

Tammelan Kaukjärven, Mustialanlammen, Kuivajärven ja Pyhäjärven tila ja veden laatu

Kaukjärven, Kuivajärven ja Pyhäjärven kunnostustoimenpide-ehdotuksia



Suvi Mäkelä
Lammin biologinen asema
Helsingin yliopisto
2004

Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	4
1.1. Työn tarkoitus ja käytetty materiaali.....	4
1.2. Valuma-alueen ominaisuuksien merkitys järven tilalle.....	5
1.3. Sedimentaatio-olosuhteet järvissä.....	6
1.4. Järven morfologian merkitys veden laatuun.....	6
1.5. Järvien rehevyyden luokittelu.....	7
1.6. Järvien ravintoverkot.....	8
1.6.1. Bakteeriplankton.....	8
1.6.2. Kasviplankton.....	8
1.6.3. Eläinplankton.....	9
1.6.4. Kalat.....	10
1.6.5. Vesikasvillisuus.....	11
1.7. Kunnostus.....	12
2. Järvien tila ja veden laatu.....	13
2.1. Kaukjärvi.....	13
2.1.1. Järvi ja valuma-alue.....	13
2.1.2. Sedimentit ja kuormitus ja kuormitushistoria.....	14
2.1.3. Veden laadun vaihtelu ja muutokset 1968-1996.....	14
2.1.4. Kaukjärveen laskevien purojen kuormitus.....	16
2.1.5. Kaukjärven tilanne 2000- luvun alussa.....	16
2.1.5.1. Purojen kuormitus.....	16
2.1.5.2. Happi ja hapenkulutus.....	18
2.1.5.3. Vesikemia ja veden laatu.....	19
2.1.5.4. Kasviplankton ja –tuotanto.....	20
2.1.5.5. Eläinplankton.....	22
2.1.5.6. Vesikasvillisuus.....	22
2.1.5.7. Kalasto.....	23
2.2. Mustialanlammi.....	24
2.2.1. Järvi ja valuma-alue.....	24
2.2.2. Veden laadun vaihtelu ja muutokset 1968-2000.....	24
2.2.3. Mustialanlammen tilanne 2000- luvun alussa.....	26
2.2.3.1. Riuskanojan kuormitus.....	26
2.2.3.2. Happi.....	27
2.2.3.3. Vesikemia ja veden laatu.....	27
2.2.3.4. Kasviplankton.....	28
2.2.3.5. Eläinplankton.....	29
2.2.3.6. Vesikasvillisuus.....	30
2.2.3.7. Kalasto.....	31

2.3. Kuivajärvi.....	31
2.3.1. Järvi ja valuma-alue.....	31
2.3.2. Sedimentit ja kuormitus sekä kuormitushistoria.....	32
2.3.3. Veden laadun vaihtelu ja muutokset 1968-2000.....	33
2.3.4. Kuivajärven tilanne 2000- luvun alussa.....	34
2.3.4.1. <i>Happi</i>	34
2.3.4.2. <i>Vesikemia ja veden laatu</i>	35
2.3.4.3. <i>Kasviplankton</i>	36
2.3.4.4. <i>Eläinplankton</i>	37
2.3.4.5. <i>Vesikasvillisuus</i>	38
2.3.4.6. <i>Kalasto</i>	39
2.4. Pyhäjärvi.....	40
2.4.1. Järvi ja valuma-alue.....	40
2.4.2. Sedimentit ja kuormitus ja kuormitushistoria.....	40
2.4.3. Veden laadun vaihtelu ja muutokset 1961-2000.....	41
2.4.4. Pyhäjärven tilanne 2000- luvun alussa.....	43
2.4.4.1. <i>Happi</i>	43
2.4.4.2. <i>Vesikemia ja veden laatu</i>	44
2.4.4.3. <i>Kasviplankton</i>	45
2.4.4.4. <i>Eläinplankton</i>	46
2.4.4.5. <i>Vesikasvillisuus</i>	46
2.4.4.6. <i>Kalasto</i>	47
3. Kunnostustoimenpide-ehdotukset.....	48
3.1. Pyhäjärvi.....	48
3.2. Kuivajärvi.....	57
3.3. Kaukjärvi.....	60
4. Lähteet.....	63
Liite 1. Tutkimusalueen kartta.....	65

Kannen kuva: Toivonsilta, Mustiala

1. Johdanto

1.1. Työn tarkoitus ja käytetty materiaali

Tässä työssä on kerätty yhteen Tammelan Pyhäjärveä, Kuivajärveä, Kaukjärveä ja Mustialanlampea koskevien tutkimusten ja seurantojen tuloksia. Kyseisistä järvistä on tehty varsinaisen veden laadun seurannan lisäksi myös kuormitukseen, sedimentteihin ja vesibiologiaan liittyviä tutkimuksia.

Veden laatua on seurattu 1960-luvulta; näytteenotto ja näytteiden analysointi on tapahtunut sekä paikallisten ympäristökeskusten (Uudenmaan ympäristökeskus, Hämeen ympäristökeskus, Pirkanmaan ympäristökeskus) että Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen toimesta. Näytteenotto-ohjelmat – näytteenottotiheys, -ajankohta ja analysoidtavat muuttujat - ovat olleet kullakin järvellä hieman erilaiset. Samoin seuranta on kaikissa tapauksissa pitänyt sisällään myös useamman vuoden katkoksia näytteenotossa. Tässä työssä esitetyt tulokset on poimittu ympäristöviranomaisien ympäristötietojärjestelmästä (Hertha).

Viranomaisseurannan lisäksi ks. järvet ovat olleet mukana useammassa tutkimusprojektissa; Vuonna 1997 Pyhäjärvestä, Kuivajärvestä ja Kaukjärvestä tehtiin paleolimnologinen sedimenttikartoitus (Haapasilta 1999), jonka tuotoksena on syntynyt sekä pro gradu- loppuyö Turun yliopiston geologian laitokselle että ympäristögeologian tutkimusmenetelmäkurssin raportti (Salonen & Haapasilta 1997). Vuosien 1999-2002 aikana kaikki neljä järveä olivat mukana Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen MTT:n ja Agropolis Oyn Life for Lakes – hankkeessa, jonka tarkoituksena oli mm. tutkia keinoja vähentää valuma-alueelta tulevaa hajakuormitusta. Life- hankkeen aikana järvistä kertyi tietoa mm. oja- ja järvisedimenttien fosforipitoisuuksista sekä metsätaloustoimenpiteiden kuormitusvaikutuksista. Samaa hajakuormitus-ongelmakenttää hieman eri kannalta lähestyttiin MTT:n ja Helsingin yliopiston yhteishankkeessa ”Maa- ja metsätalouden vesistövaikutusten kokonaisvaltainen hallinta ja valuma-alueeseen soveltaminen” vuosina 2001-2003. Tämän tutkimushankkeen aikana Tammelan järvillä oli mahdollista suorittaa tavallista perusteellisempi biologinen kartoitus plankton-, kala- ja vesikasvikartoituksineen. Samalla seurattiin veden kemiallisia ominaisuuksia ja tehtiin Kaukjärven ja Mustialanlammen suurimmille puroille ylivirtaama-aikainen (kevät ja syksy) ravinnepitoisuuden seuranta.

Kaukjärvellä, Kuivajärvellä ja Pyhäjärvellä oli koekalastettu jo aikaisemmin v. 1998 (Lappalainen & Huttunen 1998 a,b).

Olemassa olevan tiedon keräämisen lisäksi, ja siihen pohjautuen, tämän työn tarkoituksena on myös esittää Kaukjärvelle, Kuivajärvelle ja Pyhäjärvelle kunnostustoimenpide-ehdotuksia. Toimenpide-ehdotukset on pyritty valitsemaan niin, että ne on mahdollista toteuttaa joko ostopalveluna tai talkootyönä tai näiden yhdistelmänä. Pääpaino on laitettu toimenpiteille, jotka parantavat tai ylläpitävät järvien virkistyskäyttömahdollisuuksia, veden laadun pysyvä muuttaminen varsinkin suurissa järvissä on hanketyön puitteissa hieman epärealistinen tavoite.

Lisäksi tähän työhön on pyritty keräämään hieman yleistä tietoa niistä tekijöistä, jotka vaikuttavat järven tilaan, sekä esitelty lyhyesti mm. vesiekosysteemin ravintoverkon eri tasoja, jotta tulososion teksti olisi helpommin ymmärrettävissä.

