

Kasviplankton ja vedenlaatu Pohjois-Karjalan metsäjärvissä

Pohjois-Karjalan vesistöjen tilan parantaminen

Anna-Liisa Holopainen, Riitta Niinioja ja Minna Kukkonen



POHJOIS-KARJALAN YMPÄRISTÖKESKUKSEN
RAPORTTEJA 6 | 2007

Kasviplankton ja vedenlaatu Pohjois-Karjalan metsäjärvissä

Pohjois-Karjalan vesistöjen tilan parantaminen

Anna-Liisa Holopainen, Riitta Niinioja ja Minna Kukkonen



**POHJOIS-KARJALAN
YMPÄRISTÖKESKUS**

**POHJOIS-KARJALAN YMPÄRISTÖKESKUKSEN
RAPORTTEJA 6 | 2007**
Pohjois-Karjalan ympäristökeskus

Taitto: Anita Rämö
Kansikuva: Pusonjärvi, Anna-Liisa Holopainen
Sisäsivujen kuvat: Aki Hassinen
Grafiikka: Minna Kukkonen, Aki Hassinen
Julkaisu on saatavana myös internetistä:
www.ymparisto.fi/julkaisut

Edita Prima Oy, Helsinki 2007

ISBN 978-952-11-2871-4 (nid.)
ISBN 978-952-11-2872-1 (PDF)
ISSN 1796-1874 (pain.)
ISSN 1796-1882 (verkkoj.)

ESIPUHE

Pohjois-Karjala on järvien ja jokien maakunta. Suuret järvet sekä lammet ja joet luovat monimuotoista luonnon maisemakuvaa, johon yhdistyy arvokkaita kulttuuriympäristöjä vanhan asutuksen sijoittuessa – vaarojen lakialueiden ohella – vesistöjen varsille. Vesistöt ovat tärkeä osa pohjoiskarjalaisten elämää. Loma-asutus, veneily ja kalastus ovat edelleenkin tärkeimpiä vesistöjen käyttömuotoja maakunnassa. Vesistöt tarjoavat kasvavalle luontomatkailulle omaleimaisia kohteita ja tukevat näin paikallisten elinkeinojen kehittämistä.

Pohjois-Karjalan vesistöjen tila on viime vuosina parantunut. Pistemäistä kuormitusta, asumajätevesien ja teollisuuslaitosten tuottamia jätevesiä, on vähennetty tehokkaasti uusinta teknologiaa käyttäen. Vesiensuojelun kannalta hajakuormituksen, maa- ja metsätalouden aiheuttaman kuormituksen merkitys onkin korostunut viime vuosina. Intensiivinen metsätalouden ja alueellisesti merkittävän maatalouden kuormituksen vähentäminen ovatkin tämän hetken keskeisiä vesiensuojelukysymyksiä.

Osana alueellista yhteistyötä Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, Joensuun yliopiston Ekologian tutkimusinstituutti (ETI, aiemmin Karjalan tutkimuslaitoksen ekologian osasto) ja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos käynnistivät vuonna 2004 hankkeen ”Pohjois-Karjalan vesistöjen tilan parantaminen”. Hankkeen tavoitteena oli selvittää Pohjois-Karjalalle tyypillisten humuspitoisten vesistöjen tilaa biologian (kasviplankton, piilevät, vesikasvit, pohjaeläimet ja kalasto) ja vesikemian avulla. Hankkeessa selvitettiin myös valuma-alueelta vesistöön kohdistuvan kuormituksen ja vesistöjen ekologisen tilan suhdetta. Kerätyn pohjatiedon perusteella hankkeessa mukana olleille järville arvioitiin vesiensuojelun tarvetta, mitä tietoa voidaan käyttää jatkossa myös arvioitaessa Pohjois-Karjalan muiden humusvesien tilaa sekä hoito- ja kunnostustarpeita. Keskeinen osa oli myös paikallisten asukkaiden osallistuminen kotijärviensä tilan arviointiin hankkeessa tehdyn kyselyn avulla.

Hankkeen tuottamaa tietoa, loppuraportin ohella, on tarkemmin esitelty viidessä erillisraportissa sekä hankkeen omilla internetsivuilla. Lisäksi hanke tuotti kansalaisille tarkoitettua vesiensuojelun yleisesitteen sekä internetsivuston. Hanke tukee merkittävästi myös Euroopan unionin vesipolitiikan puitteiden edellyttämää pintavesien ekologisen tilan arviointityötä Pohjois-Karjalassa.

Hankkeen suunnittelusta ja koordinoinnista sekä loppuraportin ja piileväraportin laatimisesta on vastannut suunnittelija, FL Minna Kukkonen (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus), kasviplanktonselvityksistä tutkija FL, MMK Anna-Liisa Holopainen (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, ETI), pohjaeläinselvityksistä tutkija, FM Markus Leppä (ETI), vesikasviselvityksistä Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus, FM (väit.) Juhani Hynynen, kalastuselvityksistä FM Jukka Kekäläinen (ETI) ja Mikko Olin (RKTL). Maankäyttöön ja karttoihin liittyvästä paikkatietoaineistojen käsittelystä vastasi ins. (AMK, ympäristöteknologia) Aki Hassinen ja internetsivujen suunnittelusta LuK Veli Lyytikäinen.

Osallistujatahot haluavat kiittää tekijöitä ja kaikkia hankkeeseen osallistuneita ja toivovat, että nyt valmistunut hanke omalta osaltaan luo parempia valmiuksia pohjoiskarjalaisten vesistöjen tilan parantamiseksi sekä lisää ihmisten ympäristötietoisuutta ja -osaamista.

Hannu Luotonen
Pohjois-Karjalan
ympäristökeskus

Markku Viljanen
Ekologian tutkimusinstituutti
Joensuun yliopisto

Martti Rask
Riista- ja kalatalouden
tutkimuslaitos

SISÄLLYS

1 Johdanto	7
2 Tutkimusjärvet	8
2.1 Järvien tyypittely	9
2.2 Maankäyttö ja kuormitus	10
2.3 Aineisto ja menetelmät	11
3 Tulokset	13
3.1 Hydrologiset olot	13
3.2 Veden laadullinen käyttökelpoisuus	13
3.3 Veden laatu	14
3.3.1 Pienet humusjärvet (Ph)	17
3.3.2 Keskikokoiset humusjärvet (Kh)	23
3.3.3 Runsashumuksiset järvet (Rh)	24
3.3.4 Matalat humusjärvet (Mh)	27
3.3.5 Matalat runsashumuksiset järvet (MRh)	28
3.3.6 Lyhytviipymäiset järvet (Lv)	31
3.3.7 Fosforin ja typen suhteet tutkimusjärvissä	33
3.4 Kasviplankton	33
3.4.1 Pienet humusjärvet (Ph)	34
3.4.2 Keskikokoiset humusjärvet (Kh)	37
3.4.3 Runsashumuksiset järvet (Rh)	37
3.4.4 Matalat humusjärvet (Mh)	38
3.4.5 Matalat runsashumuksiset järvet (MRh)	39
3.4.6 Lyhytviipymäiset järvet (Lv)	39
3.4.7 Indikaattorilajit ja kasviplanktonyhteisöt	40
3.5 Järvien luokittelu kasviplanktonin ja klorofyllin perusteella	40
4 Tulosten tarkastelu	43
4.1 Hydrologiset olot ja vedenlaatu	43
4.2 Kasviplankton	45
5 Yhteenveto	48
Lähteet	49
Liite I. Kasviplanktonilajit ja indikaattoriarvot tutkimusjärvien elokuun näytteissä vuonna 2005	51
Kuvailulehti	55
Presentationsblad	56
Documentation page	57

1 Johdanto

Pienet ja keskikokoiset metsäjärvet ovat yleisiä borealisessa havumetsävyöhykkeessä. Suomessa tällaisia kooltaan 0,01–10 km² järviä on noin 55 700 kappaletta (Raatikainen ja Kuusisto 1988). Tällaiset järvet ovat hyvin monimuotoisia sekä vedenlaadultaan että morfologialtaan ja edustavat nykyisen tyypittelyn mukaan useita eri järvityyppejä (Vuori ym. 2006). Ilmaperäisen laskeuman lisäksi maa- ja metsätalous ovat näiden järvien pääkuormittajia. Myös lähes luonnontilaisia pieniä järviä löytyy vielä, joskin vähemmän.

Vaikka metsäjärvet ovat tyypillisiä pohjoiselle havumetsävyöhykkeelle, luonnontilaisten pienten järviemme kasviplanktonista on tehty vain vähän tutkimuksia (Arvola 1984, Keskitalo ym. 1998, Salonen ym. 1990, Salonen ym. 2002, Holopainen ym. 2003). Leväyhteisöt ovat herkkiä ympäristöjen ilmentäjiä ja niitä käytetään usein vedenlaadun indikaattoreina (Reynolds 1984). Pohjoisen havumetsävyöhykkeen järvet tarjoavat erilaisia ympäristöjä vedenlaadun ja leväyhteisön välisten yhteyksien tutkimiseen. Pitkän aikavälin tutkimuksissa ympäristön yhdenmetyksen seurannan alueilla pienten järvien kasviplanktonyhteisöjen ja biomassan vuosien välisen vaihtelun on havaittu olevan huomattavaa (Keskitalo ym. 1998, Holopainen ym. 2003). Pienet järvet näyttävät olevan herkempiä ympäristömuutoksille kuin suuret järvet (Salonen ym. 2002). Metsäjärvien kasviplanktonyhteisö tarjoaa erinomaiset mahdollisuudet ympäristömuutosten havaitsemiseen. Perustuottajatasolla tapahtuvat muutokset heijastuvat edelleen eläinplanktoniin, pohjaeläimistöön ja kalastoon.

Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksessa käynnistettiin vuonna 2004 Pohjois-Karjalan vesistöjen tilan parantaminen, ”POKAVESI” -hanke, jonka tavoitteena on hajakuormituksen rasittamien tummavetisten järvien ekologisen tilan ja valuma-alueiden kunnostustarpeen arviointi. Hanke kestää vuoden 2007 loppuun saakka. Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen koordinoiman hankkeen rahoittaa Euroopan aluekehitysrahasto tavoite 1-ohjelmastaan. Hankkeeseen osallistuvat Pohjois-

Karjalan ympäristökeskus, Joensuun yliopiston Ekologian tutkimusinstituutti sekä Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

POKAVESI-hankkeeseen on valittu 16 tyypillistä pientä tai keskikokoista järveä Pohjois-Karjalasta. Hankkeeseen pyrittiin löytämään eri järvityyppejä edustavia luonnontilaisia ja kuormittuneita järviä. Kohdejärvien ekologisen tilan arviointi ja suojelun tarve määritetään pohjaeläimistön, vesikasvillisuuden, kasviplanktonin, kalaston ja vesianalyysien avulla. Lisäksi järvien pohjakerrostumiin eli pohjasedimenttiin kertyneiden piikkuoristen levien avulla selvitetään valuma-alueen maankäytön ja järven veden laadun historiaa. Valuma-alueen maankäyttötietoja käytetään vesistöön kohdistuvan kuormituksen arvioinnissa.

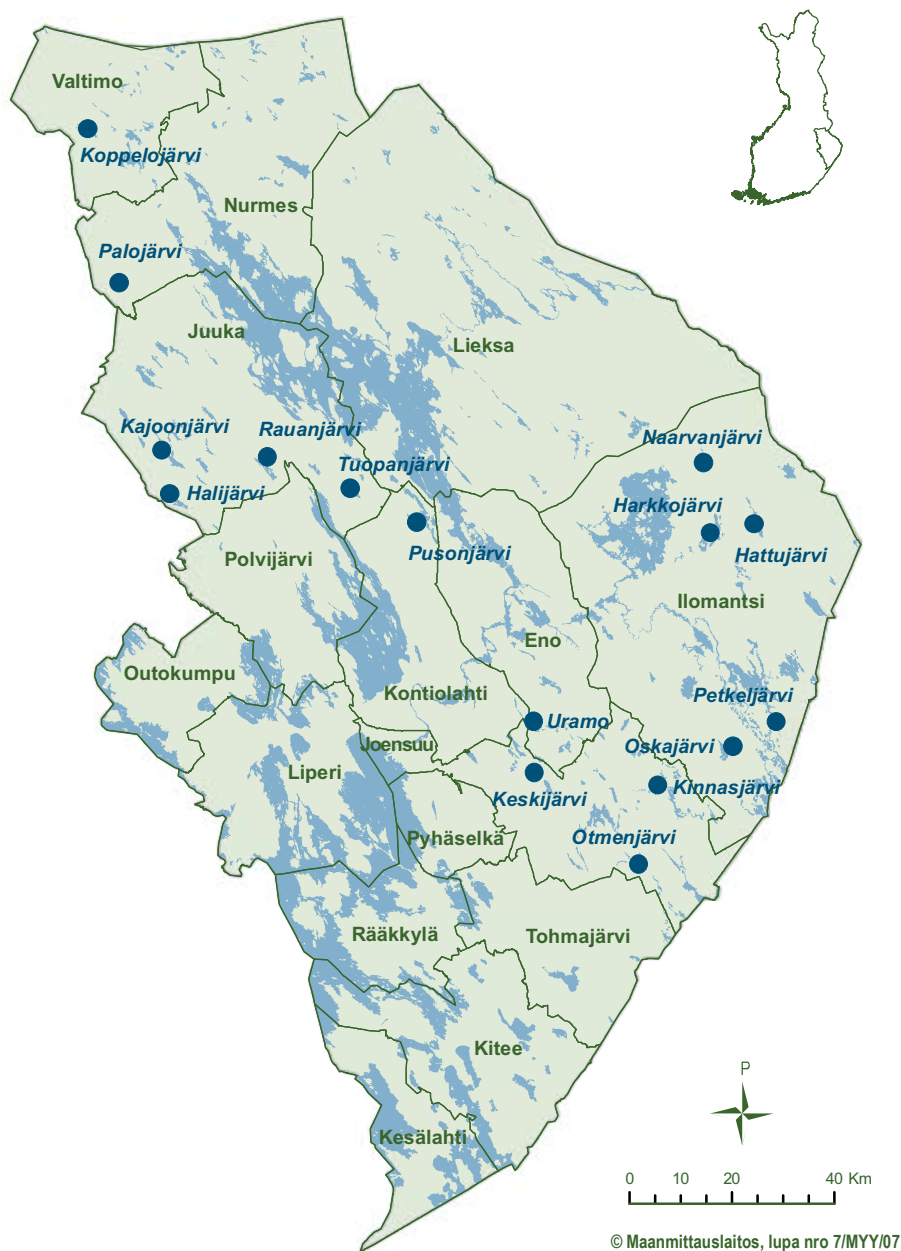
Yhtenä tavoitteena POKAVESI-hankkeessa on saada paikalliset asukkaat ja vesistöjen käyttäjät kiinnostumaan vesistöistä ja niiden kunnossapidosta. Vesistöjen virkistyskäytön edellytyksenä on järvien ja jokien hyvä kunto. Paikallisille toimijoille, valuma-alueen asukkaille ja mökkiläisille tiedotetaan vesistöjen tilasta, seurantamahdollisuuksista ja vesistöjä säästävistä toimintatavoista. Tavoitteena on, että vesistöjen tilasta saatavaa tietoa käytetään perustana vesiensuojelutoimille ja yhteistyö kansalaisten kanssa auttaa pitämään järvet käyttökelpoisina myös jälkipolville. Tietoa kohdejärvistä, niiden veden laadusta ja valuma-alueiden ominaisuuksista löytyy hankkeen [www-sivuilta](http://www.sivuilla) (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2006a).

POKAVESI-hankkeen tämän osatutkimuksen tavoitteena on selvittää yhden vuoden intensiivitutkimuksen pohjalta, mitä kasviplanktonlajisto ja sen biomassan ilmentävät hankejärvien veden laadusta ja järvien ekologisesta tilasta sekä mitä veden kemiallinen laatu kertoo järvien tilasta. Vuoden 2005 tuloksien perusteella pyritään löytämään erilaisen ja eriasteisen vesistökuormituksen aiheuttama muutos järven kasviplanktonyhteisössä ja arvioimaan vaihtelun riippuvuutta ympäristömuuttujista.

2 Tutkimusjärvet

Hankkeeseen on valittu 16 järveä eri puolilta Pohjois-Karjalaa (taulukko 1 ja 2 sekä kuva 1). Viisi järvistä sijaitsee Ilo-mantsissa – Harkkojärvi, Hattujärvi, Oskajärvi, Naarvanjärvi ja Petkeljärvi – neljä järvistä on Juuassa – Tuopanjärvi, Kajoonjärvi, Halijärvi ja Rauanjärvi – ja kolme Joensuussa: kaksi Tuupovaarassa – Otmenjärvi ja Kinnasjärvi – ja yksi, Keski-järvi, Kiihtelysvaarassa. Lisäksi jär-

vistä Uramo sijaitsee Enossa, Pusonjärvi Kontio-lahtella, Palojärvi Nurmeksessa ja Koppelojärvi Valtimon kunnassa. Valuma-alueiden pääasiallinen maankäyttömuoto on metsätalous. Järviä yhdistävä tekijä on veden huomattava humuspitoisuus (väriluku vähintään 30 mg Pt l⁻¹) ja Kajoonjärveä lukuun ottamatta pieni koko (alle 500 hehtaaria, taulukko 1).



Kuva 1. POKAVESI-hankkeen tutkimusjärvien sijainti Pohjois-Karjalassa.

Taulukko 1. Tutkimusjärviä kuvaavia hydrologisia ja morfologisia piirteitä (Ympäristöhallinnon ympäristötietojärjestelmä 2006).

Järvi	Järven pinta-ala ha	Kokonaisranta- ranta- viiva km	Järven tilavuus 10 ³ m ³	Suurin syvyys m	Keski- syvyys m
Pusonjärvi	165	10	11 970	21	7,3
Tuopanjärvi	316	18	13 767	17	4,4
Uramo	326	21	18 790	19	5,8
Halijärvi	234	15	13 467	21	5,8
Keskijärvi	212	9	7 390	14	3,5
Rauanjärvi	422	40	13 032	19	3,1
Kajonjärvi	552	25	62 489	50	11,3
Kinnasjärvi	139	14	16 102	22	4,4
Harkkojärvi	437	26	15 164	10	3,5
Koppelojärvi	471	19	21 656	19	4,6
Otmenjärvi	139	11	2 826	6	2,0
Hattujärvi	515	29	16 942	9	3,3
Palojärvi	166	8	2 776	8	1,7
Oskajärvi	371	17	9 795	12	2,6
Naarvanjärvi	128	16	3 203	8	2,5
Petkeljärvi	176	22	5 484	9	3,1

Taulukko 2. Tutkimusjärvien havaintopaikat. Havaintopaikkojen sijainti on merkitty yhtenäiskoordinaatissa, YKP = pohjoiskoordinaatti, YKI = itäkoordinaatti.

Havaintopaikka	Kunta	Vesistöalue	Koordinaatit	
			YKP	YKI
Pusonjärvi 36	Kontiolahti	04.412	6989933	3645968
Tuopanjärvi I	Juuka	04.862	6996258	3634969
Uramo 17	Eno	01.044	6951182	3669014
Halijärvi I	Juuka	04.748	6994347	3600915
Keskijärvi 4	Joensuu	01.033	6942799	3669214
Rauanjärvi I	Juuka	04.833	7001345	3616968
Kajonjärvi I	Juuka	04.761	7002215	3599376
Kinnasjärvi 4	Joensuu	01.071	6938285	3693169
Harkkojärvi 2	Ilomantsi	04.982	6991105	3705011
Koppelojärvi 6	Valtimo	04.465	7066625	3583253
Otmenjärvi 5	Joensuu	01.027	6923797	3690677
Hattujärvi I	Ilomantsi	04.983	6989866	3713170
Palojärvi 15	Nurmes	04.684	7037439	3588732
Oskajärvi 20	Ilomantsi	04.992	6946220	3706791
Naarvanjärvi 3	Ilomantsi	04.952	7002205	3703510
Petkeljärvi II	Ilomantsi	04.922	6952035	3715525

2.1

Järvien tyypittely

Euroopan unionin vesipuitelidirektiivin (EU 2000) toimeenpanoa varten on kehitetty Suomen järvien tyypittelyjärjestelmä (Pilke ym. 2002, Ympäristöministeriö 2002, Suomen ympäristökeskus 2002). Ympäristöministeriö antoi helmikuussa 2006 uuden tyypittelyohjeen (Ympäristöministeriö 2006),

jossa järvet jaotellaan pinta-alansa, valuma-alueen maaperän laadun, syvyysuhteidensa, kerrostuneisuutensa sekä maantieteellisen sijaintinsa mukaan huomioon ottaen rehevyystekijöitä ja veden viipymä. Lyhytviipymäisessä tyypissä viipymän rajana on pidetty 10 vuorokautta (Ympäristöministeriö 2006, Suomen ympäristökeskus 2007). Tämän tyypittelyn mukaisesti hankkeen järvet jaotellaan nyt kuuteen eri järviyppiin (taulukko 3).

Taulukko 3. Tutkimusjärvien järvityyppi ympäristöministeriön kirjeen (Ympäristöministeriö 2006) mukaan. Tiedot: Pohjois-Karjalan ympäristökeskus (2006b).

Järvi	Järvityyppi	Veden väri luontaisesti mg Pt l ⁻¹
Pusonjärvi	Pienet humusjärvet (Ph)	70
Tuopanjärvi	Pienet humusjärvet (Ph)	70
Uramo	Pienet humusjärvet (Ph)	80
Halijärvi	Pienet humusjärvet (Ph)	82
Keskijärvi	Pienet humusjärvet (Ph)	35
Rauanjärvi	Pienet humusjärvet (Ph)	80
Kajoonjärvi	Keskikokoiset humusjärvet (Kh)	60
Kinnasjärvi	Runsashumuksiset järvet (Rh)	140
Harkkojärvi	Runsashumuksiset järvet (Rh)	190
Koppelojärvi	Runsashumuksiset järvet (Rh)	185
Otmenjärvi	Matalat humusjärvet (Mh)	80
Hattujärvi	Matalat runsashumuksiset järvet (MRh)	145
Palojärvi	Matalat runsashumuksiset järvet (MRh)	230
Oskajärvi	Matalat runsashumuksiset järvet (MRh)	140
Naarvanjärvi	Lyhytviipymäiset järvet (Lv)	160
Petkeljärvi	Lyhytviipymäiset järvet (Lv)	112

2.2

Maankäyttö ja kuormitus

Tutkimusjärvien lähivaluma-alueiden koot vaihtelevat Keskijärven 961 hehtaarista Koppelojärven 10 596 hehtaariin (taulukko 4). Tuopanjärvellä, Kajoojärvellä, Petkeljärvellä, Kinnasjärvellä, Keski-järvellä, Naarvanjärvellä ja Harkkojärvellä on lähivaluma-alueen lisäksi kaukovaluma-alueet. Muita voidaan pitää latvavesinä.

Hankejärvien maankäyttö määritettiin satelliittikuvista ja paikkatieto-ohjelmaa apuna käyttäen (Kukkonen ym. 2007). Järviin kohdistuva ravinnekuormitus on laskettu ominaishuuhtoumankertoimien ja satelliittikuvista saatujen maankäyttöluokkien mukaan (Kukkonen ym. 2007). Kokonaisravinnekuormat ovat laskennallisia arvioita, joissa on huomioitu sekä maankäyttö että viimeisen 10 vuoden aikana tehdyt metsäojitukset.

Järvien valuma-alueista suurin osa on metsää; maapinta-alasta metsän osuus vaihtelee 64–94 %:in välillä (taulukko 4). Turvemaan osuus maapinta-alasta on pienin Keskijärvellä 14 % ja suurin Hattujärvellä 51 %. Maataloutta on eniten Kinnasjärvellä, noin 10 % valuma-alueesta, kun se muilla järvillä jää alle 8 %.

Järvien lähivaluma-alueiden fosforikuormitus koostuu pääosin luonnonhuuhtoumasta ja ilma-kuormasta. Luonnonhuuhtouma on ihmisvaikutuksesta riippumaton maaperästä sateen ja muiden sääilmiöiden irrottama ravinnekuorma, joka

kulkeutuu vesistöön. Ilmaperäinen kuormitus on ilmavirtauksien ja sateen mukana suoraan järveen tulevaa kuormaa. Tämän lisäksi näihin järviin kohdistuu hajakuormitusta, joka on ihmistoiminnan, kuten metsien hakkuun, ojituksen ja maatalouden aiheuttamaa.

Lähivaluma-alueelta tuleva laskennallinen vuotuinen fosforikuorma vaihtelee 220–980 kg:n ja typpikuormitus 3 700–31 500 kg:n välillä (taulukko 4). Järveen tulevasta kokonaiskuormasta luonnonhuuhtouma muodostaa suurimman osan lähes kaikilla valuma-alueilla: sen osuus fosforikuormasta vaihtelee 25–68 %:n välillä ja typpikuormasta 21–55 %:n välillä. Pienintä luonnonhuuhtouma on Kinnasjärvellä ja Kajoonjärvellä, joissa molemmissa maatalouden aiheuttama kuormitus on suuri.

Asutuksen ja rakennetun ympäristön osuus kuormituksesta on pieni kaikkien järvien valuma-alueilla. Harkkojärvellä ei ole asutusta lainkaan ja Kajoonjärvellä ja Kinnasjärvellä sen osuus on korkein 5–6 % (Kukkonen ym. 2007). Metsätaloustoimenpiteiden osuus kuormituksesta on korkein Koppelojärvellä (fosfori 16 % ja typpi 43 %) ja matalin Kinnasjärvellä. Ojitusintensiteetti, mikä ilmaisee ojametrit (mukana kaikki alle kaksi metriä leveät ojat) valuma-alueen maapinta-alaa kohti (m ha⁻¹), on korkein Hattujärven, Palojärven, Naarvanjärven, Koppelojärven ja Tuopanjärven lähivaluma-alueella ja matalin Kinnasjärvellä ja Otmenjärvellä.

Taulukko 4. Tutkimusjärvien lähivaluma-alueiden (Lva) ja kaukovaluma-alueiden (Kva) koko (ha) sekä lähivaluma-alueen maankäyttömuotojen osuus maapinta-alasta (%) sekä ojitusintensiiteetti (m ha⁻¹), laskennallinen fosfori- ja typpikuormitus (kg/vuosi), eri kuormituslähteiden (luonnonhuuhtouma, maatalous ja metsätalous) osuudet fosforin ja typen kokonaiskuormasta (P/N %) (Kukkonen ym. 2007).

Järvi	Valuma-alue		Maankäyttö				Ravinnekuormitus				
	Kva ha	Lva ha	Metsä %	Turve %	Maa-talous %	Ojat m ha ⁻¹	Fosfori kg/vuosi	Typpi kg/vuosi	Luonnonh. P/N %	Maa-talous P/N %	Metsä-talous P/N %
Pusonjärvi	-	2 346	91	22	3,0	81	260	7 500	44/33	19/10	14/41
Tuopanjärvi	5 676	3 122	84	31	6,0	106	470	11 500	33/23	28/14	11/44
Uramo	-	4 506	94	22	1,0	53	430	11 900	47/38	8/4	12/34
Halijärvi		2 572	82	27	7,0	81	390	10 800	36/26	35/21	10/40
Keskijärvi	3 124	961	84	14	8,0	54	360	3 700	25/21	37/23	6/25
Rauanjärvi		5 964	64	38	2,0	89	590	17 500	48/39	15/7	14/37
Kajoonjärvi	10 308	2 168	88	18	5,0	61	380	8 600	25/21	28/14	9/31
Kinnasjärvi	27 095	1 002	84	16	10,0	48	220	4 200	25/22	46/29	5/27
Harkkojärvi	14 938	2 667	91	30	1,0	77	260	8 500	43/31	3/2	11/38
Koppelojärvi	-	10 596	94	39	2,0	121	980	31 500	53/40	15/6	16/43
Otmenjärvi		3 765	94	16	3,0	43	430	11 400	44/33	25/12	10/39
Hattujärvi		5 785	92	51	0,0	160	500	14 800	52/46	2/1	17/31
Palojärvi		6 265	93	43	0,4	156	440	13 700	68/55	5/2	11/32
Oskajärvi		3 984	91	37	3,0	97	480	12 300	40/37	22/10	15/37
Naarvanjärvi	59 561	4 419	89	46	1,0	122	350	12 300	61/45	8/3	14/43
Petkeljärvi	20 893	2 610	93	29	0,3	77	250	7 300	47/39	4/1	23/42

2.3

Aineisto ja menetelmät

Hydrologiset olot. Katsaus tutkimusvuoden 2005 ja sitä edeltäneen vuoden 2004 hydrologisiin olosuhteisiin Pohjois-Karjalassa pohjautuu Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen vesitilannekatsauksiin (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2005, 2006c).

Veden fysikaaliskemialliset analyysit. Vesinäytteet otettiin Limnos-tyyppisellä noutimella yhden metrin syvyydeltä pinnasta, 1 metri pohjan yläpuolelta ja 0–2 metrin kokoomanäytteenä. Tutkimusjärivistä otettiin näytteet taulukossa 2 esitetyistä havaintopaikoista. Näytteenoton yhteydessä mitattiin veden lämpötila ja näkösyvyys valkolevyllä kultakin havaintopaikalta. Näytteet otettiin ja analysoitiin ympäristöhallinnossa yleisesti käytössä olevilla menetelmillä (Niemi ym. 2001, Mitikka ja Ekholm 2003). Näytteenotto ja määritykset tehtiin Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen ympäristölaboratorion toimesta. Vesinäytteistä määritettiin happiolot (liukoinen happi ja hapen kyllästysaste), alkaliniteetti, pH-arvo, väriluku, sameus, kemiallinen hapen kulutus COD_{Mn}, fosfaattifosfori, kokonaisfosfori ja -typpi, nitraatti- ja nitriittitypen summa, ammoniumtyppi, rauta, sulfaatti ja sähkönjohtavuus sekä 1 m näytteistä orgaaninen

liukoinen hiili; kokoomanäytteistä määritettiin klorofylli *a*:n pitoisuus. Vuoden 2005 intensiivitutkimuksen aikana Tuopanjärveltä, Pusonjärveltä, Kinnasjärveltä ja Petkeljärveltä otettiin näytteitä kuusi kertaa touko- ja syyskuun välisenä aikana. Muilta tutkimusjärviltä näytteet otettiin elokuun alkupuolella kesäkerrostuneisuuskauden lopulla. Kuitenkin Hattujärvestä näytteet otettiin heinäkuun alkupuolella. Keskijärvestä on yhdeksän havaintokertaa avovesiajalta 2005, joista kaksi on Keskijärven kalalaitoksen velvoitetarkkailukertoja. Tässä tutkimuksessa käytetyt vedenlaatutiedot on tallennettu ympäristöhallinnon tietojärjestelmään (2006).

Hankejärvien vedenlaatutuloksista laskettiin typen ja fosforin ravinnesuhteet Forsbergin ym. (1978) tarkastelutavan mukaisesti. Ravinnesuhteiden avulla voidaan arvioida, rajoittaako leväkasvua fosfori vai typpi tai säätelevätkö ne kumpikin levien kasvua. Elokuun alkupuolella 2005 otetuista päällysvesinäytteistä (näytesyvyys 1 m) laskettiin kullekin järvelle kolme ravinnesuhdetta: kokonaisravinnesuhde eli N/P-suhde, mineraaliravinnesuhde eli ammoniumtypen ja nitraatti- ja nitriittitypen summan suhde fosfaattifosforiin (NH₄-N+NO₂₃-N/PO₄-P) ja ravinteiden tasapainosuhte eli kokonaisravinnesuhteen suhde mineraaliravinnesuhteeseen.

Forsbergin ym. (1978) mukaan kokonaisravinnesuhteen ollessa suurempi kuin 17, arvioidaan fosforin olevan levien kasvua rajoittava tekijä ja kun suhde on alle 10, on typpi mahdollinen rajoittava tekijä, minimiravinne. Jos kokonaisravinnesuhte on välillä 10–17, saattavat molemmat ravinteet tai jompikumpi ravinne säädellä leväkasvua. Mineraaliravinteiden suhde kuvaa leville välittömästi käyttökelpoisten kasvinravinteiden suhdetta. Sen vuoksi sitä pidetään yleensä kokonaisravinnesuhtetta herkempänä kuvaamaan ravinteiden vaikutusta levätuotannon rajoittajana (Forsberg ym. 1978). Mikäli mineraaliravinnesuhte on toistuvasti yli 12, fosforia pidetään levätuotantoa rajoittavana ja kun suhde on alle viisi, typpi on todennäköisimmin levien kasvua rajoittava tekijä. Suhteen ollessa välillä 5–12 kumpikin ravinne saattaa säädellä leväkasvua (Forsberg ym. 1978). Ravinteiden tasapainosuhteen ollessa alle 1 fosforin arvioidaan olevan minimitekijä, ja kun suhdeluku on yli 1, typpi katsotaan levien kasvua rajoittavaksi ravin- teeksi (Forsberg ym. 1978).

Järvien veden käyttökelpoisuusluokitus. Järvien veden käyttökelpoisuutta on aikaisemmin arvioitu pintavesien käyttökelpoisuusluokituksen perusteella (Vesi- ja ympäristöhallitus 1988). Käyttökelpoisuusluokituksessa on mukana lukuisia tekijöitä, kuten happitilanne, veden fosfori- ja klorofyllipitoisuus, veden pH-arvo, veden väri, näkösyvyys, leväkukintojen yleisyys, kalojen elohopeapitoisuus, raskasmetallien esiintyminen vedessä ym. Käyttökelpoisuusluokituksessa vesistöt jaetaan veden laatuominaisuuksiensa ja muiden käytettävissä olevien luokitteluun vaikuttavien tietojen perusteella viiteen luokkaan, jotka ovat erinomainen, hyvä, tyydyttävä, välttävä ja huono. Tähän raporttiin on koottu hankejärvien käyttökelpoisuusluokituksista tiedot vuosilta 1976–2004, jolloin luokituksia on julkaistu Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksessa (Vesihallitus 1976, Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri 1993, Niinioja ym. 1996, 1999, 2005a, 2005b). Lisäksi tässä raportissa arvioitiin hankejärvien veden käyttökelpoisuutta käyttäen luokituksesta ainoastaan kokonaisfosforin, näkösyvyyden ja klorofylli *a*:n käyttökelpoisuusluokkien raja-arvoja (taulukko 5).

Taulukko 5. Pintavesien käyttökelpoisuuden arvioinnissa käytetyt luokkarajat kokonaisfosforin, näkösyvyyden ja klorofylli *a*:n osalta. Lähde: Suomen ympäristökeskus (2006).

