttäminen. Lannoitteiden enimmäistyppimääristä annetaan lisäksi säännökset vilja- ja kasvilajeittain. Asetus velvoittaa viljelijän ottamaan talteen säilörehun valmistuksessa syntyvän puristenesteen ja varastoimaan sen tiiviissä säiliössä. Viljelijän on myös pidettävä kirjaa peltojen lannoitukseen käytetystä typpimäärästä ja satotasosta.

Karjanlannan ja -virtsan varastointitilan on asetuksen mukaan oltava niin suuri, että siihen mahtuu koko vuoden aikana kertynyt lanta, lukuun ottamatta samana laidunkautena eläinten laitumille jättämää lantaa. Lantalan mitoituksessa otetaan huomioon viljelijöiden yhteiset varastot, asianmukaiset eläinten jaloittelualueet ja pihattotyyppiset kuivikepohjat. Lannan varastointitilojen ja lantakourujen on oltava vesitiiviitä. Lantalan tyhjennyksen ja lannan siirron aikana ei saa tapahtua vuotoja. Varastointitilan enimmäistilavuudesta voidaan poiketa, jos lantaa luovutetaan sellaiselle hyödyntäjälle, jolla on ympäristönsuojelulain mukainen lupa toiminnalleen tai jos sitä luovutetaan toiselle viljelijälle varastoitavaksi tai välittömästi käytettäväksi. Asetus sallii myös lannan säilyttämisen asianmukaisesti tehdyssä ja peitetyssä lantapatterissa, jos päästöt vesiin voidaan estää ja jos noudatetaan asetuksen liitteen mukaisia menettelyjä. Lantapatteria ei kuitenkaan

saa koskaan sijoittaa tulvanalaisille alueille tai pohjavesialueille. Poikkeuksista lannan varastoinnissa on aina tehtävä etukäteen ilmoitus kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle.

Nitraattiasetuksessa annetaan pakollisten toimenpiteiden lisäksi liitteessä suosituksia karjanlannan varastoinnista ja käytöstä. Lanta tulisi käyttää oikea-aikaisesti levittämällä se ensisijaisesti keväällä, säädettyjen levitysaikojen mukaisesti ja erityisen suotavaa on lietelannan ja virtsan sijoituslannoitus. Turvemailla lannan syyslevityksestä tulisi luopua kokonaan. Lannan levitystä tulisi lisäksi välttää alueilla, joilla aiheutuu pohjaveden pilaantumisvaara. Kaivojen ja lähteiden ympärille tulisi jättää vähintään 30-100 metrin levyinen lannoittamaton suojavyöhyke. Suojavyöhyke tulisi jättää myös vesistöjen rantaan ja valtaojien varsille. Suositusleveys on 10 metriä.

Maitohuonejätevedet sisältävät runsaasti lypsykoneiden pesuaineista peräisin olevaa fosforia sekä helposti hajoavaa eloperäistä ainesta (maitoa). Eloperäinen aines lisää jäteveden biologista hapenkulutusta. Maitohuonejätevedet voidaan usein johtaa sellaisenaan karjasuojan virtsasäiliöön tai lantalaan, jolloin ne on otettava huomioon säiliöiden mitoituksessa. Jos tällaista johtamismahdollisuutta ei ole, maitohuonejätevedet on käsiteltävä tehokkaasti vesistökuormituksen vähentämiseksi. Käsittelymenetelmiä on kehitetty eri hankkeissa. Pirkanmaan ympäristökeskuksessa vuonna 2001 päättyneessä hankkeessa maitohuonejätevesien käsittelylle pyrittiin löytämään menetelmä, joka soveltuu joustavasti eri tilojen vaihteleviin pesumenetelmiin ja jonka tulokset täyttävät yleiset jätevesien käsittelylle asetettavat vaatimukset. Lupaavaksi käsittelyksi osoittautui kemiallinen käsittely eli panospuhdistamo. Tosin se vaatii asianmukaista ja säännöllistä hoitoa ja tarkkailua (Vílen ja Viirret 2001). Puhdistamon perustamiseen voi saada Työvoima- ja elinkeinokeskuksesta investointi- ja ympäristötukea. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen vetämässä Life for Lakes -projektissa vuosina 1999-2002 selvitettiin maitohuonejätevesien käsittelyä siten, että ensin jäteveden sisältämä fosfori ja maidon valkuainen saostettiin kemiallisesti, jätevesi suodatettiin ja suodatettu jätevesi johdettiin maasuodatuskenttään, johon oli istutettu pajua. Puhdistustulokset ovat olleet varsin hyviä (MTT 2002).

Peltoviljelyssä erityistä huomiota tulee kiinnittää pellon lannoittamiseen. Lannoituksen suunnittelu perustuu pellon ravinnetilaan ja kasvukuntoon, kasvin ravinnetarpeeseen, satotasoon sekä käytettävissä olevien lannoitteiden arviointiin. Pellon ravinnetilan selvittämiseksi tulee tehdä viljavuustutkimus. Lannoitetarvetta suurempaa lannoitemäärää tulee ehdottomasti välttää ja valtioneuvoston asetuksella säätämiä lannoitteiden enimmäismääriä ei saa ylittää. Syksyllä lannoitemäärät ovat kesää pienempiä. Vesistökuormituksen aiheutuessa lohkon korkeasta fosforipitoisuudesta tulee fosforilannoituksesta luopua kokonaan (MTT 2002). Fosforin käyttökelpoisuuden parantamiseksi tulee huolehtia pellon riittävästä ja säännöllisestä kalkituksesta.

Viherkesannointia tulee suosia avokesannoinnin sijaan ja erityisesti eroosioherkillä alueilla ympärivuotista kasvipeitettä tulee suosia. Aluskasvillisuus toimii sadonkorjuun jälkeen maata ja ravinteita sitovana tekijänä. Peltokasvien talviaikainen peitteisyys ja kevennetty muokkaus voidaan valita myös maatalouden ympäristötuen mukaiseksi lisätoimenpiteeksi.

Pellon ja vesistön väliin voi perustaa erityisympäristötuella suojavyöhykkeen, jonka tulee olla keskimäärin vähintään 15 metriä leveä ja monivuotisen kasvillisuuden peittämä. Suojavyöhykkeen leveyttä tulee lisätä, jos pelto on erityisen kalteva tai pellon maalaji on eroosioherkkää. Tulva-alueilla suojavyöhyke tulee ulottaa vähintään tulvarajaan saakka. Kiintoainekuorman vähentämiseksi tasaiselle peltolohkolle riittää maatalouden ympäristötuen perustoimenpiteisiin kuuluva yhden metrin levyinen piennar ojien varsilla tai kolmen metrin levyinen suojakaista

vesistön rannoilla ottaen huomioon kuitenkin, mitä lannoittamisesta on säädetty ja suositeltu. Myös piennarten ja suojakaistojen tulee olla monivuotisen kasvillisuuden peittämiä.

Peltovaltaisilla valuma-alueilla ojien suihin on hyvä perustaa kosteikkoja tai laskeutusaltaita tai niiden yhdistelmiä kiintoaineskuorman vähentämiseksi. Laskeutusaltaisiin pidättyy karkein kiintoaines ja altaat on tyhjennettävä tarvittaessa. Vesiensuojelukosteikoilla voidaan suotuisissa olosuhteissa vähentää kiintoaineksen, fosforin ja typen valumista vesistöön merkittävästi. Vuositasolla kosteikko pidättää parhaimmillaan 20-30 % sinne tulevasta kiintoaine- ja ravinnekuormituksesta. Tämä kuitenkin edellyttää kosteikolta tiettyjä perusominaisuuksia. Kosteikon koko on aina suhteutettava valuma-alueeseen eli kosteikon on oltava riittävän suuri; minimikoko on 1-2 prosenttia valuma-alueen pinta-alasta. Tällöin kosteikkoon tulevan veden virtaus hidastuu riittävästi ja veteen sekoittunut kiintoaine ehtii laskeutua ennen ulosvirtausta. Myös kosteikkoon tulevan veden kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksien tulee olla riittävän korkeita, jotta puhdistumisesta olisi hyötyä vesistölle. Tämän vuoksi vesiensuojelukosteikot tulisi perustaa valuma-alueille, joilla pellon osuus on huomattava. Fosforin ja typen toisistaan poikkeava käyttäytyminen asettaa suuria vaatimuksia perustettavalle kosteikolle. Jos molempia ravinteita halutaan vähentää samanaikaisesti, kosteikon tulisi olla monimuotoinen: siinä pitäisi olla syvä avovesipintainen osa, matalan veden alue sekä tulva-alue.

Kirjallisuus

Ahtiainen, M., Huttunen, P. & Holopainen, A.-L. 1993. Metsätaloustoimenpiteiden vaikutukset purovesien laatuun ja hydrobiologiaan. Julk.: Saukkonen, S. & Kenttämies, K. (toim.). Metsätalouden vesistöhaitat ja niiden torjunta - METVE-projektin väliraportti. Hel-sinki, vesi- ja ympäristöhallitus. S. 143-146. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesar-ja nro 455.

Bilaletdin, Ä., Frisk, T., Koskinen, K. & Wirola, H. 1992. Längelmäveden reitin vesiensuojelututkimus. Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 348. 70 s.

Dillon, P.J. 1975. The phosphorus budget of Cameron lake, Ontario: The importance of flushing rate to the degree of eutrophy of lakes. Limnol. Oceanogr. 20 vol., nro 1, pp. 28-39.

Fennica, Suomi internetissä. 2001. Http://www.fennica.ascentia.fi/

Forsberg, C., Ryding, S.-O., Claesson, A. & Forsberg, A. 1978: Water chemical and/or algal assay? - Sewage effluent and polluted lake water studies. - Mitt. Int. Verh. Limnol. 21:352-363.

Frisk, T. & Kylä-Harakka, T. 1981. Vedenlaatuennusteiden laadinnan perusteet. Helsinki, vesihalli-tus 65 s. Vesihallituksen monistesarja 1981:53.

Husu, T. 1999. Vesihuollon kehittyminen Pirkanmaalla. Tampere, Pirkanmaan ympäristökeskus. Alueelliset ympäristöjulkaisut 93. 67 s.