1.2. Valuma-alueen ominaisuuksien merkitys järven tilalle (Huitu & Mäkelä 1999)

Maalajitteiden ravinteisuus lisääntyy yleensä raekoon pienentyessä. Pienikokoisilla kappaleilla on suuri ioninvaihtokapasiteetti, sillä niiden suuri pinta-ala muodostaa vaihtuville ioneille paljon tarttumapintaa. Maaperä vaikuttaa myös valuma-alueella tapahtuvan sadeveden imeytymisen määrään: kallio-, moreeni- ja savialueet imevät vettä huonosti, mutta karkeammat lajittuneet ainekset hyvin. Pintavalunnaksi jäävä vesi huuhtoo valuma-alueelta ainesta mukaansa. Aineksen raekoko riippuu veden virtausnopeudesta. Raekoko 0,2-0,3 mm (hieno hiekka) huuhtoutuu helpoimmin. Savipartikkelit ovat toisissaan hiekkaa kovemmin kiinni, ja siten vaativat kovemman virtuksen irrotukseen. Savi ja siltti kulkeutuvat yleensä veteen liettyneenä, joten niiden sedimentoituminen vaatii virtauksen loppumista kokonaan. Suurikokoisten partikkelien (sora) huuhtoutumisherkkyys on pieni suuren massan takia, ja samasta syystä ne sedimentoituvat nopeasti virtausnopeuden laskettua. Hiekka- ja hietamailta järveen tulevien purojen laskupaikoilla onkin useilla järvillä havaittavissa selvä viuhkan muotoinen deltamuodostuma, johon karkein materiaali on laskeutunut.

Turvemailta irtoava materiaali, humus, näkyy veden väriarvojen korkeudessa. Soiden ojitukset ovat lisänneet soilta tulevan kuormituksen määrää huomattavasti. Veden tummumisen lisäksi humuksen mukana järviin kulkeutuu ravinteita, tosin ne ovat yleensä leville huonosti käyttökelpoisessa muodossa. Sen sijaan pohjaan sedimentoituva humusmateriaali kuluttaa hajotessaan runsaasti alusveden hapetta.

Viljelyn aiheuttama vesistöhaitta on erityisen suuri savi- ja hiesumailta, koska eroosio on niillä voimakkainta. Keväisten sulamisvesien mukana pelloilta huuhtoutuu kiintoainetta ja siihen sitoutunutta fosforia. Hiekkaisilla mailla lannoitteista saattaa joutua jäämiä pohjaveteen. Maa-aineksen, lannoitteiden ja levitetyn lannan huuhtoutuminen vesistöihin on erityisen suuri ongelma rannoille rajoittuvilla pelloilla. Huuhtoutuma kasvaa, jos pelto viettää kohti järveä. Lannoituksesta johtuen peltojen ravinnetaso on korkea, lisäksi kyntäminen pitää pellot syksyisin ja keväisin alttiina sade- ja sulamisvesien aiheuttamalle eroosiolle. Peltohehtaarilta huuhtoutuu tutkimusten mukaan fosforia 0,3-1,8 kg vuodessa.

Salaojavaluntaa ei aina olla otettu huomioon tutkittaessa pelloilta lähtevän aineksen ja ravinteiden määriä, sillä esimerkiksi fosforin on ajateltu maaperäkemian lakien mukaan pidentävän maahiukkasiin. Salaojavalunnoissa on kuitenkin havaittu suuria eroosioaineksen ja fosforin pitoisuuksia, joiden arvellaan johtuvan veden kulkeutumisesta maan makrohuokosia pitkin. Makrohuokosten määrään lienee maanviljelijän mahdotonta vaikuttaa. Salaojien kunnosta on kuitenkin pidettävä huolta ja pintavesien pääsy niihin on estettävä. Ojan yläpuolella oleva sorakerros ei saa olla liian paksu, vaan soran päällä täytyy olla riittävän paksu maakerros sitomaan vajoavan veden sisältämiä hiukkasia.

”Maa- ja metsätalouden vesistövaikutusten kokonaisvaltainen hallinta ja valuma-alueeseen soveltaminen”- hankkeen aikana kerättyä ja käsiteltyä Tammelan alueen järvien valuma-alueetietoa on nähtävillä seuraavassa internet-osoitteessa:

<http://kronos.mtt.fi/website/mallinnus>

1.3. Sedimentaatio-olosuhteet järvissä (Haapasilta 1999)

Järvien pohja-alue voidaan jakaa neljään pohjadynaamiseen tyyppiin (Häkanson & Jansson 1983): eroosio- eli kulumispohjiin, transportaatio- eli kulkeutumispohjiin, akkumulaatio- eli kerääntymispohjiin sekä ns. Winnowing- eli sekoittumispohjiin. Eroosiopohjille ei keräänny hienojakoisia sedimenttejä, sillä aallokon aiheuttama kulutus on liian voimakasta. Transportaatiopohjilla tapahtuu hienon materiaalin epäjatkovaa kerrostumista, joka katkeaa esimerkiksi voimakkaiden tuulien tai täyskiertojen aikana. Akkumulaatiopohjilla hienojakoisen sedimentin kerrostuminen on jatkuvaa. Winnowing-pohjat ovat matalia lahdelmia, joissa on usein runsasta vesikasvillisuutta. Huolimatta alueen mataluudesta pohjaan kertyy hienojakoista sedimenttiä, sillä kasvillisuus estää tai hidastaa valuma-alueelta tulevan tai resuspendoituneen materiaalin kulkeutumista syvemmälle.

Tammelan järvissä havaittiin, että sedimenttien pintaosa oli muuttunut luonnontilaisesta hiedodetritusliejesta sulfidien värjäämiksi liejuiksi. Kaukjärven sulfidilieju oli vuosilustoista, sillä happipitoisuus on niin alhainen koko vuoden ajan, etteivät pohjaeläimet pääse sekoittamaan sedimentin kerrostumisprosessin aikana syntyvää kerrosrakennetta. Kaikissa järvissä muuttunut sedimentti edustaa viimeisen 50 vuoden aikaista ajanjaksoa – tehostuneiden viljelykäytäntöjen aiheuttamaa rehevöitymistä. Muuttuneen kerroksen paksuudesta voitiin päätellä, että sedimentin kerrostumisnopeus on Kuivajärvessä kaksinkertainen Pyhäjärveen ja Kaukjärveen verrattuna.

Sedimenttien pintakerroksissa on kaikissa järvissä havaittavissa fosforipitoisuuksien huomattava kasvu, jonka alkua ajoittuu Pyhäjärvässä, Kaukjärvessä ja Kuivajärvessä 70-luvun loppu- tai alkupuolelle, järvestä riippuen. Pyhäjärvässä fosforipitoisuus oli lähes vakio ennen 70-luvun nousua. Kuivajärvessä pitoisuus nousee hiljalleen 30-luvulta 70-luvulle, minkä jälkeen nousu on nopeaa. Aivan pinnassa Kuivajärven pitoisuudet laskevat hieman. Kaukjärvessä pitoisuuksien heilahtelu on ollut voimakkainta, erityisesti 1970-luvulla. Pyhäjärvässä ja Kaukjärvessä fosfori on rikastunut pintaa kohden 1,6-kertaiseksi, Kuivajärvessä 2,3-kertaiseksi.

1.4. Järven morfologian merkitys veden laatuun (Huitu & Mäkelä 1999)

Morfometrialla on suuri vaikutus järven kemiaan, fysiikkaan ja biologiaan. Järvi-altaiden muodot vaihtelevat järviä ympäröivien maalajien mukaan: hienojakoisten maalajien ympäröimien järvien tai järvenlahtien voidaan olettaa olevan loivarantaisia ja matalia niihin aikojen kuluessa valuneen aineksen takia, kun taas moreenimailla sijaitsevat järvet ovat usein syvempiä. Järven syntyperä vaikuttaa myös morfometriaan: harjualueiden suppajärvet ovat jyrkkärantaisia ja usein syviä ja pyöreäköjiä.