Pintaveden käyttö- kelpoisuusluokka	Kokonaisfosfori µg l ⁻¹	Näkösyvyys m	Klorofylli <i>a</i> µg l ⁻¹
Erinomainen	<12	>2,5	<4
Hyvä	<30	1–2,5	<10
Tyydyttävä	<50	<1	<20
Välttävä	50–100	-	20–50
Huono	>100	-	>50

Kasviplankton. Kasviplanktonin lajiston ja biomassan kasvukauden aikaisen vaihtelun selvittämiseksi Tuopanjärveltä, Pusonjärveltä, Kinnasjärveltä ja Petkeljärveltä otettiin näytteet kuusi kertaa touko- ja syyskuun välisenä aikana vuonna 2005. Havaintopaikkana oli järven syväne. Muilta 10 tutkimusjärveltä kasviplanktonnäytteet otettiin elokuussa kesäkerrostuneisuuskauden lopulla. Keskijärveltä ja Hattujärveltä ei otettu kasviplanktonnäytteitä. Kasviplanktonnäytteet kerättiin 0–2 metrin kokoomanäytteenä. Näytteenotto ja analysointi on tehty ympäristöhallinnon valtakunnallisen seurantaohjelman mukaisesti (Niemi ja Heinonen 2003). Kasviplanktonnäyte säilöttiin välittömästi maastossa Lugol-liuoksella. Näytteet laskeutettiin 50 ml kyvetissä ja laskettiin käänteismikroskoopilla vakiopinta-aloilta käyttäen Utermöhl (1958) tekniikkaa. Leväbiomassan laskennassa käytettiin Suomen ympäristökeskuksen levätilavuuksia (Kasviplanktonin tilavuudet 12.9.2005) ja ne ilmoitettiin tuorepainona (mg l⁻¹).

Kasviplanktonin biomassaa, lajikoostumusta ja sen runsausvaihtelua käytetään järvien ekologisen tilan luokittelussa yhtenä biologisena laatutekijänä (EU 2000, Ympäristöministeriö 2006). Ekologisen tilan arvioinnissa järviä verrataan samankaltaisiin mahdollisimman luonnontilaisiin järviin. Järven ekologista tilaa kuvataan suhdeluvulla ELS, joka saadaan jakamalla odotettu kasviplanktonin biomassa havaitulla biomassalla (Suomen ympäristökeskus 2.6.2006). Odotettu biomassa eli vertailuluku on laskettu kyseisen järvityypin luonnontilaiseksi arvioiduista kasviplanktonin biomassoista. Kasviplanktonin indikaattoriarvot ovat julkaisuista Tikkanen ja Willén (1992) sekä Brettum ja Andersen (2005). Levien yhteisöekologinen analyysi tehtiin CANOCO-ohjelmistoon kuuluvalla kanonisella korrespondenssianalyysillä (CCA) (ter Braak 1987, 1990). Analyysissä käytettiin kasviplanktonitaksonien biomassoja. Ympäristömuuttujiksi valittiin veden näkösyvyys, kokonaistyyppi ja -fosfori, nitraattityppi, ammoniumtyppi, fosfaattifosfori, nitraatti-nitriittityppi, pH, hapen kyllästysaste, sameus, sähkönjohtavuus ja väriluku.

3 Tulokset

3.1

Hydrologiset olot

POKAVESI-hanketta edeltävän vuoden 2004 sää oli yleisilmeeltään sateinen esim. heinäkuussa satoi kaksinkertaisesti normaaliin verrattuna. Vuoden 2004 sademäärät Pohjois-Karjalassa olivat yleisesti yli 800 millimetriä. Lieksan Kivipurossa mitattiin vuoden sadekertymäksi lähes ennätyselliset 1003 millimetriä. Pielisjoen, Höytiäisen, Koitajoen ja Jänisjoen sadannan aluearvo oli keskimäärin 825 millimetriä, joka on yli 20 prosenttia pitkäaikaista keskiarvoa suurempi. Vuoden 2004 loppua kohti vesivarastot täyttyivät ja vuoden vaihteessa oltiin pääosin keskiarvojen yläpuolella. Kesän ja alkusyksyn runsaat sateet nostattivat vesipinnat tulvalukemiin. Pohjois-Karjalan suurten järvien vedenkorkeudet nousivat heinäkuun 2004 lopun jälkeen huomattavasti ja pysyivät loppuvuoden keskiarvoa ylempänä. Vesistöjen pintaveden lämpötila ylitti muutamalla asteella ajankohdan keskiarvot kesä-elokuussa 2004. Vedet jäätyivät marraskuun lopulla. Vuoden 2004 keskilämpötila oli Tohmajärvellä 3,0 °C, kun se vuosina 1971–2000 on ollut keskimäärin 2,5 °C. Vastaavasti myös Ilomantsin Mekrijärvellä vuoden 2004 keskilämpötila, 2,7 °C, oli runsaat puoli astetta vertailujakson arvoa, 2,1 °C, korkeampi (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2005).

Myös vuosi 2005 oli keskimääräistä lämpimämpi. Sadanta jäi Pohjois-Karjalassa tavanomaista alhaisemmaksi. Sadannan aluearvo oli keskimäärin 634 millimetriä, joka on noin 10 prosenttia pitkäaikaista keskiarvoa pienempi. Vuoden sateisin kuukausi oli toukokuu, jolloin satoi lähes kaksinkertaisesti normaaliin verrattuna. Kevättalvella 2005 oli lunta tavallista enemmän. Huhtikuun alun lämmin sää sulatti lumet ennätysvauhtia, ja kevään tulva jäi tavanomaiseksi. Jäiden lähtö ajoittui lähelle keskimääräistä.

Vedenpinnat olivat alkuvuodesta 2005 normaalia korkeammalla edellisen vuoden syksyn runsaiden sateiden johdosta. Loppukesän ja syksyn 2005 aikana Pohjois-Karjalan järvien pinnat laskivat selvästi. Vähäsateinen ja leuto syksy vauhditti tätä laskusuuntaa. Vuoden loppua kohti vesivarastot hupenivat ja vuoden vaihteessa oltiin pääosin keskiarvojen alapuolella. Pintaveden lämpötila oli alkukesästä 2005 hieman keskimääräistä alempi.

Keskikesästä aina lokakuun 2005 lopulle ulottuvalla jaksolla pintavesien lämpötila oli kuitenkin pääosin keskiarvoa korkeampi tai sen tuntumassa.

Talven 2005 kylmin kuukausi ja samalla talven kylmin kuukausi oli maaliskuu. Ainoastaan maaliskuussa kuukauden keskilämpötila jäi alle keski määräisen. Koko vuoden 2005 keskilämpötila oli maan itäosassa noin puolitoista astetta keskimääräistä korkeampi: se oli Tohmajärvellä 4,0 °C ja Ilomantsin Mekrijärvellä 3,7 °C (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2006c).

3.2

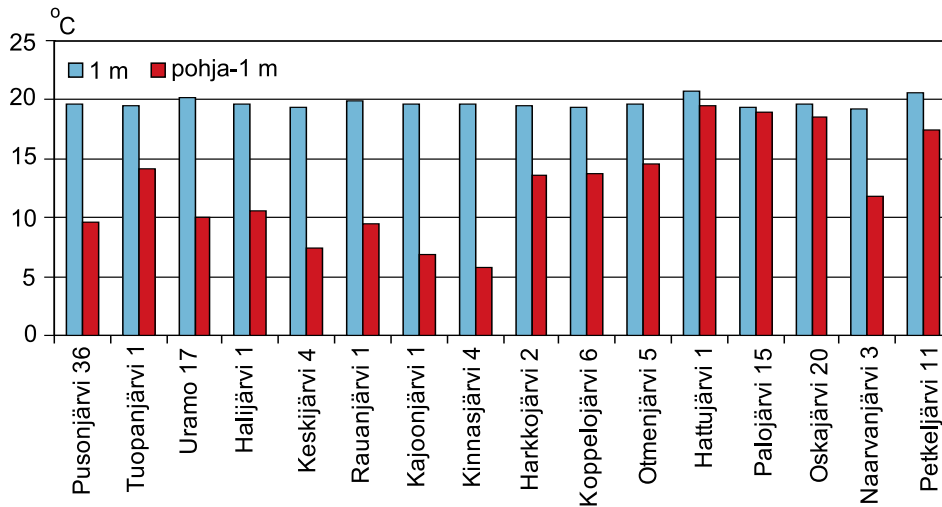
Veden laadullinen käyttökelpoisuus

Tutkimusjärvistä pienten humusjärvien (Ph) – Pusonjärven, Uramon, Halijärven ja Tuopanjärven, Rauanjärven ja Keskijärven – veden käyttökelpoisuus on vaihdellut vuosien 1976–2004 luokituksissa hyvän ja tyydyttävän luokan välillä lukuun ottamatta pistekuormitteista Keskijärveä, joka on luokiteltu pohjoisosiltaan välttäväksi 1990-luvulla (Vesihallitus 1976, Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri 1993, Niinioja 2001, Niinioja ym. 1996, 1999, 2005a, 2005b). Uramo ja Pusonjärvi on luokiteltu hyväksi kaikissa edellä mainituissa käyttökelpoisuusluokituksissa, kuten myös keskikokoisia humusjärviä edustava (Kh) Kajojärvi. Kaikki kolme runsashumuksista tutkimusjärveä (Rh) – Harkkojärvi, Kinnasjärvi ja Koppeljärvi – on luokiteltu eri vuosikymmeninä tyydyttävään käyttökelpoisuusluokkaan. Mataliin humusjärviin (Mh) kuuluva Otmenjärvi on käyttökelpoisuudeltaan ollut useimmiten tyydyttävää. Matalista runsashumuksista järvistä (MRh) Palojärvi ja Hattujärvi on luokiteltu tyydyttäväksi (luokiteltu vain vuosina 1976 ja 2004). Samaan tyyppiin kuuluva Oskajärvi on luokiteltu hyväksi vuonna 1976, 1980-luvun puolivälissä pohjoisosiltaan välttäväksi ja muutoin tyydyttäväksi ja sittemmin 1990-luvun alusta lähtien koko Oskajärvi on luokiteltu tyydyttäväksi. Lyhytviipymäiset järvet (Lv) Naarvanjärvi ja Petkeljärvi on luokiteltu veden laadultaan hyväksi tai tyydyttäväksi.

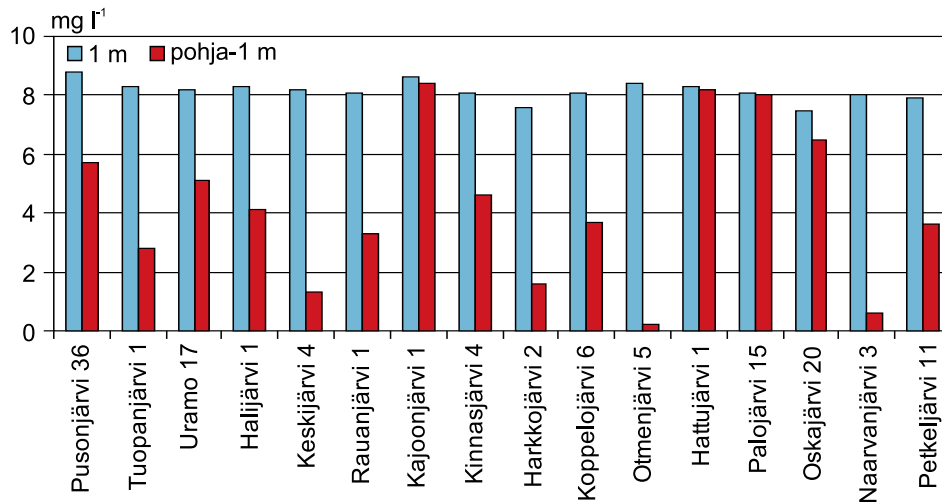
Veden laatu

Heinä-elokuun 2005 vedenlaatutulosten mukaan lähes kaikki tutkimusjärvet olivat lämpötilan suhteen kerrostuneita, vain matalissa runsashumuksisissa järvissä eli Hattujärvessä, Palojärvessä ja Oskajärvessä ei todettu lämpötilakerrostuneisuutta (kuva 2A). Päällys- ja alusveden happipitoisuudet olivat keskenään lähes samansuuruiset em. kolmessa järvessä ja Kajaanjärvessä, kun taas Otmenjärvessä

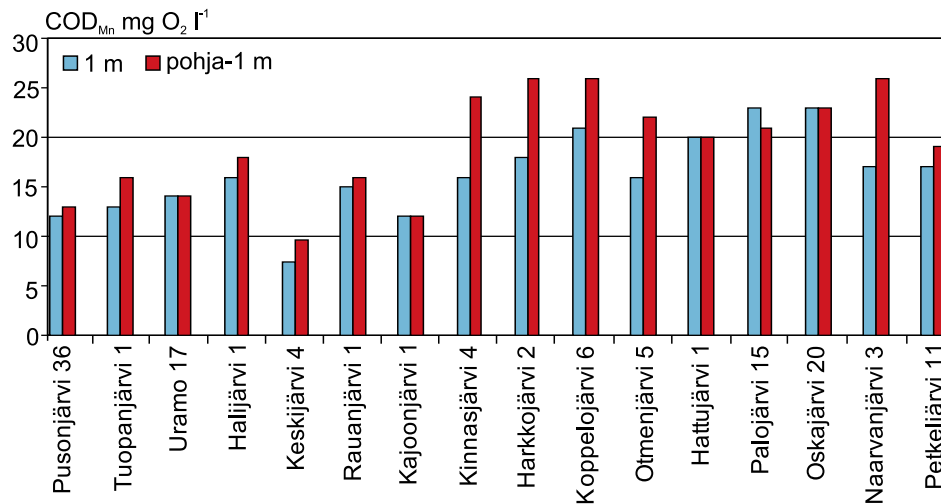
ja Naarvanjärvessä alusvedessä oli happi kulunut lähes loppuun (kuva 2B, taulukko 6). Muut järvien vedenlaatutiedot käyvät ilmi kuvista 3-4 sekä taulukoista 6 ja 7. Tutkimusjärvien heinä-elokuun 2005 tuloksiin perustuvassa pintavesien käyttökelpoisuuden arvioinnissa käytetyt kokonaisfosforin, näkösyvyyden ja klorofylli *a*:n luokkarajat ilmenevät taulukosta 5.



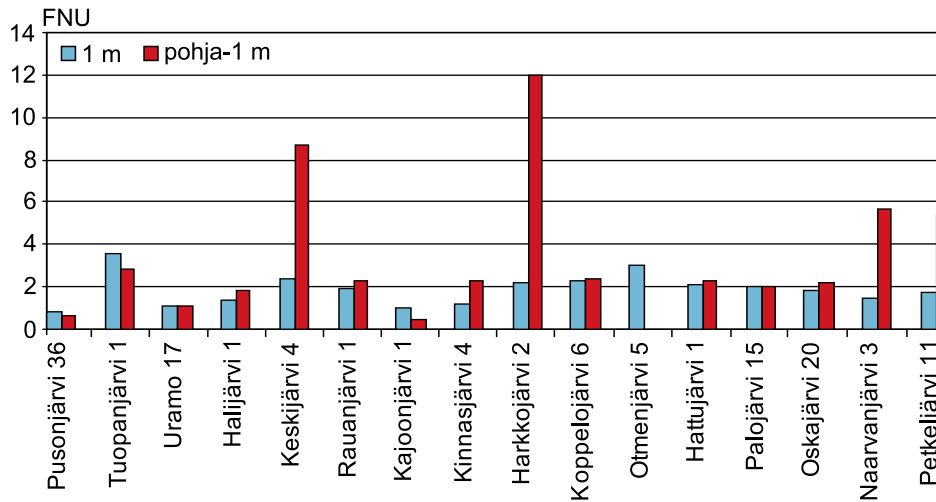
Kuva 2 A. Tutkimusjärvien päällysveden (1 m) ja alusveden (pohja-1 m) lämpötila (°C) elokuun alussa 2005. Hattujärven tulokset heinäkuun alusta 2005.



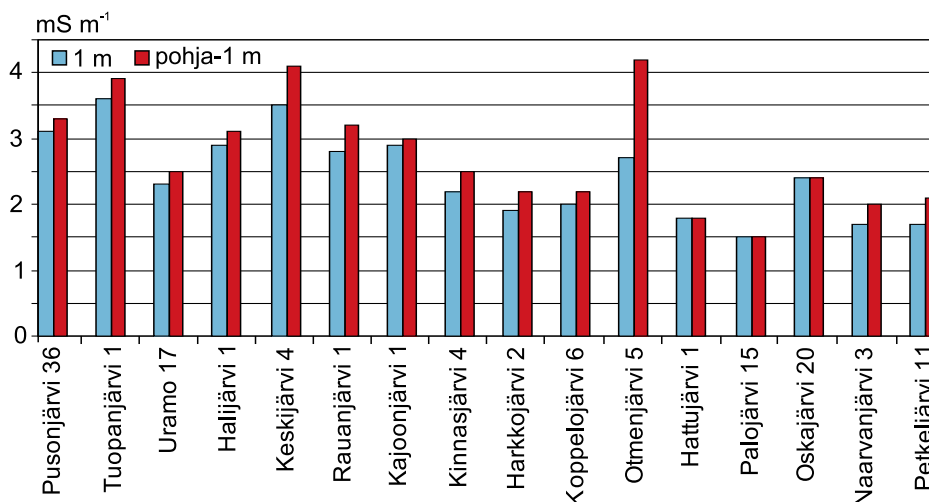
Kuva 2 B. Happipitoisuus (mg l⁻¹) tutkimusjärvien päällysvedessä (1 m) ja alusvedessä (pohja-1 m) elokuun alussa 2005, Hattujärven tulokset heinäkuun alusta 2005.



Kuva 3. Kemiallinen hapenkulutus COD_{Mn} ($mg\ O_2\ l^{-1}$) tutkimusjärvien päällysvedessä (1 m) ja alusvedessä (pohja-1 m) elokuun alussa 2005, Hattujärven tulokset heinäkuun alusta 2005.



Kuva 4 A. Sameus (FNU) tutkimusjärvien päällysvedessä (1 m) ja alusvedessä (pohja-1 m) elokuun alussa 2005, Hattujärven tulokset heinäkuun alusta 2005. Otnenjärven, alusveden sameusarvoa 26 FNU ei ole merkitty.



Kuva 4 B. Sähköjohtokyky ($mS\ m^{-1}$) tutkimusjärvien päällysvedessä (1 m) ja alusvedessä (pohja-1 m) elokuun alussa 2005, Hattujärven tulokset heinäkuun alusta 2005.

Taulukko 6. Tutkimusjärvien veden laatu: näkösyvyys, väriluku, liukoinen orgaaninen hiili (DOC), happi (kyllästysaste), rauta, pH-arvo ja alkaliniteetti sekä koko aineiston mediaanit. Pusonjärven, Tuopanjärven, Petkeljärven, Kinnasjärven ja Keskijärven tulokset ovat avovesikauden 2005 keskiarvoja ja pH-arvon mediaaneja, muiden järvien tulokset ovat heinäkuulta tai elokuulta 2005. pi = 1 metri pinnasta, po = 1 metri pohjan yläpuolelta. .. = ei tuloksia.

Järvi	Näkös. m	Väriluku mg Pt l ⁻¹	DOC mg l ⁻¹	Hapen kyllästysaste %		Rauta µg l ⁻¹		pH- arvo	Alkaliniteetti mmol l ⁻¹
				pi	po	pi	po		
Pusonjärvi	2,6	78	10,0	98	56	130	240	7,0	0,150
Tuopanjärvi	1,8	88	12,0	93	43	440	990	6,9	0,135
Uramo	1,8	110	10,0	91	45	280	930	6,4	0,078
Haliijärvi	2,0	110	13,0	91	37	600	1 500	6,8	0,102
Keskijärvi	2,5	49	..	96	68	210	1 900	7,0	0,138
Rauanjärvi	2,0	100	12,0	89	29	550	1 200	6,7	0,101
Kajoonjärvi	3,3	80	9,9	94	69	180	310	7,0	0,118
Kinnasjärvi	1,7	153	13,0	87	44	680	1 600	6,4	0,053
Harkkojärvi	1,6	180	14,0	83	15	1 100	4 100	6,2	0,060
Koppelojärvi	1,4	180	15,0	88	36	1 100	2 000	6,2	0,047
Otmenjärvi	1,3	100	11,0	92	1	500	4 700	6,8	0,115
Hattujärvi	1,5	160	..	93	89	1 500	1 500	6,3	0,052
Palojärvi	1,0	210	14,0	88	86	1 100	1 100	5,5	0,013
Oskajärvi	1,5	180	16,0	82	70	1200	1 300	6,3	0,064
Naarvanjärvi	1,6	180	12,0	87	6	990	2 400	6,2	0,047
Petkeljärvi	1,4	155	13,0	88	74	900	2 100	5,4	0,048
<i>Mediaani</i>	<i>1,6</i>	<i>140</i>	<i>12,5</i>	<i>89</i>	<i>45</i>	<i>640</i>	<i>1 500</i>	<i>6,6</i>	<i>0,065</i>

Taulukko 7. Tutkimusjärvien vedenlaatu: kokonaisfosfori ja -typpi, nitriitti- ja nitraattityypen summa, fosfaattifosfori ja klorofyllipitoisuus sekä koko aineiston mediaanit. Pusonjärven, Tuopanjärven, Petkeljärven ja Kinnasjärven tulokset ovat avovesikauden 2005 keskiarvoja ja muiden järvien tulokset heinäkuulta tai elokuulta 2005. pi = 1 metri pinnasta, po = 1 metri pohjan yläpuolelta. .. = ei tuloksia.

Järvi	Kokonaisfosfori µg l ⁻¹		Kokonaistyyppi µg l ⁻¹		Nitriitti+nitraatti- typpi µg l ⁻¹	Fosfaattifosfori µg l ⁻¹	Klorofylli a µg l ⁻¹
	pi	po	pi	po			
Pusonjärvi	7	7	495	560	140	1,0	3,7
Tuopanjärvi	14	17	560	810	73	5,0	11,0
Uramo	13	11	330	410	5	1,0	6,4
Haliijärvi	19	21	460	620	23	2,0	11,0
Keskijärvi	12	13	400	460	..	1,0	8,6
Rauanjärvi	11	16	390	550	6	1,0	7,3
Kajoonjärvi	10	8	440	510	97	1,0	5,9
Kinnasjärvi	19	43	473	698	37	4,0	10,1
Harkkojärvi	22	58	400	620	3	5,0	9,4
Koppelojärvi	42	68	550	620	3	10,0	44,0
Otmenjärvi	27	32	540	600	5	2,0	40,0
Hattujärvi	24	20	400	390	8,7
Palojärvi	35	36	470	460	3	9,0	14,0
Oskajärvi	20	21	480	510	3	3,0	7,7
Naarvanjärvi	19	37	370	480	3	3,0	12,0
Petkeljärvi	19	25	385	430	13	4,0	8,4
<i>Mediaani</i>	<i>19</i>	<i>21</i>	<i>450</i>	<i>530</i>	<i>5</i>	<i>2,5</i>	<i>9,1</i>

3.3.1

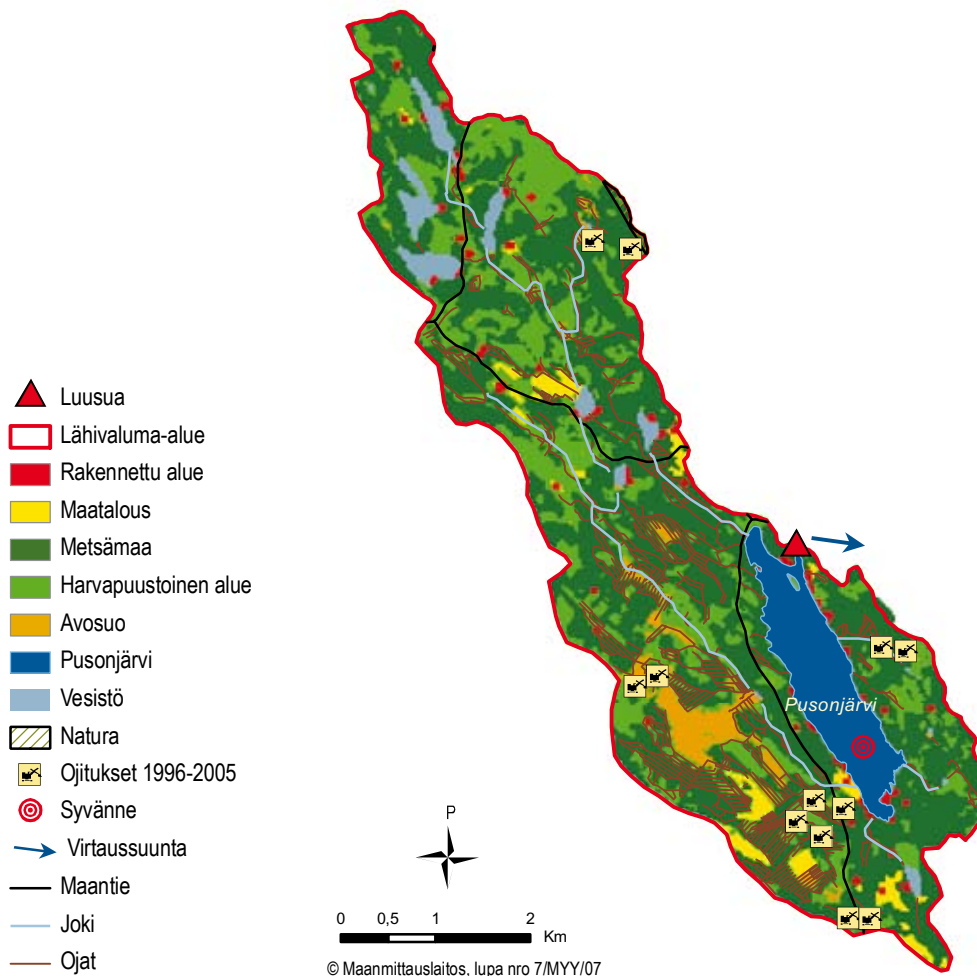
Pienet humusjärvet (Ph)

Pusonjärvi. Pusonjärvi sijaitsee Kontiolahden kunnassa Herajärven länsipuolella. Pinta-alaltaan järvi on 165 hehtaaria ja rantaviivaa on noin 10 kilometriä. Pusonjärven keskisyvyys on noin seitsemän metriä ja järven syvin kohta noin 21 metriä. Järvi saa vetensä 2 346 hehtaarin valuma-alueelta (kuva 5).

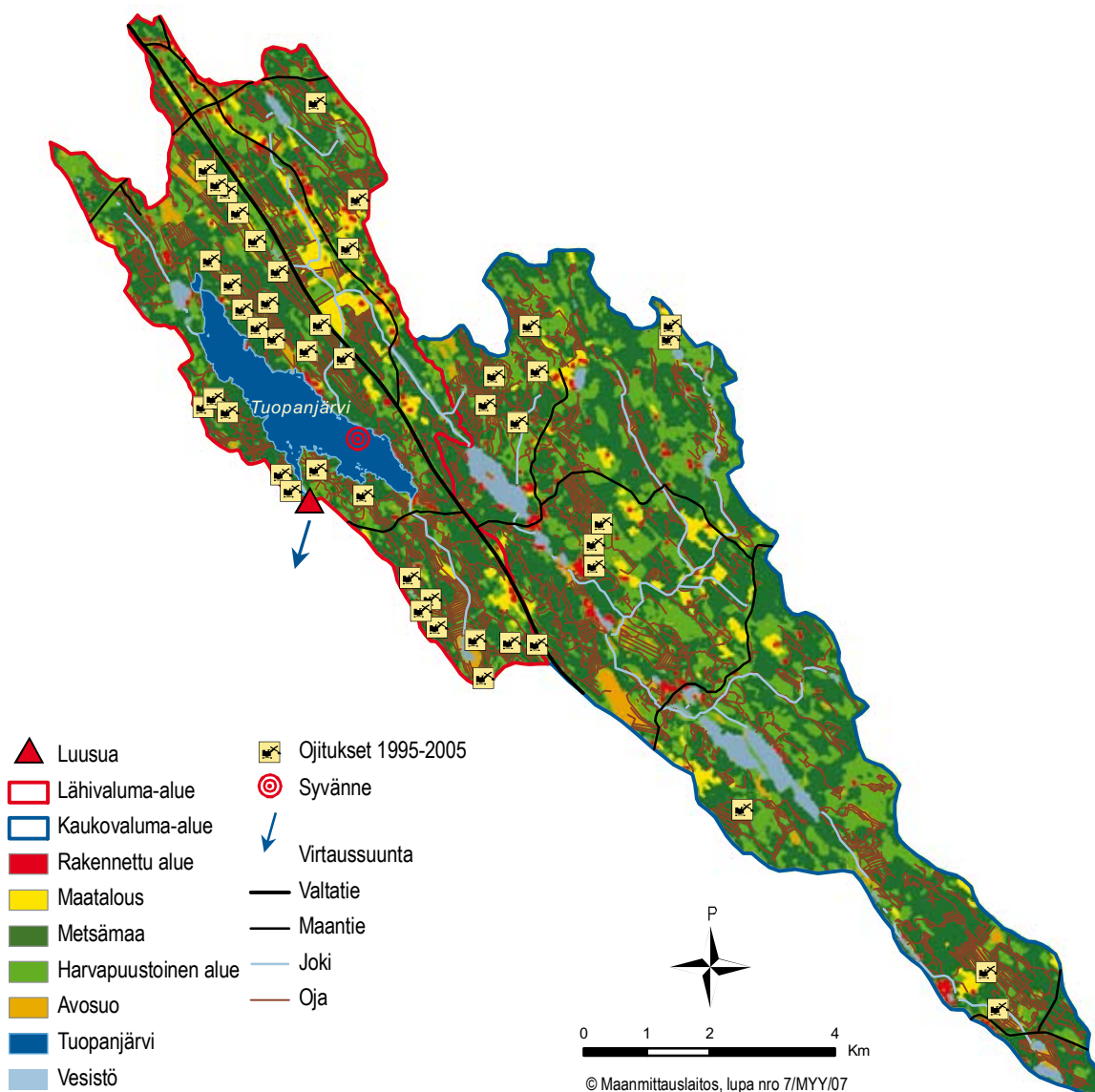
Avovesiaikana vuonna 2005 Pusonjärven vesi oli keskiruskeaa ja keskimääräinen väriluku oli 78 mg Pt l⁻¹. Järven vesi oli neutraalia: pH-arvon mediaani oli 7,0. Veden puskuriokykyä kuvaava alkaliniteetti-arvo oli Pusonjärvessä 0,150 mmol l⁻¹. Avovesikauden aikana näkösyvyys vaihteli välillä 1,9–3,4 metriä ja se oli keskimäärin 2,6 metriä. Näkösyvyys oli pienimmillään keväällä. Veden rautapitoisuus oli elokuussa 130 µg l⁻¹ päällysvedessä. Päällysveden kemiallinen hapenkulutus oli 12 mg O₂ l⁻¹, sähkönjohtokyky 3,1 mS m⁻¹ ja sameus

0,86 FNU eli varsin pieni. Liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuus oli päällysvedessä 10,0 mg l⁻¹.

Pusonjärven päällysveden lämpötila oli korkeimmillaan (24,2 °C) avovesikaudella 2005 heinäkuun puolivälissä. Pusonjärvi oli heinäkuusta syyskuulle lämpötilan suhteen kerrostunut. Syyskuun puolivälissä todettiin alusvedessä hapen kulumista (hapen pitoisuus 4,1 mg l⁻¹ ja kyllästysarvo 35 %). Huonosta happitilanteesta huolimatta sedimentistä ei liennut ravinteita alusveteen, mutta rautapitoisuus oli lähes kaksinkertainen (240 µg l⁻¹) päällysveden arvoon (130 µg l⁻¹) verrattuna. Veden kokonaisfosforipitoisuus oli pieni, se vaihteli 6 ja 9 µg l⁻¹ välillä ja kokonaistyyppipitoisuus vastaavasti 470 ja 540 µg l⁻¹ välillä. Myös klorofyllipitoisuus oli melko alhainen ja kasvukauden aikainen keskimääräinen arvo oli 3,7 µg l⁻¹ (vaihteluväli 2,5–5,2 µg l⁻¹). Vesistöjen käyttökelpoisuusluokituksessa Pusonjärvi luokitellaan erinomaiseen luokkaan näkösyvyyden, kokonaisfosforin ja klorofyllipitoisuuden perusteella (taulukko 5).



Kuva 5. Pusonjärvi ja sen valuma-alue.