Hämeen ympäristökeskus, 1997. Haja- ja loma-asutuksen jätevesien käsittelyvaatimusten kehittä-minen. Vyöhykejaon soveltaminen Hauhon kunnassa. Alueelliset ympäristöjulkaisut 52.

Kirjavainen, E. 2000. Veden vilja virkistää ja työllistää. Kalatalous Kanta-Hämeessä, Pirkanmaalla ja Päijät-Hämeessä. - Kala- ja riistahallinnon julkaisuja 44/2000. Hämeen työvoima- ja elinkeinokeskus, Kalatalousyksikkö. Tampere 2000. 63 s.

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys, 2001a. Evon metsäoppilaitoksen jätevedenpuhdistamon tarkkailu 31.7.2001. Kertaraportti 01-2990, 8.8.2001.

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys, 2001b. Hauhon kunta. Vuosiyhteenveto jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuonna 2000. Kirje no JO/79, 23.1.2001.

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys, 2001c. Lammin kunta. Vuosiyhteenveto Lammin kunnan jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuodelta 2000. Kirje no JO/354, 25.4.2001.

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys, 2001d. Luopioisten kunta. Vuosiyhteenveto Rauta-järven jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuodelta 2000. Kirje no JO/178, 22.2.2001.

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys, 2001e. Luopioisten kunnan kaatopaikkojen velvoitetarkkailu vuonna 2000. Kirje no 204. 07.03.2001.

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys, 2002. Luopioisten kunta. Vuosiyhteenveto Kirkonkylän jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuodelta 2001. Kirje no JO/35, 9.1.2002.

Leinonen, K., Moilanen, P., Rinne, J., Toivonen, A.-L., Tuunainen, A.-L. ja Yrjölä, R. 1998a: Kuin-ka Suomi kalastaa. Osaraportti 1: Kalastusrasitukset alueittain. Korjattu painos. - Kala- ja riistaraportteja nro 121. Helsinki 1998. 50 s. ja liitteitä.

Leinonen, K., Moilanen, P., Rinne, J., Stigzelius, J., Toivonen, A.-L., Tuunainen, A.-L. ja Yrjölä, R. 1998b. Kuinka Suomi kalastaa. Osaraportti 2: Saaliit ja viehekalastusjärjestelmän käytännön toimivuus kalastusalueittain. - Kala- ja riistaraportteja nro 131. Helsinki 1998. 98 s. ja liitteitä.

Liedenpohja-Ruuhijärvi, M., Kääntönen, L., Schultz, T., Krogerus, K. ja Palokoski, M. 1999. Pirkanmaan perinnemaisemat. - Alueelliset ympäristöjulkaisut 125. Tampere. 258 s.

Metsä- ja turvetalouden vesiensuojelutoimikunta, 1988. Komiteamietintö 1987: 62. Maa- ja metsä-talousministeriö, Helsinki. 344 s.

MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, 2002. Life for Lakes -loppuraportti 1999-2002. 30 s.

Palva, R., Rankinen, K., Granlund, K., Grönroos, J., Nikander, A. & Rekolainen, S. 2001. Maatalouden ympäristötuen toimenpiteiden toteutuminen ja vaikutukset vesistökuormitukseen vuosina 1995-1999. MYTVAS-projektin loppuraportti. Suomen Ympäristö 478. 92 s.

Pietiläinen, O.-P. & Räike, A. 1999: Typpi ja fosfori Suomen sisävesien minimiravinteina. - Suomen ympäristö 313. 64 s.
Rekolainen, S. 1989. Phosphorus and nitrogen load from forest and agricultural areas in Finland. Aqua Fennica 19, p. 95-107.
Saura, M., Kaipainen, H., Frisk, T. & Bilaletdin, Ä. 1999. Etelä-Päijänteen kuormitus ja veden laatu. Julkaisussa: Saura, M. & Saukkonen, S. (toim.): Etelä-Päijänteen kuormitus ja veden laadun turvaaminen - tutkimushankkeen loppuraportti. Pirkanmaan ympäristökeskus, Tampere. Suomen ympäristö 296, s. 42-62.
Saura, M., Bilaletdin, Ä., Frisk, T. & Huttula, T. 1995. Metsänlannoituksen vesistövaikutusten arvi-ointi dynaamisen vedenlaatumallin avulla. Teoksessa: Saukkonen, s: & Kenttämies, K. (toim.): Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta (METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2: 105-120.
SLAM3. Maankäyttö- ja puustotulkinta. Päivitetty 5.2.2001. Maanmittauslaitos. http://www.nls.fi/ptk/aineistot/selosteet/mml/maank/.
Talvia, O. 2000. Kanta-Hämeen perinnemaisemat. - Alueelliset ympäristöjulkaisut 157. Hämeenlinna. 135 s.
Vainio, M. (toim.) 1999. Kokemäenjoen vesistön tulvatorjunnan toimintasuunnitelma. - Alueelliset ympäristöjulkaisut 132. Tampere 1999. 83 s.
Valtioneuvoston asetus N:o 913, 2000. Maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta.
Vesihallitus 1978: Kokemäenjoen ja Karvianjoen vesistöjen vesien käytön kokonaissuunnitelma. Vesihallituksen asettaman työryhmän ehdotus, I osa. Kokemäenjoen vesistö, suunnittelualue, vesivarat. - Vesihallituksen tiedotus 142. Helsinki 1978.
Vesihallitus 1983: Kokemäenjoen vesistön vesien käytön kokonaissuunnitelma. - Vesihallituksen julkaisuja 38. Vesihallitus, Helsinki 1983.
Vesihydro Oy 1997. Ydin-Hämeen vesihuollon yleissuunnitelma. - Hauhon kunta, Lammin kunta, Tuuloksen kunta, Hämeen Liitto ja Hämeen ympäristökeskus. 39 s.
Viitasaari, S. 1990. Maatalouden vesistökuormitus ja sen merkitys Ähtävänjoen vesistöalueella. Maatalouden vesiensuojelu, Oulun vesistötutkimuspäivät 3.-4.9.1990. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. S. 49-55. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 245.
Vílen, J. ja Viirret, M., 2001. Maitohuonejätevesien käsittely pienpuhdistamossa. Alueelliset ympäristöjulkaisut 208. Juvenes-Print, Tampere. s. 38.
Wirola, H., Koskinen, K. & Tanhuala, T. 1994. Haja-asutuksen ravinnekuormitus. Tampere. Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri. Käsikirjoitus.
Vollenweider, R. A. 1969. Möglichkeiten und Grenzen elementarer Modelle der Stoffbilanz von Seen. Arch. Hydrobiol., vol. 66, no. 1, p. 1-36.
Ympäristöhallinnon internet-sivut. 2001. Ympäristön tila. Vedet. Hydrologia ja vesivarat. Vesistöennusteet. Yleistietoa vesistömalleista. http://www.vyh.fi/tila/vesi/ennuste/yleista.html.
Ympäristöministeriö 2000. Vesiensuojelun toimenpideohjelma vuoteen 2005. Suomen ympäristö 402.

Liite 1. Yli 100 hehtaarin järvet Hauhon (35.77), Kukkian reitin (35.78) ja Ormajoen (35.79) valuma-alueilla. Lähde: Pirkanmaan ympäristökeskuksen järviluettelot.

Järvi tai järven osa	Sijaintikunnat	Pinta-ala (ha)
35.77 Hauhon alue		
771. Ilmoilanselän alue		
Pintele	Pälkäne	313
Ilmoilanselkä	Pälkäne, Hauho	1348
772. Hauhonselän alue		
Hauhonselkä	Hauho	2110
773. Iso-Roineen alue		
Iso-Roine	Hauho	3154
Konaanjärvi	Hauho	102
774. Pyhäjärven alue		
Pyhäjärvi	Hauho, Tuulos	945
775. Vuolujoen vesistöalue		
Jänisjärvi	Tuulos	108
Jylisjärvi	Janakkala	161
35.78 Kukkian reitin vesistöalue		
781. Kukkian alue		
Vihajärvi	Luopioinen, Hauho	261
Kukkia	Hauho, Luopioinen	4426
Rautajärvi	Luopioinen	243
782. Kuohijärven alue		
Kuohijärvi	Luopioinen, Lammi	3500
Avusjärvi	Lammi, Hauho, Tuulos	146
783. Nerosjärven alue		
Nerosjärvi	Lammi, Padasjoki	775
784. Vesijaon vesistöalue		
Vesijako	Padasjoki	1670
Vehkajärvi	Luopioinen, Kuhmalahti	991
Uurajärvi	Luopioinen	160
Lummene	Kuhmoinen	1779
785. Ämmätsänjärven-Myllyojan vesistöalue		
Ämmätsänjärvi	Luopioinen	280
Kyynäröjärvi	Luopioinen	238
786. Heinäjoen vesistöalue		
Kauttisjärvi	Padasjoki, Lammi	163
Rautjärvi	Padasjoki	125
Jamoinjärvi	Padasjoki	175
788. Pitkälänojan vesistöalue		
Oksjärvi	Tuulos	234
35.79 Ormajoen vesistöalue		
791. Leheejärven alue		
Leheejärvi	Tuulos	112
Suolijärvi	Tuulos	201
792. Ormajärven Vesistöalue		
Ormajärvi	Lammi	645
793. Teuronjärvenojan vesistöalue		
Teuronjärvi	Tuulos, Lammi	134
Kataloistenjärvi	Lammi	109

Liite 2. Kuormittajakohtaiset pistekuormitukset vuosina 1990-2000.