Pienialaisissa syvissä järvissä, esimerkiksi edellä mainituissa suppajärvissä, keväisin ja syksyisin tapahtuvat täyskierrot saattavat jäädä vaillinaisiksi. Silloin pohjanläheinen vesi ei saa happitäydennystä, ja mahdollisen happikadon myötä monet vedessä ja sedimentissä olevat kemialliset yhdisteet (esim. fosfori ja rauta) muuttuvat liukoiseen muotoon. Tällä puolestaan on vaikutusta järven biologiaan. Suurissa järvissä tuuli pääsee paremmin vaikuttamaan vesimassan sekoittumiseen, ja täyskierrot yleensä tapahtuvat säännöllisesti kaksi kertaa vuodessa. Suurimman tehoisan pituuden avulla voidaan arvioida, kuinka suurella voimalla tuuli pystyy vaikuttamaan järveen. Suurin tehoisa pituus on sellainen pisin mitta, joka järvelle saadaan kun maaylityksiä (saaria tai niemiä) ei sallita. Suurin leveys tarkoittaa tälle pituusjanalle määritettyä kohtisuoraa suurinta leveyttä. Järven alttius tuulille riippuu sen tehoisan pituuden ja järveä ympäröivän maaston korkeussuhteiden lisäksi myös sen suuntauksesta vallitseviin tuuliin nähden: lounaiskoilliset suuntautuneet järvet ovat yleensä alitteimpia tuulille.

1.5. Järvien rehevyyden luokittelu (Huitu & Mäkelä 1999)

Järvien rehevyyttä luokiteltaessa käytetään usein kriteereinä ravinteiden (fosfori P ja typpi N) määrää vedessä. Muita luokitteluperusteita ovat esimerkiksi levien yhteytämispigmentin eli klorofyllin määrä ja kasviplanktonin perustuotanto. Rehevyysluokkien raja-arvot on esitetty taulukossa 1. Järven luokittelu rehevyytystason mukaan ei aina ole yksinkertaista, sillä eri muuttujien raja-arvot usein sijoittavat saman järven eri luokkaan. Ravinnepitoisuudet voivat vaihdella kohtalaisen paljon eri vuodenaikoina, joten yksittäinen mittaustulos saattaa poiketa suuresti koko vuoden keskiarvosta.

Rehevyys- eli trofialuokkia on yleensä käytössä neljä:

- *oligotrofinen* eli karu
- *mesotrofinen* eli keskiravinteinen
- *eutrofinen* eli runsasravinteinen
- *hypertrofinen* eli erittäin runsasravinteinen.

Tässä työssä järvien rehevyytystasoa arvioitaessa käytettiin kriteereinä lähinnä fosforin kokonaismäärää. Lisänä olivat typen kokonaispitoisuus ja klorofylli-*a*:n kasvukauden keskiarvo. Lopullinen rehevyysluokka on näiden tekijöiden yhdistelmä.

Taulukko 1. Rehevyyssuokkien raja-arvot (Forsberg & Ryding 1980)

Rehevyyssuokka	Kokonaisfosfori	Kokonaistyyppi	Klorofylli-a
	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³
Oligotrofinen	<15	<400	<3
Mesotrofinen	15-25	400-600	3-7
Eutrofinen	25-100	600-1500	7-40
Hypertrofinen	>100	>1500	>40

Veden kemialliset ominaisuudet kertovat näytteenoton aikana vallinneesta veden laadusta varsin tarkasti. Kemiallisten muuttujien käytön haittapuolena ovat kuitenkin nopeat vaihtelut, esimerkiksi ravinteiden määrät saattavat vaihdella melko suurissa rajoissa riippuen valuma-alueelta tulevan kuormituksen vaihtelusta, joka taas on yhteydessä mm. sademääriin. Neljä kertaa vuodessa tapahtunut näytteenotto antoi kuitenkin melko hyvän kuvan tutkimusjärviemme kemiallisista ominaisuuksista. Veden kemialla on suuri vaikutus järven biologiaan; ravinnepitoisuudet määrävät yleensä järven leväbiomassan suuruuden ja tuotannon, ja ravinteiden lisäksi esimerkiksi pH säätelee järven eliölajistoa.

1.6. Järvien ravintoverkot (Huitu & Mäkelä 1999)

1.6.1. Bakteeriplankton

Kaikissa luonnonvesissä heterotrofisilla eli toisenvaraisilla bakteereilla on suuri merkitys orgaanisen aineen hajoituksessa ja ravinteiden mineralisoinissa takaisin kiertoon. Samalla ne ovat merkittävä ravintolähde pienimmille eläinplanktoneille. Järvissä tavataan myös autotrofisista eli yhteyttämiseen kykeneviä bakteereita, joita voi olla hyvinkin runsaasti kirkasvetisissä järvissä, joissa on jyrkkä termokliini ja hapeton alusvesi. (Huom! Sinilevät ovat solurakenteeltaan lähempänä bakteereita kuin leviä.) Yhteyttämään kykenevät bakteerit käyttävät ns. bakteeriklorofylliä fotosynteesipigmenttinään. Bakteeriklorofyllin ja levien käyttämän klorofylli-a:n erottaminen toisistaan tavanomaisilla analyysimenetelmillä jää usein tekemättä, ja siksi monien järvien alus- tai väliveden näytteistä saadaan klorofylli-a:lle korkea arvo. Usein kyse on levien sijasta bakteereista.

Tammelan järvissä planktonbakteerimäärien todettiin olevan selvästi korkeampia kuin vähäravinteisimmissa ja enemmän humuksen ruskeiksi värjäämissä etelähämäläisissä järvissä. Korkeat ravinnepitoisuudet, ja ilmeisesti vedessä olevien savipartikkelien tarjoamat tarttumapinnat, ylläpitävät runsasta mikrobiflooraa.

1.6.2. Kasviplankton

Kasviplankton muodostaa yleensä pääosan vesistöjen kasvimassasta, tosin matalissa järvissä rantavyöhykkeen putkilokasvien ja päälly- ja pohjalevästön merkitys saattaa olla

suurempi. Järvässä esiintyvän kasviplanktonin biomassa määräytyy pääosin veden ravinnepitoisuuksien perusteella.

Alla esitellään lyhyesti tutkimusjärvien tyypillisimmät kasviplanktonluokat.

- Sinilevät muistuttavat solurakenteeltaan bakteereita, mutta ekologisilta ominaisuuksiltaan ne ovat enemmän varsinaisten levien kaltaisia. Sinileviä tavataan hyvin eri tyyppisissä vesissä. Massaesiintymät ovat tavallisimpia runsasravinteisissa vesistöissä. Useista kukintoja muodostavista lajeista on olemassa myrkyllisiä kantoja. Sinilevät pystyvät sitomaan ilmakehän tyypeä.
- Nielulevät ovat liikuntakykyisiä, yksittäissoluina eläviä leviä. Osa lajeista elää toisenvaraisina. Tutkimusjärävissä yleisin suku *Cryptomonas* suosii humuspitoisia ja runsasravinteisiä vesiä.
- Panssarilevillä on kova soluseinä. Nielulevien tavoin ne ovat liikuntakykyisiä ja elävät yleensä yksittäissoluina. Panssarileviä esiintyy planktina hyvin erityyppisissä vesissä.
- Kultalevät ovat pääasiassa siimallisia ja yksisoluisia. Ne ovat tyypillisiä vähäravinteisten ja humuspitoisten vesistöjen lajeja, joten ne ovat hyvin merkityksellisiä kasviplanktonbiomassan muodostajia Suomen oloissa.
- Piilevät elävät joko yhdyskuntina tai irrallisina yksittäissoluina. Niillä ei ole siimaa, joka mahdollistaisi nopean liikuntakyvyn. Planktisten muotojen lisäksi myös litoraalissa esiintyy runsaasti piilevälajeja. Piilevillä on selkeä vuodenaikaisrytmiikka: maksimiesiintymät tavataan yleensä keväisin ja syksyisin.
- Raphidophyceae- luokan tärkein laji on siimallinen *Gonoyostomum semen*, jota kutsutaan myös limaleväksi. Suurikokoisena levänä sen osuus kokonaisbiomassasta saattaa nousta huomattavan korkeaksi. Levä esiintyy hyvin monen tyyppisissä vesissä, mutta sen on epäilty hyötyvän rehevöitymisestä.
- Silmälevät ovat siimallisia, yksittäisinä soluina esiintyviä leviä. Osa lajeista on toisenvaraisia. Silmäleviä esiintyy erityisesti pikkuvesissä, joissa on runsaasti orgaanisia ja/tai epäorgaanisia ravinteita. Lajirunsaus lisääntyy rehevöitymisen myötä.
- Viherlevät ovat hyvin hyvin monimuotoinen ryhmä. Siimalliset, yksisoluiset muodot edustavat huomattavaa osaa ulapan kasviplanktonissa. Kehittyneemmät monisoluiset muodot ovat tyypillisiä litoraalissa eli ranta-alueilla.