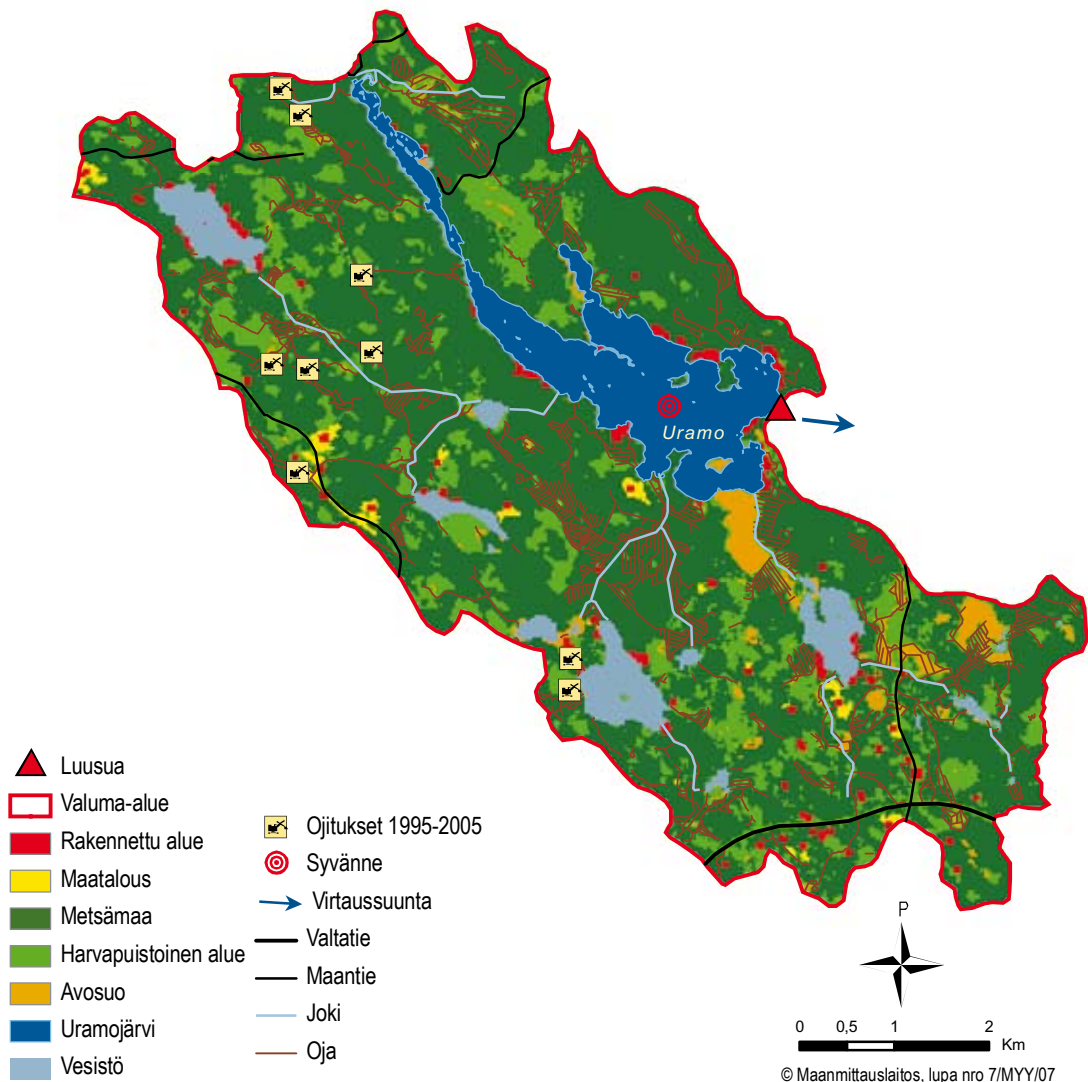
Kuva 6. Tuopanjärvi ja sen valuma-alue.

Tuopanjärvi. Juuan kunnassa sijaitseva Tuopanjärvi on kooltaan noin 316 hehtaaria. Järven keskisyvyys on noin 4 metriä (suurin syvyys 17 metriä) ja ranta- viivaa on yli 18 kilometriä. Järvi laskee Tuopanojen kautta Höytiäisen pohjoisosaan. Tuopanjärven koko valuma-alueen pinta-ala on 4 286 hehtaaria ja lähivaluma-alueen 3 122 hehtaaria (kuva 6).

Avovesiaikana vuonna 2005 Tuopanjärven vesi oli ruskeaa, yhden metrin näytteiden keskimääräinen väriluku 88 mg Pt l^{-1} ja näkösyvyys 1,8 metriä (mukana tulokset havaintopaikoista Tuopanjärvi 14 ja 1). Veden lämpötila metrin syvyydessä oli heinäkuun puolivälissä $24,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Tuopanjärvi oli lämpötilan suhteen kerrostunut heinä–elokuussa. Päälyysvedessä elokuun alussa kemiallinen hapenkulutus oli $13 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$, sähkönjohtokyky $3,6 \text{ mS m}^{-1}$ ja sameus $3,6 \text{ FNU}$. Liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuus oli päälyysvedessä $12,0 \text{ mg l}^{-1}$.

Tuopanjärven happitilanne oli alusvedessä heikoin elokuun alussa (pitoisuus $2,8 \text{ mg l}^{-1}$ ja kyllästysarvo 27 %), jolloin alusveden ravinnepitoisuuksissa todettiin nousua happitilanteen seurauksena, ja myös rautapitoisuus kohosi yli kaksinkertaiseksi päälyysveteen nähden. Tällöin myös alusveden kemiallinen hapenkulutus ja sähkönjohtokyky kohosivat (kuva 3, 4B), mutta sameusarvo ei (kuva 4A).

Tuopanjärven päälyysveden keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus oli $14 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ja vastaava kokonaistyyppipitoisuus oli $560 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$. Klorofylli *a*:n pitoisuus oli elokuun lopussa suurimmillaan, $18,0 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$, ja keskimäärin avovesikaudella $11,0 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ (taulukko 7). Vesistöjen käyttökelpoisuusluokituksessa Tuopanjärvi voidaan luokitella hyvään luokkaan näkösyvyyden ja kokonaisfosforin perusteella, klorofyllipitoisuutensa perusteella tyydyttävään luokkaan (taulukko 5).



Kuva 7. Uramo ja sen valuma-alue.

Uramo. Enon kunnan eteläosassa Joensuun Kiihtelysvaaran rajan läheisyydessä sijaitseva Uramo on kooltaan noin 326 hehtaaria. Uramolla on rantaviivaa yhteensä 21 kilometriä ja järvessä on runsaasti saaria, 18 kappaletta. Uramon valuma-alue on 4 506 hehtaaria (kuva 7). Järven keskisyvyys on noin kuusi metriä ja suurin syvyys 19 metriä.

Elokuun alussa vuonna 2005 järven vesi oli tummaa, väriluku oli 110 mg Pt l^{-1} ja näkösyvyys 1,8 metriä. Päällisveden lämpötila oli elokuun alussa $20,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Järvi oli lämpötilan suhteen kerrostunut näytteenottoaikana. Päällisvedessä elokuun alussa kemiallinen hapenkulutus oli $14 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ ja liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuus $10,0 \text{ mg l}^{-1}$. Uramon päällisveden sähköjohto-

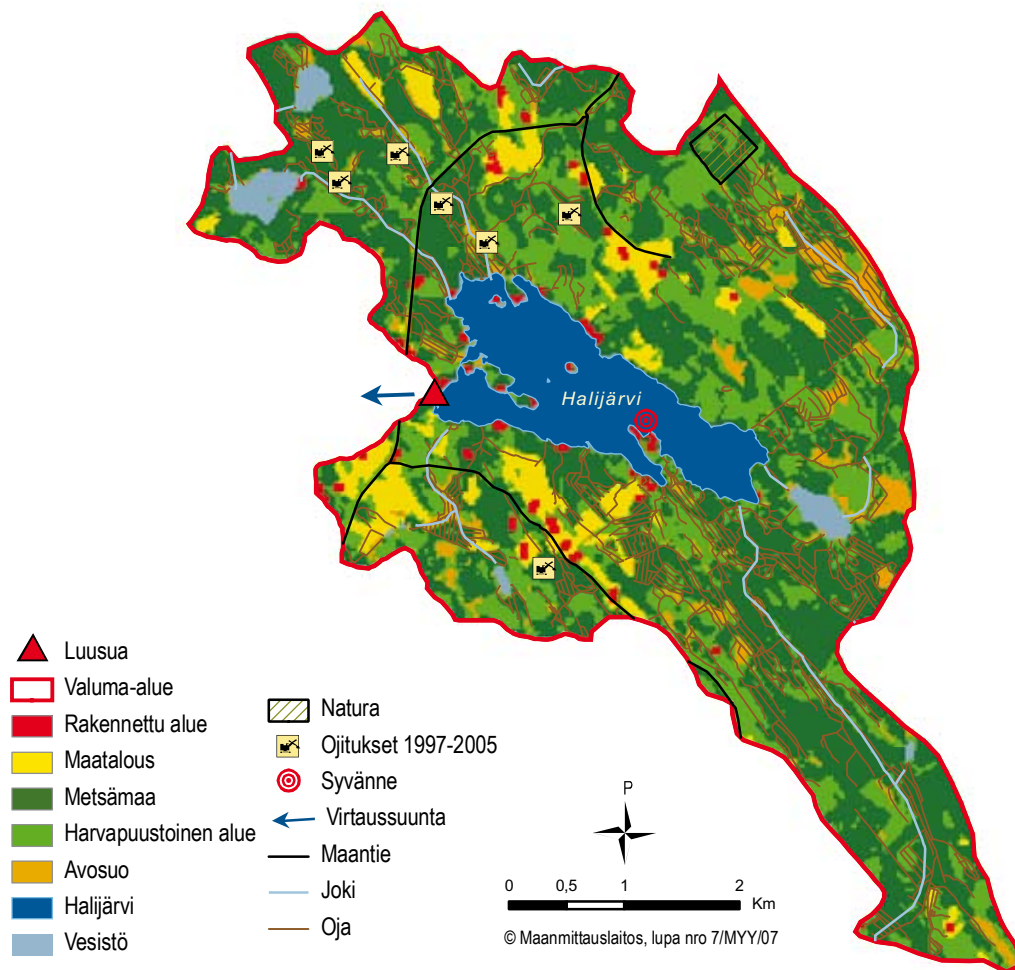
kyky $2,3 \text{ mS m}^{-1}$ ja sameus $1,1 \text{ FNU}$ olivat varsin pieniä. Myös päällisveden kokonaisfosforin pitoisuus ($13 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$) ja typpipitoisuus ($330 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$) olivat melko alhaisia. Loppukesän klorofyllipitoisuus oli $6,4 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$. Järven happitilanne oli lähinnä tyydyttävä, alusvedessä oli jonkin verran hapen vajausta (hapen kyllästysarvo 45 % ja pitoisuus $5,1 \text{ mg l}^{-1}$). Hapen vajuudesta huolimatta ei havaittu ravinteiden liukenemistä sedimentistä alusveteen, joskin rautapitoisuus nousi arvoon $930 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ päällisveden arvosta $280 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$. Vesistöjen käyttökelpoisuusluokituksessa Uramo luokitellaan hyvään luokkaan näkösyvyyden, kokonaisfosforin ja klorofyllipitoisuutensa perusteella (taulukko 5).

Halijärvi. Juuan kunnan eteläosassa sijaitseva Halijärvi on kooltaan 234 hehtaaria ja rantaviivaa on lähes 15 kilometriä. Järven keskisyvyys on kuusi metriä ja suurin syvyys 21 metriä. Halijärvi on latvajärvi ja sen valuma-alue on noin 2 572 hehtaaria (kuva 8).

Elokuun alussa vuonna 2005 Halijärven vesi oli varsin ruskeaa, väriluku oli 110 mg Pt l^{-1} ja näkösyvyys kaksi metriä. Veden lämpötila oli elokuun alkupäivinä metrin syvyydessä $19,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Järvi oli lämpötilan suhteen kerrostunut. Halijärven päällysvedessä elokuun alussa kemiallinen hapenkulutus oli melko suuri, $16 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$, rautapitoisuus oli $600 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ja liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuus $13,0 \text{ mg l}^{-1}$. Päällysvedessä sähkönjohtokyky oli $2,9 \text{ mS m}^{-1}$ ja sameus pieni, $1,4 \text{ FNU}$.

Happitilanne oli päällysvedessä hyvä ($8,3 \text{ mg l}^{-1}$). Viiden metrin syvyydestä lähtien todettiin hapen kulumista (happea 5 metrissä $5,5 \text{ mg l}^{-1}$,

kyllästysarvo 57%). Pohjan läheisessä vesikerroksessa oli happea melko vähän ($4,1 \text{ mg l}^{-1}$, kyllästysarvo 37 %). Halijärven veden ravinnepitoisuudet (kokonaisfosfori $19 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ja kokonaistyppeä $460 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$) olivat mesotrofisille, lievästi reheville järville tyypillisiä. Alusvedessä ei havaittu hapen kulumista huolimatta fosforipitoisuuksien nousua, mutta typpiarvo oli kohonnut ja oli $620 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ja rautapitoisuus nousi 2,5-kertaiseksi päällysveteen nähden. Myös kemiallinen hapenkulutus, sähkönjohtokyky ja sameus alusvedessä olivat hieman päällysveden arvoja suuremmat. Rehevöitymiseen viittasi kohonnut klorofyllipitoisuus ($11 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$). Vesistöjen käyttökelpoisuusluokituksessa Halijärvi voidaan luokitella hyvään luokkaan näkösyvyyden, kokonaisfosforin ja klorofyllipitoisuutensa perusteella (taulukko 5).



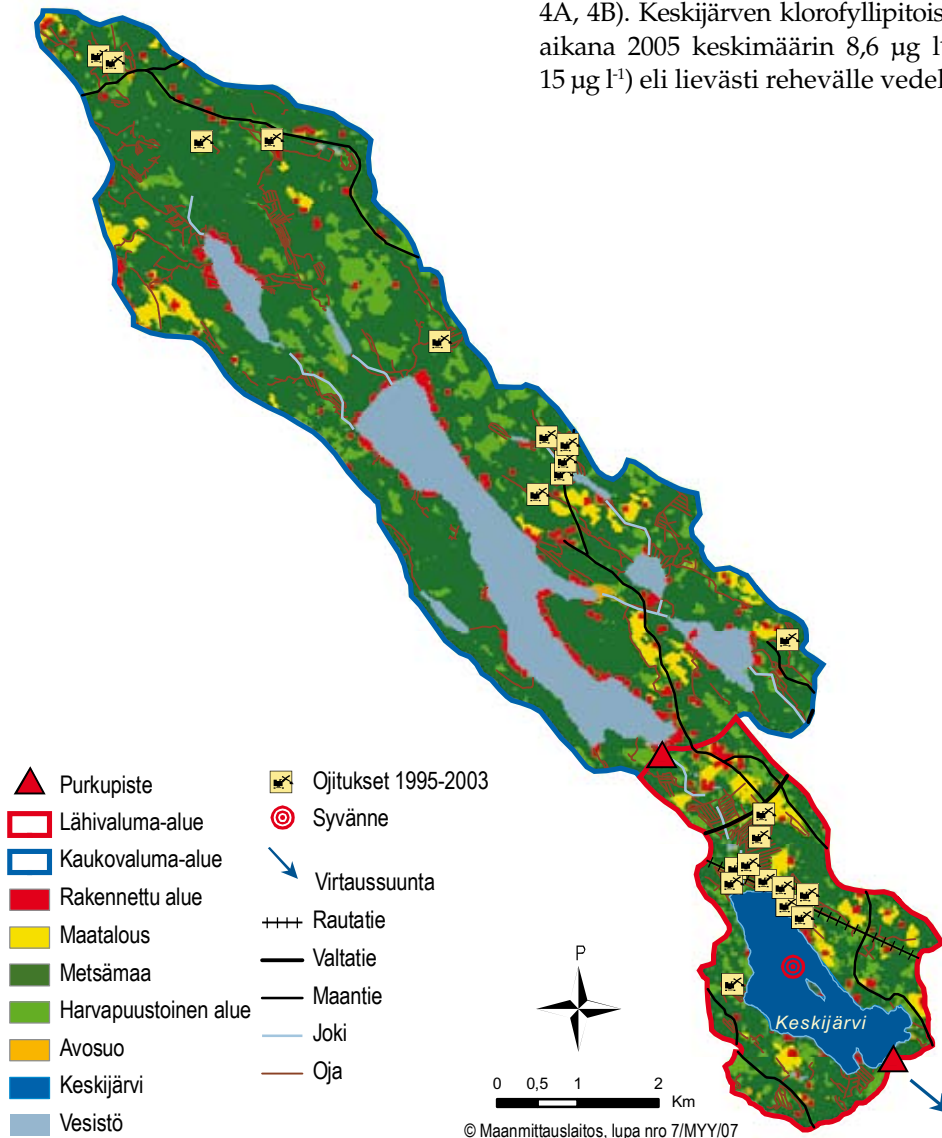
Kuva 8. Halijärvi ja sen valuma-alue.

Keskijärvi. Joensuun Kiihtelysvaarassa sijaitseva Keskijärvi on kooltaan 212 hehtaaria ja rantaviivaa on yhdeksän kilometriä. Järven keskisyvyys on kolme metriä ja suurin syvyys 14 metriä. Keskijärven lähivaluma-alue on noin 961 hehtaaria ja kaukovaluma-alue 3 124 hehtaaria (kuva 9).

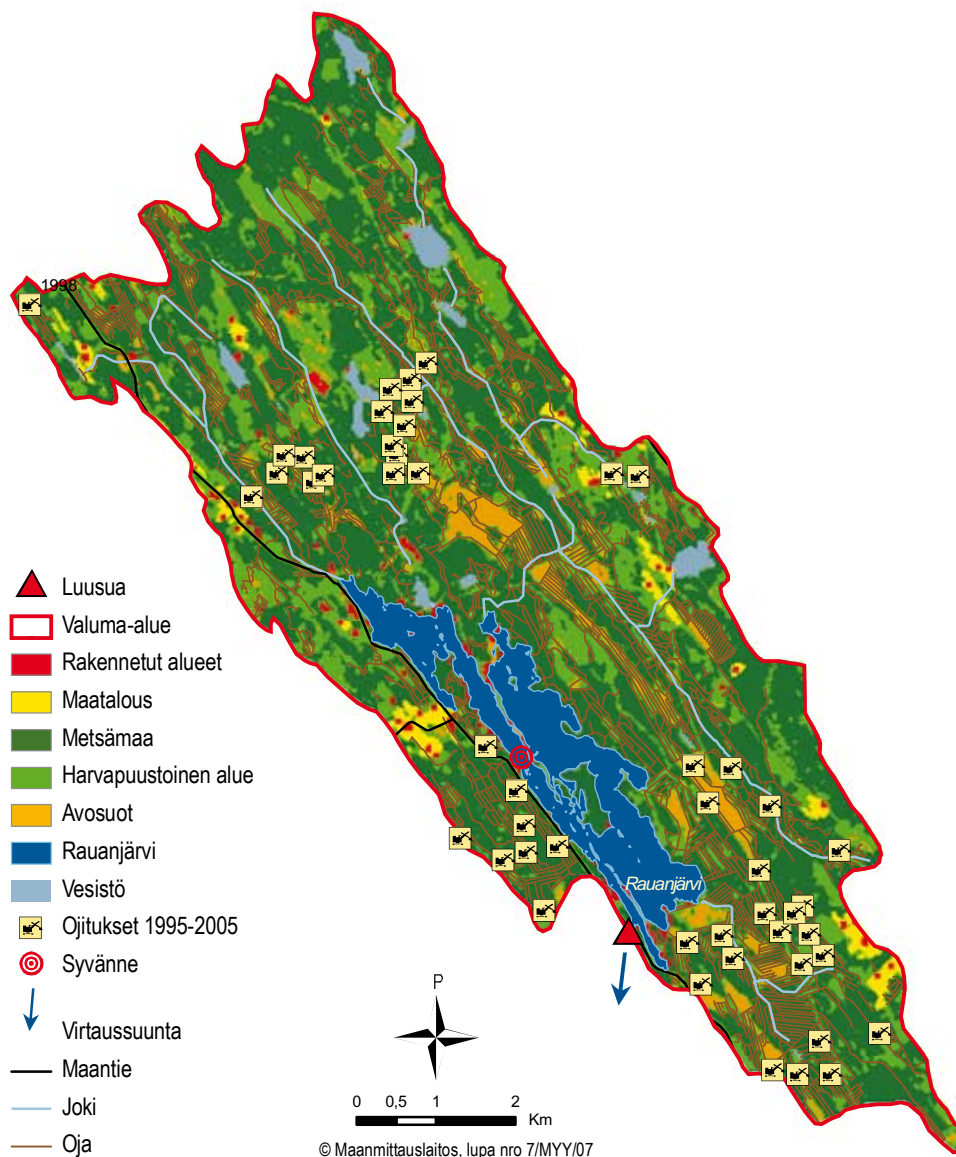
Avovesiaikana vuonna 2005 Keskijärven vesi oli melko kirkasta (väriluku 49 mg Pt l⁻¹). Näkösyvyys oli keskimäärin 2,5 metriä (vaihtelu 2,0–3,1 m). Keskijärven päällysveden kemiallinen hapenkulutus oli elokuun alussa pieni, 7,4 mg O₂ l⁻¹. Päällysveden sähkönjohtokyky oli 3,5 mS m⁻¹ ja sameus melko suuri, 2,4 FNU. Rautaa oli 160–320 µg l⁻¹ päällysvedessä, keskimäärin 210 µg l⁻¹. Veden lämpötila oli korkeimmillaan heinäkuun alkupuolella, jolloin se oli 23,7 °C. Järvi oli voimakkaasti kerrostunut lämpötilan suhteen keskikesällä. Keskijärven ravinnepitoisuudet olivat melko pieniä, kokonaisfosforin pitoi-

suus oli keskimäärin 12 µg l⁻¹ ja kokonaistypen noin 400 µg l⁻¹ (vaihtelu päällysveden fosforipitoisuudessa 9–16 µg l⁻¹ ja typpipitoisuudessa 340–510 µg l⁻¹).

Keskijärven happitilanne oli päällysvedessä hyvä. Sen sijaan Keskijärven syvänteen alusvesikerrokseen muodostui kesän aikana hapen vajausta, joka johti syyskuun alussa happikatoon (hapen pitoisuus vain 0,8 mg l⁻¹ ja kyllästysarvo 7%), ja elokuussakin happi oli alusvedestä lähes loppunut (kolme havaintokertaa, happipitoisuus 1–1,3 mg l⁻¹). Heikon happitilanteen seurauksena pohjasedimentistä liukeni ravinteita ja rautaa veteen. Syyskuun alussa kokonaisfosforia päällysvedessä oli 10 µg l⁻¹, kun samaan aikaan alusvedessä fosforin pitoisuus oli kaksinkertainen eli 20 µg l⁻¹, kokonaistypen vastaavat arvot olivat 350 µg l⁻¹ ja 730 µg l⁻¹. Myös alusveden sähkönjohtokyky ja sameusarvot nousivat hapen vajauksen vuoksi, ja nousu oli havaittavissa jo elokuun alkupuolen havaintokerralla (kuva 4A, 4B). Keskijärven klorofyllipitoisuus oli avovesiaikana 2005 keskimäärin 8,6 µg l⁻¹ (vaihtelu 6,1–15 µg l⁻¹) eli lievästi rehevälle vedelle ominainen.



Kuva 9. Keskijärvi ja sen valuma-alue.

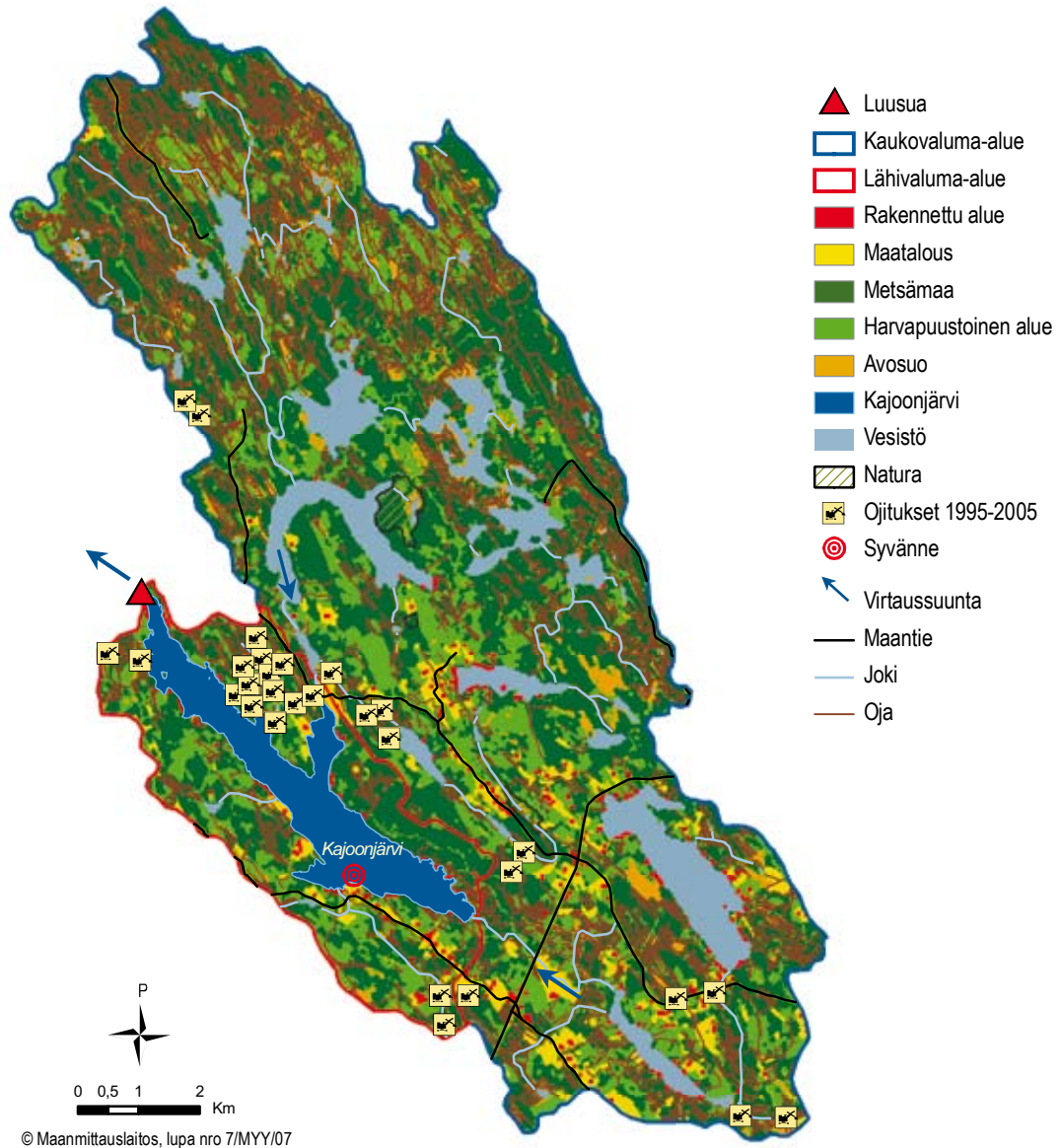


Kuva 10. Rauanjärvi ja sen valuma-alue.

Rauanjärvi. Rauanjärvi sijaitsee Juuan kunnan eteläosassa. Järvi on kooltaan 422 hehtaaria, ja rantaviivaa on noin 40 kilometriä. Järven suurin syvyys on 19 metriä ja keskisyvyys kolme metriä. Rauanjärvi saa vetensä noin 5 964 hehtaarin valuma-alueelta (kuva 10).

Elokuun alussa vuonna 2005 Rauanjärven vesi oli ruskeaa (väriluku oli 100 mg Pt l^{-1}) ja näkösyvyys kaksi metriä. Päällysveden lämpötila oli elokuun alussa $19,9 \text{ }^\circ\text{C}$. Rauanjärven päällysveden rautapitoisuus oli $550 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$, kemiallinen hapenkulutus oli $15 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$, ja liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuus $12,0 \text{ mg l}^{-1}$. Päällysveden sähköjohtokyky oli $2,8 \text{ mS m}^{-1}$ ja sameus $1,9 \text{ FNU}$.

Ravinnepitoisuudet olivat melko pieniä (kokonaisfosfori $11 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ja kokonaistyyppi $390 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$). Järven happitilanne oli huono: viiden metrin syvyydessä oli happea $4,2 \text{ mg l}^{-1}$ (hapen kyllästysaste 41 %) ja 9,2 metrin syvyydessä alusvedessä oli happipitoisuus $3,3 \text{ mg l}^{-1}$ (hapen kyllästysaste 29 %). Pohjan lähellä ravinteiden pitoisuudet olivat happitilanteen seurauksena kohonneita, kokonaisfosforia oli $16 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ja -tyyppiä $550 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$, samoin rautapitoisuus nousi ja oli $1 200 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$. Elokuun alussa klorofyllipitoisuus oli $7,3 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$. Vesistöjen käyttökelpoisuusluokituksessa Rauanjärvi luokitellaan hyvään luokkaan näkösyvyyden, kokonaisfosforin ja klorofyllipitoisuutensa perusteella (taulukko 5).



Kuva 11. Kajoonjärvi ja sen valuma-alue.

3.3.2

Keskikokoiset humusjärvet (Kh)

Kajoonjärvi. Juuan Kajoonjärven pinta-ala on noin 552 hehtaaria. Kajoonjärvi on syvin ja kooltaan suurin tutkittavista järvistä; keskisyvyys on noin 11 metriä ja suurin syväne 50 metriä. Kajoonjärven valuma-alue on 10 308 hehtaaria, lähivaluma-alue 2 168 hehtaaria ja rantaviivan pituus on 25 kilometriä (kuva 11).

Elokuun alussa vuonna 2005 Kajoonjärven väriluku oli 80 mg Pt l^{-1} ja näkösyvyys 3,3 metriä. Päällysveden rautapitoisuus oli $180 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$, kemiallinen hapenkulutus oli $12 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$, ja liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuus vain $9,9 \text{ mg l}^{-1}$. Päällysveden sähköjohtokyky oli $1,9 \text{ mS m}^{-1}$, ja sameus pieni, 1,0 FNU.

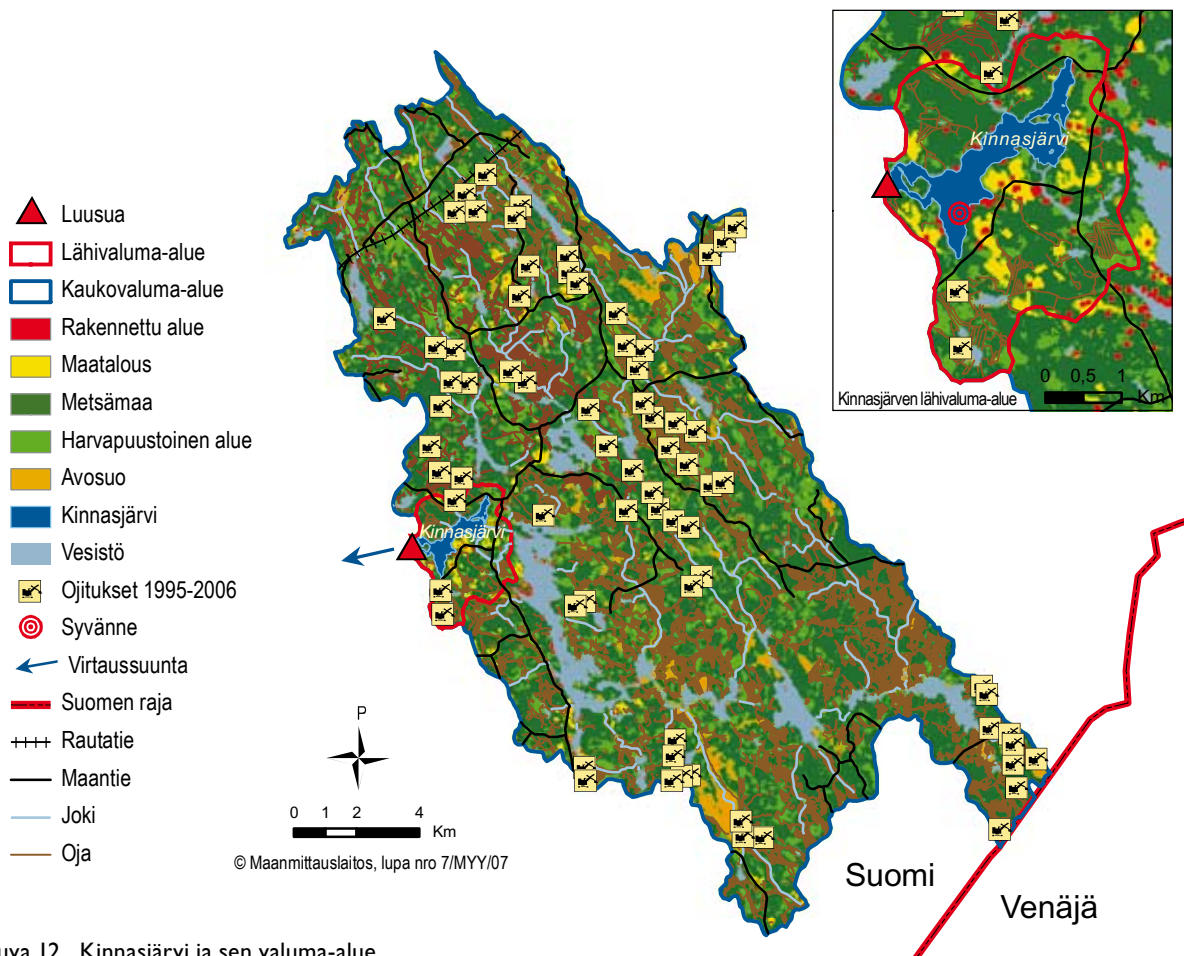
Kajoonjärven päällysveden lämpötila oli elokuun alussa $19,6 \text{ } ^\circ\text{C}$ ja järvi oli kerrostunut lämpötilan suhteen. Happitilanne oli hyvä koko vesikerroksessa, myös alusvedessä, jossa hapen pitoisuus oli $8,4 \text{ mg l}^{-1}$ ja kyllästysarvo 69 %. Kajoonjärven ravinnepitoisuudet olivat pieniä, kokonaisfosforin pitoisuus oli $10 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ja kokonaistypen pitoisuus $440 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$. Klorofyllipitoisuus oli $5,9 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$, eli hieman kohonnut elokuun alkupuolella. Vesistöjen käyttökelpoisuusluokituksessa Kajoonjärvi luokitellaan erinomaiseen tai hyvään luokkaan näkösyvyyden, kokonaisfosforin ja klorofyllipitoisuutensa perusteella (taulukko 5).