Kokonaisfosfori (kg a^{-1})

Kuormittaja Vuosi	Hauhon viemärilaitos, Kirkonkylä	Viittakiven opisto	Lautsian kurssikeskus	Vähäjärven lomakeskus	Lammin viemärilaitos, Kirkonkylä	Luopioisten viemärilaitos, Kirkonkylä	Luopioisten viemärilaitos, Rautajärvi	Evon kalastuskoeasema	Evon viemärilaitos	**Yhteensä**
1990	102,2	11,0	12,8		206,4	38,0	11,7	19,3	7,3	**409**
1991	54,8	8,4	12,4		132,3	18,8	4,7	22,0	5,1	**258**
1992	28,9	2,6	12,4		149,4	10,2	8,4	12,1	13,5	**238**
1993	30,4	2,2	5,1	1,1	130,3	6,4	2,6	13,5	2,2	**194**
1994	25,0	4,4	5,1	0,4	110,2	7,7	2,7		4,4	**160**
1995	39,3	1,6	4,0	0,4	167,6	10,7	3,8	5,9	6,6	**240**
1996	36,7	2,6	11,0	1,1	165,4	5,3	1,8	5,4		**229**
1997	34,2	1,5	7,3	0,7	174,1	3,7	1,8	8,4	1,8	**233**
1998	73,6	1,5	5,8	0,7	157,6	5,8	3,1	3,6	4,8	**257**
1999	81,9	1,1	8,2	0,4	163,2	6,9	1,6	-	1,1	**264**
2000	58,4	1,8	-	-	96,0	7,3	1,1	-	4,0	**169**

Kokonaistyppi (kg a^{-1})

Kuormittaja Vuosi	Hauhon viemärilaitos, Kirkonkylä	Viittakiven opisto	Lautsian kurssikeskus	Vähäjärven lomakeskus	Lammin viemärilaitos, Kirkonkylä	Luopioisten viemärilaitos, Kirkonkylä	Luopioisten viemärilaitos, Rautajärvi	Evon kalastuskoeasema	Evon viemärilaitos	**Yhteensä**
1990	3439,7	219,0	463,6		9800,3	1642,5	511,0	145,6	226,3	**16448**
1991	2963,1	131,4	343,1		8152,2	1241,5	306,3	150,1	321,2	**13609**
1992	1989,7	164,7	475,8		9499,7	1636,1	385,9	85,1	409,9	**14647**
1993	2327,7	147,6	423,4	20,4	8843,5	1353,9	337,6	95,9	233,6	**13784**
1994	2099,7	165,9	327,2	31,0	9429,9	1528,6	342,4		251,9	**14177**
1995	1924,6	107,5	257,3	33,6	5111,1	1707,9	255,1	39,0	284,7	**9721**
1996	1516,1	117,1	318,4	43,9	8311,3	1653,4	164,5	35,4		**12160**
1997	2279,7	131,5	481,8	34,7	8053,8	1766,6	195,4	58,4	167,9	**13170**
1998	3804,5	116,8	270,1	51,1	9800,5	1993,4	290,4	25,8	164,3	**16517**
1999	3295,4	91,3	257,4	18,6	7943,6	1202,1	258,5	-	146,0	**13213**
2000	2706,9	113,5	-	-	6186,4	1512,4	223,0	-	175,7	**10918**

Liite 3. Tutkimusalueen erityisympäristötukisopimukset vuonna 2000.

Sopimustyyppi	Lkm.
Lannan käytön tehost. (1995-1999)	2
Lannan käytön tehost. (2000-)	7
Laskeutusallas (1995-1999)	1
LUOMU-sopimus (1995-1999)	9
Luomu-sopimus (2000-)	11
Luonnon monim. 5v (1995-1999)	2
Luonnon monimuotoisuus 5v (2000-)	2
Maisema 5v (1995-1999)	2
Maisema 5v (2000-)	2
Perinnebiotooppi (1995-1999)	5
Perinnebiotooppi (2000-)	7
Pohjavesialueen peltoviljely	2
Suojavyöhyke 20v	4
Säätösalaojitus (1995-1999)	1
Lukumäärä yht.	57

Liite 4. Vesianalyysitulosten keskiarvot järvipisteissä v. 2000 (1 m; hapen kyllästysasteesta myös pohjan läheinen vesi)

Paikka	Aika	Kokonais-fosfori ($\mu g\ l^{-1}$)	Kokonais-typpi ($\mu g\ l^{-1}$)	NH_4-typpi ($\mu g\ l^{-1}$)	NO_2/NO_3-typpi ($\mu g\ l^{-1}$)	Sähkön-johtavuus ($mS\ m^{-1}$)	Väriluku ($mg\ Pt\ l^{-1}$)	Hapen kyllästys-aste, 1m (%)	Hapen kyllästys-aste, pohja (%)	pH	Alkalini-teetti ($mmol\ l^{-1}$)	PO_4-fosfori (suod.) ($\mu g\ l^{-1}$)	Klorofylli-a ($\mu g\ l^{-1}$)	Rauta ($\mu g\ l^{-1}$)	Näkö-syvyys (m)
1. Ilmoilanselkä Hevossaari	3.4.	9	410	3	94	8,1	20	92	4	7,0	0,28	1		44	3,8
	15.5.	17	500	3	99	8,5	30	101	97	7,5	0,29	1	10,0	140	2,3
	13.6.	20	420	3	2	8,5	30	100	83	7,6	0,30	1	13,0	140	1,8
	12.7.	26	390	4		8,4	25	87	24	7,2	0,29	1	6,8	130	1,8
	7.8.	18	390	3	2	8,3	25	91	4	7,3	0,29	1	5,1	140	2,2
	18.9.	20	410	3	3	8,4	25	80	91	7,4	0,30	1	8,2	110	2,7
	30.10.	15	360	10	22	8,4	25	91	91	7,4	0,29	1		120	2,8
	28.11.	14	480	19	100	8,6	30	92	92	7,2	0,28	2		160	2,4
vuosikeskiarvot		**17**	**420**	**6**	**46**	**8,4**	**26**	**92**	**61**	**7,3**	**0,29**	**1**	**8,6**	**123**	**2,5**
kesäkeskiarvot (VI-VIII)		**21**	**400**	**3**	**2**	**8,4**	**27**	**93**	**37**	**7,4**	**0,29**	**1**	**8,3**	**137**	**1,9**
2. Hauhonselkä	29.3.	12	620	3	160	9,6	35	92	10	7,1	0,34			68	3,1
	15.5.	23	990	3	470	9,2	60	96	94	7,3	0,29	1	11,0	210	2,2
	13.6.	37	700	5	200	9,1	50	98	95	7,6	0,30	1	14,0	240	1,8
	12.7.	32	610	18		9,2	40	91	87	7,3	0,31	1	6,7	140	
	7.8.	27	590	3	2	9,0	40	98	80	7,9	0,33	1	13,0	240	1,5
	18.9.	35	520	3	4	9,1	40	92	91	7,5	0,33	2	14,0	200	1,9
	30.10.	26	580	31	45	9,1	35	89	88	7,4	0,32	8		190	2,3
	28.11.	27	790	34	290	9,2	70	92	92	7,2	0,29	9		340	1,9
vuosikeskiarvot		**27**	**675**	**13**	**167**	**9,2**	**46**	**94**	**80**	**7,4**	**0,31**	**3**	**11,7**	**204**	**2,1**
kesäkeskiarvot (VI-VIII)		**32**	**633**	**9**	**101**	**9,1**	**43**	**96**	**87**	**7,6**	**0,31**	**1**	**11,2**	**207**	**1,7**
3. Pyhäjärvi Pyhäniemi	3.4.	15	700	3	280	12,6	30	84	4	7,0	0,40	2		74	3,8
	15.5.	14	650	3	270	12,2	30	99	94	7,4	0,39	1	6,6	89	3,8
	13.6.	15	630	4	200	12,3	35	100	66	7,6	0,39	1	11,0	63	2,2
	12.7.	14	540	14		12,4	25	99	56	7,9	0,40	1	6,5	39	4,2
	7.8.	19	500	9	86	12,2	25	95	37	7,6	0,41	1	5,0	54	4
	18.9.	10	500	6	120	12,4	25	82	13	7,2	0,40	1	5,8	44	4,1
	30.10.	12	510	3	170	12,4	25	87	87	7,4	0,40	2		69	3,3
	28.11.	13	570	3	220	12,3	30	91	90	7,4	0,38	5		100	3,2
vuosikeskiarvot		**14**	**575**	**6**	**192**	**12,4**	**28**	**92**	**56**	**7,4**	**0,40**	**2**	**7,0**	**67**	**3,6**
kesäkeskiarvot (VI-VIII)		**16**	**557**	**9**	**143**	**12,3**	**28**	**98**	**53**	**7,7**	**0,40**	**1**	**7,5**	**52**	**3,5**
4. Iso-Roine, syvänne	28.3.	8	390	3	110	7,0	20	88	7	6,8	0,21			39	4,9
	15.5.	13	420	3	93	8,4	20	101	85	7,3	0,28	2	6,1	50	3,9
	13.6.	14	390	3	15	7,9	25	101	72	7,6	0,26	1	12,0	67	2,2
	12.7.	17		5		8,0	20	83	61	7,0	0,27	1	15,0	55	3,5
	7.8.	12	360	3	1	8,0	15	98	51	7,5	0,28	1	4,3	43	4,1
	28.8.	14	340	3	3	8,0	15	97	44	7,4	0,27		4,3	43	4,1
	18.9.	11	350	3	18	8,1	20	88	37	7,2	0,28	1	5,4	47	4,1
	28.11.	11	370	3	93	8,3	15	91	91	7,3	0,27	2		93	3
vuosikeskiarvot		**13**	**374**	**3**	**48**	**8,0**	**19**	**93**	**56**	**7,3**	**0,27**	**1**	**7,9**	**55**	**3,7**
kesäkeskiarvot (VI-VIII)		**14**	**375**	**4**	**8**	**8,0**	**20**	**94**	**61**	**7,4**	**0,27**	**1**	**10,4**	**55**	**3,3**
5. Kukkia	28.3.	7	360	3	68	7,1	15	102	1	7,0	0,22			16	5,4
	16.5.	6	290	3	22	6,3	20	103	94	7,2	0,20	1	5,0	44	4,2
	14.6.	13	340	3	2	6,4	20	96	46	7,2	0,20	1	5,7	63	2,9
	13.7.	10		3		6,5	15	92	13	7,3	0,20	1	4,0	61	2,5
	9.8.	9	330	3	2	6,5	15	92	3	7,2	0,21	1	3,9	64	3,2
	23.8.	12	300	3	3	6,5	15	93	2	7,2	0,21		5,2	50	3,2
	19.9.	10	300	3	3	6,5	15	89	2	7,2	0,21	1	4,2	68	3,7
	27.11.	7	340	10	31	6,4	15	93	93	7,1	0,20	1		60	4,2
vuosikeskiarvot		**9**	**323**	**4**	**19**	**6,5**	**16**	**95**	**32**	**7,2**	**0,21**	**1**	**4,7**	**53**	**3,7**
kesäkeskiarvot (VI-VIII)		**11**	**335**	**3**	**2**	**6,5**	**17**	**93**	**21**	**7,2**	**0,20**	**1**	**4,5**	**63**	**2,9**
6. Kukkia Lehtisaarenselkä	4.4.	7	390	6	150	5,8	20	91	33	6,8	0,18	1		46	3,7
	16.5.	12	410	3	120	6,4	30	100	98	7,1	0,18	2	6,6	92	3,5
	14.6.	10	380	8	47	6,4	25	95	42	7,2	0,19	1	7,2	72	3,4
	13.7.	10		3		6,4	25	93	6	7,2	0,19	1	6,3	53	2,7
	9.8.	11	330	3	2	6,4	25	88	3	7,2	0,20	1	5,4	58	3,6
	19.9.	9	320	3	8	6,5	25	88	71	7,1	0,20	1	4,8	72	3,7
	1.11.	9	290	5	15	6,4	20	90	89	7,2	0,19	1	6,6	90	3,3
	27.11.	9	360	11	47	6,3	20	93	92	7,1	0,19	1		88	3,8
vuosikeskiarvot		**10**	**354**	**5**	**56**	**6,3**	**24**	**92**	**54**	**7,1**	**0,19**	**1**	**6,2**	**71**	**3,5**
kesäkeskiarvot (VI-VIII)		**10**	**355**	**5**	**25**	**6,4**	**25**	**92**	**17**	**7,2**	**0,19**	**1**	**6,3**	**61**	**3,2**
7. Kuohijärvi Pitkälänkulma	4.4.	5	390	3	140	6,2	25	88	75	6,9	0,18	1		54	4,3
	16.5.	8	450	3	130	6,0	35	100	98	7,0	0,16	1	5,3	120	4,4
	14.6.	7	400	6	110	6,0	25	95	90	7,1	0,17	1	2,8	64	4,4
	13.7.	8		8		6,2	25	93	77	7,2	0,18	1	2,5	42	3,4
	9.8.	5	370	8	70	6,1	25	91	59	7,2	0,18	1	3,2	52	4,8
	19.9.	6	350	4	86	6,1	25	89	40	7,0	0,18	1	3,4	53	5,1
	1.11.	6	340	11	87	6,1	20	90	90	7,2	0,18	1	2,2	50	3,9
	27.11.	5	370	11	110	6,1	25	92	92	7,2	0,18	1		63	5,2
vuosikeskiarvot		**6**	**381**	**7**	**105**	**6,1**	**26**	**92**	**78**	**7,1**	**0,18**	**1**	**3,2**	**62**	**4,4**
kesäkeskiarvot (VI-VIII)		**7**	**385**	**7**	**90**	**6,1**	**25**	**93**	**75**	**7,2**	**0,18**	**1**	**2,8**	**53**	**4,2**
8. Kuohijärvi Matoniemi	29.3.	6	390	3	140	6,3	20	92	36	7,0	0,18			36	5,6
	16.5.	6	400	3	130	6,0	35	101	99	7,1	0,17	1	4,1	86	4,6
	14.6.	6	390	7	100	6,0	25	96	76	7,2	0,17	1	4,0	58	3,6
	13.7.	8		7		6,1	25	92	60	7,3	0,18	1	2,4	50	3,1
	9.8.	6	360	6	68	6,0	25	94	49	7,2	0,18	1	3,1	52	5
	19.9.	5	380	5	82	6,1	25	90	14	7,1	0,18	1	2,8	45	5,1
	1.11.	5	340	10	89	6,1	20	91	91	7,2	0,18	1	2,6	42	4,3
	27.11.	5	440	10	100	6,1	25	93	93	7,1	0,18	1		51	5
vuosikeskiarvot		**6**	**386**	**6**	**101**	**6,1**	**25**	**94**	**65**	**7,2**	**0,18**	**1**	**3,2**	**53**	**4,5**
kesäkeskiarvot (VI-VIII)		**7**	**375**	**7**	**84**	**6,0**	**25**	**94**	**62**	**7,2**	**0,18**	**1**	**3,2**	**53**	**3,9**