Kasviplanktonin koostumus vaihtelee huomattavasti erityyppisissä ja ravinnetasoltaan erilaisissa vesissä. Oligotrofisissa järävissä, nielulevät ja pienet siimalliset flagellaatit ovat vallitsevia leväryhmiä. Piilevien suhteellinen osuus kasvaa järven tuottavuuden noustessa. Sinilevät muodostavat suurimman osuuden biomassasta erittäin rehevissä olosuhteissa. Runsasravinteisuutta suosivia ryhmiä ovat myös silmä-, panssari- ja tietyt viherlevät.

1.6.3. Eläinplankton

Eläinplankton on tärkeä linkki kasviplanktonlevien ja kalojen välillä. Varsinkin niukkatuottoisissa vesistöissä eläinplankton säätelee voimakkaasti kasviplanktonin lajikoostumusta ja biomassaa. Kalasto puolestaan säätelee eläinplanktonin, erityisesti vesikirppujen ja hankajalkaisten, määriä.

Eläinplanktonia tarkasteltaessa keskitytään yleensä neljään eri ryhmään (alkueläimet, rataseläimet, vesikirput ja hankajalkaiset), jotka eroavat toisistaan huomattavasti mm. koon ja elinkiertojen perusteella. Projektiin liittyneessä eläinplanktonitutkimuksessa yksilöt määritettiin mahdollisuuksien mukaan lajilleen, mutta seuraavassa tarkastellaan tuloksia em. ryhmien yksilömäärien perusteella.

Alkueläinten koko vaihtelee 2 ja 250 µm välillä, suurimmat yksilöt ovat siis neljännesmillimetrin kokoisia. Alkueläimet voivat lisääntyä nopeasti, jopa useita kertoja

vuorokaudessa. Ravintona ovat mm. bakteerit, levät ja muut alkueläimet. Alkueläimiin kohdistuu voimakas laidunnuspaine muiden eläinplanktonryhmien taholta. Esimerkiksi useat rataseläinlajit ovat petoja ja käyttävät ravintonaan alkueläimiä tai toisia rataseläimiä. Rataseläinlajeissa on myös runsaasti omnivoreja, jotka voivat syödä kaikkia sopivankokoisia orgaanisia hiukkasia. Rataseläinten kasvunopeus on selvästi hitaampi kuin alkueläinten: yleensä 20-40 sukupolvea vuodessa. Valtaosa rataseläimistä on kooltaan 100 - 500 µm.

Vesikirppujen koko puolestaan vaihtelee 0,2 ja 10 mm välillä. Vesikirppujen yksilömäärien moninkertaistumisen kesän aikana mahdollistaa nopea yksilönkehitys munasta aikuiseksi ja suvuton lisääntyminen eli partenogeneesi. Suvuttomaan lisääntymiseen ei tarvita lainkaan koiraita. Syksyllä ja keväällä koiraita kuitenkin esiintyy. Vesikirppujen ravintona ovat levät, alkueläimet, bakteerit, rataseläimet tai toiset vesikirput. Hankajalkaisten lisääntymisstrategia on erilainen kuin vesikirppujen: partenogeneesiä ei esiinny ja yksilönkehitys on hitaampi, sisältäen useita toukkavaiheita. Hankajalkaisilla esiintyy yksi tai muutamia sukupolvia vuodessa ja vuodenaikaisesti niiden määrä vesipatsaassa vaihtelee selvästi vähemmän kuin vesikirppujen. Hankajalkaiset ovat yleensä petoja tai sekaravintoa syöviä eli omnivoreja.

Tammelan järvissä savisameat Kaukjärvi ja Mustialanlampi tuntuivat muistuttavan eläinplanktonin suhteen toisiaan, samoin Pyhäjärvellä ja Kuivajärvellä on samoja piirteitä. Loppukesällä, jolloin eläinplanktonpopulaation oletetaan olevan edustavimmillaan (mm. vesikirppupopulaatio täysin kehittynyt lämpimien vesien myötä), oli Mustialanlammessa eniten eläinplanktonia, Kuivajärvessä vähiten. Kaukjärvesn ja Mustialanlammen plankton oli kuitenkin enemmän pienikokoisten ryhmien (alkueläimet ja rataseläimet) vallitsemaa, kalojen ravintonaan suosimia vesikirppuja niissä oli melko vähän. Pyhäjärven ja Kuivajärven eläinplanktonpopulaatioissa taas oli vähäisemmästä kokonaisuudesta huolimatta enemmän vesikirppuja. Hankajalkaisia näytti olevan melko tasaisesti eri järvissä. Isokokoisten eläinplanktonryhmien vähäisyys voi olla seurausta kalojen intensiivisestä saalistuksesta, ja kertoa samalla myös planktonsyöjäkalojen ravinnon niukkuudesta. Toisaalta eläinplanktonpopulaatioille on tyypillistä suuret luontaiset kannan koon vaihtelut, joten näin harvan näytteenotto-ohjelman tulosten perusteella tulokset ovat vain suuntaa antavia.

1.6.4. Kalat

Järvien sisäisten prosessien toiminta näkyy lopulta ravintoverkkojen yläpäässä kalaston määrässä ja rakenteessa. Toisaalta ihmistoiminta vaikuttaa järvien eliöyhteisössä näkyvimmin juuri kalastoon, sillä pyynnillä ja istutuksilla on vaikutettu suurestikin monen järven luontaiseen kalakantaan. Pyynti keskittyy tiettyihin kalaryhmiin ja istutuksilla voidaan tuoda lajeja, joita vesistöissä ei luontaisesti tavata. Istutuksia on tehty myös luonnostaan kalattomiin järviin. Kalasto heijastaa kuitenkin melko hyvin järvien tilaa: särkikaloiden osuudet ovat yleensä rehevissä järvissä suuria. Lisäksi särjen sukuiset kalat kiihdyttävät rehevöitymiskehitystä syömällä leviä ravintonaan käyttäviä suuria vesikirppuja sekä tonkimalla pohjan pintaa, jolloin pohjaan vajonneita ravinteita nousee uudestaan vesimassaan. Rehevien tai rehevöityvien järvien särkikalat ovat usein pienikokoisia, koska vuosittain syntyy määrällisesti suuria vuosiluokkia, jotka kilpailevat

keskenään ravinnosta. Hoitokalastuksia voidaan käyttää vinoutuneen kalakannan rakenteen parantamiseen ja samalla on mahdollista kohentaa myös veden laatua. Hoitokalastuksissa saavutetut tulokset ovat vaihdelleet melko paljon. Tämä johtuu siitä, että järvet ja niiden ongelmat ovat erilaisia sekä siitä, ettei kaikkia järvien ravintoketjukurannostukseen littyviä tekijöitä tunneta vielä riittävästi.

Järvien kalastoa voidaan kuvata erilaisin mittarein. Nykyään harvemmin yritetään arvioida kalaston runsautta arvioimalla kalabiomassaa/pinta-alayksikkö (esim. kg/ha), vaan käytetään enemmän koekalastuksissa standardiksi muodostuneen yleiskatsausverkon yksikkösaalis-käsitettä. Yksikkösaalis kertoo yhteen verkkoon yhden yön aikana tarttuneen saaliin painon tai yksilömäärän. Kalaston rakennetta kuvatessa yleisimmin käytössä olevat mittarit ovat särkikalajien, ahvenkalajien ja petokalajien osuuksien ilmoittaminen. Särki- ja ahvenkalaryhmät määräytyvät ”systemaattisesti”, eli ne koostuvat ks. ryhmään kuuluvista lajeista (esim. särkikaloihin kuuluvat särki, salakka, pasuri, lahna, sulkava, säyne jne., ahvenkaloihin ahven, kuha, kiiski). Petokalaryhmään kuuluu taas lajeja eri systemaattisista kalaryhmistä; hauki, kuha, suuret ahvenet, toutain.