Runsashumuksiset järvet (Rh)

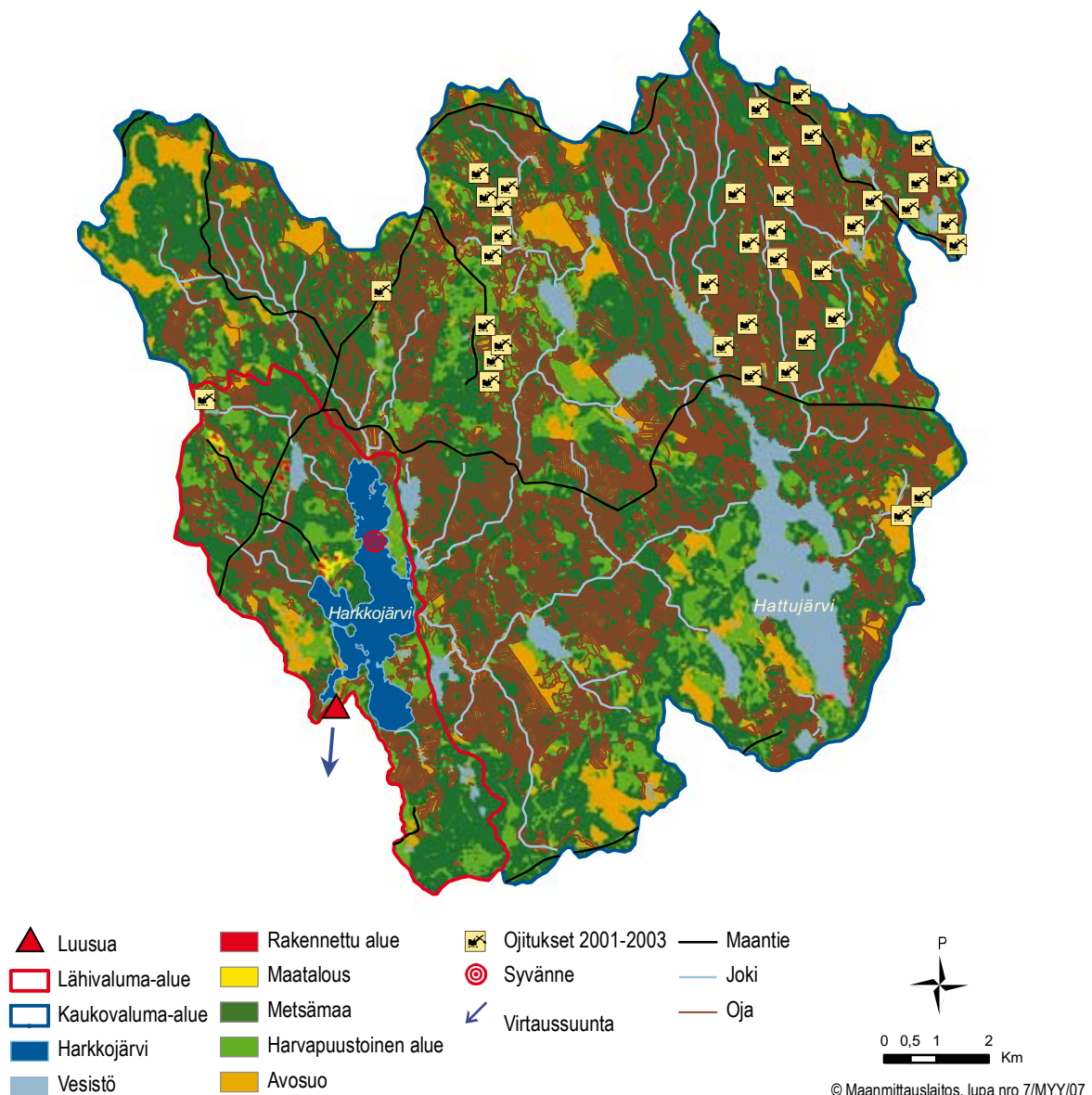
Kinnasjärvi. Kinnasjärvi sijaitsee Joensuussa, Tuupovaarassa. Järven pinta-ala on 136 hehtaaria ja rantaviiva noin 14 kilometriä. Järven keskisyvyys on noin neljä metriä ja suurin syvyys 22 metriä. Kinnasjärvi on reittivesi, jolla on pieni noin 1 000 hehtaarin lähivaluma-alue ja suuri 27 000 ha kaukovaluma-alue (kuva 12).

Avovesiaikana vuonna 2005 Kinnasjärven vesi oli tummaa, humuksen värjäämää ja keskimääräinen väriluku oli 153 mg Pt l⁻¹ (vaihtelu 140–180 mg Pt l⁻¹). Näkösyvyys vaihteli välillä 1,2–1,9 metriä ja oli keskimäärin 1,7 metriä. Järven vesi on hapanta varsinkin keväällä, jolloin veden pH-arvo oli 5,5. Kinnasjärven päällysveden rautapitoisuus oli 680 µg l⁻¹, kemiallinen hapenkulutus 16 mg O₂ l⁻¹. Liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuus oli päällysvedessä 13,0 mg l⁻¹. Päällysveden sähköjohtokyky oli pieni, 2,2 mS m⁻¹, samoin sameus, 1,2 FNU. Päällysveden lämpötila oli korkeimmillaan heinäkuun 2005 puolivälissä, jolloin se oli 23,8 °C. Järvi kerrostui lämpötilan suhteen keskikesällä ja oli vielä syyskuun puolivälissäkin kerrostunut.

Avovesiaikana vuonna 2005 Kinnasjärven päällysveden kokonaisfosforipitoisuus vaihteli välillä 17 ja 20 µg l⁻¹ (keskimäärin 19 µg l⁻¹) ja kokonaistyyppipitoisuus vastaavasti välillä 410 ja 580 µg l⁻¹ (keskimäärin 473 µg l⁻¹). Loppukesällä vuonna 2005 happitilanne huonontui ja alusvedessä oli happea vain 2,6 mg l⁻¹, mutta happikatoa ei todettu. Loppukesällä pohjanläheinen kohonnut kokonaisfosforipitoisuus (65 µg l⁻¹) osoitti, että alusveden hapen niukkuuden seurauksena sedimentistä liukeni ravinteita veteen, samoin rautapitoisuus nousi arvoon 1 600 µg l⁻¹. Jo elokuun alkupuolella happitilanteen huonontuessa alusvedessä kemiallinen hapenkulutus suureni päällysveden arvoon nähden selvästi (alusvedessä COD_{Mn} oli 24 mg O₂ l⁻¹ elokuun alussa), myös sameus lähes kaksinkertaistui ja oli alusvedessä 2,3 FNU elokuun alussa. Klorofylli *a*:n pitoisuus oli avovesikaudella keskimäärin 10,1 µg l⁻¹ (vaihteluväli 4,8–16,0 µg l⁻¹). Kesikesän klorofyllipitoisuudet olivat korkeita ja ilmensivät Kinnasjärven rehevyyttä. Vesistöjen käyttökelpoisuusluokituksessa Kinnasjärvi voidaan luokitella hyvään tai tyydyttävään luokkaan näkösyvyyden, kokonaisfosforin ja klorofyllipitoisuutensa perusteella (taulukko 5).



Kuva 12. Kinnasjärvi ja sen valuma-alue.



Kuva 13. Harkkojärvi ja sen valuma-alue.

Harkkojärvi. Harkkojärvi sijaitsee Iломantsissa Koitereen itäpuolella. Järven pinta-ala on 437 hehtaaria ja rantaviivaa on 26 kilometriä. Harkkojärvi on matala, sen keskisyvyys on noin kolme metriä ja syvimmillään järvi on kymmenen metriä. Järven lähivaluma-alue on 2 667 hehtaaria (kuva 13).

Elokuun alussa vuonna 2005 Harkkojärven vesi oli hyvin humuspitoista (väriluku 180 mg Pt l⁻¹) ja lievästi hapanta (pH 6,2). Tummuudesta johtuen myös näkösyvyys oli pieni, 1,6 metriä. Harkkojärven päällysveden rautapitoisuus oli 1 100 µg l⁻¹, kemiallinen hapenkulutus 18 mg O₂ l⁻¹, ja liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuus 14,0 mg l⁻¹. Päällysveden sameus oli 2,2 FNU, ja sähkönjohtokyky pieni, 1,9 mS m⁻¹. Harkkojärven päällysveden lämpötila oli elokuun alussa 19,5 °C, jolloin järvi oli lämpötilan suhteen

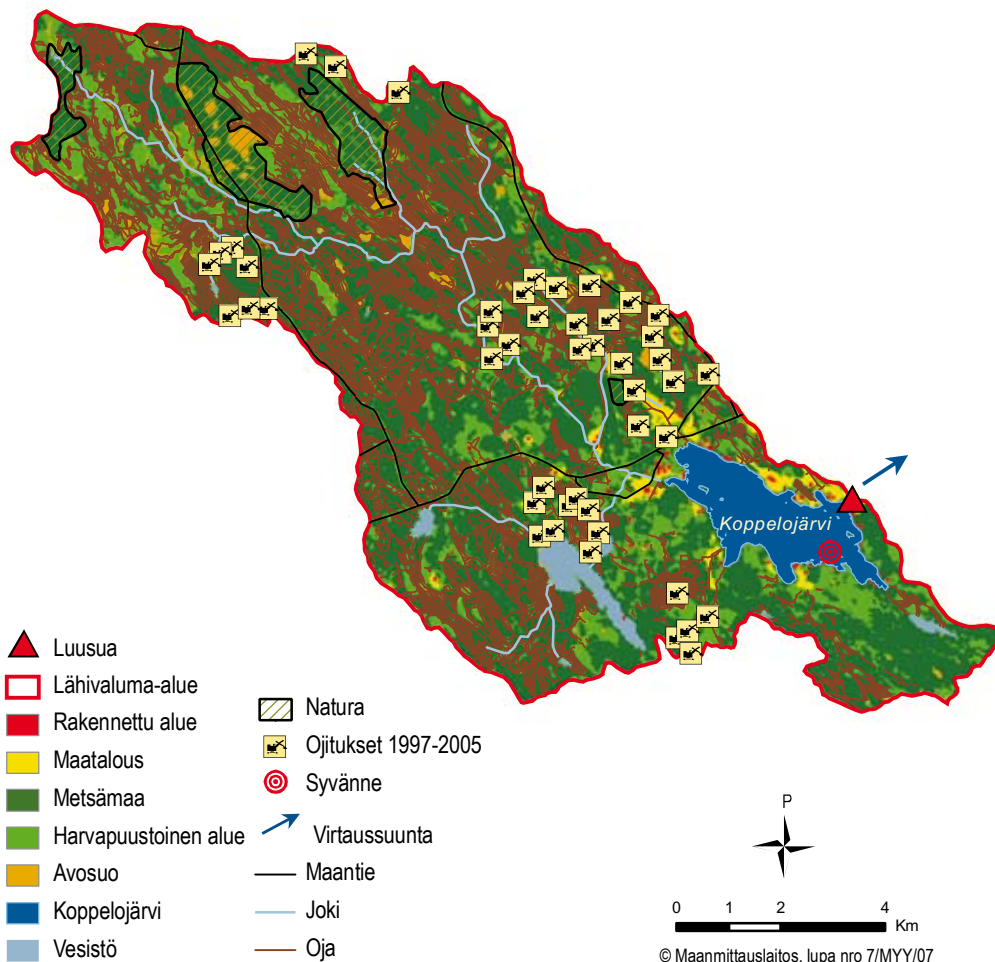
kerrostunut. Päällysveden kokonaisfosforipitoisuus oli 22 µg l⁻¹ ja kokonaistyyppipitoisuus 400 µg l⁻¹. Elokuun 2005 alussa happi oli kulunut alusvedestä miltei loppuun: metri pohjan yläpuolella hapen pitoisuus oli 1,6 mg l⁻¹ ja hapen kyllästysaste 15 %. Alusveden huono happitilanne aiheutti ravinteiden vapautumista pohjasedimentistä alusveteen, jossa kokonaisfosforin pitoisuus oli 58 µg l⁻¹ ja kokonaistyyppipitoisuus 620 µg l⁻¹. Tällöin erityisesti rautapitoisuus (4 100 µg l⁻¹), kemiallinen hapenkulutus (26 mg O₂ l⁻¹) ja sameus (12 FNU) nousivat alusvedessä korkeiksi, samoin myös sähkönjohtokyky nousi (kuva 3, 4A ja 4B). Loppukesän klorofyllipitoisuus (9,4 µg l⁻¹) oli kohonnut. Harkkojärvi luokitellaan hyvään luokkaan näkösyvyyden, kokonaisfosforin ja klorofyllipitoisuutensa perusteella (taulukko 5).

Koppelojärvi. Koppelojärvi sijaitsee Valtimon kunnan alueella lähellä Rautavaaran rajaa. Tällä suurehkoilla järvellä (437 ha) rantaviivaa on lähes 19 kilometriä. Järven keskisyvyys on viisi metriä ja suurin syvyys 19 metriä. Koppelojärven valuma-alue on suuri, 10 596 hehtaaria (kuva 14).

Elokuun alussa vuonna 2005 Koppelojärven vesi oli tummaa (väriluku 180 mg Pt l⁻¹) ja melko hapanta (pH-arvo 6,2). Näkösyvyys oli alhainen, vain 1,4 metriä. Koppelojärven päällysveden rautapitoisuus oli suuri, 1 100 µg l⁻¹, samoin kemiallinen hapenkulutus, 21 mg O₂ l⁻¹, ja liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuus 15,0 mg l⁻¹.

Päällysveden sameus oli 2,0 FNU, ja sähkönjohtokyky pieni, 2,3 mS m⁻¹. Lämpötila päällysvedessä oli elokuun alussa 19,3 °C, ja näytteenottoaikaan järvi oli lämpötilan suhteen kerrostunut. Päällysveden (1 m) kokonaisfosforipitoisuus

oli 42 µg l⁻¹ ja kokonaistyyppipitoisuus vastaavasti 550 µg l⁻¹. Alusveden happitilanne oli huono: metri pohjan yläpuolella hapen pitoisuus 3,6 mg l⁻¹ ja kyllästysaste 37 %. Alusveden huonon happitilanteen seurauksena ravinnepitoisuudet kohosivat selvästi pohjan lähellä, jossa kokonaisfosforin pitoisuus oli 68 µg l⁻¹ ja kokonaistypen pitoisuus 620 µg l⁻¹ sekä raudan pitoisuus 2 000 µg l⁻¹. Myös kemiallisen hapenkulutuksen, sähkönjohtokyvyn ja sameuden arvot alusvedessä nousivat tällöin (kuva 3, 4A, 4B). Ravinnetilanne yhdessä korkean klorofyllipitoisuuden (44 µg l⁻¹) kanssa ilmentää järven rehevyyttä. Koppelojärvi olisi luokiteltavissa hyvään luokkaan näkösyvyyden perusteella, kun taas kokonaisfosforin perusteella luokka olisi tyydyttävä ja klorofyllipitoisuutensa perusteella luokka olisi välttävä (taulukko 5).



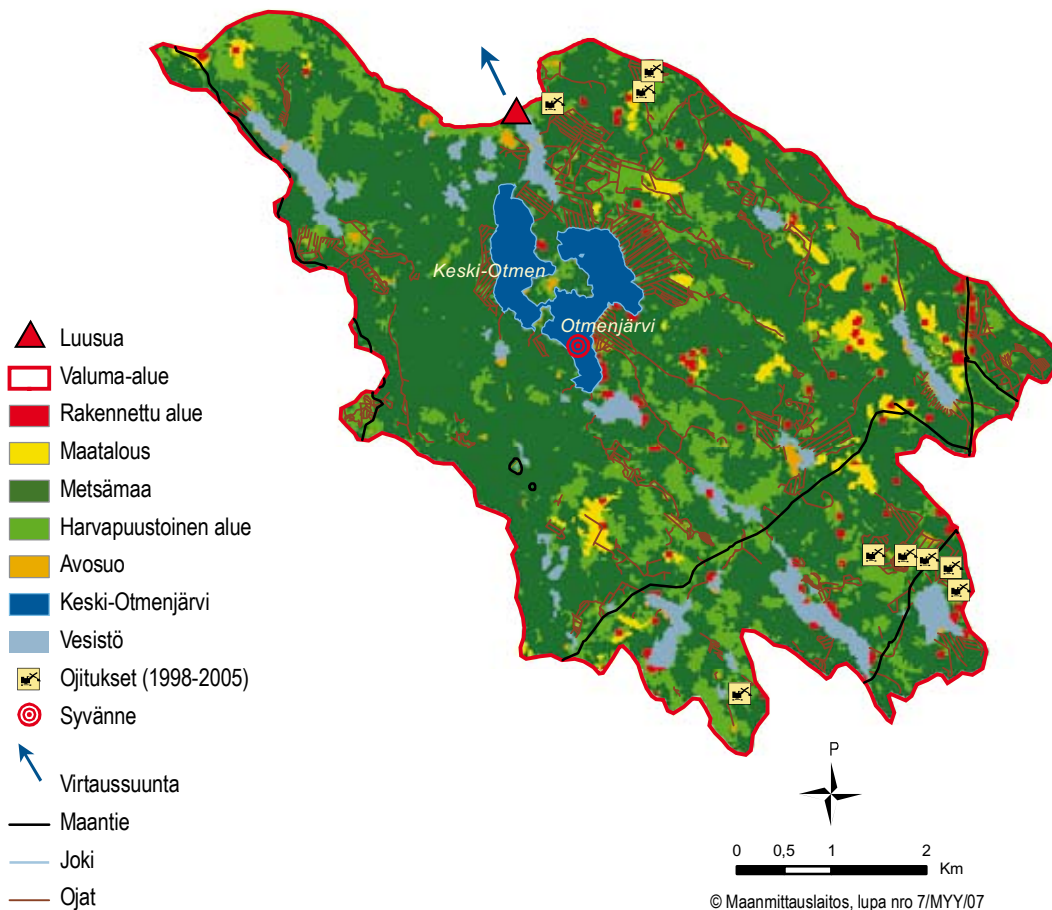
Kuva 14. Koppelojärvi ja sen valuma-alue.

Matalat humusjärvet (Mh)

Otmenjärvi. Tuupovaaran Öllölän Otmenjärvi muodostuu kahdesta kannaksen erottamasta altaasta Otmenjärvestä ja Keski-Otmenjärvestä. Otmenjärven pinta-ala on 139 hehtaaria. Järvi on matala ja sen keskisyvyys on ainoastaan kaksi metriä. Järven 6,5 metrin syväne sijaitsee kapeassa etelälahdessa. Järven valuma-alue on 3 765 hehtaaria (kuva 15).

Elokuun alussa 2005 vesi oli Otmenjärvestä sameaa (sameus 3,0 FNU) ja tummaa (väriluku 100 mg Pt l⁻¹). Näkösyvyys oli ainoastaan 1,3 metriä. Rautapitoisuus oli päällysvedessä 500 µg l⁻¹, kemiallisen hapenkulutuksen arvo 16 mg O₂ l⁻¹, liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuus 11,0 mg l⁻¹ ja sähkönjohtokyky 2,7 mS m⁻¹. Vesi oli lievästi hapanta (pH-

arvo 6,8). Päällysveden lämpötila oli elokuun alussa 19,6 °C. Järvi oli lämpötilan suhteen kerrostunut (alusveden lämpötila 14,5 °C, kuva 2A). Ravinne- ja klorofyllipitoisuuksien perusteella Otmenjärvi on rehevä: fosforipitoisuus oli 27 µg l⁻¹ ja klorofyllipitoisuus 40,0 µg l⁻¹. Elokuun alussa vuonna 2005 todettiin Otmenjärvestä happikato, hapen pitoisuus alusvedessä 0,1 mg l⁻¹. Samalla havaittiin alusvedessä ravinnepitoisuuksien lievää nousua ja sameus (26 FNU), kemiallinen hapenkulutus (22 mg O₂ l⁻¹) ja sähkönjohtokyky (4,2 mS m⁻¹) nousivat suuriksi ja rautapitoisuus lähes kymmenkertaistui (4 100 µg l⁻¹) päällysveden arvoon nähden. Vesistöjen käyttökelpoisuusluokituksessa Otmenjärvi luokitellaan tyydyttävään tai välttävään luokkaan näkösyvyyden, kokonaisfosforin ja klorofyllipitoisuutensa perusteella (taulukko 5).



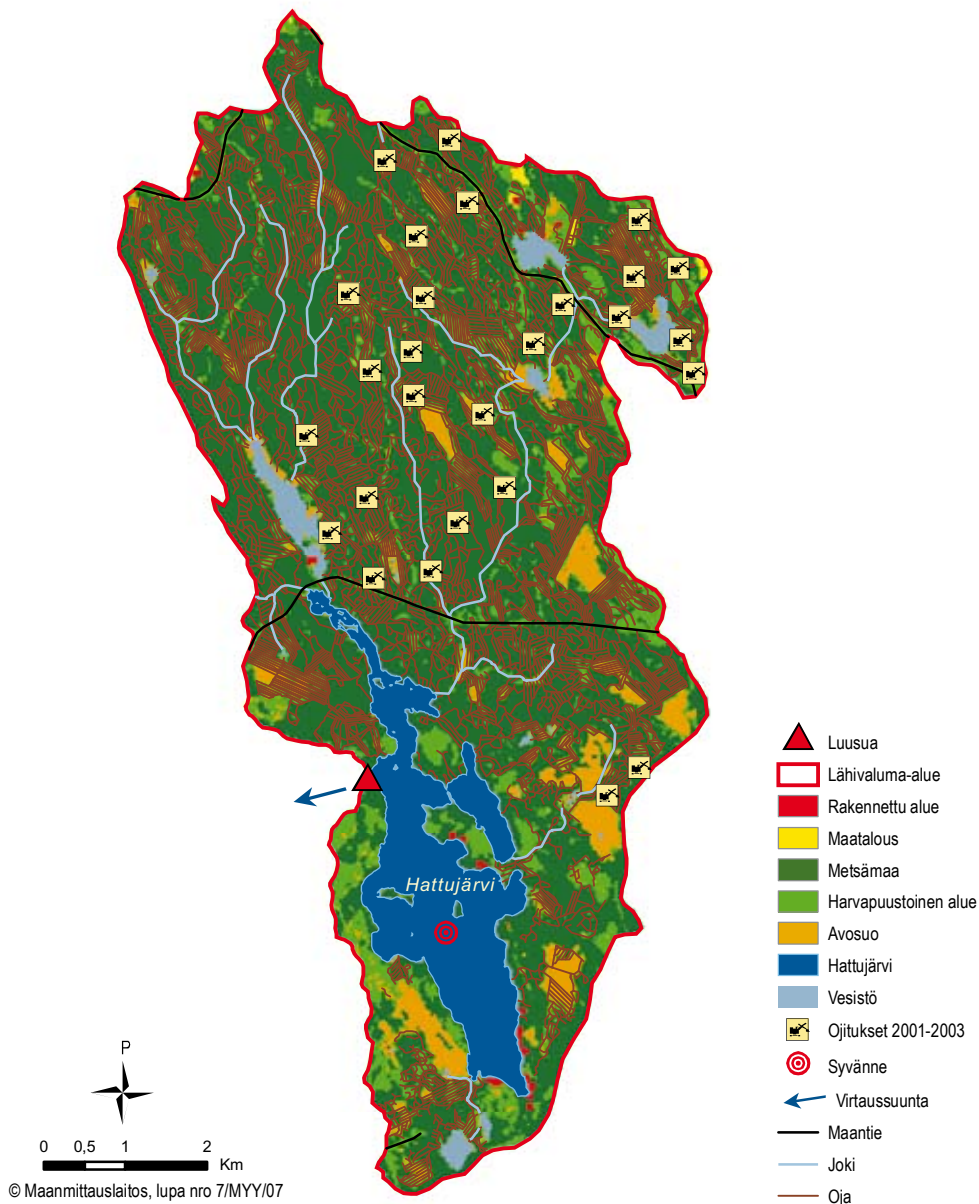
Kuva 15. Otmenjärvi ja sen valuma-alue.

Matalat runsashumuksiset järvet (MRh)

Hattujärvi. Hattujärvi sijaitsee Ilomantsissa Koiteleen itäpuolella. Järven pinta-ala on 515 hehtaaria ja rantaviivaa on 29 kilometriä. Hattujärvi on matala, sen keskisyvyys on kolme metriä ja syvimmillään järvi on yhdeksän metriä. Järven lähivaluma-alue on 5 785 hehtaaria (kuva 16).

Heinäkuun alussa vuonna 2005 Hattujärven vesi oli hyvin humuspitoista (väriluku 160 mg Pt l⁻¹) ja lievästi hapanta, pH-arvo oli 6,3. Tummuudesta johtuen myös näkösyvyys oli pieni, 1,5 metriä. Päällisveden lämpötila oli 20,7 °C, eikä järvi ollut

lämpötilan suhteen kerrostunut. Hattujärvässä myös raudan pitoisuudet (1 500 µg l⁻¹), kemiallisen hapenkulutuksen arvot (20 mg O₂ l⁻¹), sähkönjohtokyky (1,8 mS m⁻¹) ja sameus (2,1–2,3 FNU) olivat pinnassa ja pohjan läheisessä vesikerroksessa lähes samat. Veden kokonaisfosforipitoisuus oli pinnassa 24 µg l⁻¹ ja pohjan lähellä 20 µg l⁻¹ ja kokonaistyyppi-pitoisuus vastaavasti 400 ja 390 µg l⁻¹. Loppukesällä klorofyllipitoisuus (8,7 µg l⁻¹) oli kohonnut. Heinäkuun 2005 alussa happitilanne oli Hattujärvässä hyvä. Vesistöjen käyttökelpoisuusluokituksessa Hattujärvi voidaan luokitella hyvään luokkaan näkösyvyyden, kokonaisfosforin ja klorofyllipitoisuutensa perusteella (taulukko 5).

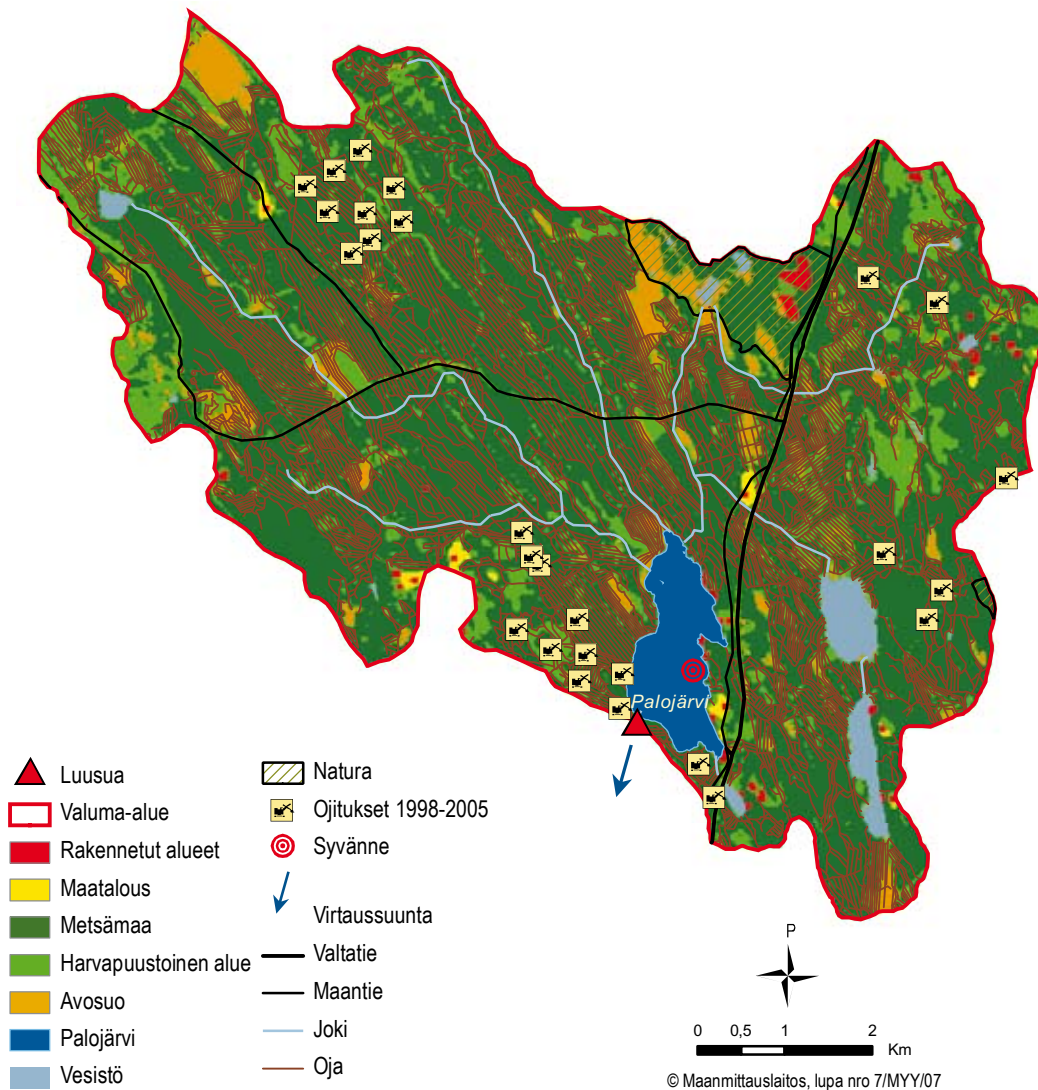


Kuva 16. Hattujärvi ja sen valuma-alue.

Palojärvi. Palojärvi sijaitsee noin 20 km Nurmeksestä lounaaseen. Järvi on 166 hehtaarin suuruinen ja sillä on rantaviivaa noin kahdeksan kilometriä. Palojärven keskisyvyys on noin kaksi metriä ja suurin syvyys noin kahdeksan metriä. Järvi saa vettä 6 265 hehtaarin valuma-alueelta (kuva 17).

Elokuun alkupuolella 2005 otettujen näytteiden perusteella Palojärvi oli tutkimusjärvistä tummavetisin (väriluku 210 mg Pt l⁻¹) ja sen vesi oli varsin hapanta (pH-arvo 5,5). Veden tummuus ilmeni myös pienenä näkösyvyytenä (1 m). Palojärven päällysveden lämpötila oli elokuun alussa 19,3 °C. Järvi ei ollut lämpötilasuhteen kerrostunut havaintoaikana. Palojärven rautapitoisuus oli pinnasta pohjaan

1 100 µg l⁻¹. Kemiällisen hapenkulutuksen arvo oli suuri (23 mg O₂ l⁻¹), samoin liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuus (14,0 mg l⁻¹), sähkönjohtokyky oli pieni (1,5 mS m⁻¹), samoin sameus (2,0 FNU) ja kyseiset arvot olivat pinnassa ja pohjan läheisessä vesikerroksessa lähes samat (kuva 3, 4A, 4B). Happitilanne oli hyvä sekä päällysvettä alusvedessä. Päällysveden kokonaisfosforipitoisuus oli 35 µg l⁻¹ ja kokonaistyyppipitoisuus vastaavasti 470 µg l⁻¹. Klorofyllipitoisuus oli korkea, 14 µg l⁻¹. Vesistöjen käyttökelpoisuusluokituksessa Palojärvi luokitellaan tyydyttävään luokkaan näkösyvyyden, kokonaisfosforin ja klorofyllipitoisuutensa perusteella (taulukko 5).

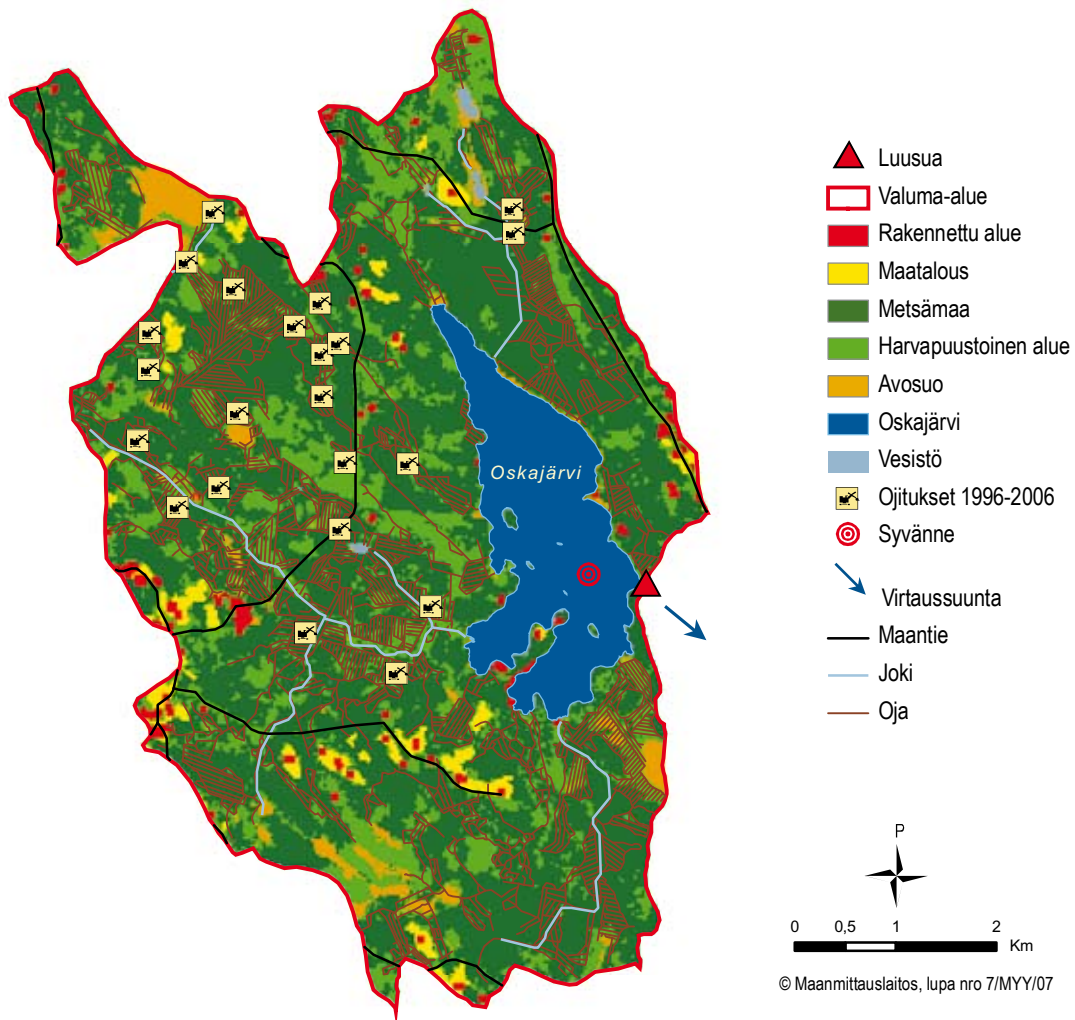


Kuva 17. Palojärvi ja sen valuma-alue.

Oskajärvi. Vaarojen ja soiden ympäröimä Oskajärvi sijaitsee Iломantsin kirkonkylän eteläpuolella. Sen vesipinta-ala on 374 hehtaaria ja rantaviivaa on noin 17 kilometriä. Oskajärven keskisyvyys on noin kolme metriä ja suurin syvyys 12 metriä. Järven valuma-alue on 3 984 hehtaaria (kuva 18).