Liite 5. Kokonaistypen ja kokonaisfosforin suhde v. 2000

Paikka	Aika	Kokonais-typpi (µg l^{-1})	Kokonais-fosfori (µg l^{-1})	N/P-suhde		Paikka	Aika	Kokonais-typpi (µg l^{-1})	Kokonais-fosfori (µg l^{-1})	N/P-suhde
Ilmoilanselkä Hevossaari	3.4.	410	9	45,6		**Kukkia**	28.3.	360	7	51,4
	15.5.	500	17	29,4			16.5.	290	6	48,3
	13.6.	420	20	21,0			14.6.	340	13	26,2
	12.7.	390	26	15,0			13.7.		10	
	7.8.	390	18	21,7			9.8.	330	9	36,7
	18.9.	410	20	20,5			23.8.	300	12	25,0
	30.10.	360	15	24,0			19.9.	300	10	30,0
	28.11.	480	14	34,3			27.11.	340	7	48,6
vuosikeskiarvot				**26,4**		**vuosikeskiarvot**				**38,0**
kesäkeskiarvot				**19,2**		**kesäkeskiarvot**				**31,4**
Hauhonselkä	29.3.	620	12	51,7		**Kukkia Lehtisaarenselkä**	4.4.	390	7	55,7
	15.5.	990	23	43,0			16.5.	410	12	34,2
	13.6.	700	37	18,9			14.6.	380	10	38,0
	12.7.	610	32	19,1			13.7.		10	
	7.8.	590	27	21,9			9.8.	330	11	30,0
	18.9.	520	35	14,9			19.9.	320	9	35,6
	30.10.	580	26	22,3			1.11.	290	9	32,2
	28.11.	790	27	29,3			27.11.	360	9	40,0
vuosikeskiarvot				**27,6**		**vuosikeskiarvot**				**38,0**
kesäkeskiarvot				**19,9**		**kesäkeskiarvot**				**34,0**
Pyhäjärvi Pyhäniemi	3.4.	700	15	46,7		**Kuohijärvi Matoniemi**	29.3.	390	6	65,0
	15.5.	650	14	46,4			16.5.	400	6	66,7
	13.6.	630	15	42,0			14.6.	390	6	65,0
	12.7.	540	14	38,6			13.7.		8	
	7.8.	500	19	26,3			9.8.	360	6	60,0
	18.9.	500	10	50,0			19.9.	380	5	76,0
	30.10.	510	12	42,5			1.11.	340	5	68,0
	28.11.	570	13	43,8			27.11.	440	5	88,0
				42,0		**vuosikeskiarvot**				**69,8**
				35,6		**kesäkeskiarvot**				**62,5**
Iso-Roine, syvänne	28.3.	390	8	48,8		**Kuohijärvi Pitkälänkulm**	4.4.	390	5	78,0
	15.5.	420	13	32,3			16.5.	450	8	56,3
	13.6.	390	14	27,9			14.6.	400	7	57,1
	12.7.		17				13.7.		8	
	7.8.	360	12	30,0			9.8.	370	5	74,0
	28.8.	340	14	24,3			19.9.	350	6	58,3
	18.9.	350	11	31,8			1.11.	340	6	56,7
	28.11.	370	11	33,6			27.11.	370	5	74,0
vuosikeskiarvot				**32,7**		**vuosikeskiarvot**				**64,9**
kesäkeskiarvot				**28,9**		**kesäkeskiarvot**				**65,6**

Liite 6 Ravinnefraktioiden osuudet kokonaisravinteista v. 2000.