1.6.5. Vesikasvillisuus

Vesikasvillisuuden runsaus ja lajisto ovat hyvin monen fysikaalisen ja kemiallisen tekijän vaikutusten summa. Lisäksi kasvillisuuteen vaikuttaa mm. lajien leviämishistoria ja eläimistö, nykyään myös monin paikoin ihmistoiminta. Ympäristötekijöiden muutokset heijastuvat vesien suurkasvillisuuteen. Eri elomuodot reagoivat eri tavoin ja vaihtelevalla nopeudella kasvuympäristönsä muutoksiin: esimerkiksi nopeasti lisääntyvät veden pinnalla kelluvat kasvit (esim. limaskat, kilpukka) ilmentävät veden ravinnepitoisuuksien muutoksia herkimmin. Vesikemian lisäksi kasvillisuuteen vaikuttavat ainakin rannan ja järven morfometria, pohjan laatu, veden virtaus, vedenpinnan vaihtelut, jäiden kuluttava vaikutus, kasvilajien keskinäinen kilpailu ja eläinten ravinnonkäyttö. Siksi vesikasvillisuutta ja sen muutoksia ei voida selittää ainoastaan veden ravinnepitoisuuksilla.

Kasvillisuus on pienissä ja rannoiltaan homogeenisissa järvissä kauttaaltaan melko samankaltaista, mutta suurten järvien eri osa-alueiden välillä on huomattavia kasvustollisia eroja. Suurissa järvissä onkin parhaiten nähtävillä muiden kuin veden laatutekijöiden vaikutus kasvillisuuteen: vaikka vesi on vähäravinteista, saattaa suojaisten lahtien kasvillisuus olla jopa tiheämpää kuin runsasravinteisissa pikkujärvissä. Juuri suurten järvien kasvupaikkojen moninaisuus selittää niissä tavattujen kasvilajien suuren määrän. Toinen monimuotoisuutta selittävä tekijä lienee leviämishistoria: suuret järvet sijaitsevat reittiensä alapäässä ja siksi niihin on todennäköisesti kulkeutunut suurempi määrä kasvilajeja. Uusien lajien leviäminen latvajärviin voi olla edelleen käynnissä. Järven morfometria heijastuu parhaiten vesikasvien elomuotojen runsauksiin. Tuulille alttiissa järvissä aallokko vähentää kelluslehtisten kasvien (esim. ulpukka, lumme, siimapalpakko, uistinviita) esiintymistä. Suurissa järvissä niiden esiintymät sijoittuvat yleensä lahtiin ym. tuulelta suojaisiin paikkoihin, missä niiden määrä voi nousta korkeaksi. Veden väristä riippuu suosivatko laajat matalat rannat ilmaveroisia vai uposkasveja. Pienikokoiset pohjaruusukkeelliset kasvit (esim. nuottaruoho, äimäruoho,

rantaleinikki) viihtyvät tyypillisesti hiekka- tai sorapohjilla, toisaalta pienissä suppajärvissä ja toisalta suurten reittivesien laajoilla hiekkarannoilla.

1.7. Kunnostus

Vesistön kunnostuksella tarkoitetaan itse vesistössä tai siihen välittömästi liittyvällä ranta-alueella tehtäviä toimia, joiden tarkoituksena on vesistön tilan ja käyttökelpoisuuden säilyttäminen tai parantaminen. Järvien kunnostusta on perinteisesti pidetty lähinnä virkistyskäytöarvon parantamisena, mutta nykyään ympäristönsuojelullinen näkökulma tulee yhä enemmän pinnalle EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin kunnostustavoitteiden myötä.

Järvien käyttökelpoisuutta yleisimmin heikentäviksi ongelmiksi koetaan rehevyys, liiallinen vesikasvillisuus ja mataluus. Rehevöityminen ja sen seurauksilmiöt (happikadot, levähaitat, sisäinen kuormitus, rantojen liettyminen, kalakantojen muutokset, kalojen makuhaitat, pyydysten limoittuminen, liiallinen vesikasvillisuus) omat tavallisesti seurausta pitkään jatkuneesta, järven käsittelykyvyn ylittäneestä, ulkoisesta kuormituksesta (Lehtinen ym. 2002). Ulkoisen ravinnekuormituksen voimakas pienentäminen on rehevöityneen järven tilan pysyvän paranemisen ehdoton edellytys, sillä muilla toimenpiteillä puututaan lähinnä seurauksiin, eikä varsinaiseen rehevöitymisen syyhyn. Valuma-alueelta tulevan ulkoisen kuormituksen (lähinnä hajakuormituksen) pienentämistavoite tulisi kuulua jokaiseen kunnostushankkeeseen, jonka tavoitteena on järven veden laadun tai tilan pysyvä parantaminen.

Tyypillisimmät rehevyydestä aiheutuneiden haittojen kunnostustoimenpiteet järvessä ovat mm. hapetus, ravintoketjukunnostus (hoitokalastus), fosforin kemiallinen saostus, vesikasvien poisto, vedenpinnan nosto ja ruoppaus. Moniongelmaisista järviä pyritään usein hoitamaan käyttämällä useita tosiaan tukevia menetelmiä rinnakkain (Lehtinen ym. 2002). Vuonna 2000 kartoitettiin Suomen vesistöjen kunnostustarvetta, ja kunnostusta vaativia järviä ilmoitettiin silloin koko maasta 1470 kappaletta, yhteensä 6700 km², Hämeessä 67 kohdetta (Turunen & Äystö 2000).

Kunnallistekniikkaan kuulumattoman haja-asutuksen jätevesien käsittelyvaatimukset tiukentuvat, kymmenen vuoden siirtymäajan kuluttua kotitalouksien tuottamasta jätevedestä pitäisi pystyä poistamaan 85 % fosforista ja 40 % typestä. Näin ollen tässä työssä en puutu juurikaan asutuksen jätevesikuormitukseen. Järvien rannoilla ja laskuojien läheisyydessä tietenkin tulisi mahdollisuuksien mukaan harkita mahdollisimman nopeaa siirtymistä laadukkaampaan jätevesien käsittelyyn. Lisäksi jätevesiratkaisuksi tulisi valita menetelmä, joka toimii mahdollisimman tehokkaasti – myös pidemmällä aikavälillä. Vesistöjen kannalta paras, vaikkakin ylläpidoltaan melko kallis, ratkaisu olisi umpikaivon käyttö. Umpikaivoja kannattaisi ainakin harkita kiinteistöissä, jotka sijaitsevat aivan vesistön välittömässä läheisyydessä. Huonosti huolletut pienpuhdistamot saattavat jopa lisätä päästöjä nykyisestä, mikäli systeemi ei toimi kunnolla.

Myös Tammelan Pyhäjärven ja Kuivajärven ongelmana on rehevöityminen. Molempien järvien valuma-alueilla on runsaasti hienojakoisia maalajeja, joten ne ovat olleetkin luonteeltaan hieman reheviä. Ihmistoiminta on kuitenkin kiihdyttänyt rehevöitymiskehitystä huomattavasti. Koska järvet ovat läheisessä yhteydessä toisiinsa, vaikuttavat Kuivajärvessä mahdollisesti tehtävät veden laatua muuttavat toimenpiteet myös alajuoksulla Pyhäjärveen – Pyhäjärven veden laadun muutokset vaikuttavat taas Loimijoen (joka on tällä hetkellä selvästi eniten Kokemäenjokea kuormittava vesistöalueen osa-alue) yläjuoksun tilanteeseen.

Tammelan järvissä rehevöitymistä aiheuttaa sekä ulkoinen että sisäinen kuormitus: ravinteita tulee sekä valuma-alueelta että alusveden (ajoittaisesta tai jatkuvasta) hapettomuudesta johtuen myös järven omasta sedimentistä takaisin veteen liukenemalla. (Hapellinen pohja sitoo fosforia, hapeton luovuttaa sitä.)

Hämeen ympäristökeskus on luokitellut sekä Pyhäjärven että Kuivajärven kunnostustarpeeltaan toiseen luokkaan; järviin, joiden kunnostustarve on melko suuri (Liimatainen 1999). Kaukjärvelle (tai Mustialanlammelle) ei ole tehty luokitusta lankaan.