Elokuun alussa vuonna 2005 järven vesi oli tummaa, humusvärätteistä (väriluku 180 mg Pt l⁻¹) ja näkösyvyys oli pieni, 1,5 metriä. Liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuus oli päällysvedessä 16,0 mg l⁻¹. Loppukesällä 2005 veden pH-arvo oli 6,3. Päällysveden lämpötila oli elokuun alussa 19,7 °C. Järvi ei ollut lämpötilan suhteen kerrostunut havainto-aikana. Päällysveden kokonaisfosforipitoisuus oli 20 µg l⁻¹ ja kokonaistyyppipitoisuus vastaavasti

480 µg l⁻¹. Elokuun alussa 2005 Oskajärven happitilanne oli tyydyttävä, mihin osaltaan vaikutti lämpötilakerrostuneisuuden puuttuminen. Alusvedessä raudan (1 200–1 300 µg l⁻¹) ja ravinteiden pitoisuudet olivat lähellä päällysveden pitoisuuksia. Myös kemiallisen hapenkulutuksen arvot (23 mg O₂ l⁻¹) ja sähkönjohtokyky (2,4 mS m⁻¹) olivat Oskajärvestä pinnalta pohjan lähelle samat, sameus suureni jonkin verran pohjan lähellä (1,8–2,2 FNU). Oskajärven klorofyllipitoisuus (7,7 µg l⁻¹) oli hieinan kohonnut. Vesistöjen käyttökelpoisuusluokituksessa Oskajärvi luokitellaan hyvään luokkaan näkösyvyyden, kokonaisfosforin ja klorofyllipitoisuutensa perusteella (taulukko 5).



Kuva 18. Oskajärvi ja sen valuma-alue.

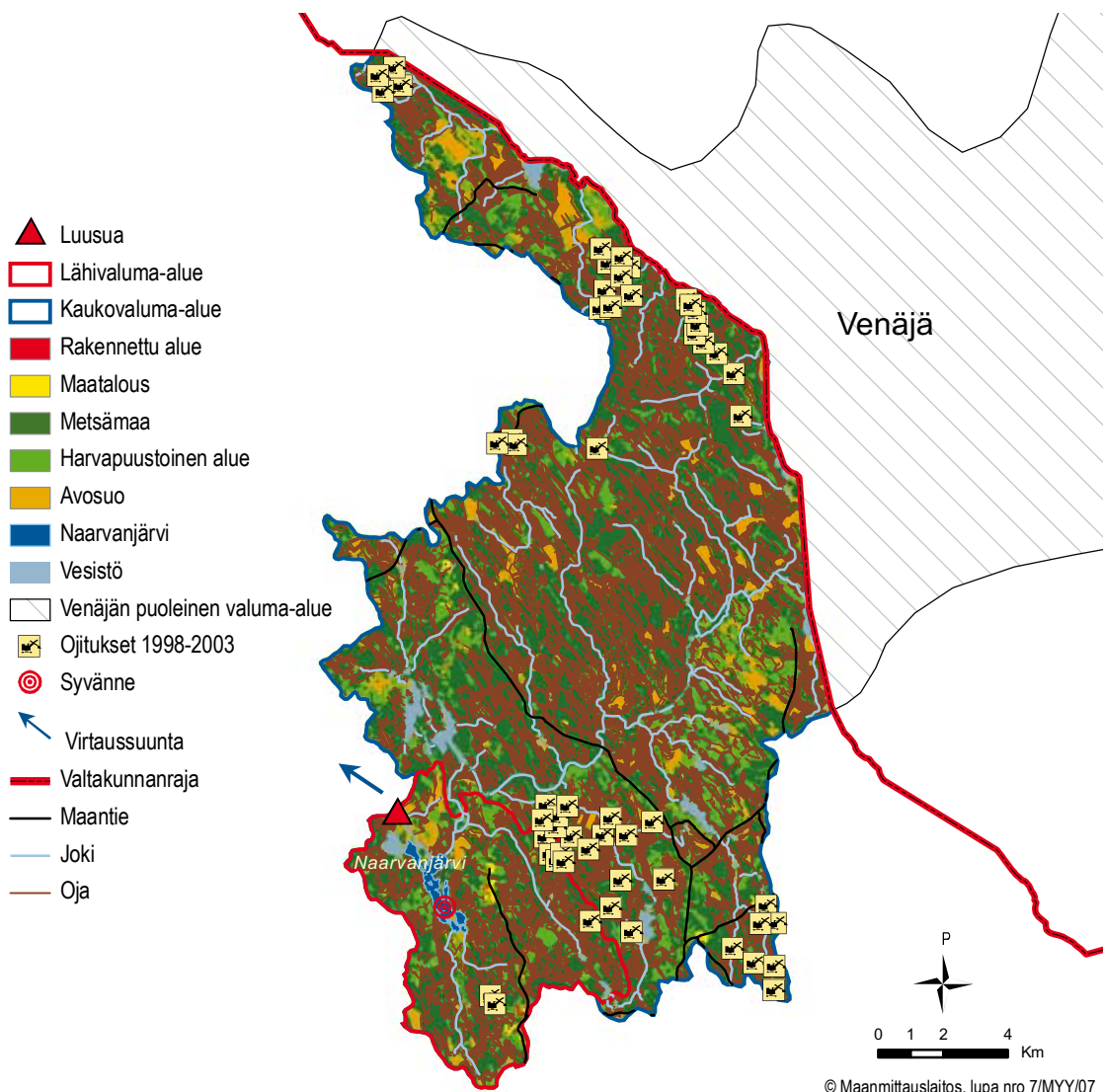
Lyhytviipymäiset järvet (Lv)

Naarvanjärvi. Ilomantsin pohjoisosassa sijaitseva pitkä ja kapea Naarvanjärvi on kooltaan 128 hehtaaria. Järvessä rantaviivaa on noin 16 kilometriä. Naarvanjärven keskisyvyys on kolme metriä ja suurin syvyys kahdeksan metriä. Koko järven valuma-alue on hyvin laaja ja ulottuu myös Venäjän puolelle. Suomen puoleinen valuma-alue on noin 22 623 hehtaaria ja järven lähivaluma-alue on noin 4 419 hehtaaria (kuva 19).

Elokuussa vuonna 2005 Naarvanjärven vesi oli hyvin tummaa (väriluku 180 mg Pt l⁻¹), humuksen värjäämää. Tummalle järvelle tyypillisesti näkösyvyys oli alhainen, 1,6 metriä. Vesi oli melko hapanta (pH-arvo 6,2). Naarvanjärven päällysveden kemiallinen hapenkulutus oli melko pieni, 17 mg O₂ l⁻¹, liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuus oli 12,0 mg l⁻¹. Rautaa oli melko runsaasti, 990 µg l⁻¹. Sekä sameus (1,5 FNU) että sähkönjohtokyky

(1,7 mS m⁻¹) olivat pienet. Lämpötila päällysvedessä oli elokuun alussa 19,2 °C. Järvessä oli lämpötilakerrostuneisuus näytteenottoaikaan (alusveden lämpötila 11,8 °C).

Elokuun alussa vuonna 2005 happi oli Naarvanjärven syvänteessä kulunut loppuun: alusveden happipitoisuus oli 0,6 mg l⁻¹ ja hapenkyllästysaste 6%. Järven päällysveden fosforipitoisuus oli 19 µg l⁻¹ ja typpipitoisuus 370 µg l⁻¹. Alusveden ravinnepitoisuudet olivat happikadon seurauksena kohonneet (kokonaisfosfori 37 µg l⁻¹, -typpi 480 µg l⁻¹), samoin rautapitoisuus (2 400 µg l⁻¹). Tällöin varsinkin kemiallisen hapenkulutuksen (26 mg O₂ l⁻¹) ja sameuden (5,7 FNU), mutta myös sähkönjohtokyvyn (2,0 mS m⁻¹) arvot alusvedessä nousivat. Loppukesän kohonnut klorofyllipitoisuus (12 µg l⁻¹) ilmentää Naarvanjärven olevan lievästi rehevä. Vesistöjen käyttökelpoisuusluokituksessa Naarvanjärvi luokitellaan hyvään tai tyydyttävään luokkaan näkösyvyyden, kokonaisfosforin ja klorofyllipitoisuutensa perusteella (taulukko 5).

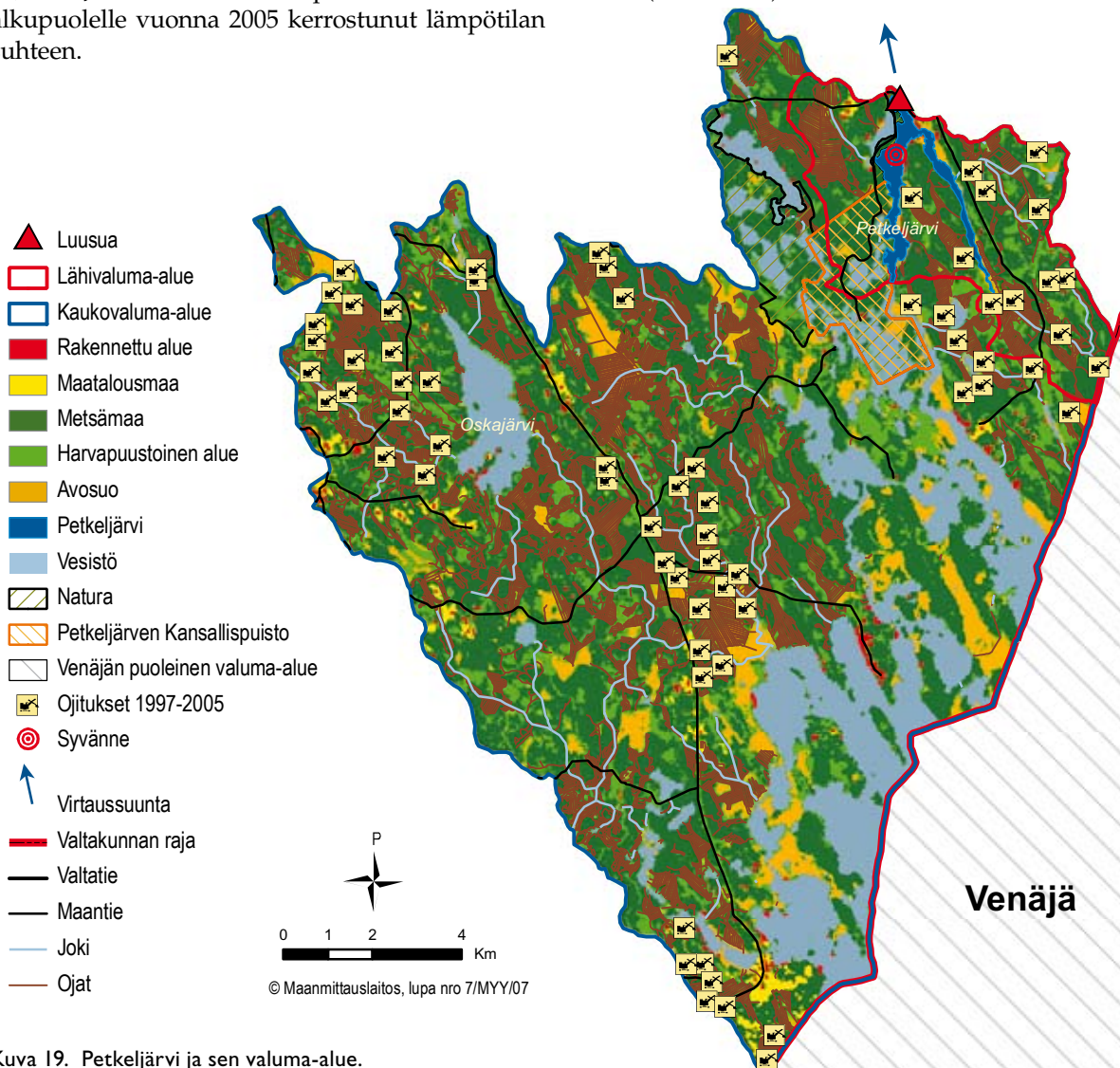


Kuva 19. Naarvanjärvi ja sen valuma-alue.

Petkeljärvi. Ilomantsin Petkeljärvi on kooltaan noin 176 hehtaaria. Rantaviivaa järvellä on noin 22 kilometriä. Järven suurin syvyys on 9,3 metriä ja keski-syvyys noin kolme metriä. Järven lähivaluma-alue on 2 610 hehtaaria. Suomen puoleinen valuma-alue on 20 893 hehtaaria ja Venäjän puoleinen noin 81 000 hehtaaria (kuva 20).

Avovesikaudella vuonna 2005 Petkeljärven vesi oli runsashumuksista ja väriltään tummaa (keskimääräinen väriluku 155 mg Pt l⁻¹). Näkösyvyys vaihteli välillä 1,1–1,7 metriä ollen keskimäärin 1,6 m. Vesi oli varsin hapanta toukokuussa (1 metrin syvyydessä pH-arvo 5,7), ja melko hapanta myös heinä- ja elokuun havaintokerroilla (1 metrin syvyydessä pH-arvo 6,2–6,3). Petkeljärven päällysveden kemiallinen hapenkulutus oli elokuun alussa vuonna 2005 melko pieni, 17 mg O₂ l⁻¹, ja liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuus oli päällysvedessä 13,0 mg l⁻¹. Rautapitoisuus oli 900 µg l⁻¹. Sekä sameus (1,7 FNU) että sähkönjohtokyky (1,7 mS m⁻¹) olivat pienet. Lämpötila päällysvedessä oli elokuun alussa 20,6 °C. Järvi oli heinäkuun puolivälistä elokuun alkupuolelle vuonna 2005 kerrostunut lämpötilan suhteen.

Veden kokonaisfosforipitoisuus vaihteli vuoden 2005 avovesiaikana 17 ja 21 µg l⁻¹ välillä ja kokonaistyyppipitoisuus vastaavasti 370 ja 400 µg l⁻¹ välillä. Elokuun alkupuolella alusveden happitilanne oli huono: metri pohjan yläpuolella hapen pitoisuus oli 3,6 mg l⁻¹ ja hapen kyllästysaste 38 %. Tällöin ravinnepitoisuudet kohosivat pohjan lähellä. Kokonaisfosfori oli päällysvedessä 20 µg l⁻¹ ja alusvedessä 34 µg l⁻¹ sekä kokonaistyyppi vastaavasti 380 µg l⁻¹ ja 520 µg l⁻¹. Varsinkin rautapitoisuus (2100 µg l⁻¹) ja sameus (5,4 FNU) nousivat alusvedessä tällöin, mutta myös alusveden kemiallisen hapenkulutuksen ja sähkönjohtokyvyn arvot nousivat jonkin verran. Kasvukauden aikainen keskimääräinen klorofyllipitoisuus oli 8,4 µg l⁻¹ (vaihteluväli 3,3–11,0 µg l⁻¹). Klorofyllipitoisuus oli loppukesällä korkeahko, ja myös veden ravinnepitoisuudet olivat mesotrofisille eli lievästi reheville järville tyyppisiä. Vesistöjen käyttökelpoisuusluokituksessa Petkeljärvi luokitellaan hyvään luokkaan näkösyvyyden, kokonaisfosforin ja klorofyllipitoisuutensa perusteella (taulukko 5).



Kuva 19. Petkeljärvi ja sen valuma-alue.

3.3.7

Fosforin ja typen suhteet tutkimusjärvissä

Tutkimusjärvistä elokuun alussa 2005 otetuista yhden metrin näytteistä laskettu veden kokonais-typen ja -fosforin suhde, N/P-suhde vaihteli välillä 13,1–78,3 (taulukko 8). Mineraaliravannesuhde oli alle 5 kahdeksassa järvessä, välillä 5–12 kolmessa järvessä ja yli 12 kolmessa järvessä. Ravinteiden tasapainosuhte eli kokonaisravinteiden suhde mineraaliravinteisiin oli alle yksi Pusonjärven lisäksi Kajoonjärvellä. Kaikissa muissa tutkimusjärvissä (Keskijärveltä ja Hattujärveltä ei tuloksia) ravinteiden tasapainosuhte oli yli 1.



Matala runsashumuksinen ja tummavetinen Hattujärvi.

Taulukko 8. Päälysveden (1 metri) kokonaisravannesuhde (N/P-suhde), mineraaliravannesuhde ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_{23}\text{-N}/\text{PO}_4\text{-suhde}$) sekä ravinteiden tasapainosuhte (kokonaisravinteiden ja mineraaliravinteiden suhde) tutkimusjärvissä loppukesällä 2005. .. = ei tuloksia. * Hattujärven tulokset ovat heinäkuun 2005 alusta. ** Arvot leväkasvua todennäköisesti rajoittavalle ravinteelle Forsbergin ym. (1978) mukaan.

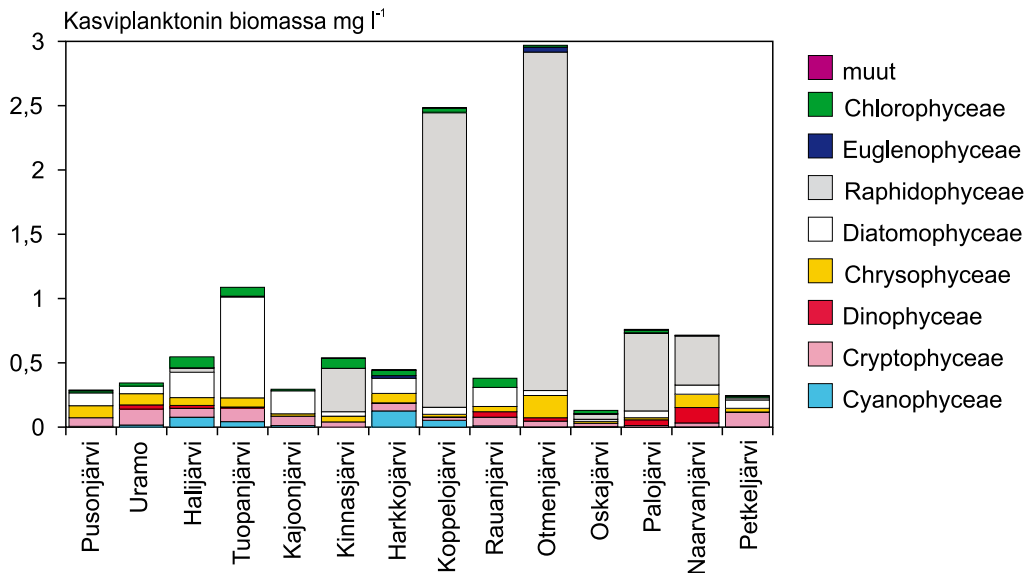
Järvi	Kokonaisravannesuhde	Mineraaliravannesuhde	Ravinteiden tasapainosuhte
Pusonjärvi	78,3	105,0	0,7
Tuopanjärvi	40,0	6,0	6,6
Uramo	25,4	8,0	3,2
Halijärvi	24,2	13,5	1,8
Keskijärvi	25,6
Rauanjärvi	35,5	9,0	3,9
Kajoonjärvi	44,0	100,0	0,4
Kinnasjärvi	24,7	2,3	10,6
Harkkojärvi	18,2	1,4	13,0
Koppeljärvi	13,1	0,7	18,7
Otmenjärvi	20,0	2,5	8,0
* Hattujärvi	16,7
Palojärvi	13,4	0,9	15,1
Oskajärvi	24,0	3,0	8,0
Naarvanjärvi	19,5	2,3	8,3
Petkeljärvi	19,0	1,8	10,9
**Fosfori rajoittaa, jos suhde on	Yli 17	Yli 12	Alle 1
**Fosfori ja/tai typpi rajoittavat, jos suhde on välillä	10 –17	5–12	
**Typpi rajoittaa, jos suhde on	Alle 10	Alle 5	Yli 1

3.4

Kasviplankton

Tutkimusjärvien kasviplanktonin biomassa vaihteli vuonna 2005 elokuussa välillä 0,13–2,97 mg l⁻¹ (kuva 21). Korkeimmat biomassat löytyivät Otmenjärvestä ja pienimmät Oskajärvestä. Kasviplanktonlajeja löydettiin tutkittujen järvien heinäkuun näytteistä 21–62 (keskimäärin 41 lajia, taulukko 9). Pienimmät lajimäärät tavattiin matalasta runsashumuksisesta Palojärvestä ja suurimmat pienistä humusjärvistä Halijärvestä ja Tuopanjärvestä. Liitetaulukosta 1 käy ilmi tutkimusjärvien lajikoostumus.

Samana aikana näissä järvissä klorofyllipitoisuus vaihteli 5,2 ja 44,0 µg l⁻¹ välillä. Kasviplanktonin biomassan ja klorofyllipitoisuuden välillä havaittiin koko aineistossa tilastollisesti merkitsevä riippuvaisuus ($r=0,887$, $p=<0,001$, kuva 22). Piilevien ja *Gonyostomum semen* levän ollessa valitsevia klorofyllipitoisuuden ja kasviplanktonin biomassan välinen riippuvaisuus poikkeaa kuitenkin odotetusta.

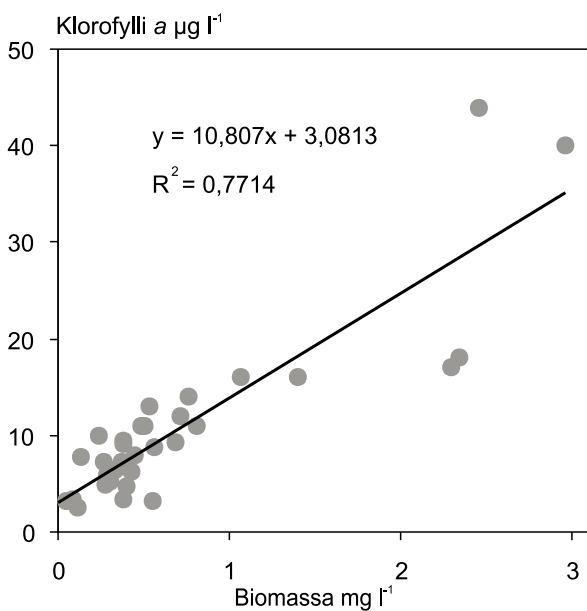


Kuva 21. Tutkimusjärvien kasviplanktonin biomassa ja sen koostumus elokuussa vuonna 2005.

3.4.1

Pienet humusjärvet (Ph)

Pusionjärvi. Pusionjärven kasviplanktonin biomassa oli keskimäärin $0,23 \text{ mg l}^{-1}$ ja vaihteli $0,05$ ja $0,55 \text{ mg l}^{-1}$ välillä avovesikaudella vuonna 2005 (kuva 23). Kasviplanktonin biomassa oli korkeimmillaan heinäkuussa ja pienin kesäkuussa. Kasviplanktonin biomassan perusteella järvi luokitellaan Heinosen (1980) raja-arvojen perusteella oligotrofiseksi, karuksi järveksi. Klorofyllipitoisuus vaihteli $2,5$ ja $5,2 \mu\text{g l}^{-1}$ välillä ja oli keskimäärin $3,7 \mu\text{g l}^{-1}$. Kasviplanktonin biomassan ja myös veden klorofyllipitoisuuden vaihtelu oli melko vähäistä avovesikaudella 2005.

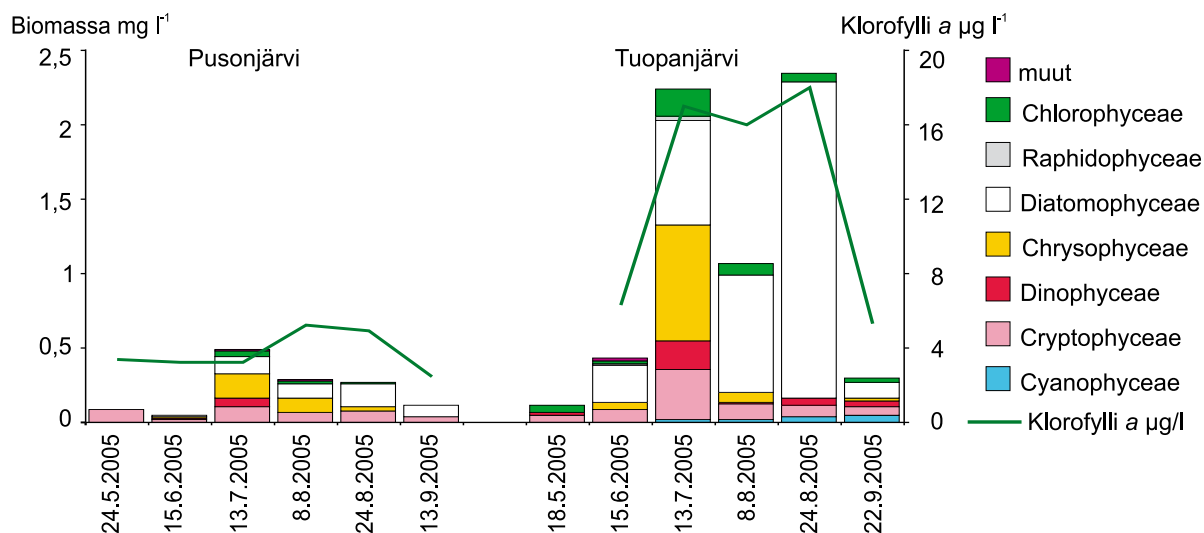


Kuva 22. Kasviplanktonin biomassan ja klorofyllipitoisuuden välinen riippuvaisuus tutkimusjärvissä vuonna 2005.

Toukokuun lopussa kasviplanktonyhteisössä dominoivat nielulevät (*Rhodomonas lacustris*) ja ne muodostivat jopa 96 % kokonaisbiomassasta. Kesäkuussa ja heinäkuussa kultalevien osuus alkoi kasvaa. Kultalevistä erityisesti *Dinobryon crenulatum* ja *Pseudopedinella* sp. ovat tällöin lukumääriltään vallitsevina. Pusionjärven kasviplanktonin biomassa oli loppukesällä jakautunut melko tasaisesti nielulevien, kultalevien ja piilevien kesken. Nielulevien (Cryptophyceae) osuus kokonaisbiomassasta oli 24 %, kultalevien (Chrysophyceae) 33 % ja piilevien (Diatomophyceae) 34 % (taulukko 10). Lukumääräisesti runsain Cryptophyceae flagellaateista oli *Rhodomonas lacustris*, kultalevistä *Dinobryon divergens* var. *schauinslandii* ja piilevistä *Aulacoseira distans*. Loppukesällä piilevien osuus kasvoi ja oli syyskuun lopulla 60 % kokonaisbiomassasta. *Aulacoseira tenella* ja *Rhizosolenia longiseta* olivat runsaslukuisimmat piilevät.

Tuopanjärvi. Vuonna 2005 Tuopanjärven kasviplanktonin biomassa vaihteli $0,12$ ja $2,34 \text{ mg l}^{-1}$ välillä (keskimäärin $1,09 \text{ mg l}^{-1}$, kuva 23). Kasviplanktonin biomassa oli korkeimmillaan keskikesällä ja pienin heti avovesikauden alussa toukokuussa. Klorofyllipitoisuus vaihteli vastaavasti $5,3$ ja $18,0 \mu\text{g l}^{-1}$ välillä ja oli keskimäärin $12,5 \mu\text{g l}^{-1}$. Kasviplanktonin biomassan ja myös veden klorofyllipitoisuuden vaihtelu oli huomattavaa avovesikaudella 2005. Kasviplanktonin biomassan perusteella järvi on Heinosen (1980) luokituksen mukaan mesotrofinen, lievästi rehevä järvi.

Alkukesällä toukokuussa kasviplanktonyhteisössä dominoivat nielulevät (Cryptophyta, 44 % kokonaisbiomassasta) ja viherlevät (Chlorophyta,



Kuva 23. Kasviplanktonin biomassa, koostumus ja klorofylli a:n pitoisuus avoveden aikana vuonna 2005 Pusonjärvessä ja Tuopanjärvessä.

44 % kokonaisbiomassasta). Nieluleivistä vallitsevana oli *Rhodomonas lacustris* ja viherlevistä *Chlorogonium sp.*, joka on varsin yleinen keväällä pienissä metsäjärvisä. Kesäkuussa piilevien osuus kasvoi (60 % kokonaisbiomassasta) ja vallitsevana lajina oli *Rhizosolenia longiseta*. Heinäkuussa kultalevien osuus oli huomattavan suuri ja runsaimpana tällöin olivat *Dinobryon divergen*, *Uroglena sp.* ja *Pseudopedinella sp.* Loppukesällä kultalevien osuus väheni ja kasviplanktonin biomassan muodostivat pääosin piilevät (91 % kokonaisbiomassasta) valtalajinaan *Eunotia zasuminensis*. Syksyä kohden piilevien osuus väheni ja oli syyskuun lopulla 35 % kokonaisbiomassasta. *Eunotia zasuminensis*

ja *Rhizosolenia longiseta* olivat runsaslukuisimmat piilevät.

Kaikkien näytteenottojen aikana näytteistä löydettiin myös jonkin verran sinileviä, mutta niiden määrä oli yleensä melko pieni. Syksyllä kuitenkin sinilevien osuus kasvoi. Chroococcales levien (*Woronocinia naegeliana*, *Merismopedia warmingiana* ja *Snowella spp.*) lisäksi tavattiin rihmamaista *Planktothrix agardhii* (Oscillatoriales) sinilevää, jonka osuus oli 16 % kokonaisbiomassasta. Kasviplanktonin lajistossa havaittiin avovesikaudella huomattavaa vaihtelua ja lajistossa tavattiin runsaasti sellaisia lajeja, joita ei ollut lainkaan karuimmassa saman järvityypin Pusonjärvessä (taulukko 11).

Taulukko 9. Kasviplanktonin lajimäärä (kpl) tutkimusjärvisä ja eri järvityyppien lajimäärän keskiarvo sekä vaihteluväli.

Järvi	Tyyppi	Lajeja	Keskiarvo	Vaihteluväli
Pusonjärvi	Pienet humusjärvet (Ph)	35	48	35–62
Tuopanjärvi	Pienet humusjärvet (Ph)	55		
Uramo	Pienet humusjärvet (Ph)	48		
Halijärvi	Pienet humusjärvet (Ph)	62		
Rauanjärvi	Pienet humusjärvet (Ph)	39		
Kajoonjärvi	Keskikokoiset humusjärvet (Kh)	35	39	29–51
Kinnasjärvi	Runsashumuksiset järvet (Rh)	38		
Harkkojärvi	Runsashumuksiset järvet (Rh)	51	27	21–31
Koppeljärvi	Runsashumuksiset järvet (Rh)	29		
Otmenjärvi	Matalat humusjärvet (Mh)	41	41	39–43
Palojärvi	Matalat runsashumuksiset järvet (MRh)	21		
Oskajärvi	Matalat runsashumuksiset järvet (MRh)	32		
Naarvanjärvi	Lyhytviipymäiset järvet (Lv)	39	41	39–43
Petkeljärvi	Lyhytviipymäiset järvet (Lv)	43		

Taulukko 10. Kasviplanktonin biomassan prosentuaalinen jakauma tutkimusjärvissä elokuussa vuonna 2005.

Järvi	Chroococcales	Oscillatoriales	Nostocales	Cryptophyceae	Dinophyceae	Chrysophyceae	Diatomophyceae	Raphidophyceae	Euglenophyceae	Chlorophyceae	Conjugatophyceae
Pusonjärvi	1	0	0	24	0	33	34	0	0	6	0
Tuopanjärvi	1	1	0	10	1	7	74	0	1	6	1
Uramo	3	0	0	37	9	26	18	0	0	7	0
Halijärvi	4	4	0	13	4	12	39	6	0	10	6
Rauanjärvi	1	0	0	18	11	11	39	0	0	18	1
Kajoonjärvi	1	0	2	25	0	7	62	0	0	4	0
Kinnasjärvi	1	0	0	7	0	9	6	63	0	5	9
Harkkojärvi	0	0	16	15	1	19	31	0	5	10	1
Koppelojärvi	0	0	1	1	0	1	2	93	0	0	1
Otmenjärvi	0	0	0	1	1	6	1	89	1	1	0
Palojärvi	0	0	0	2	6	2	7	79	1	3	0
Oskajärvi	1	0	0	21	0	11	13	30	4	12	7
Naarvanjärvi	0	0	0	4	17	15	10	53	0	0	0
Petkeljärvi	1	0	0	45	2	12	27	7	0	6	0

Taulukko 11. Yleisempiä kasviplanktonlajeja, joita tavattiin ainoastaan luonnontilaisemmassa pienessä humusjärvessä (Ph) Pusonjärvessä ja toisaalta jonkin verran kuormittuneessa Tuopanjärvessä. E = eutrofian indikaattorilaji, OM = oligomesotrofian indikaattorilaji.

Pusonjärvi	Tuopanjärvi
<i>Cyanodictyon planctonicum</i>	<i>Chroococcus minutus</i> E
<i>Dinobryon divergens</i> v. <i>schauinslandii</i>	<i>Snowella lacustris</i> E
<i>Chrysococcus cordiformis</i> OM	<i>Snowella septentrionalis</i>
<i>Monochrysis parva</i>	<i>Planktothrix agardhii</i> E
<i>Nephrocytium agardhianum</i>	<i>Dinobryon bavaricum</i> O
<i>Gyromitus cordiformis</i>	<i>Dinobryon divergens</i> OM
<i>Paramastix conifera</i>	<i>Synedra</i> sp.
	<i>Uroglena</i> sp.
	<i>Mallomonas punctifera</i> OM
	<i>Stichogloea</i> sp.
	<i>Mallomonas caudata</i> OM
	<i>Aulacoseira ambigua</i>
	<i>Aulacoseira tenella</i>
	<i>Eunotia zasuminensis</i> OM
	<i>Rhizosolenia eriensis</i> OM
	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> E
	<i>Gloeotila</i> sp.
	<i>Quadrigula pfitzeri</i> OM

Uramo. Uramon kasviplanktonin biomassa oli 0,34 mg l⁻¹ elokuussa 2005 ja lajilukumäärä muihin tutkittuihin järviin verrattuna jonkin verran korkeampi, 48 lajia (taulukko 9). Kasviplanktonin biomassan perusteella järvi luokitellaan Heinosen (1980) mukaan oligotrofiseksi, karuksi järveksi. Elokuun näytteenoton aikana klorofyllipitoisuus oli 6,4 µg l⁻¹.

Uramon kasviplanktonin biomassan valteryhmät olivat nielulevät (Cryptophyceae, 37 % kokonaisbiomassasta) ja kultalevät (Chrysophyceae, 26 % kokonaisbiomassasta). Lukumääräisesti runsain Cryptophyceae flagellaateista oli *Rhodomonas lacustris* ja kultalevistä *Pseudopedinella*, *Uroglena*, *Mallomonas tonsurata* sp. ja *Mallomonas* sp. (Chrysophyceae). Piileviä oli melko vähän, 18 % kokonaisbiomassasta ja valtalajeina *Asterionella formosa*, *Aulacoseira tenella* ja *Tabellaria flocculosa*. Sinileväbiomassa oli pieni (3 % kokonaisbiomassasta) ja valtalajina oli karuille vesille tyypillinen sinilevä *Merismopedia warmingiana* (Chroococcales). Viherlevistä runsaslukuisin oli pieni *Monoraphidium dybowskii*.