Paikka	Aika	Kokonais-fosfori ($\mu g\ l^{-1}$)	PO_4-fosfori (suod.) ($\mu g\ l^{-1}$)	PO_4-fosforin osuus (%)		Kokonais-typpi ($\mu g\ l^{-1}$)	NH_4-typpi ($\mu g\ l^{-1}$)	NH_4-typen osuus (%)	NO_2/NO_3-typpi ($\mu g\ l^{-1}$)	NO_2/NO_3-typen osuus (%)
Ilmoilanselkä Hevossaari	3.4.	9	1	11,1		410	3	0,7	94	22,9
	15.5.	17	1	5,9		500	3	0,6	99	19,8
	13.6.	20	1	5,0		420	3	0,7	2	0,5
	12.7.	26	1	3,8		390	4	1,0		
	7.8.	18	1	5,6		390	3	0,8	2	0,5
	18.9.	20	1	5,0		410	3	0,7	3	0,7
	30.10.	15	1	6,7		360	10	2,8	22	6,1
	28.11.	14	2	14,3		480	19	4,0	100	20,8
vuosikeskiarvot				**7,2**				**1,4**		**10,2**
kesäkeskiarvot				**4,8**				**0,8**		**0,5**
Hauhonselkä	29.3.	12				620	3	0,5	160	25,8
	15.5.	23	1	4,3		990	3	0,3	470	47,5
	13.6.	37	1	2,7		700	5	0,7	200	28,6
	12.7.	32	1	3,1		610	18	3,0		
	7.8.	27	1	3,7		590	3	0,5	2	0,3
	18.9.	35	2	5,7		520	3	0,6	4	0,8
	30.10.	26	8	30,8		580	31	5,3	45	7,8
	28.11.	27	9	33,3		790	34	4,3	290	36,7
vuosikeskiarvot				**12,0**				**1,9**		**21,1**
kesäkeskiarvot				**3,2**				**1,4**		**14,5**
Pyhäjärvi Pyhäniemi	3.4.	15	2	13,3		700	3	0,4	280	40,0
	15.5.	14	1	7,1		650	3	0,5	270	41,5
	13.6.	15	1	6,7		630	4	0,6	200	31,7
	12.7.	14	1	7,1		540	14	2,6		
	7.8.	19	1	5,3		500	9	1,8	86	17,2
	18.9.	10	1	10,0		500	6	1,2	120	24,0
	30.10.	12	2	16,7		510	3	0,6	170	33,3
	28.11.	13	5	38,5		570	3	0,5	220	38,6
vuosikeskiarvot				**13,1**				**1,0**		**32,3**
kesäkeskiarvot				**6,4**				**1,7**		**24,5**
Iso-Roine, syvänne	28.3.	8				390	3	0,8	110	28,2
	15.5.	13	2	15,4		420	3	0,7	93	22,1
	13.6.	14	1	7,1		390	3	0,8	15	3,8
	12.7.	17	1	5,9			5			
	7.8.	12	1	8,3		360	3	0,8	1	0,3
	28.8.	14				340	3	0,9	3	0,9
	18.9.	11	1	9,1		350	3	0,9	18	5,1
	28.11.	11	2	18,2		370	3	0,8	93	25,1
vuosikeskiarvot				**10,7**				**0,8**		**12,2**
kesäkeskiarvot				**7,1**				**0,8**		**2,1**
Kukkia	28.3.	7				360	3	0,8	68	18,9
	16.5.	6	1	16,7		290	3	1,0	22	7,6
	14.6.	13	1	7,7		340	3	0,9	2	0,6
	13.7.	10	1	10,0			3			
	9.8.	9	1	11,1		330	3	0,9	2	0,6
	23.8.	12				300	3	1,0	3	1,0
	19.9.	10	1	10,0		300	3	1,0	3	1,0
	27.11.	7	1	14,3		340	10	2,9	31	9,1
vuosikeskiarvot				**11,6**				**1,2**		**5,5**
kesäkeskiarvot				**9,6**				**0,9**		**0,6**
Kukkia Lehtisaarenselkä	4.4.	7	1	14,3		390	6	1,5	150	38,5
	16.5.	12	2	16,7		410	3	0,7	120	29,3
	14.6.	10	1	10,0		380	8	2,1	47	12,4
	13.7.	10	1	10,0			3			
	9.8.	11	1	9,1		330	3	0,9	2	0,6
	19.9.	9	1	11,1		320	3	0,9	8	2,5
	1.11.	9	1	11,1		290	5	1,7	15	5,2
	27.11.	9	1	11,1		360	11	3,1	47	13,1
vuosikeskiarvot				**11,7**				**1,6**		**14,5**
kesäkeskiarvot				**9,7**				**1,5**		**6,5**
Kuohijärvi Matoniemi	29.3.	6				390	3	0,8	140	35,9
	16.5.	6	1	16,7		400	3	0,8	130	32,5
	14.6.	6	1	16,7		390	7	1,8	100	25,6
	13.7.	8	1	12,5			7			
	9.8.	6	1	16,7		360	6	1,7	68	18,9
	19.9.	5	1	20,0		380	5	1,3	82	21,6
	1.11.	5	1	20,0		340	10	2,9	89	26,2
	27.11.	5	1	20,0		440	10	2,3	100	22,7
vuosikeskiarvot				**17,5**				**1,6**		**26,2**
kesäkeskiarvot				**15,3**				**1,7**		**22,3**
Kuohijärvi Pitkälänkulma	4.4.	5	1	20,0		390	3	0,8	140	35,9
	16.5.	8	1	12,5		450	3	0,7	130	28,9
	14.6.	7	1	14,3		400	6	1,5	110	27,5
	13.7.	8	1	12,5			8			
	9.8.	5	1	20,0		370	8	2,2	70	18,9
	19.9.	6	1	16,7		350	4	1,1	86	24,6
	1.11.	6	1	16,7		340	11	3,2	87	25,6
	27.11.	5	1	20,0		370	11	3,0	110	29,7
vuosikeskiarvot				**16,6**				**1,8**		**27,3**
kesäkeskiarvot				**15,6**				**1,8**		**23,2**

Liite 7. Vedenlaatu jokivesissä v. 2000.

Paikka	Aika	Kiintoaine ($mg\ l^{-1}$)	Sähkön-johtokyky ($mS\ m^{-1}$)	Alkalini-teetti ($mmol\ l^{-1}$)	pH	Väriluku ($mg\ Pt\ l^{-1}$)	Kokonais-typpi ($\mu g\ l^{-1}$)	NO_2-/NO_3-typpi ($\mu g\ l^{-1}$)	NH_4-typpi ($\mu g\ l^{-1}$)	Kokonais-fosfori ($\mu g\ l^{-1}$)	PO_4-fosfori (suod.) ($\mu g\ l^{-1}$)
Inkinjoki	6.4.2000	10,0	8,7	0,16	6,1	70	2000	1300	95	38	7
	13.4.2000	14,0	8,5	0,11	6,0	100	2200	1700	48	37	4
	18.4.2000	11,0	6,4	0,07	5,8	120	1700	1000		40	4
	26.4.2000	13,0	5,6	0,08	6,1	100	700	200	12	29	2
	4.5.2000	5,8	5,7	0,10	6,3	80	650	140	3	24	2
	25.5.2000	2,6	6,2	0,19	6,6	80	570	33	11	27	
	27.6.2000	3,3	6,6	0,19	6,5	80	690	110	61	37	7
	11.7.2000	2,8	6,2	0,20	6,6	100			23	49	13
	20.7.2000	4,4	5,9	0,17	6,5	120	720	76	35	53	12
	2.8.2000	3,6	6,2	0,14	6,3	140	890	90	15	52	11
	17.8.2000	2,4	6,4	0,17	6,4	140	730	130	20	42	10
	30.8.2000	4,2	5,8	0,17	6,4	110	630	25	8	49	7
	14.9.2000	0,7	7,0	0,22	6,6	110	650	96	5	42	9
	27.9.2000	2,3	7,5	0,22	6,5	80	530	180	3	31	4
	11.10.2000	2,0	8,1	0,26	6,5	100	560	90	3	35	4
	1.11.2000	5,4	9,5	0,17	6,3	160	1800	1000	38	56	8
	22.11.2000	1,8	6,9	0,09	6,1	130	1000	340	12	25	5
	19.12.2000	3,3	6,3	0,09	6,2	100	790	130	23	31	5
vuosikeskiarvot		**5,1**	**6,9**	**0,16**	**6,3**	**107**	**989**	**391**	**24**	**39**	**6,7**
kesäkeskiarvot VI-VIII		**3,5**	**6,2**	**0,17**	**6,5**	**115**	**732**	**86**	**27**	**47**	**10,0**
Palsanoja	6.4.2000	0,2	4,6	0,12	6,8	15	360	84	3	4	1
	13.4.2000	0,2	4,6	0,12	6,6	20	310	82	3	5	3
	18.4.2000	0,4	4,5	0,12	6,6	25	340	84	3	6	1
	26.4.2000	0,2	4,4	0,10	6,5	35	320	57	3	6	1
	4.5.2000	0,4	4,5	0,12	6,6	25	290	76	3	5	1
	25.5.2000	0,8	4,5	0,13	6,9	35	330	52	4	9	3
	27.6.2000	1,2	4,6	0,13	6,9	25	330	24	6	8	1
	11.7.2000	1,2	4,5	0,12	7,1	20	320	7	5	8	1
	20.7.2000	1,6	4,6	0,13	7,0	25	310	4	5	6	1
	2.8.2000	0,8	4,5	0,13	7,0	25	310	3	4	8	1
	17.8.2000	1,2	4,6	0,13	7,0	20	320	2	4	8	2
	30.8.2000	0,7	4,5	0,12	7,1	25	280	3	3	9	1
	14.9.2000	0,5	4,6	0,13	7,1	20	280	5	3	7	1
	27.9.2000	0,5	4,6	0,13	7,1	25	280	5	3	6	1
	11.10.2000	0,5	4,6	0,13	6,9	25	300	5	4	6	1
	1.11.2000	0,3	4,6	0,12	6,9	20	300	28	10	7	1
	22.11.2000	1,3	4,6	0,12	6,8	30	350	41	11	7	1
	19.12.2000	1,3	4,6	0,12	6,8	35	340	63	13	8	1
vuosikeskiarvot		**0,7**	**4,6**	**0,12**	**6,9**	**25**	**315**	**35**	**5**	**7**	**1,3**
kesäkeskiarvot VI-VIII		**1,1**	**4,6**	**0,13**	**7,0**	**23**	**312**	**7**	**5**	**8**	**1,2**
Monivalonoja	6.4.2000	1,0	6,1	0,15	6,6	70	620	230	4	13	2
	13.4.2000	1,5	6,3	0,16	6,4	70	620	260	4	15	1
	18.4.2000	3,6	6,0	0,14	6,4	80	590	190	3	17	2
	26.4.2000	3,0	5,2	0,12	6,3	80	590	200	3	17	1
	4.5.2000	3,0	5,2	0,12	6,6	80	520	150	3	15	2
	25.5.2000	2,2	5,5	0,14	6,7	70	410	28	8	17	4
	27.6.2000	3,3	5,7	0,16	6,8	50	480	48	14	37	2
	11.7.2000	2,4	5,6	0,15	6,8	40			6	23	2
	20.7.2000	1,6	5,4	0,16	6,8	50	460	48	6	18	4
	2.8.2000	2,0	4,9	0,13	6,6	80	460	19	3	19	3
	17.8.2000	1,6	5,8	0,18	6,8	40	390	32	4	15	3
	30.8.2000	1,2	5,8	0,18	6,9	35	340	30	4	15	2
	14.9.2000	1,8	5,7	0,18	6,9	40	430	27	3	15	1
	27.9.2000	0,7	5,8	0,19	6,9	35	440	51	7	11	1
	11.10.2000	0,5	5,9	0,18	6,8	35	390	60	7	13	1
	1.11.2000	0,8	6,4	0,16	6,6	70	610	140	11	19	2
	22.11.2000	1,1	5,3	0,11	6,5	100	580	120	14	16	2
	19.12.2000	1,4	5,4	0,11	6,5	110	620	170	22	15	3
vuosikeskiarvot		**1,8**	**5,7**	**0,15**	**6,7**	**63**	**503**	**106**	**7**	**17**	**2,1**
kesäkeskiarvot VI-VIII		**2,0**	**5,5**	**0,16**	**6,8**	**49**	**426**	**35**	**6**	**21**	**2,7**
Porraskoski	6.4.2000	0,2	6,0	0,15	6,5	40	530	160	3	11	1
	13.4.2000	0,9	6,4	0,16	6,4	50	570	210	3	15	5
	18.4.2000	0,8	5,9	0,15	6,4	40	530	180	3	15	2
	26.4.2000	0,9	5,6	0,15	6,5	40	440	120	3	10	1
	4.5.2000	1,5	5,5	0,15	6,7	40	500	120	3	14	1
	11.5.2000	1,5	5,5	0,15	6,8	50	510	110	3	15	1
	25.5.2000	1,5	5,5	0,15	7,0	40		63	5	14	3
	27.6.2000	3,0	5,6	0,15	7,0	40	440	4	6	13	1
	11.7.2000	2,5	5,4	0,14	7,0	40			3	15	1
	20.7.2000	1,2	5,5	0,14	7,1	40	430	7	10	15	1
	2.8.2000	2,0	5,5	0,15	7,0	35	400	10	9	14	2
	17.8.2000	1,6	5,5	0,15	7,0	40	440	6	9	14	2
	30.8.2000	1,6	5,5	0,15	6,9	40	400	4	4	14	2
	14.9.2000	1,5	5,6	0,16	6,9	40	380	4	4	14	1
	27.9.2000	1,4	5,6	0,17	6,9	40	420	3	3	16	2
	11.10.2000	0,8	5,6	0,16	6,8	40	370	7	7	14	1
	1.11.2000	0,3	5,6	0,16	6,9	40	390	30	25	11	2
	22.11.2000	0,5	5,5	0,16	6,9	30	410	37	33	12	3
	19.12.2000	1,3	5,5	0,14	6,8	40	460	93	27	13	3
vuosikeskiarvot		**1,3**	**5,6**	**0,15**	**6,8**	**40**	**448**	**65**	**9**	**14**	**1,8**
kesäkeskiarvot VI-VIII		**2,0**	**5,5**	**0,15**	**7,0**	**39**	**422**	**6**	**7**	**14**	**1,5**