2. Järvien tila ja veden laatu

2.1. Kaukjärvi

2.1.1. Järvi ja valuma-alue

Kaukjärvi on keskikokoinen, pitkänomainen latvajärvi, jolle tyypillinen piirre on veden savisamennus. Veden suuri kiintoainepitoisuus heijastuu järven biologisiin ominaisuuksiin ja eliöyhteisön toimintaan ennen kaikkea veden heikon valonläpäisykyvyn takia: perustuotanto keskittyy tarkasti järven pintakerrokseen ja vesikasvillisuus on suhteellisen vähäistä. Järven pinta-ala on 200 hehtaaria, suurin pituus on 5,8 km, mutta suurin leveys on vain 710 m. Rantaviivaa Kaukjärvellä on n. 13 km. Kaukjärven suurin syvyys on n. 20 m, rannat jyrkkenevät keskimäärin melko nopeasti.

Kaukjärven valuma-alueella (16 km²) ihmistoiminta on melko intensiivistä: erityisesti järven pohjoisrannan savimailla viljellyn peltoalan osuus maankäytöstä nousee huomattavan suureksi. Peltoprosentti koko valuma-alueella on n. 31%. Metsät ovat pääosin havupuuvaltaisia kangasmaita, turvemaita on hyvin vähän, alle 5% pinta-alasta. Lisäksi valuma-alueella sijaitsee kaksi asutuskeskittymää: järven länsipäässä on taajama-asutusta, joka levittäytyy uusine rakennustyömaineen järven rantaan seurailleen itään päin. Rantojen mökkiasutus on keskittynyt pääasiassa järven pohjoisrannalle. Tammelan kirkonkylän puoleista etelärantaa luonnehtii jyrkkä järveen viettävä harjunrinne ja suhteellisen vähäinen asutus. Harjun läheisyydestä johtuen osa Kaukjärven veden vaihdosta tapahtunee pohjaveden kautta.

Ojasedimenteistä otetut viljavuusfosforinäytteet osoittivat, että korkeimmat ravinnepitoisuudet löytyvät järven pohjoispuolen puroista – ravinnepitoisuudet valuma-

alueen yläosissa (metsäisillä alueilla) ovat keskimäärin alhaisemmat kuin lähellä järveä (Life-hanke).

2.1.2. Sedimentit ja kuormitus ja kuormitushistoria (Haapasilta 1999)

Kaukjärvessä laskennallisen kulumis- (erosio-) ja kulkeutumisvyöhykkeen (transportaatio-) välinen raja on järven molemmissa päissä n. 0,9 m syvyydessä, ja järven keskiosissa, missä tuulen maksimaalinen vaikutus on pienempi, vain n. 0,2 metrissä. Vastaavasti kulkeutumisvyöhykkeen vaihtuminen kerrostumisvyöhykkeeksi (akkumulaatiopohja) tapahtuu järven päissä 2,1 metrissä, keskellä 0,5 metrissä.

Kaukjärven pohjasedimenttiprofiili koostuu ylimmästä liejuisesta savesta, hienodetritusliejusta ja alimmasta homogeenisestä savesta. Sedimentin huonosta kunnosta ja alusveden hapettomuudesta kertovia vuosilustollisia sulfidiraitoja esiintyi sedimentin pintaosissa (10-20 cm) lähes koko järven alueella.

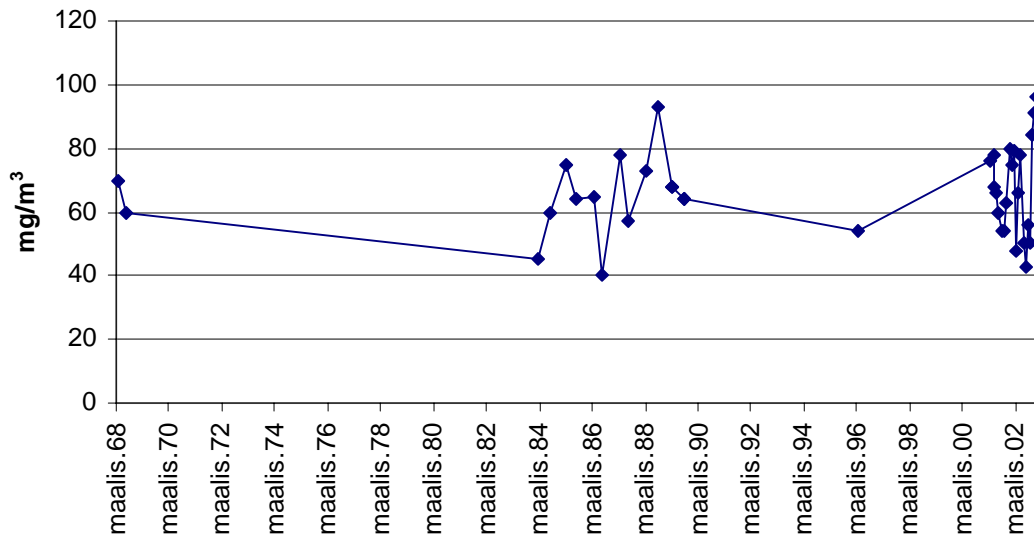
Sedimentin pintanäytteistä mitatut fosforipitoisuudet olivat korkeimmat toisaalta syvänteessä, toisaalta järven länsipäässä. Toisaalta sedimentin laatu vaihtelee alueellisesti melko vähän, pitkulainen järven muoto estää tai hidastaa aineiden kulkeutumista pääsyvänteeseen. Kaukjärven fosforin sedimenttivarasto on rautasidonnaista, ja siten alusveden happioloista pitkäli riippuu liukeneeko fosfori takaisin veteen.

2.1.3. Veden laadun vaihtelu ja muutokset 1968-1996

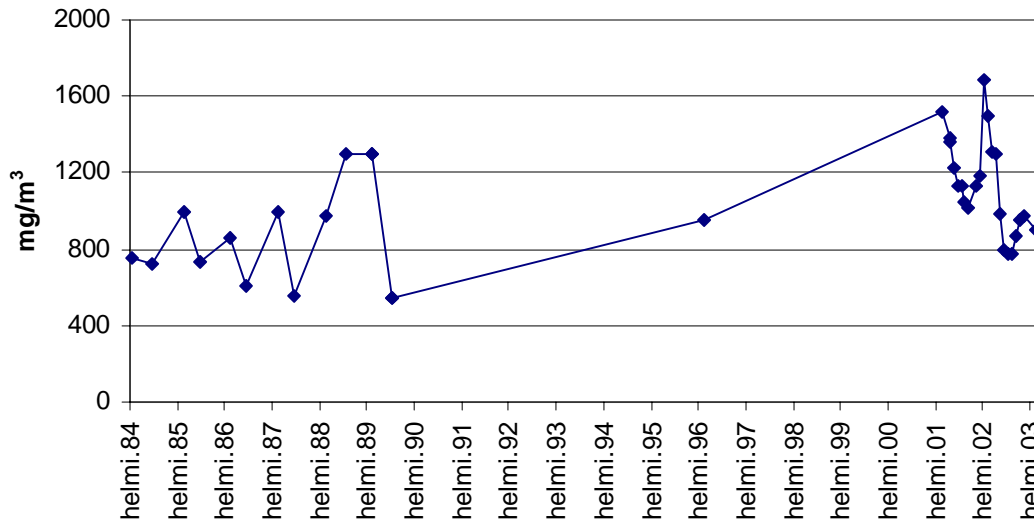
Kaukjärven veden laatua on tarkkailtu viranomaisten toimesta vuodesta 1968; 1970-luvulla näytteitä ei ole otettu, 1980-luvun aikana kahdesti vuodessa kuuden vuoden ajan, 1990-luvulla näytteitä haettiin vain maaliskuussa 1996. 2000-luvun tulokset ovat projektin keräämiä. Kaukjärveen laskevia puroja ei ole tarkkailtu systemaattisesti, mutta huhtikuusta 1999 suurimmista puroista on saatavilla yksittäiset tulokset.

Järven pintaveden ravinnepitoisuudet ovat vaihdelleet koko seurantajakson ajan melko paljon (Kuva 1), mikä lienee seurausta järven sisäisen kuormituksen aikaansaavista ja täyskiertojen pintaan tuomista ravinnepulsseista.