Halijärvi. Vuoden 2005 elokuussa Halijärven kasviplanktonin biomassa oli 0,51 mg l⁻¹ ja sen lajilukumäärä oli muihin tutkimusjärviin verrattuna suuri, 62 lajia (taulukko 9). Kasviplanktonin biomassan perusteella tämä järvi luokitellaan mesotrofiseksi, lievästi reheväksi järveksi (Heinonen 1980). Elokuun näytteenoton aikana klorofyllipitoisuus oli melko korkea, 11,0 µg l⁻¹.

Halijärven kasviplanktonin valtaryhmänä olivat piilevät (Diatomophyceae, 39 % kokonaisbiomassasta) ja nielulevät (Cryptophyceae, 13 % kokonaisbiomassasta). Cryptophyceae flagellaateista lukumääräisesti runsain oli *Rhodomonas lacustris* ja piilevistä *Aulacoseira distans* var. *alpigena* ja *Asterionella formosa* sekä erikokoiset *Cyclotella* suvun edustajat. Viherlevistä runsaslukuisia olivat *Monomastix* sp. ja *Monoraphidium dybowskii*. *Trachelomonas volvocinopsis* silmälevää tavattiin muutamia. Sinilevien osuus kokonaisbiomassasta oli melko korkea (8 % kokonaisbiomassasta) ja lajisto oli runsas. Erilaiset Chroococcales sinilevät mm. *Merismopedia warmingiana* ja *Aphanothece chlatrata* olivat yleisimmät. Halijärvessä tavattiin myös rihma- maista *Planktothrix agardhii* (Oscillatoriales) sinilevää, jota esiintyi tämän järven lisäksi ainoastaan Tuopanjärvessä.

Rauanjärvi. Vuonna 2005 elokuussa Rauanjärven kasviplanktonin biomassa oli 0,37 mg l⁻¹, ja lajeja määritettiin 39 (taulukko 9). Kasviplanktonin biomassan perusteella järvi luokitellaan Heinosen (1980) luokituksen mukaan oligotrofiseksi, karuksi järveksi. Elokuun näytteenoton aikana klorofyllipitoisuus oli kuitenkin melko korkea, 7,3 µg l⁻¹.

Rauanjärven kasviplanktonin kokonaisbiomassan valtaryhmät olivat nielulevät (Cryptophyceae, 18 % kokonaisbiomassasta) ja piilevät (Diatomophyceae, 39 % kokonaisbiomassasta) ja viherlevät (Chlorophyceae, 18 % kokonaisbiomassasta, taulukko 10). Cryptophyceae flagellaateista lukumääräisesti runsain oli *Rhodomonas lacustris* ja piilevistä *Aulacoseira tenella*, erikokoiset *Cyclotella* suvun edustajat ja *Synedra* sp. Viherlevistä runsaslukuisin oli *Monoraphidium dybowskii*. Rauanjärven sinileväbiomassa oli pieni (1 % kokonaisbiomassasta) ja erilaiset pienet Chroococcales sinilevät olivat vallitsevina.

3.4.2

Keskikokoiset humusjärvet (Kh)

Kajoonjärvi. Vuonna 2005 elokuussa Kajoonjärven kasviplanktonin biomassa oli pieni, 0,29 mg l⁻¹. Tästä järvestä löydettiin 35 lajia (taulukko 9). Kasviplanktonin biomassan perusteella järvi on Heinosen (1980) raja-arvojen perusteella karu. Elokuun näytteenoton aikana klorofyllipitoisuus oli 5,9 µg l⁻¹.

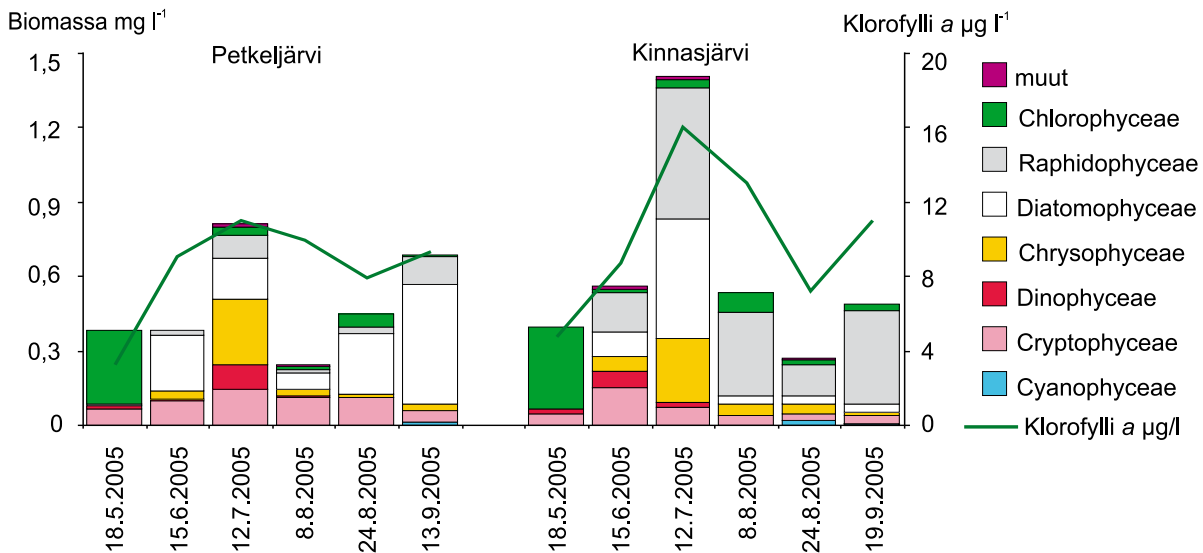
Kajoonjärven kasviplanktonin biomassan valtaryhmät olivat piilevät (Diatomophyceae, 62 % kokonaisbiomassasta) ja nielulevät (Cryptophyceae, 25 % kokonaisbiomassasta). Piilevistä lukumääräisesti runsaimmat olivat *Asterionella formosa*, *Aulacoseira distans* var. *alpigena* ja *Rhizosolenia longiseta* ja nielulevistä *Rhodomonas lacustris*. Sinilevien osuus kokonaisbiomassasta oli pieni, noin 3 %. Erilaiset Chroococcales sinilevät mm. *Merismopedia warmingiana* olivat lukumääräisesti runsaimpia. Järvessä tavattiin myös muutama *Aphanizomenon* sinilevärihma. Tätä sinilevää ei havaittu lainkaan muissa tutkituissa järvissä. *Aphanizomenon* sinilevä kuuluu myös niihin leviin, jotka voivat muodostaa massaesiintymiä.

3.4.3

Runsashumuksiset järvet (Rh)

Kinnasjärvi. Vuonna 2005 Kinnasjärven kasviplanktonin biomassa vaihteli 0,27 ja 1,41 mg l⁻¹ välillä (keskimäärin 0,61 mg l⁻¹, kuva 24). Kasviplanktonin biomassa oli korkeimmillaan heinäkuussa ja pienin elokuun lopulla. Kasviplanktonin biomassan perusteella järvi on Heinosen (1980) luokituksen mukaan mesotrofinen, lievästi rehevä järvi. Klorofyllipitoisuus vaihteli vastaavasti 4,8 ja 16,0 µg l⁻¹ välillä ja oli keskimäärin 10,1 µg l⁻¹. Kasviplanktonin biomassan ja myös veden klorofyllipitoisuuden vaihtelu oli huomattavaa avovesikaudella 2005.

Alkukesällä toukokuussa kasviplanktoniyhteisössä dominoivat viherlevät (Chlorophyta, 84 % kokonaisbiomassasta). Viherlevien biomassan muodostivat *Chlorogonium* sp. ja sen lisääntymissolut. Kesäkuussa piilevien määrä kasvoi (17 % kokonaisbiomassasta). Vallitsevana lajina olivat *Tabellaria flocculosa* ja *Rhizosolenia longiseta*. Myös nielulevien (Cryptophyceae, 27 % kokonaisbiomassasta) määrä alkoi kasvaa ja vallitsevana olivat *Cryptomonas* suvun edustajat. Kultalevistä lukumääriltään erityisesti *Dinobryon* suvun edustajat olivat yleisiä. *Gonyostomum semen* (Raphidophyceae) levää tavattiin kesäkuun ja syyskuun välisenä aikana kaikista näytteistä, mutta heinäkuussa sitä oli runsaimmin (37 % kokonaisbiomassasta). Kesäaikana kultalevistä tyypillisiä olivat *Dinobryon bavaricum* ja *Pseudopedinella* sp. ja piilevistä *Tabellaria flocculosa* ja *Rhizosolenia longiseta*. Kinnasjärvessä sinileviä oli kaikilla havaintokerroilla vähän.



Kuva 24. Kasviplanktonin biomassa, koostumus ja klorofylli a:n pitoisuus avoveden aikana vuonna 2005 Petkeljärvessä ja Kinnasjärvessä.

Harkkojärvi. Vuonna 2005 elokuussa Harkkojärven kasviplanktonin biomassa oli $0,38 \text{ mg l}^{-1}$, ja sen lajilukumäärä oli melko suuri, 51 lajia (taulukko 9). Kasviplanktonin biomassan perusteella järvi luokitellaan Heinosen (1980) raja-arvojen mukaan karuksi. Elokuun näytteenoton aikana klorofyllipitoisuus oli kuitenkin korkea, $9,4 \text{ µg l}^{-1}$.

Harkkojärven kasviplanktonin biomassan valta-ryhmät olivat piilevät (Diatomophyceae, 31 % kokonaisbiomassasta) ja kultalevät (Chrysophyceae, 19 % kokonaisbiomassasta). Piilevistä *Asterionella formosa*, *Aulacoseira tenella* ja *Rhizosolenia longiseta* olivat tyypillisiä tälle järvelle. Kultalevien valtalajit olivat *Pseudopedinella* sp. ja *Mallomonas tonsurata*. Tässä järvessä nielulevistä (Cryptophyceae) *Cryptomonas* suvun edustajat olivat lukumääräisesti runsaimpana. Silmälevien määrä oli suuri, ja *Trachelomonas volvocinopsis* levän ohella järvestä tavattiin myös *Euglena* sp. suvun edustajia. Sinilevien osuus kokonaisbiomassasta oli korkein tutkituista järvistä, noin 16 % kokonaisbiomassasta. Rihmamaisista sinileivistä *Anabaena* sp. (Nostocales) oli lukumääräisesti runsain. Tutkituista järvistä ainoastaan Harkkojärvestä ja Koppelojärvestä tavattiin tämän suvun edustajia. Tämä levä voi muodostaa vesien käytön kannalta haitallisia sinilevien massaesiintymiä.

Koppelojärvi. Vuonna 2005 elokuussa Koppelojärven kasviplanktonin biomassa oli $2,51 \text{ mg l}^{-1}$, ja sen lajilukumäärä oli pieni, 29 lajia (taulukko 9). Klorofyllipitoisuus oli hyvin korkea $44,0 \text{ µg l}^{-1}$. Kohonnut levämäärä voitiin havaita veden samentumisena ja valaistun vesikerroksen pienenemisenä (näkösyvyys 1,4 m). Kasviplanktonin biomassan perusteella järvi luokitellaan Heinosen (1980) raja-arvojen perustella reheväksi.

Koppelojärven näytteiden kasviplanktonbiomassasta pääosan muodosti *Gonyostomum semen* (Raphidophyceae), levä ns. limalevä, jonka osuus kokonaisbiomassasta oli 93 %. *Trachelomonas volvocinopsis* silmälevää tavattiin muutamia. Sinilevien osuus kokonaisbiomassasta oli pieni, vain yksi %. Sinilevistä *Anabaena* sp. (Nostocales), joka muodostaa runsastuessaan vesien käytön kannalta haitallisia sinilevien massaesiintymiä, oli lukumääräisesti runsain.

3.4.4

Matalat humusjärvet (Mh)

Otmenjärvi. Vuonna 2005 elokuussa Otmenjärven kasviplanktonin biomassa oli $2,97 \text{ mg l}^{-1}$, ja sen lajilukumäärä oli pieni, 41 lajia. Kasviplanktonin biomassan perusteella järvi on Heinosen (1980) luokituksen mukaan rehevä. Elokuun näytteenoton aikana klorofyllipitoisuus oli hyvin korkea, $40,0 \text{ µg l}^{-1}$. Kohonnut levämäärä voitiin havaita myös veden samentumisena ja valaistun vesikerroksen ohentumisena (näkösyvyys 1,3 m).

Otmenjärven kasviplanktonin biomassan pääosan muodosti *Gonyostomum semen* (Raphidophyceae, taulukko 10) levä, jonka osuus kokonaisbiomassasta oli 89 %. Sinileväbiomassa oli pieni ja valtalajina oli *Merismopedia warmingiana* (Chroococcales). Lukumääräisesti runsaimmat nieluleväflagellaatit olivat *Rhodomonas lacustris* ja *Katablepharis ovalis* (Cryptophyceae) ja kultalevistä *Pseudopedinella* sp. ja *Uroglena* sp. (Chrysophyceae). *Trachelomonas volvocinopsis* ja *T. hispida* silmäleviä tavattiin muutamia.

3.4.5

Matalat runsashumuksiset järvet (MRh)

Palojärvi. Vuonna 2005 elokuussa Palojärven kasviplanktonin biomassa oli 0,76 mg l⁻¹. Järven kasviplanktonin lajilukumäärä oli pienempi kuin muissa järvissä, ainoastaan 21 lajia, mikä saattaa johtua veden happamuudesta (taulukko 9, taulukko 5). Heinosen (1980) luokituksen mukaan järvi on lievästi rehevä, mesotrofinen. Elokuun näytteenoton aikana klorofyllipitoisuus oli kohonnut 14 mikrogrammaan litrassa.

Palojärven kasviplanktonin biomassan pääosan (79 %) muodosti *Gonyostomum semen* levä (Raphidophyceae). Tässä järvessä esiintyi melko runsaana myös panssarilevä *Gymnodinium uberrimum* (Dinophyceae) ja piilevät *Asterionella formosa* sekä *Rhizosolenia longiseta*. Panssarilevien osuus oli kuitenkin vain 6 % kokonaisbiomassasta (taulukko 10). *Trachelomonas volvocinopsis* silmälevää tavattiin muutamia.

Oskajärvi. Vuonna 2005 elokuussa Oskajärven kasviplanktonin biomassa oli 0,13 mg l⁻¹, ja lajeja määritettiin 32 (taulukko 9). Kasviplanktonin biomassan perusteella järvi luokitellaan hyvin karuksi (Heinonen 1980). Elokuun näytteenoton aikana klorofyllipitoisuus oli kuitenkin biomassan nähden korkea, 7,7 µg l⁻¹. Näytteen epäonnistunut säilöntä on mahdollisesti aiheuttanut biomassan pienuuden.

Oskajärven kasviplanktonin biomassan pääosan muodosti *Gonyostomum semen* (Raphidophyceae, 30 % kokonaisbiomassasta) levä. Piilevien osuus kokonaisbiomassasta oli 13 %, ja piilevistä runsaimpina olivat *Aulacoseira ambigua* ja *A. distans* var. *alpigena*. *Trachelomonas hispida* silmälevää tavattiin muutamia. Nielulevien (Cryptophyceae) osuus oli 21 % biomassasta.

3.4.6

Lyhytviipymäiset järvet (Lv)

Naarvanjärvi. Vuonna 2005 elokuussa Naarvanjärven kasviplanktonin biomassa oli 0,71 mg l⁻¹, ja lajeja määritettiin 39 (taulukko 9). Kasviplanktonin biomassan perusteella järvi luokitellaan Heinosen (1980) raja-arvojen mukaan lievästi mesotrofiiseksi. Elokuun klorofyllipitoisuus (12,0 µg l⁻¹) oli korkea, Naarvanjärven kasviplanktonin biomassan pääosan muodosti *Gonyostomum semen* levä (Raphidophyceae, 53 % kokonaisbiomassasta). Panssarilevä *Gymnodinium uberrimum* esiintyi tässä järvessä runsaampana kuin muissa järvissä (osuus 17 % kokonaisbiomassasta). Kultalevien valtalajit olivat *Dinobryon bavaricum*, *D. divergens* ja *Pseudopedinella* sp.

Petkeljärvi. Vuonna 2005 Petkeljärven kasviplanktonin biomassa vaihteli 0,24 ja 0,82 mg l⁻¹ välillä (keskimäärin 0,49 mg l⁻¹, kuva 24). Kasviplanktonin biomassan vaihtelu oli vähäistä avovesikaudella. Korkeimmillaan se oli heinäkuussa ja pienin elokuun alussa. Klorofyllipitoisuus vaihteli vastaavasti 3,3 ja 11,0 µg l⁻¹ välillä ja oli keskimäärin 8,4 µg l⁻¹. Klorofyllipitoisuus oli ajoittain melko korkea, mikä johtuneen järven runsaasti pigmenttiä sisältävästä *Gonyostomum semen* levästä. Kasviplanktonin biomassan perusteella järvi luokitellaan Heinosen (1980) luokkarajojen mukaan mesotrofiiseksi, lievästi reheväksi järveksi.

Alkukesällä toukokuussa kasviplankton yhteisössä dominoivat viherlevät (Chlorophyta 78 % kokonaisbiomassasta). Viherlevien biomassan muodostivat *Chlorogonium* sp. ja sen lisääntymisolut. Kesäkuussa piilevien osuus kasvoi (osuus kokonaisbiomassasta 58 %) ja vallitsevana lajina oli *Rhizosolenia longiseta*. Runsaana esiintyivät myös Cryptophyceae (kokonaisbiomassasta 25 %) flagellaatit, joista valtalajina olivat *Cryptomonas* suvun edustajat. Heinäkuussa kultalevien osuus on huomattava ja vallitsevina *Synura* sp. ja *Mallomonas* sp. sukujen edustajat. Piilevistä *Aulacoseira ambigua* ja *Tabellaria flocculosa* olivat yleisiä. *Gonyostomum semen* levää tavattiin kaikista näytteistä jonkin verran, mutta suurimmat määrät havaittiin heinäkuussa (11 % kokonaisbiomassasta) ja syyskuussa (16 %). Sinilevien määrät olivat yleensä melko pieniä ja *Merismopedia warmingiana* (Chroococcales) oli järvelle tyypillinen sinilevä. Syksyä kohden piilevien osuus kasvoi ja oli syyskuun lopulla 70 % kokonaisbiomassasta. Tämän ajan runsaslukuisimmat piilevät olivat *Aulacoseira* suvun edustajat ja *Rhizosolenia longiseta*.

Indikaattorilajit ja kasviplanktonyhteisöt

Kasviplankton on herkkä ympäristön muutoksille ja yksittäisten lajien on havaittu ilmentävän mm. ravinteisuutta ja veden happamuutta. Tässä työssä kasviplanktonin indikaattorilajit ovat julkaisuista Tikkanen ja Willén (1992) sekä Brettum ja Andersen (2005).

Pienistä humusjärivistä (Ph) Uramosta ja Hali-järvestä tavattiin eniten karua tai lievästi rehevää vettä ilmentäviä lajeja (18–20 lajia, taulukko 12). Rehevää vettä ilmentäviä lajeja oli 3–7. Tuopanjärvi poikkesi muista pienistä humusjärivistä (Ph) runsaan eutrofian indikaattorilajistonsa (10 lajia) puolesta, vaikka myös tässä järvestä oli melko runsaasti karun tai lievästi rehevän veden ilmentäjiä (15 lajia). Runsashumuksisissa (Rh) Kinnasjärvestä, Harkkojärvestä ja Koppelojärvestä oli karun tai lievästi rehevän veden ilmentäjälajeja vähemmän kuin pienissä humusjärvisissä Uramossa ja Hali-järvestä. Karua tai lievästi rehevää vettä ilmentäviä lajeja tavattiin 11–13 ja rehevyyttä ilmentäviä lajeja 3–6.

Lyhytviipymäisissä järvisissä (Lv) Naarvanjärvestä ja Petkeljärvestä oligotrofian ja mesotrofian indikaattorilajeja (15 lajia) oli runsaammin kuin rehevän veden ilmentäjälajeja (3–5 lajia). Samankaltaisia indikaattorilajisuhteita havaittiin myös keskikokoisiin humusjärviin kuuluvassa (Kh) Kajoonjärvestä; karua vettä ilmentäviä lajeja tavattiin 17 ja rehevää vettä suosivia kaksi.

Tutkituista järivistä Tuopanjärvi ja Hali-järvi näyttävät poikkeavan muista järivistä runsaamman rehevyyttä ilmentävän lajistonsa puolesta (taulukko 12). Karuimpia olosuhteita taas ilmentää pieniin humusjärviin (Ph) kuuluvan Uramon kasviplanktonilajisto. Koska näissä näytteissä indikaattorilajien osuus biomassassa on aina vähäinen, kuvaa järvien rehevyydestä voidaan pitää tois-taiseksi ainoastaan suuntaa-antavana.

CCA-analyyseissä nämä järvet järjestyivät kahdeksi erilliseksi ryhmäksi (kuva 25A). Uramon, Pusonjärven, Rauanjärven, Kajoonjärven, Hali-järven, Petkeljärven ja Harkkojärven näytteet muodostivat ryhmän 2 akselin alapäähän. Tätä kasviplanktonyhteisöä selittävät veden näkösyvyys ($r=-0,624$), liukoisten tyyppiyhdisteiden määrä ($r=-0,481$) ja toisaalta kokonaistypen pieni määrä ($r=0,618$). Näiden suhteellisen vaaleavetisten järvien kasviplanktonyhteisölle tyypillisiä leviä olivat mm. *Tabellaria flocculosa*, *Monoraphidium dybowskii*, *Asterionella formosa*, *Rhizosolenia eriensis*, *Rhodomonas lacustris* ja *Ceratium cornutum* (kuva 25B).

Taulukko 12. Tutkimusjärvien karuja, karuja, lievästi reheviä ja reheviä olosuhteita ilmentävien lajien määrät vuoden 2005 kasviplanktonnäytteissä (Tikkanen ja Willén 1992, Brettum ja Andersen 2005).

Järvi, tyyppi	Karu	Karu – lievästi rehevä	Rehevä
Pusonjärvi, Ph	6	4	3
Tuopanjärvi, Ph	7	8	10
Uramo, Ph	11	9	3
Hali-järvi, Ph	10	8	7
Rauanjärvi, Ph	10	6	5
Kajoonjärvi, Kh	8	9	2
Kinnasjärvi, Rh	5	6	3
Harkkojärvi, Rh	8	5	6
Koppelojärvi, Rh	8	3	4
Otmenjärvi, Mh	5	6	6
Palojärvi, MRh	2	2	4
Oskajärvi, MRh	4	4	4
Naarvanjärvi, Lv	8	7	3
Petkeljärvi, Lv	9	6	5

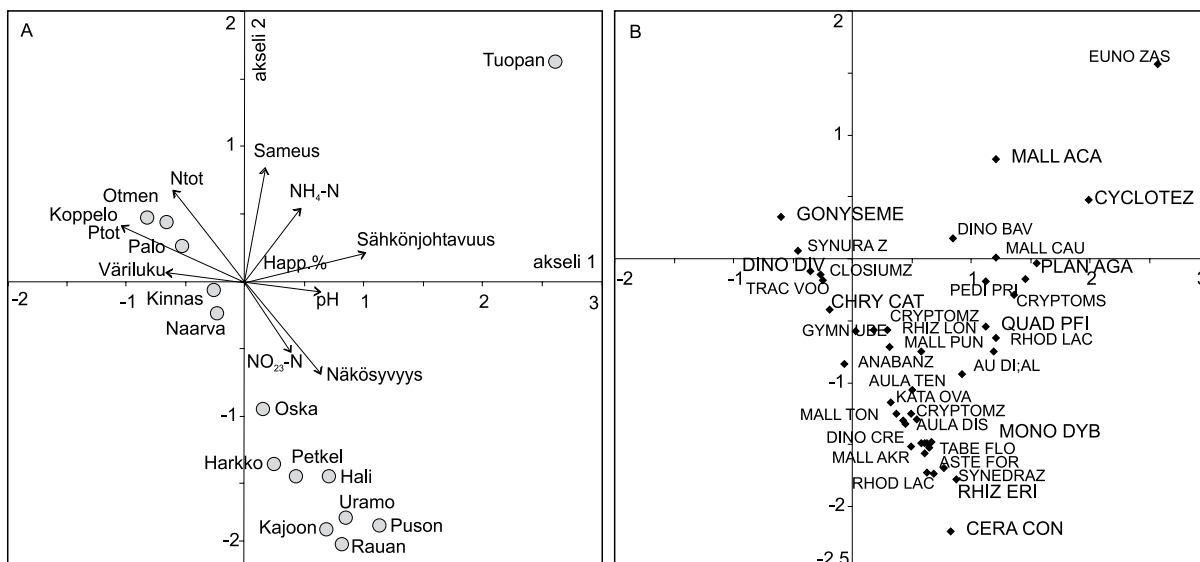
Akselin 1 ja 2 väliselle alueelle ryhmittyvät tummavetiset järvet Naarvanjärvi, Kinnasjärvi, Palojärvi, Koppelojärvi ja Otmenjärvi (kuva 25A). Veden kokonaisfosforipitoisuus ($r=0,722$), veden väriluku ($r=0,459$) ja muita järviä vähäisempi veden happamuus ($r=0,451$) selittivät parhaiten yhteisön sijoittumista. Näiden järvien yhteisössä olivat vallitsevina *Gonyostomum semen*, *Synyrra spp.*, *Dinobryon divergens*, *Trachelomonas volvocinopsis* ja *Gymnodinium uberrimum*.

Tuopanjärven kasviplanktonyhteisö poikkesi tämän analyysin perusteella täysin muiden järvien yhteisöistä (kuva 25A). Kasviplanktonyhteisössä dominoivat piilevät *Eunotia zazuminensis* ja *Cyclotella sp.*, sinilevä *Planktothrix agardhii* ja kultalevät *Mallomonas acaroides* ja *M. caudata*.

3.5

Järvien luokittelu kasviplanktonin ja klorofyllin perusteella

Kasviplanktonin biomassaa on käytetty Heinosen (1980) esittämien luokkarajojen mukaisesti järvien rehevyydestason luokitteluun aina 1980-luvulta lähtien. Vesipuitedirektiivin astuttua voimaan on siirretty arvioimaan eri järvityyppien ekologista tilaa (EU 2000). Tällöin järven kasviplanktonin biomassaa ja lajistokoostumusta verrataan kyseisen järvityypin vertailujärviin. Vertailujärviksi on valittu mahdollisimman luonnontilaisia järviä.



Kuva 25. Näytteiden (A) ja levälajien (B) CCA-ordinaatio ympäristömuuttujien suhteen tutkimusjärvisä vuonna 2005. Akseleiden ominaisarvot ovat $Eig_1 = 0,806$, $Eig_2 = 0,605$. Akselien 1 ja 2 selitysaste on 44 %. Ptot = kokonaisfosfori, Ntot = kokonaistyyppi, happ.% = hapen kyllästysaste.

Kuvan B lyhenteet: GONYSEME = *Gonyostomum semen*, EUNO ZAS = *Eunotia zasuminensis*, RHIZ LON = *Rhizosolenia longiseta*, CRYPTOMZ = *Cryptomonas* spp., GYMN UBE = *Gymnodinium uberrinum*, SYNURAZ = *Synura* sp., TABE FLO = *Tabellaria flocculosa*, ASTE FOR = *Asterionella formosa*, RHOD LAC = *Rhodomonas lacustris*, MALL PUN = *Mallomonas punctifera*, CLOSIUMZ = *Closterium* sp., AULA DI;AL = *Aulacoseira distans* var *alpigena*, ANABANZ = *Anabaena* sp., SYNEDRAZ = *Synedra* sp. AULA DIS = *Aulacoseira distans*, DINO BAV = *Dinobryon bavaricum*, KATA OVA = *Katablepharis ovalis*, PEDI PRI = *Pediastrum privum*, MALL CAU = *Mallomonas caudata*, TRAC VOO = *Trachelomonas volvocinopsis*, MALL TON = *Mallomonas tonsurata*, MALL AKR = *Mallomonas akrokomos*, AULA TEN = *Aulacoseira tenella*, DINO CRE = *Dinobryon crenatum*, CYCLOTEZ = *Cyclotella* sp., DINO DIV = *D. divergens*, CERA CON = *Ceratium contortum*, PLAN AGA = *Planktothrix agardhii*, MONO DYB = *Monoraphidium dybowskii*, RHIZ ERI = *Rhizosolenia eriensis*, CHRY CAT = *Chrysidiastrum catenatum*, MALL ACA = *Mallomonas acaroids*, QUAD PFI = *Quadrigula pfizerii*.

Koppelojärven ja Otmenjärven kasviplanktonin biomassat ilmentävät Heinosen (1980) luokituksen mukaan rehevää eli eutrofista vettä (taulukko 13). Lievästi reheviä järviä ovat Tuopanjärvi, Halijärvi, Kinnasjärvi, Palojärvi ja Naarvanjärvi. Karuiksi järviksi luokitellaan Pusonjärvi, Uramo, Rauanjärvi, Kajoonjärvi, Harkkojärvi, Oskajärvi ja Petkeljärvi.

Arvioitaessa järvien ekologista tilaa kasviplanktonin biomassan perusteella Koppelojärvi on tyydyttävässä tilassa (taulukko 14A). Vedenlaadun perusteella järven arvioitiin olevan tyydyttävässä tai välttävissä tilassa. Otmenjärvi on korkeasta kasviplanktonin biomassasta huolimatta hyvässä tilassa. Vedenlaatu ilmentää kuitenkin ainoastaan tyydyttävää tai jopa välttävää veden tilaa. Kaikki muut tutkitut järvet ovat ekologisen tilansa puolesta erinomaisia. Vaikka Halijärvi ja Harkkojärvi luokitellaan järven ekologisen tilan arvioinnissa kasviplanktonin biomassan perusteella erinomaiseksi, kasviplanktonin lajistossa kuitenkin rihmamaisten sinilevien esiintyminen, vaikkakin vähäisin määrin, viittaa järveen kohdistuvaan kuormitukseen.

Taulukko 13. Tutkimusjärvien luokittelu kasviplanktonin biomassan vuoden 2005 tulosten perusteella.

Järvi, tyyppi	Luokka
Pusonjärvi, Ph	oligotrofia
Tuopanjärvi, Ph	mesotrofia
Uramo, Ph	oligotrofia
Halijärvi, Ph	alkava mesotrofia
Rauanjärvi, Ph	oligotrofia
Kajoonjärvi, Kh	oligotrofia
Kinnasjärvi, Rh	alkava mesotrofia
Harkkojärvi, Rh	oligotrofia
Koppelojärvi, Rh	eutrofia
Otmenjärvi, Mh	eutrofia
Palojärvi, MRh	alkava mesotrofia
Oskajärvi, MRh	oligotrofia
Naarvanjärvi, Lv	alkava mesotrofia
Petkeljärvi, Lv	oligotrofia

Taulukko 14. Järvien ekologisen tilan luokittelu A) kasviplanktonin biomassan ja B) klorofylli *a*:n perusteella (4.5.2007 raja-arvojen mukaan, Lepistö suullinen tieto). Järven ekologista tilaa ilmaistaan ELS-suhdeluvulla, joka saadaan jakamalla vertailuluku (odotettu biomassa) havaitulla biomassalla (Suomen ympäristökeskus 2.6.2006). Vertailuluku on laskettu kyseisen järviyypin luonnontilaiseksi arvioiduista kasviplanktonin biomassoista. Kasviplankton- ja klorofyllitulokset ovat elokuulta tai kasvukauden keskiarvona (*). Lyhytviipymäiset humusjärvet on luokiteltu pienten humusjärvien raja-arvoilla, koska tällä hetkellä niille laskettuja raja-arvoja ei vielä ole käytettävissä.

A.

Järvi, tyyppi	Kasviplanktonin biomassa mg l ⁻¹	Vertailu-arvo	ELS	Ekologinen tila
Pusonjärvi, Ph	0,23*	0,9	3,91	erinomainen
Tuopanjärvi, Ph	1,09*	0,9	0,83	erinomainen
Uramo, Ph	0,35	0,9	2,57	erinomainen
Halijärvi, Ph	0,51	0,9	1,76	erinomainen
Rauanjärvi, Ph	0,37	0,9	2,43	erinomainen
Kajoonjärvi, Kh	0,29	0,9	3,10	erinomainen
Kinnasjärvi, Rh	0,61*	0,6	0,98	erinomainen
Harkkojärvi, Rh	0,38	0,6	1,58	erinomainen
Koppelojärvi, Rh	2,46	0,6	0,24	tyydyttävä
Otmenjärvi, Mh	2,97	0,9	0,30	hyvä
Palojärvi, MRh	0,76	1,2	1,58	erinomainen
Oskajärvi, MRh	0,13	1,2	9,23	erinomainen
Naarvanjärvi, Lv	0,71	0,9	1,27	erinomainen
Petkeljärvi, Lv	0,49*	0,9	1,84	erinomainen

B.

Järvi, tyyppi	Klorofylli <i>a</i> µg l ⁻¹	Vertailuarvo	ELS	Ekologinen tila
Pusonjärvi, Ph	3,7*	5,0	1,35	erinomainen
Tuopanjärvi, Ph	12,5*	5,0	0,40	tyydyttävä
Uramo, Ph	6,4	5,0	0,78	hyvä
Halijärvi, Ph	11,0	5,0	0,45	hyvä
Rauanjärvi, Ph	7,3	5,0	0,68	hyvä
Kajoonjärvi, Kh	5,9	5,0	0,85	erinomainen
Kinnasjärvi, Rh	10,1*	8,5	0,84	erinomainen
Harkkojärvi, Rh	9,4	8,5	0,90	erinomainen
Koppelojärvi, Rh	44,0	8,5	0,19	välttävä
Otmenjärvi, Mh	40,0	6,4	0,16	tyydyttävä
Palojärvi, MRh	14,0	11,0	0,79	erinomainen
Oskajärvi, MRh	7,7	11,0	1,43	erinomainen
Naarvanjärvi, Lv	12,0	5,0	0,42	tyydyttävä
Petkeljärvi, Lv	8,4*	5,0	0,60	hyvä

Kun järvien ekologista tilaa arvioidaan vesipuitedirektiivin mukaisesti sekä kasviplanktonin biomassan että klorofyllipitoisuuden perusteella, erinomaisessa tai hyvässä tilassa ovat Pusonjärvi, Uramo, Halijärvi, Kajoonjärvi, Rauanjärvi, Kinnasjärvi, Harkkojärvi, Oskajärvi, Palojärvi ja Petkeljärvi (taulukko 14A, 14B). Tyydyttävään tai välttävään ekologiseen tilaan luokiteltiin Naarvanjärvi, Koppelojärvi, Otmenjärvi ja Tuopanjärvi. Tämä luokittelu antoi samansuuntaisen tuloksen varsinkin kuormittuneiden Koppelojärven ja Otmenjärven osalta kuin vedenlaadun ja aiemmin

käytetyn kasviplanktonin biomassan perusteella tehdyt luokitukset. Sen sijaan Naarvanjärvi, Harkkojärvi, Petkeljärvi, Kinnasjärvi ja Palojärvi arvioidaan vesipuitedirektiivin luokituksen perusteella parempaan luokkaan kuin vedenlaadun luokituksissa. Tässä hankkeessa luokittelu on kuitenkin tehty ainoastaan yhden vuoden kasviplanktonin biomassatulosten perusteella ja myös vertailujärvijoukko, joka vaikuttaa ratkaisevasti luokan määrääytymiseen, on vasta kokeilussa. Luokittelua voidaan pitää ainoastaan suuntaa-antavana.