Paikka	Aika	Kiintoaine (mg l^{-1})	Sähkön-johtokyky (mS m^{-1})	Alkalini-teetti (mmol l^{-1})	pH	Väriluku (mg Pt l^{-1})	Kokonais-typpi (µg l^{-1})	NO_2-/NO_3-typpi (µg l^{-1})	NH_4-typpi (µg l^{-1})	Kokonais-fosfori (µg l^{-1})	PO_4-fosfori (suod.) (µg l^{-1})
Ekojärvi, luusua	6.4.2000	1,3	7,8	0,17	6,2	80	620	240	25	18	4
	13.4.2000	1,9	8,4	0,17	6,4	100	880	500	29	19	3
	18.4.2000	5,8	8,4	0,13	6,3	120	1300	860		27	5
	26.4.2000	4,8	6,1	0,09	6,2	140	850	390	21	23	2
	4.5.2000	3,2	5,6	0,09	6,3	120	680	210	5	20	2
	11.5.2000	2,9	5,6	0,10	6,5	140	630	130	4	22	2
	25.5.2000	5,6	5,8	0,11	6,6	100	510	28	4	24	3
	27.6.2000	4,0	6,3	0,15	6,7	100	450	4	6	19	1
	11.7.2000	4,0	6,4	0,14	6,8	80			3	25	2
	20.7.2000	5,6	6,2	0,14	6,8	80	450	2	4	27	2
	2.8.2000	4,3	6,3	0,15	6,9	80	540	2	3	30	2
	17.8.2000	4,8	6,3	0,16	7,0	80	510	2	3	22	3
	30.8.2000	2,8	6,5	0,18	7,1	80	440	3	3	17	3
	14.9.2000	2,6	6,7	0,20	6,9	90	450	3	3	24	1
	27.9.2000	2,4	6,8	0,20	6,8	90	380	3	3	16	2
	11.10.2000	4,1	6,9	0,19	6,9	90	390	4	4	19	1
	1.11.2000	1,7	7,4	0,18	6,9	90	490	96	20	17	2
	22.11.2000	1,6	7,2	0,13	6,6	160	870	300	28	20	3
	19.12.2000	1,7	6,5	0,11	6,4	160	840	300	38	21	4
vuosikeskiarvot		**3,4**	**6,7**	**0,15**	**6,6**	**104**	**627**	**171**	**11**	**22**	**2,5**
kesäkeskiarvot VI-VIII		**4,3**	**6,3**	**0,15**	**6,9**	**83**	**478**	**3**	**4**	**23**	**2,2**
Pitkälänoja	6.4.2000	0,6	6,3	0,21	6,5	40	620	130	3	12	1
	13.4.2000	1,0	6,4	0,23	6,4	40	520	120	3	12	3
	18.4.2000	3,9	6,1	0,22	6,5	50	580	75	3	21	2
	26.4.2000	2,8	5,4	0,18	6,4	60	490	76	3	17	1
	4.5.2000	1,8	5,6	0,20	6,9	40	410	9	3	12	1
	11.5.2000	1,2	5,6	0,20	7,0	50	430	2	3	12	1
	25.5.2000	1,4	5,8	0,21	7,0	40	410	2	3	12	3
	27.6.2000	2,5	6,2	0,24	6,8	40	490	23	39	15	1
	11.7.2000	1,2	6,0	0,23	6,9	30	480	14	17	14	1
	20.7.2000	4,4	5,9	0,22	6,9	40	620	3	3	31	1
	2.8.2000	0,4	5,8	0,23	7,2	35	420	2	4	11	2
	17.8.2000	0,8	5,8	0,24	7,1	35	440	4	7	12	2
	30.8.2000	0,7	5,9	0,24	7,1	35	390	5	8	12	1
	14.9.2000	0,5	5,9	0,26	7,0	35	430	5	3	12	1
	27.9.2000	0,5	6,2	0,27	6,9	35	400	10	8	12	1
	11.10.2000	0,3	6,4	0,28	6,7	35	400	8	3	10	1
	1.11.2000	0,9	6,2	0,24	6,9	40	450	35	11	12	1
	22.11.2000	1,1	5,7	0,20	6,8	60	530	44	20	14	1
	19.12.2000	1,4	5,6	0,19	6,7	70	520	62	31	13	2
vuosikeskiarvot		**1,4**	**5,9**	**0,23**	**6,8**	**43**	**475**	**33**	**9**	**14**	**1,4**
kesäkeskiarvot VI-VIII		**1,7**	**5,9**	**0,23**	**7,0**	**36**	**473**	**9**	**13**	**16**	**1,3**
Kopsjoki	6.4.2000	2,8	14,1	0,39	6,6	40	1200	770	3	24	5
	13.4.2000	4,1	13,6	0,37	6,6	50	1300	900	3	29	3
	18.4.2000	5,9	13,3	0,35	6,6	60	1400	940	3	32	4
	26.4.2000	5,2	11,9	0,31	6,8	70	1100	590	3	28	2
	4.5.2000	3,5	12,2	0,32	6,8	60	1100	600	6	26	3
	11.5.2000	8,3	12,5	0,33	7,0	60	1100	520	5	33	4
	25.5.2000	7,4	12,9	0,39	7,2	70	840	160	12	38	9
	27.6.2000	8,7	13,4	0,45	7,0	60	720	2	26	22	2
	11.7.2000	7,2	13,2	0,44	7,0	50			3	38	3
	20.7.2000	6,0	12,6	0,40	6,9	50	590	2	7	37	3
	2.8.2000	3,6	12,3	0,40	6,8	50	600	2	3	35	4
	17.8.2000	4,0	12,5	0,39	6,9	50	590	2	12	28	3
	30.8.2000	4,0	12,5	0,40	6,9	50	540	3	9	26	2
	14.9.2000	2,6	12,8	0,41	7,0	50	510	3	4	24	1
	27.9.2000	2,5	13,0	0,42	7,0	50	480	3	3	23	3
	11.10.2000	4,1	13,0	0,39	7,1	60	530	8	10	27	3
	1.11.2000	3,1	13,1	0,39	7,1	50	700	170	16	26	2
	22.11.2000	1,5	12,9	0,35	6,9	80	1000	440	25	27	6
	19.12.2000	1,7	12,7	0,34	6,8	80	1200	630	17	27	7
vuosikeskiarvot		**4,5**	**12,9**	**0,38**	**6,9**	**57**	**861**	**319**	**9**	**29**	**3,6**
kesäkeskiarvot VI-VIII		**5,6**	**12,8**	**0,41**	**6,9**	**52**	**608**	**2**	**10**	**31**	**2,8**
Vuolujoki	6.4.2000	12,0	12,1	0,20	6,1	120	4500	3700	120	92	30
	13.4.2000	11,0	9,7	0,12	5,9	180	3000	1200	61	51	16
	18.4.2000	12,0	7,8	0,06	5,6	200	2300	1500	44	50	12
	26.4.2000	12,0	7,0	0,06	5,7	200	1200	470	24	39	7
	4.5.2000	11,0	7,1	0,10	5,9	200	920	220	12	40	5
	11.5.2000	10,0	7,2	0,13	6,1	160	780	120	6	42	4
	25.5.2000	9,0	7,6	0,20	6,2	200	750	16	6	52	10
	27.6.2000	9,0	7,2	0,28	6,4	200	910	2	11	85	11
	11.7.2000	6,0	7,6	0,30	6,5	200			6	110	22
	20.7.2000	7,0	7,2	0,30	6,4	200	820	37	48	110	32
	2.8.2000	6,0	6,7	0,20	6,2	200	870	70	25	78	17
	17.8.2000	4,4	6,9	0,21	6,3	200	760	21	11	75	15
	30.8.2000	4,8	7,2	0,23	6,4	220	730	25	4	67	14
	14.9.2000	4,0	7,7	0,24	6,4	160	660	27	8	59	11
	27.9.2000	4,5	8,2	0,24	6,4	160	600	10	4	51	8
	11.10.2000	4,4	9,0	0,30	6,7	160	590	19	15	57	7
	1.11.2000	18,0	14,9	0,22	6,2	230	5400	3800	110	110	23
	22.11.2000	2,0	9,9	0,09	5,8	270	2200	2500	64	45	15
	19.12.2000	1,7	9,0	0,10	5,8	220	1800	860	59	38	15
vuosikeskiarvot		**7,8**	**8,4**	**0,19**	**6,2**	**194**	**1599**	**811**	**34**	**66**	**14,4**
kesäkeskiarvot VI-VIII		**6,2**	**7,1**	**0,25**	**6,4**	**203**	**818**	**31**	**18**	**88**	**18,5**

Liite 8. Kokonaistypen ja kokonaisfosforin suhde jokivesissä.