Kaukjärvi, kokonaisfosfori, 1m



Kaukjärvi, kokonaistypppi, 1m



Kuva 1. Kaukjärven päällysveden (1m) ravinnepitoisuuksien vaihtelu

Kokonaisfosforipitoisuudet ovat vaihdelleet sekä 1980-luvun että 2000-luvun intensiivisempien näytteenottoaikaisten aikana n. 40-100 mg/m³:n välillä. Myös 1960-luvun fosforinäytteiden pitoisuudet olivat korkeita. Fosforin suhteen Kaukjärven rehevöitymiskehitys ei näytä kiihtyneen – eikä myöskään hidastuneen. Pintaveden typpipitoisuudet sitä vastoin näyttävät hieman kohonneen 1980-luvun keskimääräisestä tilanteesta. Sitä vastoin alusvedestä mitatut fosforipitoisuudet eivät enää nousseet 1980-

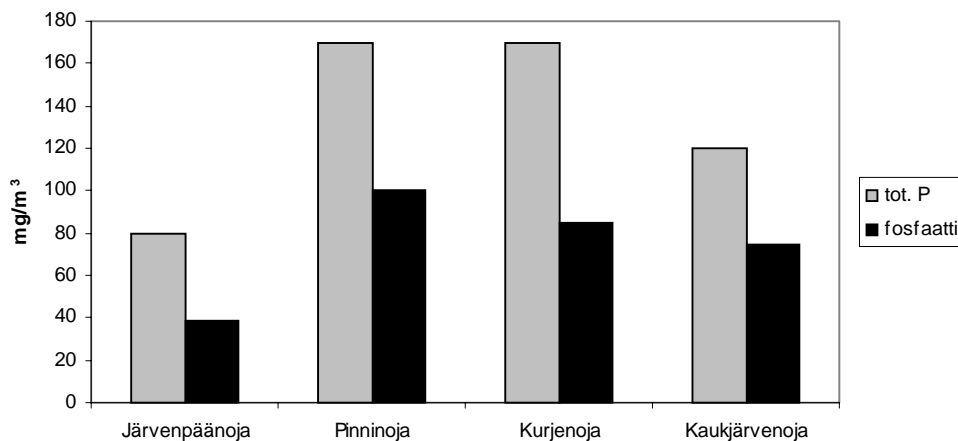
luvun huikeisiin yli 1500 mg/m³ pitoisuuksiin 2000-luvun näytteissä, vaan pysyttelivät < 600 mg/m³ pitoisuuksissa jatkuvasti.

Myös veteen liuenneen (sähköä johtavan) aineiden määrää kuvaava sähkönjohtokyky on pysytellyt pintavedessä samalla tasolla (n. 100-110 mS/cm/25°C) 1980-luvulta nykypäivään. pH on vaihdellut 6,9-9,5 välillä, korkeimpien kesäisten arvojen kertoessa osaltaan korkeasta levätuotannosta – suoria levien määrää mittaavia klorofylli-a – analyyseja ei järvestä ole tarkkailuiden yhteydessä tehty.

Alusveden happipitoisuutta on mitattu 1980-luvun näyteenottojen yhteydessä (kerrostuneisuuden aikana maaliskuussa ja heinä- tai elokuussa), ja tulokset osoittivat alusveden olleen hapeton kaikilla näyteenottokerroilla. Pintavedessä samaan aikaan havaittiin kesäisin hapen ylikyllästystä (yli 100% kyllästys), mikä johtunee runsaasta levätuotannosta. Myös näiltä osin tilanne on siis säilynyt samankaltaisena näihin päiviin saakka.

2.1.4. Kaukjärveen laskevien purojen kuormitus

Järveen laskevista puroista huhtikuussa 1999 mitatut fosforipitoisuudet vaihtelivat kuvan 2 osoittamalla tavalla. Purovedet ovat selvästi ravinteikkaampia kuin samaan vuodenaikaan otetut pintanäytteet järven syvänteeltä vuonna 2001. Myös leville suoraan käyttökelpoisen fosfaattifosforin osuus purovesistä on hyvin korkea.



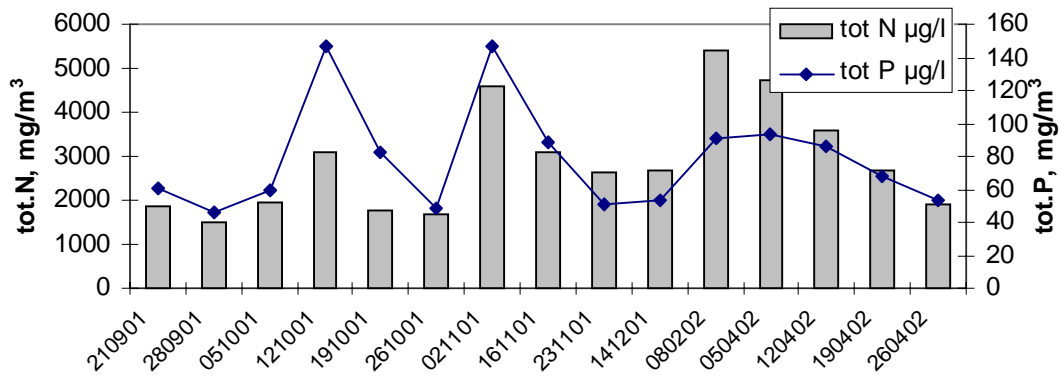
Kuva 2. Kaukjärven pohjoisrannan (lännestä itään) purojen kokonaisfosfori- ja fosfaattifosforipitoisuudet keväällä 1999.

2.1.5. Kaukjärven tilanne 2000-luvun alussa

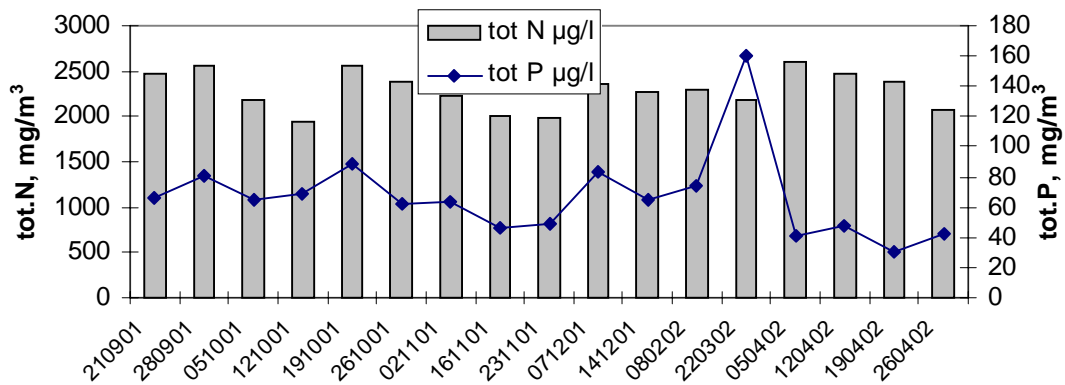
2.1.5.1. Purojen kuormitus

Neljän Kaukjärveen laskevan puron (etelärannan Kaakkolamminoja, länsipään Järvenpäänoja, sekä pohjoisrannan Kurjenoja ja Kaukjärvenoja) ravinnepitoisuuksia seurattiin 2001 syksyllä ja 2002 keväällä valuman ollessa korkeimmillaan. Kokonaisravinnepitoisuuksien vaihtelu seurantajakson aikana on esitetty kuvissa 3, 4, 5 ja 6. Virtaamaltaan merkittävin on Kurjenoja, jonka suurin mitattu virtaama oli 230 l/s.

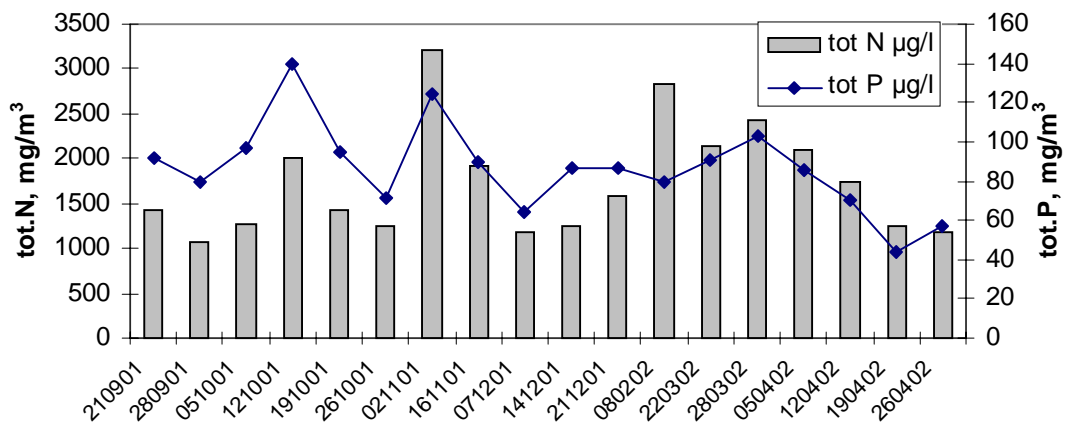
Seuraavina tulivat Kaukjärvenoja (58 l/s) ja Kaakkolamminoja (43 l/s). Suurin Järvenpäänojan mitattu virtaama oli vain 9 l/s.