4 Tulosten tarkastelu

4.1

Hydrologiset olot ja vedenlaatu

Tutkimusaikaa edeltänyt vuosi 2004 oli hyvin saateinen ja tavanomaista lämpimämpi. Vuoden 2005 alussa vesistöjen vedenpinnat olivat tavanomaista korkeammalla Pohjois-Karjalassa. Tutkimusvuoden 2005 kesä oli vähäsateinen ja järvien vedenpinnat laskivat kesän mittaan varsin alas. Kesä oli myös poikkeuksellisen lämmin, ja koko vuoden keskilämpötila oli Pohjois-Karjalassa noin 1,5 astetta tavanomaista korkeampi. Järviin oli tullut siten tavanomaista runsaammin huuhtoumaa maalueilta, ja korkean lämpötilan vuoksi edellytykset kasviplanktonin kasvulle olivat hyvät.

Pusonjärvestä, Tuopanjärvestä, Kinnasjärvestä ja Petkeljärvestä sekä Keskijärvestä on vuoden 2005 avovesikaudelta useampia havaintokertoja, muista 11 tutkimusjärvestä otettiin tässä hankkeessa näytteet elokuun alkupuolella 2005, Hattujärvestä kuitenkin heinäkuun alkupuolella. Vedenlaatuaineisto on näin ollen melko niukka useimmista järvistä, mutta se on otettu samaan aikaan kasviplanktonnäytteiden kanssa. Tässä käsitellyn vedenlaatuaineiston voidaan katsoa olevan vertailukelpoinen, koska aineisto on koottu varsin samanaikaisesti, samankaltaisten ympäristöolojen (sateisuuden, lämpötilan, huuhtouman jne.) vallitessa.

Veden laadultaan tutkimusjärvet edustavat pieniä, melko humusväritteisiä tai hyvin humuspitoisia järviä, joissa useimmissa metsätalous on merkittävä kuormittava tekijä. POKAVESI-hankkeen järvien veden pH-arvo oli alhaisin (5,4–5,5) Petkeljärvestä ja Palojärvestä, kun taas Pusonjärven, Keskijärven ja Kajoönjärven pH-arvo oli neutraali eli 7,0. Muiden tutkimusjärvien pH-arvo oli humusjärville tyypillisesti hapan tai lievästi hapan, vaihdellen välillä 6,2–6,9. Päälysveden väriluvun mediaani oli 140 mg Pt l⁻¹. Väriluku vaihteli elokuussa 2005 Keskijärven 49 mg Pt l⁻¹ arvosta Palojärven 210 mg Pt l⁻¹ ja näiden järvien päälysvedessä todettiin myös kemiallisen hapenkulutuksen arvon minimi ja maksimi (7,4 mg O₂ l⁻¹ ja 23 mg O₂ l⁻¹). Myös Oskajärven kemiallisen hapenkulutuksen arvot olivat kohonneet. Mitikan ja Ekholmin (2003) laajassa suomalaisten järvien tutkimuksessa veden väriluku oli keskimäärin 50±4,8 mg Pt l⁻¹ (järvien lukumäärä 228) kesäaikana vuosina 1990–2001;

tutkimuksessa oli mukana erikokoisia järviä sekä vertailujärviä että kuormitettuja kohteita.

Orgaanisen liukoisen hiilen (DOC) pienin arvo todettiin Kajoönjärvestä (9,9 mg l⁻¹) ja suurin Oskajärvestä (16 mg l⁻¹), kun tutkimusjärvien mediaaniarvo oli 12 mg l⁻¹. Vuorenmaan ym. (2006) tutkimuksessa 13 suomalaisen metsäjärven orgaanisen kokonaishiilen (TOC) pitoisuuden keskiarvo oli välillä 1,5–11,3 mg l⁻¹ vuosina 1987–2003. Mattssonin ym. (2005) mukaan orgaaninen liukoinen hiili (DOC) kattaa noin 94 % TOC -pitoisuudesta keskimäärin, joten niiden pitoisuuksia voidaan pitää hyvin verrattavina. Vuorenmaan ym. (2006) tutkimuksessa vain kahdessa kohteessa, Lammin Valkea-Kotisesa TOC:n keskiarvo oli lähellä tässä tutkimuksessa havaittuja arvoja, eli noin 10 mg l⁻¹ (Valkea-Kotisesa 11,3 mg l⁻¹ ja Lieksan Pieni Hietajärvestä 9,8 mg l⁻¹), muissa Vuorenmaan ym. (2006) tutkimusjärvissä TOC -pitoisuus oli huomattavasti alhaisempi.

Näkösyyveysarvot vaihtelivat tutkimusjärvissä Palojärven 1,0 metristä Kajoönjärvestä todettuun arvoon 3,3 metriä. Järvien näkösyvyyden mediaani oli 1,6 metriä. Pienistä humusjärvidä (Ph) Pusonjärven, Halijärven, Rauanjärven ja Keskijärven näkösyvyys oli keskimäärin 2 metriä tai sitä suurempi, Tuopanjärven ja Uramonkin näkösyvyys oli 1,8 m. Veden tummuuteen ja näkösyvyyteen vaikuttaa osaltaan tutkimusjärvien suuri rautapitoisuus: päälysveden rautapitoisuudet vaihtelivat Pusonjärven 130 µg l⁻¹ Harkkojärven 1 500 µg l⁻¹. Alusvedessä vaihtelu oli Pusonjärven 280 µg l⁻¹ Otmenjärven liki hapettoman alusveden 4 700 µg l⁻¹. Mannion ym. (2000) mukaan päälysveden rautapitoisuus oli 50 %:ssa järvistä 510 µg l⁻¹ järviolueella ja 360 µg l⁻¹ koko Suomessa. Tämän tutkimuksen pienissä humusvesissä rautapitoisuus oli 640 µg l⁻¹.

Tutkimusjärvistä useimmat kerrostuivat elokuun 2005 alussa lämpötilan suhteen. Hattujärvi, Palojärvi ja Oskajärvi eivät kerrostuneet; näistä kahden ensin mainitun järven havaintopaikan syvyys on vain 4–5 metriä, Oskajärven kuitenkin 11 metriä. Aikaisempien vuosien talvimittausten perusteella Oskajärvestä on ollut havaittavissa happikatoa ja sen aiheuttamaa ravinnepitoisuuksien kohoamista pohjan läheisessä vesikerroksessa (Kukkonen ym. 2007).

Elokuun alkupuolen havaintojen mukaan seitsemän tutkimusjärven alusvedessä oli hapen vajausta (hapen pitoisuus alle 4 mg l⁻¹) tai happikatoa (pitoisuus alle 1 mg l⁻¹). Happikato havaittiin

matalassa humusjärvessä (Mh) Otmenjärvessä ja lyhytviipymäisessä (Lv) Naarvanjärvessä, hapen vajuus pienissä humusjärvisissä (Ph) Tuopanjärvessä ja Keskijärvessä, runsashumuksisissa (Rh) Harkkojärvessä ja Koppelojärvessä sekä lyhytviipymäisessä (Lv) Petkeljärvessä. Näiden seitsemän järven havaintopaikkojen syvyys vaihteli Otmenjärven 5,8 metristä Keskijärven 14 metriin, ja happitilanteen heikentyminen todettiin lämpötilakerrostuneisuuden aikana. Happi kuuluu aiempien havaintojen mukaan Otmenjärven alusvedessä loppuun sekä talvisin että kesäisin, mikä aiheuttaa fosforin vapautumista pohjasedimentistä (Kukkonen ym. 2007). Myös Naarvanjärvessä on havaittu happikatoja talvisin, kesäkerrostuneisuusajalta ei ole aiempia tuloksia.

Näiden edellä mainittujen seitsemän alusveden hapen osalta huonossa tilassa olleen tutkimusjärven syvänteiden "alimmat metrit" edustavat varsin pientä osaa järven vesitilavuudesta, vain muutamaa prosenttia. Pienessä humusjärvessä (Ph) Rauanjärvessä todettiin puolestaan happitilanteen heikentyminen jo 5 metrin syvyydestä lähtien (happea $4,2 \text{ mg l}^{-1}$) pohjan läheiseen vesikerrokseen saakka (happea $3,3 \text{ mg l}^{-1}$ 9,2 metrin syvyydessä); tässä järvessä syvyysvyöhyke välillä 5,0–10,2 m edusti noin 14 % järven koko vesitilavuudesta. Alusveden happitilanteen huonontumista voidaan pitää osoituksena järven kuormittuneisuudesta. Hapen vähyyden vuoksi pohjasedimenttiin sitoutuneita ravinteita vapautuu vesimassaan. Kuitenkin lähellä luonnontilaakin olevien humusvärätteisten järvien syvänteissä havaitaan kerrostuneisuuskausina hapen kulumista, jopa hapen niukkuutta.

Kokonaisfosforin ja klorofylli *a*:n pitoisuuksien perusteella Pusionjärvi on tämän tutkimuksen kaikista järvistä niukkaravinteisin eli karuin järvi (päällysveden kokonaisfosfori $7 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$), ja Halijärvi puolestaan pienistä humusjärvisistä (Ph) runsaravinteisin järvi (kokonaisfosfori $19 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$). Kaikista tutkimusjärvisistä runsashumuksinen (Rh) Koppelojärvi on runsaravinteisin eli rehevin (kokonaisfosfori $42 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$). Kokonaistypen pitoisuus oli päällysvedessä pienin, $330 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$, pieniä humusjärviä (Ph) edustavassa Uramossa, ja suurin, $560 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$, saman järviyypin Tuopanjärvessä. Mannion ym. (2000) järviaineistossa järvien päällysveden fosforipitoisuus oli 50 %:ssa järviä $15 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ Suomen järvialueella ja $13 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ koko Suomessa, kun se tämän tutkimuksen järvisissä oli $19 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$. Vastavat arvot kokonaistypen osalta ovat Mannion ym. (2000) mukaan $490 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ja $410 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$; tässä tutkimuksessa $450 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$. Mitikan ja Ekholmin (2003) järvitutkimuksessa kokonaisfosforipitoisuus oli keskimäärin $15 \pm 1,7 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ (järvien lukumäärä 230)

ja kokonaistypen pitoisuus keskimäärin $430 \pm 28 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ($n=229$) päällysvedessä kesäaikana vuosina 1990–2001.

Vesistöjen käyttökelpoisuusluokituksessa käytettyjen näkösyvyysarvojen sekä kokonaisfosforin ja klorofyllipitoisuuksien (Suomen ympäristökeskus 2006) perusteella tämän tutkimuksen järvistä kuusi oli elokuun 2005 alun tai avovesiajan tulosten perusteella hyvässä tai erinomaisessa tilassa: Pusionjärvi, Uramo, Halijärvi, Kajaanjärvi, Rauanjärvi ja Oskajärvi. Tuopanjärvi, Kinnasjärvi, Harkkojärvi, Otmenjärvi, Naarvanjärvi ja Petkeljärvi olivat vesistön käyttökelpoisuusluokituksen perusteella tyydyttävässä tai hyvässä tilassa. Palojärvi oli veden käyttökelpoisuudeltaan tyydyttävä ja Otmenjärvi tyydyttävä tai välttävä. Koppelojärvi luokiteltiin välttäväksi.

Aiemmin laajasti vesistöjen veden laadun arvioinnissa käytetyssä pintavesien käyttökelpoisuusluokituksessa painottuu veden käyttökelpoisuus ihmisen kannalta. Siinä on otettu huomioon mm. veden soveltuvuus raakavedeksi, jonka vuoksi pintaveden suuri väriluku, humusvärätteisyys vaikuttaa käyttökelpoisuusluokkaa alentavasti (Vesi- ja ympäristöhallitus 1988). Veden käyttökelpoisuusluokitusta sovellettiin tässä vain muutamaaan – näkösyvyys, kokonaisfosfori, klorofylli – vedenlaatuparametriin tukeutuen ja vain yhden kesän tuloksien pohjalta. Tällainen tarkastelu on ainoastaan suuntaa-antava. Käyttökelpoisuusluokitus painottaa humusvärätteisyyttä käyttökelpoisuutta alentavana tekijänä, joten tämän tutkimuksen järvien käyttökelpoisuus asettui siten näkösyvyys-tulosten perusteella herkästi huonommaksi kuin kokonaisvaltaisesti tuloksia tarkastellen. Luokituksessa tulisi ottaa myös mm. alusveden happitilanne huomioon, ja myös tiedot leväesiintymistä, kalaston elohopeapitoisuuksista jne. (Vesi- ja ympäristöhallitus 1998, Antikainen ym. 2000). Näiden huomioiminen alentaisi monessa tapauksessa tutkimusjärvien veden käyttökelpoisuutta. Mikäli käyttökelpoisuusluokituksen muita tekijöitä olisi sovellettu tässä, olisivat alusveden huonon happitilanteen vuoksi esim. Petkeljärvi, Naarvanjärvi tyydyttäviä, Otmenjärvi välttävä. Kalojen elohopeapitoisuuden huomioonottaminen alentaisi Kinnasjärven käyttökelpoisuusluokan tyydyttäväksi, koska järvessä on todettu enimmäispitoisuusrajaa lähellä ja sen ylikin olevia elohopeapitoisuuksia hauessa ja kuhassa (Huuskonen 2004).

Tutkimusjärvisissä leväkasvua rajoittavia ravinteita tarkasteltiin Forsbergin ym. (1978) mukaan. Kokonaisravinnesuhteen (N/P) pienin arvo todettiin Koppelojärvessä ja suurin Pusionjärvessä. Koppelojärvessä, Hattujärvessä ja Palojärvessä N/P-suhde oli välillä 10–17, joten niissä sekä fosfo-

ri että typpi saattavat rajoittaa leväkasvua. Muissa tutkimusjärvissä suhde oli yli 17, jolloin fosfori rajoittaa levien kasvua. Mineraaliravannesuhde oli pienin Koppelojärvessä ja suurin Pusonjärvessä (vaihtelu 0,7–105,0). Alle viisi se oli Kinnasjärvessä, Harkkojärvessä, Koppelojärvessä, Otmenjärvessä, Palojärvessä, Oskajärvessä, Naarvanjärvessä ja Petkeljärvessä, jolloin näissä järvissä lähinnä typpi rajoittaa levän kasvua (Forsberg ym. 1978). Sen sijaan Pusonjärvessä, Halijärvessä ja Kajoonjärvessä mineraaliravannesuhde oli yli 12, jolloin fosfori on todennäköisin minimiravinne. Ravinteiden tasapainossuhde eli kokonaisravinteiden suhde mineraaliravinteisiin oli puolestaan pienin Kajoonjärvellä ja suurin Koppelojärvellä (vaihtelu 0,4–18,7). Tutkimusjärvistä tämä suhde oli alle yksi Kajoonjärven lisäksi Pusonjärvellä, joten niissä fosfori olisi minimitekijä Forsbergin ym. (1978) mukaan. Kaikissa muissa tutkimusjärvissä (Keskijärveltä ja Hattujärveltä ei tuloksia) ravinteiden tasapainosuhte oli yli 1, joten typpi olisi niissä levien kasvua rajoittava tekijä.

Suomessa tehdyissä tutkimuksissa on todettu, että humuspitoiset vesistöt arvioidaan ravinteiden tasapainosuhteen perusteella helposti todellista typpirajoitteisemmiksi (Pietiläinen ja Kauppi 1993). Tämä johtuu siitä, että humuspitoisissa vesissä suuri osa tuesta on liuennutta tai hiukkasmaista, leville heikosti käyttökelpoista eloperäistä, orgaanista tyyppiä. Laajaan valtakunnalliseen seuranta-aineistoon perustuen Pietiläinen ja Räike (1999) totesivat, että Fosbergin ym. (1978) esittämien ravannesuhteiden ohella tulisi tarkastella myös ravinteiden pitoisuuksia, jotta virhetulkinnoilta vältyttäisiin, ja joskus luotettava selvittäminen edellyttää myös ravinnelisykokeita. Pietiläinen ja Räike (1999) ovat todenneet, ettei ravinteiden tasapainosuhte sovellu Suomen usein tummavetisten sisävesien minimiravinteiden indikaattoriksi. Kokonaisuudessaan tämän POKAVESI-hankkeen järvet ovat varsin humuspitoisia: elokuussa 2005 yhden metrin syvyydestä otettujen näytteiden väri-luku vaihteli välillä 49–210 mg Pt l⁻¹ (mediaani 140 mg Pt l⁻¹). Tämän vuoksi ravinnesuhtetarkastelulla ei saada kovin luotettavaa käsitystä levien kasvua rajoittavista ravinteista näissä humuspitoisissa hankejärvissä.

Kasviplankton

Tutkituissa järvissä kasviplanktonin lajimäärät olivat hyvin erilaisia. Eniten lajeja löytyi pienistä humusjärvistä (keskimäärin 48 lajia) ja vähiten matalista runsashumuksisista järvistä (27 lajia, taulukko 9). Willén'in (2003) mukaan pienissä metsäjärvissä kasviplanktonin lajimäärät ovat pienempiä kuin suurissa järvissä. Ruotsalaisissa metsäjärvisä keskimääräinen lajimäärä vaihtelee 40–50 lajin välillä ja varsinkin hyvin happamissa järvissä lajimäärä vähenee alle 20. Tässä tutkimuksessa mukana olevista järvistä varsinkin Palojärven vesi oli hapanta, mikä osaltaan selitti alhaisen lajimäärän.

Kaikissa näissä järvissä lajimäärältään runsaimpina olivat kultalevät (6–15 lajia) ja viherlevät (5–20 lajia). Kultalevät *Pseudopedinella* sp., *Dinobryon bavaricum*, *D. divergens*, *Mallomonas caudata*, *Synura* sp. ja *Uroglena* sp. tavattiin kaikista järvistä. Erityisesti karuimmista tutkimusjärvissä (Pusonjärvi ja Uramo) kultalevien osuus oli huomattava (26–33 % kokonaisbiomassasta). Nämä edellä mainitut kultalevät ovat karujen, keskirehevien ja hieman happamien järvien tyyppilajeihin kuuluvia (Lepistö ja Rosenström 1998, Brettumin ja Andersen 2005). Myös Willén'in (2003) mukaan pienet kultalevät ja myös mm. suurikokoinen *Mallomonas caudata* ovat tyyppisiä pienille, heikosti puskuroiduille, karuille humusjärville Ruotsissa. Viherlevät *Monoraphidium dybowskii*, *Chlamydomonas* sp. ja *Monomastix* sp. olivat yleisiä kaikissa näissä järvissä. Lepistön ja Sauran (1998) ja Holopaisen ym. (2003) mukaan näiden sukujen edustajat näyttävät olevan tyyppisiä pienille suomalaisille humusvesille.

Sinilevien lajimäärät olivat tämän tutkimuksen järvissä yleensä pieniä ja niiden lajisto oli karuille järville tyyppillinen. Sinilevien lajimäärä (7 lajia) oli suurin Halijärvessä, mutta myös Tuopanjärvessä ja Uramossa oli melko rikas sinilevälajisto. Sinilevien osuus biomassasta oli suurin runsashumuksisiin järviin (Rh) kuuluvassa Harkkojärvessä, jossa ne muodostivat 16 % kokonaisbiomassasta. Pieniin humusjärviin (Ph) kuuluvassa Halijärvessä sinileviä oli 8 % kokonaisbiomassasta.



Sinilevistä pieni *Merismopedia warmingiana* (Chroococcales) oli yleinen lähes kaikissa tutkituissa järvissä. Willén'in (2003) mukaan tämä laji on tyypillinen heikosti puskuroiduille ja karuille humusjärville. Koppelojärvässä, Harkkojärvässä ja Kajoonjärvässä tavattiin muista järvistä poiketen myös rihmamaisia *Nostocales* sinileviä (*Anabaena* ja *Aphanizomenon* sp.), jotka voivat aiheuttaa vesien käyttäjien kannalta harmillisia sinilevien massaesiintymisiä. Tuopanjärvässä ja Halijärvässä tavattiin myös rihmamaista *Planktothrix agardhii* (Oscillatoriales) sinilevää, jota muissa järvissä ei esiintynyt lainkaan. Lepistön ja Rosenströmin (1998) mukaan rihmamaisten sinilevien osuus näyttää kasvavan vesien rehevöitymisen edetessä, joten näiden sinilevien vähäiseenkin määrään on kiinnitettävä huomiota.

Piilevät *Aulacoseira tenella*, *A. distans*, *Asterionella formosa*, *Cyclotella* sp., *Tabellaria flocculosa* ja *Rhizosolenia longiseta* olivat tyypillisiä lähes kaikille järville. Lepistö (1999) pitää näitä piileviä suomalaisten tummavetisten järvien tyypilajeina ja Brettum'in ja Andersen'in (2005) mukaan mm. *Rhizosolenia longiseta* esiintyy yleensä hieman happamissa humusvesissä, joiden fosforipitoisuus on kohonnut. Halijärvässä ja Tuopanjärvässä oli muita järviä runsaampi piilevälajisto (10 lajia).

Piilevät muodostivat valtaosan kokonaisbiomassasta (31–74 %) pienissä humusjärvässä (Ph) Pusonjärvässä, Rauanjärvässä, Tuopanjärvässä ja Halijärvässä, keskikokoisessa humusjärvässä (Kh) Kajoonjärvässä ja runsashumuksisiin järviin (Rh) kuuluvassa Harkkojärvässä. Poikkeuksellisen vähän piileviä oli Otmenjärvässä (Mh) ja Koppelojärvässä (Rh). Koppelojärvässä vesi oli melko hapanta, mikä selittää piilevien vähäisyyden. Kippo-Edlund'in ja Heiton (1990) ja Willén'in (1991) mukaan happamimmissa järvissä piilevien biomassat näyttävät olevan yleensä melko pieniä.

Nieluleivistä *Cryptomonas* sp., *Katablepharis ovalis* ja *Rhodomonas lacustris* (Cryptophyceae) sekä panssarilevien *Gymnodinium* (Dinophyceae) suvun edustajia tavattiin lukumääräisesti yleisinä lähes kaikissa järvissä. Cryptophyceae levät muodostivat biomassan valtaosan Petkeljärvässä (45 % kokonaisbiomassasta). Willén'in (2003) mukaan *Cryptomonas* suku on tyypillinen heikosti puskuroiduissa karuissa humusjärvässä. Nämä flagellaatit ovat yleisiä myös suurissa järvissämme (Lepistö ym. 2004).

Gonyostomum semen (Raphidophyceae) levää tavattiin useista tämän tutkimuksen järvistä. Runsaahumuksissa (Rh) Kinnasjärvässä ja Koppelojärvässä oli poikkeuksellisen runsaasti Raphidophyceae levä ja ne muodostivat jopa 62–92 % kokonaisbiomassasta. Näitä levä oli myös runsaasti mata-

lassa humusjärvässä (Mh) Otmenjärvässä ja myös matalissa runsashumuksisissa järvissä (MRh) Oskajärvässä ja Palojärvässä sekä lyhytviipymäisessä (Lv) Naarvanjärvässä. Näissä järvissä *Gonyostomum* levän osuus oli 30–89 %. Sen sijaan tutkimuksen vaaleavetisemmissä pienissä humusjärvässä kuten Pusonjärvässä, Rauanjärvässä ja Uramossa tätä levää ei tavattu lainkaan. *Gonyostomum semen* näyttää tämän aineiston perusteella esiintyvän runsaimpana tummissa humusvesissä. Tämä tukee Gronberg ym. (1988) ja Lepistö ym. (1994) laajemmalla järviaineistolla saamia tuloksia. Brettum'in ja Andersen'in (2005) mukaan *Gonyostomum semen* vaatii hieman happaman humusveden lisäksi jonkin verran kohonnutta fosforipitoisuutta.

Koppelojärven laajalta lähivaluma-alueelta järveen kohdistuu muita järviä huomattavasti korkeampi typpi- ja fosforikuormitus. Valuma-alueella on tehty runsaasti kunnostusojituksia viimeisen kymmenen vuoden aikana. Valuma-alueella on myös jonkin verran asutusta ja maataloutta. Otmenjärvi on matala, runsasravinteinen ja voimakkaasti humusvesien kuormittama järvi. Valuma-alueella on ojitettu runsaasti 1960- ja 1970-luvuilla. Myöhemmin 2000-luvulla on tehty vain vähän kunnostusojituksia. Tämän lisäksi lähistöllä sijaitseva kalankasvatukseen käytetty luonnonravintoallas on saattanut vaikuttaa ainakin Otmenjärven eteläisimmän osan vedenlaatuun. Nyt huonot happiolot ja omalta osaltaan myös *Gonyostomum semen* levä lisäävät järven fosforikuormaa. Tämän tummavetisissä järvissä viihtyvän levän on Salosen ja Rosenbergin (2000) mukaan havaittu omalla vaelluskäyttäytymisellään lisäävän veden ravinteisuutta.

Kasviplanktonin biomassa vaihteli huomattavasti (0,13–2,97 mg l⁻¹) eri tutkimusjärvässä. Suurimmat elokuun biomassat määritettiin Otmenjärvestä ja pienimmät Oskajärvestä. Lepistön ym. (2006) mukaan tummavetisissä humusjärvässä kasviplanktonin biomassa on luonnontilassakin korkeampi kuin kirkasvetisissä järvissä. Suurimassa osassa näistä järvistä kasviplanktonin biomassat olivat samaa suurusluokkaa kuin lähes luonnontilaisessa tummavetisessä Lieksan Pieni Hietajärvässä, missä kasviplanktonin biomassa vaihteli 0,18–0,60 mg l⁻¹ välillä (Holopainen ym. 2003). Palojärven ja Otmenjärven korkeimmat kasviplanktonin biomassat olivat samaa suurusluokkaa kuin eteläsuomalaisen Valkea-Kotisen (2,7 mg l⁻¹), joka myös korkeamman kokonaisfosforipitoisuutensa puolesta vastaa näitä järviä (Rask ym. 1998). Myös Valkea-Kotinen kuuluu limalevän (*Gonyostomum semen*) asuttamiin järviin.

Kasviplanktonilajiston ja biomassan kasvukauden aikainen vaihtelu oli huomattavaa neljästä

intensiivijärvestä erityisesti Tuopanjärvestä, jossa biomassaa vaihteli avoveden aikana 0,12 ja 2,34 mg l⁻¹ välillä ja oli keskimäärin 1,09 mg l⁻¹. Tuopanjärvestä kasviplanktonin biomassaa ilmensi rehevöitymistä, kun luokitteluperusteena käytetään Heinosen (1980) antamia rajoja. Tutkimusjärviin kohdistuu valuma-alueelta maa- ja metsätalouden aiheuttamaa kuormitusta. Salosen ym. (2002) mukaan pienet järvet näyttävät olevan herkempiä ympäristömuutoksille kuin suuret järvet. Niissä myös kasviplanktoniyhteisön ja biomassan vuosien välisen vaihtelun on havaittu olevan huomattavaa.

Tutkimusjärvet järjestyivät CCA-analyysissä kahdeksi erilliseksi ryhmäksi 1) suhteellisen vaaleavetiset Uramo, Pusonjärvi, Rauanjärvi, Kajojärvi, Halijärvi, Petkeljärvi ja Harkkojärvi ja 2) tummavetiset Naarvanjärvi, Kinnasjärvi, Palojärvi, Koppelojärvi ja Otmenjärvi. Tässä analyysissä kasviplanktoniyhteisöjen perusteella ei muodostunut järviyhteyksien mukaisia ryhmiä. Syynä tähän saattaa olla se, että aineisto on pieni ja osa järivistä on kuormittuneita ja osa lähes luonnontilaisia. Myös paleolimnologisessa järvisedimentin piilevyhteisötutkimuksessa havaittiin vaaleavetisten Uramon, Pusonjärven, Rauanjärven ja Halijärven sekä tummavetisen Koppelojärven piilevyhteisöjen poikkeavan toisistaan (Kukkonen ja Miettinen 2007). Kasviplanktoniyhteisöjen perusteella järvet näyttävät jakautuvan kahteen erilliseen ryhmään, joista tummavetiset järvet kuuluvat metsä- ja maatalouden kuormittamiin.

Väriarvultaan vaaleimmille järville (Uramo, Pusonjärvi, Rauanjärvi, Kajojärvi, Halijärvi, Petkeljärvi ja Harkkojärvi) tyypillisiä lajeja olivat *Tabellaria flocculosa*, *Monoraphidium dybowskii*, *Asterionella formosa*, *Rhizosolenia eriensis*, *Rhodomonas lacustris* ja *Ceratium cornutum*. Nämä ovat karujen, mesotrofisten vesien lajeja (Lepistö ja Rosenström 1998, Brettumin ja Andersen 2005). Tummavetisten järvien yhteisöissä vallitsivat *Gonyostomum semen*, *Synura* spp., *Dinobryon divergens*, *Trachelomonas volvocinopsis* ja *Gymnodinium uberrimum* ja kokonaisfosforipitoisuus sekä veden väri selittivät ryhmittymistä. Tämän ryhmän levistä mm. *Trachelomonas volvocinopsis* ilmentää rehevää vettä ja myös *Dinobryon divergens* runsaana viittaa järven rehevöitymiseen (Rosen 1981). Limalevä *Gonyostomum semen* esiintyi runsaana varsinkin tummissa järvissä, mikä vastaa myös Lepistön ja Rosenströmin (1998) koko maan aineistosta saatua tietoa. Myös Willén'in (2003) metsäjärvitutkimuksessa tämän vieraslajin runsaana asuttamille järville muodostui oma ryhmä, jota luonnehtii veden happamuus ja ravinteiden suhteellinen runsaus. Tämän tutkimuksen *Gonyostomum semen* levän val-

litsemisissä järvissä vedenlaatu vastaa ruotsalaiselle järviryhmälle asetettuja rajoja.

CCA-analyysissä Tuopanjärvi ei kuulunut kumpaankaan edellä mainittuun ryhmään. Piilevä *Eunotia zazuminensis* oli Tuopanjärven kasviplanktoniyhteisössä dominoiva. Tämä piilevä on tyypillinen mesotrofisille järville, kun taas rihmamainen sinilevä *Planktothrix agardhii* (Oscillatoriales) on rehevien vesien tyyppilajeja (Brettum 1989). Myös sedimentin piilevien DCA-analyysissä Tuopanjärven leväyhteisö poikkesi selvästi muusta järvijoukosta (Kukkonen ja Miettinen 2007). Tuopanjärven vesi oli vuonna 2005 väriltään keskitummaa, mutta aiemmin veden väri on ollut hyvin voimakkaan ruskeaa. Tuopanjärven valuma-alueella on tehty vuosien 1995–2005 välisenä aikana runsaasti kunnostusojituksia ja hakkuita (harvapuustoista aluetta 31 %). Vuoden 2005 hyvästä vedenlaadusta huolimatta, kasviplanktonin biomassaa ja lajikoostumus viittaavat järven kuormitukseen. Kukkonen ja Miettinen (2007) mukaan pohjasedimentin piilevistä tehdyn järvisedimentin fosforirekonstruktion mukaan Tuopanjärven veden fosforipitoisuus on ollut aina 1970-luvulta lähtien kohoamassa.

Tässä hankkeessa Pohjois-Karjalan metsäjärvistä kerätty aineisto edustaa vain yhden vuoden tilannetta. Koska näytteenottoajankohdat ja vallinneet sääolosuhteet ovat olleet samanlaiset, on saatu vertailukelpoista ja arvokasta lisätietoa lähes luonnontilaisten ja kuormittuneiden pienten järvien veden laadusta, tilasta ja kasviplanktonin biomassasta sekä lajikoostumuksesta. Järvissä havaittiin huomattavia eroja, jotka johtuvat sekä järvien erilaisesta veden laadusta ja morfometriasta että kuormitustilanteesta. Koska myös vuosien väliset erot saattavat olla merkittäviä ja mm. sääolosuhteet vaikuttavat herkästi reagoiviin pieniin järviin, tulisi tällaisten järvien vesiekologiin erityispiirteisiin ja niiden tutkimukseen kiinnittää jatkossa enemmän huomiota.

Useiden tutkittujen metsäjärvien vedenlaatu sekä kasviplanktoniyhteisö ja klorofyllipitoisuudet osoittavat valuma-alueelta järveen kohdistuvaa maa- ja metsätalouden kuormitusta. Niissä järvissä, joissa vesistökuormituksen vaikutus on havaittavissa, on syytä käynnistää vesiensuojelua ja kunnostustoimenpiteiden suunnittelu. Lisäksi on ensiarvoisen tärkeää, että varsinkin pienten metsäjärvien valuma-alueella maatalous ja metsänkäsitelytoimenpiteet suunnitellaan ja toteutetaan siten, että niiden kuormitusvaikutukset alapuolisten vesistöjen vedenlaatuun jäävät mahdollisimman vähäisiksi.

5 Yhteenveto

Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksessa vuonna 2004 käynnistetyn ”Pohjois-Karjalan vesistöjen tilan parantaminen POKAVESI” – hankkeen tavoitteena on hajakuormituksen rasittamien tummavetisten järvien ekologisen tilan arviointi ja järvien kunnostustarpeen arvioiminen. Hankkeeseen osallistuvat Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, Joensuun yliopiston Ekologian tutkimusinstituutti sekä Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen koordinoiman hankkeen on rahoittanut Euroopan aluekehitysrahasto tavoite 1- ohjelmastaan.