Paikka	Aika	Kokonais-typpi (µg l $^{-1}$)	Kokonais-fosfori (µg l $^{-1}$)	N/P-suhde		Paikka	Aika	Kokonais-typpi (µg l $^{-1}$)	Kokonais-fosfori (µg l $^{-1}$)	N/P-suhde
Inkinjoki	6.4.	2000	38	52,6		Porraskoski	6.4.	530	11	48,2
	13.4.	2200	37	59,5			13.4.	570	15	38,0
	18.4.	1700	40	42,5			18.4.	530	15	35,3
	26.4.	700	29	24,1			26.4.	440	10	44,0
	4.5.	650	24	27,1			4.5.	500	14	35,7
	25.5.	570	27	21,1			11.5.	510	15	34,0
	27.6.	690	37	18,6			25.5.		14	
	11.7.		49				27.6.	440	13	33,8
	20.7.	720	53	13,6			11.7.		15	
	2.8.	890	52	17,1			20.7.	430	15	28,7
	17.8.	730	42	17,4			2.8.	400	14	28,6
	30.8.	630	49	12,9			17.8.	440	14	31,4
	14.9.	650	42	15,5			30.8.	400	14	28,6
	27.9.	530	31	17,1			14.9.	380	14	27,1
	11.10.	560	35	16,0			27.9.	420	16	26,3
	1.11.	1800	56	32,1			11.10.	370	14	26,4
	22.11.	1000	25	40,0			1.11.	390	11	35,5
	19.12.	790	31	25,5			22.11.	410	12	34,2
vuosikeskiarvot				**26,6**			19.12.	460	13	35,4
kesäkeskiarvot VI-VIII				**15,9**		**vuosikeskiarvot**				**33,6**
						kesäkeskiarvot VI-VIII				**30,2**
Palsanoja	6.4.	360	4	90,0		Ekojärven luusua	6.4.	620	18	34,4
	13.4.	310	5	62,0			13.4.	880	19	46,3
	18.4.	340	6	56,7			18.4.	1300	27	48,1
	26.4.	320	6	53,3			26.4.	850	23	37,0
	4.5.	290	5	58,0			4.5.	680	20	34,0
	25.5.	330	9	36,7			11.5.	630	22	28,6
	27.6.	330	8	41,3			25.5.	510	24	21,3
	11.7.	320	8	40,0			27.6.	450	19	23,7
	20.7.	310	6	51,7			11.7.		25	
	2.8.	310	8	38,8			20.7.	450	27	16,7
	17.8.	320	8	40,0			2.8.	540	30	18,0
	30.8.	280	9	31,1			17.8.	510	22	23,2
	14.9.	280	7	40,0			30.8.	440	17	25,9
	27.9.	280	6	46,7			14.9.	450	24	18,8
	11.10.	300	6	50,0			27.9.	380	16	23,8
	1.11.	300	7	42,9			11.10.	390	19	20,5
	22.11.	350	7	50,0			1.11.	490	17	28,8
	19.12.	340	8	42,5			22.11.	870	20	43,5
vuosikeskiarvot				**48,4**			19.12.	840	21	40,0
kesäkeskiarvot VI-VIII				**40,5**		**vuosikeskiarvot**				**29,6**
						kesäkeskiarvot VI-VIII				**21,5**
Monivalonoja	6.4.	620	13	47,7		Pitkälänoja	6.4.	620	12	51,7
	13.4.	620	15	41,3			13.4.	520	12	43,3
	18.4.	590	17	34,7			18.4.	580	21	27,6
	26.4.	590	17	34,7			26.4.	490	17	28,8
	4.5.	520	15	34,7			4.5.	410	12	34,2
	25.5.	410	17	24,1			11.5.	430	12	35,8
	27.6.	480	37	13,0			25.5.	410	12	34,2
	11.7.		23				27.6.	490	15	32,7
	20.7.	460	18	25,6			11.7.	480	14	34,3
	2.8.	460	19	24,2			20.7.	620	31	20,0
	17.8.	390	15	26,0			2.8.	420	11	38,2
	30.8.	340	15	22,7			17.8.	440	12	36,7
	14.9.	430	15	28,7			30.8.	390	12	32,5
	27.9.	440	11	40,0			14.9.	430	12	35,8
	11.10.	390	13	30,0			27.9.	400	12	33,3
	1.11.	610	19	32,1			11.10.	400	10	40,0
	22.11.	580	16	36,3			1.11.	450	12	37,5
	19.12.	620	15	41,3			22.11.	530	14	37,9
vuosikeskiarvot				**31,6**			19.12.	520	13	40,0
kesäkeskiarvot VI-VIII				**22,3**		**vuosikeskiarvot**				**35,5**
						kesäkeskiarvot VI-VIII				**32,4**

Paikka	Aika	Kokonais-typpi (µg l $^{-1}$)	Kokonais-fosfori (µg l $^{-1}$)	N/P-suhde		Paikka	Aika	Kokonais-typpi (µg l $^{-1}$)	Kokonais-fosfori (µg l $^{-1}$)	N/P-suhde
Kopsjoki	6.4.	1200	24	50,0		Vuolujoki	6.4.	4500	92	48,9
	13.4.	1300	29	44,8			13.4.	3000	51	58,8
	18.4.	1400	32	43,8			18.4.	2300	50	46,0
	26.4.	1100	28	39,3			26.4.	1200	39	30,8
	4.5.	1100	26	42,3			4.5.	920	40	23,0
	11.5.	1100	33	33,3			11.5.	780	42	18,6
	25.5.	840	38	22,1			25.5.	750	52	14,4
	27.6.	720	22	32,7			27.6.	910	85	10,7
	11.7.		38				11.7.		110	
	20.7.	590	37	15,9			20.7.	820	110	7,5
	2.8.	600	35	17,1			2.8.	870	78	11,2
	17.8.	590	28	21,1			17.8.	760	75	10,1
	30.8.	540	26	20,8			30.8.	730	67	10,9
	14.9.	510	24	21,3			14.9.	660	59	11,2
	27.9.	480	23	20,9			27.9.	600	51	11,8
	11.10.	530	27	19,6			11.10.	590	57	10,4
	1.11.	700	26	26,9			1.11.	5400	110	49,1
	22.11.	1000	27	37,0			22.11.	2200	45	48,9
	19.12.	1200	27	44,4			19.12.	1800	38	47,4
vuosikeskiarvot				**30,7**		**vuosikeskiarvot**				**26,1**
kesäkeskiarvot VI-VIII				**21,5**		**kesäkeskiarvot VI-VIII**				**10,1**

Liite 9. Ravinnefraktioiden osuudet kokonaisravinteista v. 2000.