Tutkimusjärvien vedenlaatu vaihtelee sekä ravinteiden että veden värin osalta. Hyvin tummavetisten Koppelojärven, Palojärven ja Otmenjärven veden fosforipitoisuudet olivat luonnontilaa korkeammat ja viittaavat järveen tulevaan kuormitukseen. Otmenjärven huono happitilanne lisää veden laatuongelmaa. Pusonjärvi ja Uramo olivat näistä järvistä karuimmat ja edustavat pieniä lähes luonnontilaisia humusjärviiä.

Kasviplanktonin biomassan ja lajiston perusteella järvien välillä oli huomattavia eroja. Koppelojärven ja Otmenjärven biomassat olivat suurimmat ja kasviplanktoniyhteisössä dominoi yksi laji. Palojärven, Naarvanjärven ja Tuopanjärven kasviplanktonin biomassat olivat hieman kohonneet, mikä viittaa rehevöitymiseen. Tuopanjärveä lukuun ottamatta näissä järvissä biomassan valtaosan muodosti *Gonyostomum semen* (Raphidophyceae) levä, jota esiintyi useimmissa tutkimuksen kohte-

na olleissa pienissä metsäjärvissä, joskin runsaimmat esiintymät tavattiin aina runsashumuksisissa järvissä.

Koppelojärven laajalta lähivaluma-alueelta kohdistuu järveen muita tutkimusjärviiä huomattavasti suurempi typpi- ja fosforikuormitus, minkä seurauksena järvessä voitiin havaita vain tyydyttävä tai välttävä vedenlaatu ja kohonnut kasviplanktonin biomassa sekä lajikoostumuksen muutos. Valuma-alueella on tehty myös runsaasti ojituksia. Järvi luokiteltiin ekologisen tilansa puolesta tyydyttävään tai välttävään luokkaan. Otmenjärvi on matala tummavetinen järvi. Järven sisäinen kuormitus ja omalta osaltaan myös *Gonyostomum semen* levä lisäävät nyt järven fosforikuormaa. Järvi luokiteltiin ekologisen tilansa puolesta hyvään tai tyydyttävään luokkaan. Tuopanjärven, Halijärven ja Harkkojärven tulevaa kuormitusta olisi syytä vähentää vesiensuojelutoimenpiteiden avulla, jotta vedenlaatu pysyy hyvänä eikä sinilevien määrä lähde jatkossa kohoamaan.

Valuma-alueella tehdyt metsänkäsittelytoimenpiteet näkyvät muutoksina metsäjärvien veden laadussa ja vesibiologiassa. Pohjoisen havumetsävyöhykkeen metsäjärvien biologisesti ainutlaatuisen ja monimuotoisen vesiluonnon säilymisen edellytyksenä on koko valuma-alueen huomiointi suunniteltaessa ja toteutettaessa maatalouden ja metsätalouden toimenpiteitä sekä kunnostustoimien toteuttaminen jo oirehtivilla järvillä ja niiden valuma-alueella.



Rauanjärven rantakasvillisuutta.

LÄHTEET

- Antikainen, S., Joukola, M. ja Vuoristo, H. 2000. Veden laatu Suomessa 1990-luvun puolivälissä. *Vesitalous* 41, 2:47–53.
- Arvola, L. 1984. Vertical distribution of primary production and phytoplankton in two small, lakes with different humus concentration in southern Finland. *Holarct. Ecol.* 7: 390–398.
- Brettum, P. 1989. Alger som indikator på vannkvalitet. Planteplankton. Oslo. Niva-Rapport 0-86116, 111 s.
- Brettum, P. and Andersen, T. 2005. The use of phytoplankton as indicators of water quality. Niva – report 4818-2004, 197 s.
- Cronberg, G., Lindmark, G. and Björk, S. 1988. Mass development of the flagellate *Gonyostomum semen* (Raphidophyta) in Swedish forest lakes – an effect of acidification? *Hydrobiologia* 161: 127–236.
- EU 2000. EU:n vesipuitedirektiivi 2000/60/EC, 22.12.2000. 72 s.
- Forsberg, C., Ryding, S.-O., Claesson, A. and Forsberg, A. 1978. Water chemical and / or algal assay? – Sewage effluent and polluted lake water studies. *Mitt. Int. Verh. Limnol.* 21: 352–363.
- Heinonen, P. 1980. Quantity and composition of phytoplankton in Finnish inland waters. *Publications of the Water Research Institute* 37: 91 pp.
- Holopainen, A.-L., Niinioja, R. and Rämö, A. 2003. Seasonal succession, vertical distribution and long term variation of phytoplankton communities in two shallow forest lakes in eastern Finland. *Hydrobiologia* 506-509: 237–245.
- Huuskonen, H. 2004. Kalojen elohopeapitoisuus Jänisjoen vesistöalueella. Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitoksen raportteja 6/2004. 25 s.
- Kasviplanktonin tilavuudet 12.9.2005. www.ymparisto.fi > Suomen ympäristökeskus > Tutkimus > Hankkeet ja tulokset > Järvien biomonitointi (EUROWATERNET).
- Keskitalo, J., Salonen K. and Holopainen, A.-L. 1998. Long term fluctuations in environmental conditions, plankton and macrophytes in a humic lake, Valkea-Kotinen. *Boreal Environment Research* 3: 251–262.
- Kippo-Edlund, P. and Heitto, A. 1990. Phytoplankton and acidification in small forest lakes in Finland. Teoksessa: *Acidification in Finland* (toim. Kauppi, P., Anttila, P. ja Kenttämies, K.). Berlin: Springer Verlag. 1990, ss. 973–983.
- Kukkonen, M., Hassinen, A., Holopainen, A.-L., Hynynen, J., Kekäläinen J., Leppä M., Niinioja R., Nykänen J., Viljanen M. ja Luotonen H. 2007. Metsäjärvien tila ja tulevaisuus. Pohjois-Karjalan vesistöjen tilan parantaminen. Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen raportteja 8.
- Kukkonen, M. ja Miettinen, J. 2007. Tummien metsäjärvien vedenlaadun muutokset sedimentin piilevien ilmentämänä. Pohjois-Karjalan vesistöjen tilan parantaminen. Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen raportteja 4.
- Lepistö, L. 1999. Phytoplankton assemblages reflecting the ecological status of lakes in Finland. *Monographs of the Boreal Environment Research* 16. 43 pp.
- Lepistö, L., Antikainen, S. and Kivinen, J. 1994. The occurrence of *Gonyostomum semen* (Ehr.) Diesing in Finnish lakes. *Hydrobiologia* 273: 1–8.
- Lepistö, L. and Saura, M. 1998. Effects of forest fertilization on phytoplankton in a boreal brownwater lake. *Boreal Environment Research* 3, 33–43.
- Lepistö, L. and Rosenström, U. 1998. The most typical phytoplankton taxa in four types of boreal lakes. *Hydrobiologia* 369/370, 89–97.
- Lepistö, L., Holopainen, A.-L. and Vuoristo H. 2004. Type specific and indicator taxa of phytoplankton as quality criterion for assessing the ecological status of Finnish boreal lakes. *Limnologica* 34: 236–248.
- Lepistö, L., Holopainen, A.-L., Vuoristo, H. and Rekolainen, S. 2006. Phytoplankton assemblages as a criterion in the ecological classification of lakes in Finland. *Boreal environment research* 11: 35–44.
- Mannio, J., Räike, A. and Vuorenmaa, J. 2000. Finnish lake survey 1995: regional characteristics of lake chemistry. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 27: 362–367.
- Mattsson, T., Kortelainen, P. and Räike, A. 2005. Export of DOM from boreal catchments. impacts of land use cover and climate. *Biogeochemistry* 76: 373–394.
- Mitikka, S. and Ekholm, P. 2003. Lakes in the Finnish Eurowaternet: status and trends. *Science of the Total Environment* 310, 37–45.
- Niemi, J. ja Heinonen, P. (toim.) 2000. Ympäristön seuranta Suomessa. Suomen ympäristö 405. 102 s.
- Niemi, J. ja Heinonen, P. (toim.) 2003. Ympäristön seuranta Suomessa 2003–2005. Suomen ympäristö 616. 176 s.
- Niemi, J., Heinonen, P., Mitikka, S., Vuoristo, H., Pietiläinen, O.-P., Puupponen, M., and Rönkä, E. (eds) 2001. The Finnish Eurowaternet with information about Finnish water resources and monitoring strategies. Suomen ympäristö 445. 62 s.
- Niinioja, R. 2001. Kajaanjärven valuma-alueen järvet. Metsätaloustoimenpiteet ja kuormitus sekä veden laatu 1970-luvulta vuoteen 2000. Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen monisteita 27. 48 s.
- Niinioja, R., Mononen, P. ja Rämö A. 1996. Pohjois-Karjalan vesistöjen tila 1990-luvun alussa. Alueelliset ympäristöjulkaisut 17. 56 s.
- Niinioja, R., Mononen, P. ja Rämö, A. 1999. Vesistöt Pohjois-Karjalassa 1990-luvun lopulla. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus. Joensuu. Esite 4 s.
- Niinioja, R., Mononen, P. ja Rämö, A. 2005a. Pohjois-Karjalan vesistöjen veden laatu 2000-luvun alussa. Esite 4 s.
- Niinioja, R., Mononen, P. ja Rämö, A. 2005b. Vesistöjen käyttökelpoisuusluokitus vuonna 2004 Pohjois-Karjalassa. Pohjois-Karjalan luonto 21: 4–6.
- Pietiläinen, O.-P. ja Kauppi, K. 1993. Suomen sisävesistöjen tyyppi / fosforisuhteista - käyttökelpoista tietoa vesiensuojelun kannalta. *Vesitalous* 34(6):1-7.
- Pietiläinen, O.-P. ja Räike, A. 1999. Tyyppi ja fosfori Suomen sisävesien minimiravinteena. Suomen ympäristö 313. 64 s.
- Pilke, A., Heinonen, P., Karttunen, K., Koskenniemi, E., Lepistö, L., Pietiläinen, O.-P., Rissanen, J., Vuoristo, H. 2002. Finnish draft for typology of lakes and rivers. In: Ruoppa, M. and Karttunen, K. (eds.) *Typology and ecological classification of lakes and rivers*. TemaNord 2002: 566, 42–43.
- Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri 1993. Pohjois-Karjalan vedet ja ympäristö 1990-luvulla. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja sarja A 152. Liite 1. 86 s.
- Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2005. Ajankohtainen vesitilanne. www.ymparisto.fi > Pohjois-Karjala > Ajankohtaista > Tiedotteet > Tiedotteet 2005. 7.3.2007.

- Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2006a. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, Tiedotteet 2006. www.ymparisto.fi > Pohjois-Karjala > Ajankohtaista > Tiedotteet > Tiedotteet 2006.
- Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2006b. Järvien tyypittelyaineisto. Marraskuu 2006.
- Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2006c. Ajankohtainen vesitilanne. www.ymparisto.fi > Pohjois-Karjala > Ajankohtaista > Tiedotteet > Tiedotteet 2006. 7.3.2007.
- Raatikainen, M. ja Kuusisto, E. 1988. Suomen järvien lukumäärä ja pinta-ala. *Terra* 102, 2: 97–110.
- Rask, M., Holopainen, A.-L., Karusalmi, A., Niinioja, R., Tammi, J., Arvola, L., Keskitalo, J., Blomquist, I., Heinimaa, S., Karppinen, C., Salonen, K. and Sarvala, J. 1998. An introduction to the limnology of the Finnish Integrated Monitoring lakes. *Boreal environment research* 3: 263–274.
- Rosén, G. 1981. Phytoplankton indicators and their relations to certain chemical and physical factors. *Limnologica* (Berlin) 13, 263–290.
- Reynolds, C.S. 1984. *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge, 384 pp.
- Salonen, K., Järvinen, M., Kuoppamäki, K. and Arvola, L. 1990. Effects on liming on the chemistry and biology of a small acid humic lake. – In: Kauppi, P., Kenttämies, K. and Anttila, P. (eds), *Acidification in Finland: 1145–1167*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Salonen, K. and Rosenberg, M. 2000. Advantages from diel vertical migration can explain the dominance of *Gonyostomum semen* (Raphidophyceae) in a small, steeplystratified humic lake. *Journal of Plankton Research* 22: 1841–1853.
- Salonen, K., Holopainen, A.-L. and Keskitalo, J. 2002. Regularly high contribution of *Gonyostomum semen* to phytoplankton biomass in a small humic lake. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 28: 488–491.
- Suomen ympäristökeskus 2002. Tyypittelyohje 10.4.2002.
- Suomen ympäristökeskus 2006. www.ymparisto.fi > Ympäristön tila > Pintavedet > Vesien tila > Pintavesien laatu > Vedenlaatuluokituksen luokkarajat, 2.6.2006.
- Suomen ympäristökeskus 2007. Tyypittelyohje 15.1.2007, pohjautuen ympäristöministeriön kirjeeseen 17.2.2006.
- ter Braak, C. J.F. 1987. CANOCO – a FORTRAN program for canonical community ordinations by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis and redundancy analysis (version 2.1). Wageningen, 95 s.
- ter Braak, C. J.F. 1990. Update notes: CANOCO version 3.10. Wageningen, 35 s.
- Tikkanen, T. and Willén, T. 1992. Växtpflanktonflora. Eskilstuna, 280 s.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton. *Methodik. Mitt. Int. Verein. Limnol.* 9: 1–38.
- Vesihallitus 1976. Pohjois-Karjalan vesien käytön kokonaissuunnitelma. Vesihallitus, tiedotus 102, osa I. Kartta 3.1/3. 99 s.
- Vesihallitus 1981. Vesihallinnon analyysimenetelmät. Vesihallitus, raportti 213. 136 s.
- Vesi- ja ympäristöhallitus 1988. Vesistöjen laadullisen käyttökelpoisuuden luokittaminen. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 20. 48 s.
- Willén, E. 1991. Planktonic diatoms – an ecological review. *Algological studies* 62: 69–106.
- Willén, E. 2003. Dominance patterns of planktonic algae in Swedish forest lakes. *Hydrobiologia* 502: 315–324.
- Vuorenmaa, J., Forsius, M. and Mannio, J. 2006. Increasing trends of total organic carbon concentrations in small forest lakes in Finland from 1987 to 2003. *Science of the Total Environment* 365: 47–65.
- Vuori, K.-M., Bäck, S., Hellsten, S., Karjalainen, M., Kauppila, P., Lax, H.-G., Lepistö, L., Londesborough, S., Mitikka, S., Niemelä, P., Niemi, J., Perus, J., Pietiläinen, O.-P., Pilke, A., Riihimäki, J., Rissanen, J., Tammi, J., Tolonen, K., Vehanen, T., Vuoristo, H. ja Westberg, V. 2006. Suomen pintavesien tyypittelyn ja ekologisen luokittelujärjestelmän perusteet. Suomen ympäristö 807. 151 s.
- Ympäristöhallinnon ympäristötietojärjestelmä 2006. Vesivarat- ja pintavedet -osiot.
- Ympäristöministeriö 2002. Kirje 17.5.2002 ja 26.9.2002 alueellisille ympäristökeskuksille, vm. kirje yhdessä Maa- ja Metsätalousministeriön kanssa.
- Ympäristöministeriö 2006. Pintavesien tyypittely. Kirje alueellisille ympäristökeskuksille ja Suomen ympäristökeskukselle 17.2.2006, Dnro YM3/401/2006. 4 s.

LIITE I/I

Kasviplanktonlajit ja indikaattoriarvot tutkimusjärvien elokuun näytteissä vuonna 2005. Indikaattoriarvot Tikkanen ja Willen (1992) ja Brettum ja Andersen (2005) mukaan. E = eutrofian indikaattorilaji, O = oligotrofian indikaattorilaji, OM = oligo-mesotrofian indikaattorilaji.

Kasviplanktonlahkot ja -lajit	Indikaattoriarvo	Pusonjärvi	Uramo	Hajijärvi	Tuopanjärvi	Rauanjärvi	Kajoonjärvi	Kinnasjärvi	Harkkojärvi	Koppelojärvi	Otmenjärvi	Palojärvi	Oskajärvi	Petkeljärvi	Naarvanjärvi
Järvityyppi		Ph	Ph	Ph	Ph	Ph	Kh	Rh	Rh	Rh	Mh	MRh	MRh	Lv	Lv
Cyanophyceae															
Aphanothece clathrata W. & G.S.West			x	x											
Chroococcus minutus (Kütz.) Näg.	E				x										
Chroococcus microscopicus Kom.-Legn. & Cronb.				x											
Chroococcus sp.			x												
Chroococcales		x	x	x		x		x	x		x				
Cyanodictyon planctonicum Hickel		x												x	
Cyanodictyon sp.					x										
Merismopedia Warmingiana Lagerh.	O	x	x	x	x		x	x	x		x		x	x	
Snowella septentrionalis Komarek & Hindak			x	x	x	x	x								
Snowella lacustris (Chod.) Kom. & Hind.	E			x		x									
Woronichinia naegelianana (Unger) Elenkin	E	x	x	x	x	x	x								
Anabaena sp.									x	x					
Aphanizomenon sp.							x								
Planktothrix agardhii (Gom.) Anagnostidis & Kom.				x	x										
Cryptophyceae															
Cryptomonas sp.		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Katablepharis ovalis Skuja		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
Rhodomonas lacustris Pasch. & Rutttn.		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
Dinophyceae															
Ceratium cornutum (Ehr.) Clap. & Lachm.			x												
Ceratium hirundinella (O.F. Müll.) Schrank	E										x				
Gymnodinium uberrimum (Allm.) Kof. & Swezy			x	x		x			x			x		x	x
Gymnodinium sp.		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
Peridinium umbonatum Stein	E				x										
Peridinium goslaviense Wolosz.	E									x					
Peridinium sp.			x	x	x					x	x	x			
Chrysophyceae															
Bicosoeca mitra Fott								x	x	x		x		x	x
Bitrichia chodatii (Rev.) Chod.	O	x	x	x	x			x	x				x	x	x
Chrysidiastrum catenatum Laut.				x					x	x	x	x		x	
Chrysococcus cordiformis Naum.	OM	x				x	x		x		x		x		x
Chrysolykos planctonicus Mack	OM						x								
Dinobryon bavaricum Imh.	O		x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x

LIITE 1/2

Kasviplanktonlajit ja -lajit	Indikaattoriarvo	Pusonjärvi	Uramo	Haijärvi	Tuopanjärvi	Rauanjärvi	Kajonjärvi	Kinnasjärvi	Harkkojärvi	Koppelojärvi	Otmenjärvi	Palojärvi	Oskajärvi	Petkeljärvi	Naarvanjärvi
Järvityyppi		Ph	Ph	Ph	Ph	Ph	Kh	Rh	Rh	Rh	Mh	MRh	MRh	Lv	Lv
<i>Dinobryon borgei</i> Lemm.	OM		x			x	x	x	x	x				x	x
<i>Dinobryon crenulatum</i> W. & G.S.West	O	x	x		x	x	x				x		x	x	x
<i>Dinobryon divergens</i> Imh.	OM		x						x	x					x
<i>Dinobryon divergens v. schauinslandii</i> (Lemm.) Brunnt.		x													
<i>Dinobryon suecicum</i> Lemm.															x
<i>Dinobryon</i> sp.					x				x						
<i>Kephyrion skujae</i> Ettl	O						x								
<i>Kephyrion</i> sp.	O		x				x								
<i>Mallomonas acaroides</i> Perty					x			x							
<i>Mallomonas akrokomos</i> Ruttn.	OM	x	x	x		x	x				x		x	x	
<i>Mallomonas allorgei</i> (Defl.) Conr.	O	x		x		x							x	x	x
<i>Mallomonas caudata</i> Iwan.Em.Krieg	OM		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
<i>Mallomonas punctifera</i> Korsh.	OM		x	x	x		x		x		x			x	x
<i>Mallomonas tonsurata</i> Teil.		x	x	x	x	x	x		x		x			x	
<i>Mallomonas</i> sp.		x	x	x				x	x			x			x
<i>Monochrysis parva</i> Skuja		x	x											x	x
<i>Pseudopedinella</i> sp.		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Pseudokephyrion entzii</i> Conr.						x		x			x			x	
<i>Spiniferomonas</i> sp.					x		x	x	x		x	x			x
<i>Stichogloea</i> sp.	O			x		x									
<i>Synura</i> sp.								x	x		x			x	x
<i>Uroglena</i> sp.			x	x					x		x	x			x
Diatomophyceae															
<i>Acanthoceras zachariasii</i> (Brun) Simons.														x	
<i>Asterionella formosa</i> Hass.		x	x	x	x	x	x		x			x	x		x
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehr.) Simons.	OM	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Simons.					x								x		
<i>Aulacoseira</i> sp.									x	x	x				
<i>Aulacoseira tenella</i> (Nygaard) Simonsen			x	x	x	x	x		x		x		x	x	x
<i>Cyclotella</i> sp.		x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x	x
<i>Eunotia zasuminensis</i> (Cab.) Körn.	OM		x	x	x	x		x							x
<i>Rhizosolenia eriensis</i> H.L.Sm.	OM			x	x		x							x	
<i>Rhizosolenia longiseta</i> Zach.		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Synedra</i> sp.				x	x	x				x	x				
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kütz.		x	x	x	x	x	x		x	x	x		x		x
Raphidophyceae															
<i>Gonyostomum semen</i> (Ehr.) Dies	OM			x				x		x	x	x	x	x	x
Euglenophyceae															
<i>Euglena</i> sp.	E				x				x						

LIITE 1/3

Kasviplanktonlahkot ja -lajit	Indikaattoriarvo	Pusojärvi	Uramo	Halijärvi	Tuopanjärvi	Rauanjärvi	Kajoonjärvi	Kinnasjärvi	Harkkojärvi	Koppelojärvi	Otmenjärvi	Palojärvi	Oskajärvi	Petkeljärvi	Naarvanjärvi
Järvityyppi		Ph	Ph	Ph	Ph	Ph	Kh	Rh	Rh	Rh	Mh	MRh	MRh	Lv	Lv
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Svir.	E			x	x				x	x	x	x			
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein	E										x		x		
Chlorophyceae															
<i>Botryococcus neglectus</i>				x		x									
<i>Botryococcus braunii</i> Kütz.			x	x	x				x				x		
<i>Chlamydomonas</i> sp.		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
<i>Chlamydocapsa planctonica</i> (W.&G. S.West) Fott				x					x						
<i>Chlamydomonas</i> sp.															
Chlorococcales		x		x	x	x		x			x				
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchn.) W.&G. S.West	OM						x						x		x
<i>Crucigenia</i> sp.					x										
<i>Crucigeniella truncata</i> (G.M.Sm.) Kom.				x											
<i>Dictyosphaerium elegans</i> Bachm.	E							x							
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood	E				x	x	x		x			x		x	
<i>Dictyosphaerium subsolitarium</i> Van Goor	O		x		x		x		x						
<i>Elakatothrix genevensis</i> Hind.		x	x	x	x		x	x	x	x	x				
<i>Gloeotila</i> sp.				x	x			x	x				x	x	
<i>Koliella spiculiformis</i> (Vischer) Hind.				x				x	x		x		x		x
<i>Koliella longiseta</i> Hind.														x	
<i>Monomastix</i> sp.		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Monoraphidium dybowskii</i> (Wolosz.) Hind. & Kom.-Legn.		x	x	x	x	x		x	x		x		x	x	x
<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nyg.				x		x				x					
<i>Monoraphidium minutum</i> (Näg.) Kom.-Legn.	E								x		x		x	x	x
<i>Monoraphidium mirabile</i> (W. & G.S.West) Pankow									x	x				x	x
<i>Monoraphidium</i> sp.															x
<i>Nephrocystium agardhianum</i> Näg.		x													
<i>Oocystis lacustris</i> Chod.	E											x			
<i>Oocystis rhomboidea</i> Fott			x	x								x			
<i>Oocystis</i> sp.				x			x								
<i>Pediastrum privum</i> (Printz) Hegew.	OM	x	x		x	x	x	x			x			x	
<i>Pseudosphaerocystis lacustris</i> (Lemm.) Nov.														x	
<i>Quadrigula pfitzeri</i> (Schröd.) G.M.Sm.	OM		x	x	x			x							

LIITE I/4

Kasviplanktonlajit ja -lajit	Indikaattoriarvo	Pusanjärvi	Uramo	Hajijärvi	Tuopanjärvi	Rauanjärvi	Kajoonjärvi	Kinnasjärvi	Harkkojärvi	Koppelojärvi	Otmenjärvi	Palojärvi	Oskajärvi	Petkeljärvi	Naarvanjärvi
Järvityyppi		Ph	Ph	Ph	Ph	Ph	Kh	Rh	Rh	Rh	Mh	MRh	MRh	Lv	Lv
<i>Scenedesmus aculeolatus</i> Reinsch				x											
<i>Scenedesmus armatus</i> Chod.	E										x		x		
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehr.) Chod.	E	x	x	x	x	x		x						x	
<i>Scenedesmus</i> sp.					x										
<i>Tetrastrum komarekii</i> Hind.	E	x	x	x	x									x	
<i>Schroederia setigera</i> (Schröd.) Lemm									x						
<i>Tetraedron minimum</i> v. <i>tetralobulatum</i> Reinsch	E			x		x			x	x	x		x		x
Conjugatophyceae															
<i>Closterium acutum</i> Breb.				x											
<i>Closterium acutum</i> v. <i>variabile</i> (Lemm.) Krieg.	E							x	x					x	
<i>Closterium</i> sp.				x				x	x	x			x		
<i>Cosmarium</i> sp.					x										
<i>Spondylosium planum</i> (Wolle) W.&G. S.West				x											
<i>Staurodesmus cuspidatus</i> (Breb.) Teil.					x										
<i>Staurodesmus extensus</i> (Borge) Teil.					x										
<i>Staurodesmus</i> sp.					x										
<i>Staurastrum</i> sp.				x											
<i>Staurodesmus mamillatus</i> (Nordst.) Teil.			x	x		x									
<i>Staurodesmus sellatus</i> (Teil.) Teil.			x												
Craspedophyceae															
<i>Desmarella moniliformis</i> Kent								x	x						
<i>Gyromitus cordiformis</i> Skuja		x			x										x
<i>Stelaxomonas dichotoma</i> Lack.	OM							x							
<i>Paramastix conifera</i> Skuja		x							x						
Flagellaatit		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Taksoneja yhteensä		35	48	62	55	39	35	38	51	29	41	21	32	43	39

KUVAILULEHTI

Julkaisija	Pohjois-Karjalan ympäristökeskus			Julkaisu-aika Marraskuu 2007
Tekijä(t)	Anna-Liisa Holopainen, Riitta Niinioja ja Minna Kukkonen			
Julkaisun nimi	Kasviplankton ja vedenlaatu Pohjois-Karjalan metsäjärvissä			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen raportteja 6 / 2007			
Julkaisun teema				
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana myös Internetissä www.ymparisto.fi/julkaisut			
Tiivistelmä	<p>Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksessa vuonna 2004 käynnistetyt ”Pohjois-Karjalan vesistöjen tilan parantaminen (POKAVESI)” – hankkeen tavoitteena on hajakuormituksen rasittamien tummavetisten järvien ekologisen tilan arviointi.</p> <p>Järvien valuma-alueella tehdyt metsätaloudelliset toimenpiteet näkyvät muutoksina vedenlaadussa, kohonneena kasviplanktonin biomassana ja muutoksina lajistossa. Kasviplanktonin biomassana oli suuri Koppelojärnessä ja Otmenjärnessä, sen sijaan Palojärnessä, Naarvanjärnessä ja Tuopanjärnessä biomassana oli ainoastaan hieman kohonnut. Tuopanjärveä lukuun ottamatta näissä edellä mainituissa viidessä järvestä biomassan valtaosan muodosti limalevä <i>Gonyostomum semen</i> (Raphidophyceae). Tätä levälajia tavattiin jonkin verran lähes kaikissa tutkimuksen kohteena olleissa metsäjärvissä. Runsaimmat esiintymät tavattiin runsashumuksisissa järvissä. Koppelojärveen, joka luokitellaan ekologisen tilansa puolesta tyydyttävään tai välttävään luokkaan, kohdistuu laajalta lähivaluma-alueelta huomattava typpi- ja fosforikuormitus. Otmenjärvi, joka luokiteltiin kasviplanktonin perusteella ekologiselta tilaltaan hyvään tai tyydyttävään luokkaan, on matala, voimakkaasti humusvesien kuormittama järvi.</p>			
Asiasanat	<i>Humusjärvet, Pohjois-Karjala, kasviplankton, vedenlaatu, rehevöityminen, metsätalous, hajakuormitus, ekologinen tila-arvio</i>			
Rahoittaja/ toimeksiantaja	EAKR, ympäristöministeriö, Pohjois-Karjalan ympäristökeskus			
	ISBN 978-952-11-2871-4 (nid.)	ISBN 978-952-11-2872-1 (PDF)	ISSN 1796-1874 (pain.)	ISSN 1796-1882 (verkkoj.)
	Sivuja 57	Kieli Suomi	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta (sis.alv 8 %) 7 €
Julkaisun myynti/ jakaja	Pohjois-Karjalan ympäristökeskus			
Julkaisun kustantaja	Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, PL 69, 80101 Joensuu			
Painopaikka ja -aika	Edita Prima Oy, Helsinki 2007			

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Norra Karelen miljöcentral	Datum November 2007		
Författare	Anna-Liisa Holopainen, Riitta Niinioja ja Minna Kukkonen			
Publikationens titel	Kasviplankton ja vedenlaatu Pohjois-Karjalan metsäjärvisssä (Växtplankton och vattenkvaliteten i Norra Karelen skogssjöar)			
Publikationsserie och nummer	Norra Karelen miljöcentrals rapporter 6 / 2007			
Publikationens tema				
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publicationen finns tillgänglig också på internet www.ymparisto.fi/julkaisut			
Sammandrag	<p>Målsättningen för det vid Norra Karelen miljöcentral år 2004 påbörjade projektet "Förbättrande av tillståndet för vattendragen i Norra Karelen (POKAVESI)" är att utvärdera det ekologiska tillståndet för mörka sjöar som utsätts för spridd belastning.</p> <p>De skogshushållningsåtgärder som har verkställts på skogarnas avrinningsområde syns som förändringar i vattenkvaliteten, som ökad biomassa av växtplankton och som förändringar i artbeståndet. Biomassan för växtplankton var stor i Koppelojärvi och Otmenjärvi, däremot var i Palojärvi, Naarvanjärvi och Tuopanjärvi biomassan endast något förhöjd. Med undantag för Tuopanjärvi utgjordes merparten av biomassan i dessa ovan nämnda fem sjöar av den slembildande algen <i>Gonyostomum semen</i> (Raphidophyceae). Denna algart påträffades i någon mån i så gott som nästan alla de undersökta skogssjöarna. De rikligaste förekomsterna påträffades i humusrika sjöar. Koppelojärvi, som i fråga om sitt ekologiska tillstånd klassificeras i kategorin nöjaktig eller försvarlig, utsätts för en betydande kväve- och fosforbelastning från ett vidsträckt näravrinningsområde. Otmenjärvi, som på basen av växtplankton klassificerades i kategorin god eller nöjaktig, är en grund sjö med kraftig belastning av humusvatten.</p>			
Nyckelord	Humus, sjöar, Norra Karelen, växtplankton, vattenkvalitet, eutrofiering, skogsbruk, diffus belastning, ekologiska tillståndet			
Finansiär/ uppdragsgivare	ERUF, Miljöministerie, Norra Karelen miljöcentral			
	ISBN 978-952-11-2871-4 (hft.)	ISBN 978-952-11-2872-1 (PDF)	ISSN 1796-1874 (print)	ISSN 1796-1882 (online)
	Sidantal 57	Språk Finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %) 7 €
Beställningar/ distribution	Norra Karelen miljöcentral			
Förläggare	Norra Karelen miljöcentral, PB 69, 80101 Joensuu, Finland			
Tryckeri/tryckningsort och -år	Edita Prima Oy, Helsingfors 2007			

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	North Karelia Regional Environment Centre			<i>Date</i> November 2007
<i>Author(s)</i>	Anna-Liisa Holopainen, Riitta Niinioja and Minna Kukkonen			
<i>Title of publication</i>	Kasviplankton ja vedenlaatu Pohjois-Karjalan metsäjärvisä (Phytoplankton and water quality in North Karelian forest lakes)			
<i>Publication series and number</i>	Reports of the North Karelia Regional Environment Centre 6 / 2007			
<i>Theme of publication</i>				
<i>Parts of publication/ other project publications</i>	This publication is also available in the Internet www.ymparisto.fi/julkaisut			
<i>Abstract</i>	<p>Begun in 2004 by the North Karelia Regional Environmental Centre, the project Improving the Status of North Karelian Lakes aims at assessing the ecological status of lakes with brown water suffering from diffuse pollution.</p> <p>Forestry work carried out in the lake catchment areas was evident in changes in water quality, increased phytoplankton biomass and changes in the assemblage of species. Phytoplankton biomass was high in Koppelojärvi and Otmenjärvi, while Palojärvi, Naarvanjärvi and Tuopanjärvi showed only slight increases in biomass. Apart from Tuopanjärvi, the majority of biomass consisted of a large flagellated alga, <i>Gonyostomum semen</i> (Raphidophyceae). Some of this species was found in most of the forest lakes in the study. The highest occurrences were in humic lakes. Koppelojärvi, the ecological status of which is moderate or poor, suffers from considerable nitrogen and phosphorus load from its large immediate catchment area. Otmenjärvi, the ecological status of which was classified as good to moderate on the basis of phytoplankton, is a shallow lake suffering from a heavy load of humic waters.</p>			
<i>Keywords</i>	<i>Humus, lakes, North Karelia, phytoplankton, water quality, eutrophication, forestry, diffuse loading, ecological status</i>			
<i>Financier/ commissioner</i>	ERDF, The Finnish Ministry of Environment, North Karelia Regional Environment Centre			
	ISBN 978-952-11-2871-4 (pbk.)	ISBN 978-952-11-2872-1 (PDF)	ISSN 1796-1874 (print)	ISSN 1796-1882 (online)
	<i>No. of pages</i> 57	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> Public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i> 7 €
<i>For sale at/ distributor</i>	North Karelia Regional Environment Centre			
<i>Financier of publication</i>	North Karelia Regional Environment Centre, P.O.Box 69, FIN-80101 Joensuu, Finland			
<i>Printing place and year</i>	<i>Edita Prima Oy, Helsinki 2007</i>			



POHJOIS-KARJALAN
YMPÄRISTÖKESKUS

JOENSUUN
YLIOPISTO



RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS



ISBN 978-952-11-2871-4 (nid.)

ISBN 978-952-11-2872-1 (PDF)

ISSN 1796-1874 (pain.)

ISSN 1796-1882 (verkkoj.)