Paikka	Aika	Kokonais-fosfori ($\mu g\ l^{-1}$)	PO_4-fosfori (suod.) ($\mu g\ l^{-1}$)	PO_4-fosforin osuus (%)		Kokonais-typpi ($\mu g\ l^{-1}$)	NH_4-typpi ($\mu g\ l^{-1}$)	NH_4-typen osuus (%)	NO_2-/NO_3-typpi ($\mu g\ l^{-1}$)	NO_2/NO_3-typen osuus (%)
Inkinjoki puhdistamon yläp.	6.4.	38	7	18,4		2000	95	4,8	1300	65,0
	13.4.	37	4	10,8		2200	48	2,2	1700	77,3
	18.4.	40	4	10,0		1700		0,0	1000	58,8
	26.4.	29	2	6,9		700	12	1,7	200	28,6
	4.5.	24	2	8,3		650	3	0,5	140	21,5
	25.5.	27		0,0		570	11	1,9	33	5,8
	27.6.	37	7	18,9		690	61	8,8	110	15,9
	11.7.	49	13	26,5			23			
	20.7.	53	12	22,6		720	35	4,9	76	10,6
	2.8.	52	11	21,2		890	15	1,7	90	10,1
	17.8.	42	10	23,8		730	20	2,7	130	17,8
	30.8.	49	7	14,3		630	8	1,3	25	4,0
	14.9.	42	9	21,4		650	5	0,8	96	14,8
	27.9.	31	4	12,9		530	3	0,6	180	34,0
	11.10.	35	4	11,4		560	3	0,5	90	16,1
	1.11.	56	8	14,3		1800	38	2,1	1000	55,6
	22.11.	25	5	20,0		1000	12	1,2	340	34,0
	19.12.	31	5	16,1		790	23	2,9	130	16,5
vuosikeskiarvot				**15,4**				**2,3**		**28,6**
kesäkeskiarvot VI-VIII				**21,2**				**3,9**		**11,7**
Palsanoja	6.4.	4	1	25,0		360	3	0,8	84	23,3
	13.4.	5	3	60,0		310	3	1,0	82	26,5
	18.4.	6	1	16,7		340	3	0,9	84	24,7
	26.4.	6	1	16,7		320	3	0,9	57	17,8
	4.5.	5	1	20,0		290	3	1,0	76	26,2
	25.5.	9	3	33,3		330	4	1,2	52	15,8
	27.6.	8	1	12,5		330	6	1,8	24	7,3
	11.7.	8	1	12,5		320	5	1,6	7	2,2
	20.7.	6	1	16,7		310	5	1,6	4	1,3
	2.8.	8	1	12,5		310	4	1,3	3	1,0
	17.8.	8	2	25,0		320	4	1,3	2	0,6
	30.8.	9	1	11,1		280	3	1,1	3	1,1
	14.9.	7	1	14,3		280	3	1,1	5	1,8
	27.9.	6	1	16,7		280	3	1,1	5	1,8
	11.10.	6	1	16,7		300	4	1,3	5	1,7
	1.11.	7	1	14,3		300	10	3,3	28	9,3
	22.11.	7	1	14,3		350	11	3,1	41	11,7
	19.12.	8	1	12,5		340	13	3,8	63	18,5
vuosikeskiarvot				**19,5**				**1,6**		**10,7**
kesäkeskiarvot VI-VIII				**15,0**				**1,4**		**2,2**
Monivalonoja	6.4.	13	2	15,4		620	4	0,6	230	37,1
	13.4.	15	1	6,7		620	4	0,6	260	41,9
	18.4.	17	2	11,8		590	3	0,5	190	32,2
	26.4.	17	1	5,9		590	3	0,5	200	33,9
	4.5.	15	2	13,3		520	3	0,6	150	28,8
	25.5.	17	4	23,5		410	8	2,0	28	6,8
	27.6.	37	2	5,4		480	14	2,9	48	10,0
	11.7.	23	2	8,7			6			
	20.7.	18	4	22,2		460	6	1,3	48	10,4
	2.8.	19	3	15,8		460	3	0,7	19	4,1
	17.8.	15	3	20,0		390	4	1,0	32	8,2
	30.8.	15	2	13,3		340	4	1,2	30	8,8
	14.9.	15	1	6,7		430	3	0,7	27	6,3
	27.9.	11	1	9,1		440	7	1,6	51	11,6
	11.10.	13	1	7,7		390	7	1,8	60	15,4
	1.11.	19	2	10,5		610	11	1,8	140	23,0
	22.11.	16	2	12,5		580	14	2,4	120	20,7
	19.12.	15	3	20,0		620	22	3,5	170	27,4
vuosikeskiarvot				**12,7**				**1,4**		**19,2**
kesäkeskiarvot VI-VIII				**14,2**				**1,4**		**8,3**
Porraskoski	6.4.	11	1	9,1		530	3	0,6	160	30,2
	13.4.	15	5	33,3		570	3	0,5	210	36,8
	18.4.	15	2	13,3		530	3	0,6	180	34,0
	26.4.	10	1	10,0		440	3	0,7	120	27,3
	4.5.	14	1	7,1		500	3	0,6	120	24,0
	11.5.	15	1	6,7		510	3	0,6	110	21,6
	25.5.	14	3	21,4			5		63	
	27.6.	13	1	7,7		440	6	1,4	4	0,9
	11.7.	15	1	6,7			3			
	20.7.	15	1	6,7		430	10	2,3	7	1,6
	2.8.	14	2	14,3		400	9	2,3	10	2,5
	17.8.	14	2	14,3		440	9	2,0	6	1,4
	30.8.	14	2	14,3		400	4	1,0	4	1,0
	14.9.	14	1	7,1		380	4	1,1	4	1,1
	27.9.	16	2	12,5		420	3	0,7	3	0,7
	11.10.	14	1	7,1		370	7	1,9	7	1,9
	1.11.	11	2	18,2		390	25	6,4	30	7,7
	22.11.	12	3	25,0		410	33	8,0	37	9,0
	19.12.	13	3	23,1		460	27	5,9	93	20,2
vuosikeskiarvot				**13,6**				**2,1**		**13,0**
kesäkeskiarvot VI-VIII				**10,6**				**1,8**		**1,5**

Paikka	Aika	Kokonais-fosfori ($\mu g\ l^{-1}$)	PO_4-fosfori (suod.) ($\mu g\ l^{-1}$)	PO_4-fosforin osuus (%)		Kokonais-typpi ($\mu g\ l^{-1}$)	NH_4-typpi ($\mu g\ l^{-1}$)	NH_4-typen osuus (%)	NO_2-/NO_3-typpi ($\mu g\ l^{-1}$)	NO_2/NO_3-typen osuus (%)
Ekojärven luusua	6.4.	18	4	22,2		620	25	4,0	240	38,7
	13.4.	19	3	15,8		880	29	3,3	500	56,8
	18.4.	27	5	18,5		1300		0,0	860	66,2
	26.4.	23	2	8,7		850	21	2,5	390	45,9
	4.5.	20	2	10,0		680	5	0,7	210	30,9
	11.5.	22	2	9,1		630	4	0,6	130	20,6
	25.5.	24	3	12,5		510	4	0,8	28	5,5
	27.6.	19	1	5,3		450	6	1,3	4	0,9
	11.7.	25	2	8,0			3			
	20.7.	27	2	7,4		450	4	0,9	2	0,4
	2.8.	30	2	6,7		540	3	0,6	2	0,4
	17.8.	22	3	13,6		510	3	0,6	2	0,4
	30.8.	17	3	17,6		440	3	0,7	3	0,7
	14.9.	24	1	4,2		450	3	0,7	3	0,7
	27.9.	16	2	12,5		380	3	0,8	3	0,8
	11.10.	19	1	5,3		390	4	1,0	4	1,0
	1.11.	17	2	11,8		490	20	4,1	96	19,6
	22.11.	20	3	15,0		870	28	3,2	300	34,5
	19.12.	21	4	19,0		840	38	4,5	300	35,7
vuosikeskiarvot				**11,7**				**1,7**		**20,0**
kesäkeskiarvot VI-VIII				**9,8**				**0,8**		**0,6**
Pitkälänoja	6.4.	12	1	8,3		620	3	0,5	130	21,0
	13.4.	12	3	25,0		520	3	0,6	120	23,1
	18.4.	21	2	9,5		580	3	0,5	75	12,9
	26.4.	17	1	5,9		490	3	0,6	76	15,5
	4.5.	12	1	8,3		410	3	0,7	9	2,2
	11.5.	12	1	8,3		430	3	0,7	2	0,5
	25.5.	12	3	25,0		410	3	0,7	2	0,5
	27.6.	15	1	6,7		490	39	8,0	23	4,7
	11.7.	14	1	7,1		480	17	3,5	14	2,9
	20.7.	31	1	3,2		620	3	0,5	3	0,5
	2.8.	11	2	18,2		420	4	1,0	2	0,5
	17.8.	12	2	16,7		440	7	1,6	4	0,9
	30.8.	12	1	8,3		390	8	2,1	5	1,3
	14.9.	12	1	8,3		430	3	0,7	5	1,2
	27.9.	12	1	8,3		400	8	2,0	10	2,5
	11.10.	10	1	10,0		400	3	0,8	8	2,0
	1.11.	12	1	8,3		450	11	2,4	35	7,8
	22.11.	14	1	7,1		530	20	3,8	44	8,3
	19.12.	13	2	15,4		520	31	6,0	62	11,9
vuosikeskiarvot				**11,0**				**1,9**		**6,3**
kesäkeskiarvot VI-VIII				**10,0**				**2,8**		**1,8**
Kopsjoki	6.4.	24	5	20,8		1200	3	0,3	770	64,2
	13.4.	29	3	10,3		1300	3	0,2	900	69,2
	18.4.	32	4	12,5		1400	3	0,2	940	67,1
	26.4.	28	2	7,1		1100	3	0,3	590	53,6
	4.5.	26	3	11,5		1100	6	0,5	600	54,5
	11.5.	33	4	12,1		1100	5	0,5	520	47,3
	25.5.	38	9	23,7		840	12	1,4	160	19,0
	27.6.	22	2	9,1		720	26	3,6	2	0,3
	11.7.	38	3	7,9			3			
	20.7.	37	3	8,1		590	7	1,2	2	0,3
	2.8.	35	4	11,4		600	3	0,5	2	0,3
	17.8.	28	3	10,7		590	12	2,0	2	0,3
	30.8.	26	2	7,7		540	9	1,7	3	0,6
	14.9.	24	1	4,2		510	4	0,8	3	0,6
	27.9.	23	3	13,0		480	3	0,6	3	0,6
	11.10.	27	3	11,1		530	10	1,9	8	1,5
	1.11.	26	2	7,7		700	16	2,3	170	24,3
	22.11.	27	6	22,2		1000	25	2,5	440	44,0
	19.12.	27	7	25,9		1200	17	1,4	630	52,5
vuosikeskiarvot				**12,5**				**1,2**		**27,8**
kesäkeskiarvot VI-VIII				**9,2**				**1,8**		**0,4**
Vuolujoki	6.4.	92	30	32,6		4500	120	2,7	3700	82,2
	13.4.	51	16	31,4		3000	61	2,0	1200	40,0
	18.4.	50	12	24,0		2300	44	1,9	1500	65,2
	26.4.	39	7	17,9		1200	24	2,0	470	39,2
	4.5.	40	5	12,5		920	12	1,3	220	23,9
	11.5.	42	4	9,5		780	6	0,8	120	15,4
	25.5.	52	10	19,2		750	6	0,8	16	2,1
	27.6.	85	11	12,9		910	11	1,2	2	0,2
	11.7.	110	22	20,0			6			
	20.7.	110	32	29,1		820	48	5,9	37	4,5
	2.8.	78	17	21,8		870	25	2,9	70	8,0
	17.8.	75	15	20,0		760	11	1,4	21	2,8
	30.8.	67	14	20,9		730	4	0,5	25	3,4
	14.9.	59	11	18,6		660	8	1,2	27	4,1
	27.9.	51	8	15,7		600	4	0,7	10	1,7
	11.10.	57	7	12,3		590	15	2,5	19	3,2
	1.11.	110	23	20,9		5400	110	2,0	3800	70,4
	22.11.	45	15	33,3		2200	64	2,9	2500	113,6
	19.12.	38	15	39,5		1800	59	3,3	860	47,8
vuosikeskiarvot				**21,7**				**2,0**		**29,3**
kesäkeskiarvot VI-VIII				**20,8**				**2,4**		**3,8**