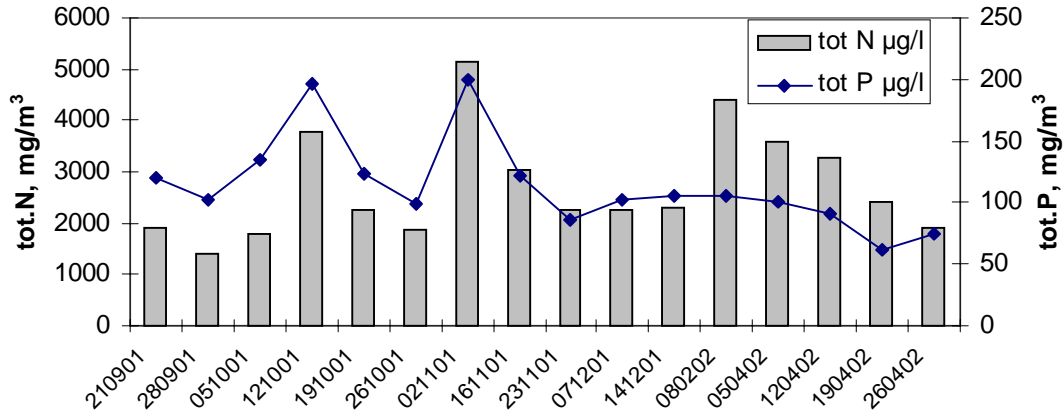
Kuva 3. Kaakkolammenoja kokonaisravinnepitoisuudet 2001-2002.



Kuva 4. Järvenpäänojan kokonaisravinnepitoisuudet 2001-2002.



Kuva 5. Kurjenojan kokonaisravinnepitoisuudet 2001-2002.



Kuva 6. Kaukjärvenojan kokonaisravinnepitoisuudet 2001-2002.

Virtaaman suurudesta johtuen Kurjenoja kuljettaa selvästi suurimman ravinnekuormituksen tutkituista puroista. Seuraavaksi pahiten kuormittavan Kaukjärvenojan kuormitus on vain noin 30% Kurjenojan fosforikuorman määrästä. Kaakkolamminojan kautta kulkeutuu hieman vähemmän fosforia kuin Kaukjärvenojan kautta, Järvenpäänojan osuuden jäädessä hyvin pieneksi, reiluun kahteen prosenttiin.

2.1.5.2. *Happi ja hapenkulutus*

Alusveden happipitoisuus vuonna 2001 pysyi talven aikana kohtalaisen hyvänä, maaliskuinen kyllästysprosentti 17 metrin syvyydessä oli n. 6 %. Kevätäyskierto tapahtui toukokuun ensimmäisellä puoliskolla. Jo kesäkuun näytteenotossa havaittiin alusveden happipitoisuuden laskeneen melko alhaiseksi, heinäkuussa alimmat kaksi metriä olivat jo hapettomat. Happikato kesti loka-marraskuuhun saakka, hapettoman kerroksen syvyys kasvoi pitkin kesää rajan ollessa n. 14 metrissä elokuusta lokakuuhun. Happipitoisuus oli alle 1 mg/l elo-syyskuussa 10 metriä syvemmissä vesikerroksissa. Syystäyskierto tapahtui marraskuun aikana ja happea siirtyi koko vesipatsaaseen: joulukuun mittauksissa havaittiin 18,5 m syvyydessä happea n. 24% täydestä kyllästysarvosta. Keski-loppukesällä lämpötilan harppauskerros (ollen samalla kiertävän pintakerroksen alarajana) sijaitsi keskimäärin noin viiden metrin syvyydessä.

Vuonna 2002 Kaukjärven talvinen happitilanne oli huonompi kuin edellisenä vuonna: helmi- ja maaliskuussa alimmat metrit olivat hapettomia. Järvi alkoi kerrostua huhtikuun lopussa varsin nopeasti, mutta ehti ilmeisesti kiertää jonkin verran: alusveden happikyllästys nousi 38 % :iin. Kesäkuussa happea oli jäljellä vielä vähän, mutta elokuussa alusvesi oli jo hapeton 18 metristä alaspäin. Hapettomuuden yläraja nousi kesän aikana syyskuun mittauksen 10 metriin. Päälyysvedessä oli heinä-elokuussa havaittavissa ylikyllästyneisyyttä (119% ja 106%) 0-1 m syvyydessä runsaan levätuotannon vuoksi. Lämpötilan harppauskerros siirtyi alkukesän 5-6 m syvyydestä loppukesällä kohti 6-8 metriä. Syystäyskierto oli alkanut lokakuun puolella välissä, mutta aikaisen jäätyminen vuoksi happea ei ehtinyt siirtyä kovinkaan paljon syviin vesikerroksiin: marraskuussa alimmasta metristä mitattiin 18% kyllästysarvo.

Joulukuussa < 17 m syvyydessä happi alkoi olla jo lähellä loppumistaan, myös pintaveden pitoisuus jäi lyhyen kierron takia melko alhaiseksi, ollen noin 7,5 mg/l.

Hapenkulutuskokeen tulokset vuodelta osoittivat orgaanisen aineen hajotusnopeuden olleen pintavedessä alusveden hajotusta nopeampaa avovesikaudella lokakuuta lukuunottamatta. Pohjan läheisten vesikerrosten hajoitustoiminnot vuonna 2001 olivat päällysveden hajotusta tehokkaampia syksyllä ja talvella. 1 metrin näytteissä hajoitusaktiivisuus kasvoi keväällä nopeasti toukokuun alussa, mutta laski sitten toukokuun loppua kohden, kasvaakseen jälleen kohti elokuun huippua. Elokuun jälkeen hapenkulutus aleni nopeasti ollen lokakuussa jo lähellä nollaa. Alusveden hapenkulutus oli sitä vastoin oli tehokkaampaa alkuvuodesta ja tasaantui loppukesää kohden. Tämä kuitenkin selittyy ainakin osaksi alusveden näytteiden happipitoisuuden alhaisuudella. Vuonna 2002 havaittiin hajoituksen olleen tehokkaimmillaan toukokuussa, mutta päällysveden aktiivisuus pysyi korkeana läpi koko kesän ja alkoi pudota vasta elokuussa.

Verrattuna toisen tutkimukseen kuuluneen intensiivijärven (Lempäälän Mäyhäjärven) hapenkulutukseen, hajotusaktiivisuus Kaukjärvässä näyttäisi olevan selvästi alhaisemmalla tasolla. Keskikesän - 01 hapen kuluma 7 vuorokauden kokeen aikana oli Kaukjärven pintanäytteissä noin kolme kertaa alhaisempi kuin Mäyhäjärvässä. Lämpimänä kesänä -02 hajotusaktiivisuus oli suurempaa kuin vuonna -01 molemmissa tutkimusjärävissä.

2.1.5.3. Vesikemia ja veden laatu

Vuonna 2001 päällysveden pH vaihteli 7,1 ja 7,65 välillä, alusveden arvojen ollessa hieman alempia. Talviaikaiset arvot, jotka kuvaavat tilannetta, jossa levien tuotanto ei nosta pH:ta, olivat noin 7,2. Alkaliniteetti, veden puskurikyky pH:n muutoksia vastaan, oli Kaukjärvässä todella korkea; vuoden keskiarvon ollessa 0,42 mmol/l. Korkeaa alkaliniteettiä selittävät varsin korkeat veden kalsiumin ja magnesiumin pitoisuudet. Veteen liuenneiden aineiden määrää kuvaava sähkönjohtokyvyn arvo oli myös korkea (ka 103 mS/cm/25°C), vain Mustialanlammen sähkönjohtavuus oli suurempi. Esimerkiksi rautapitoisuus oli muihin tutkimusjärviin verrattuna korkea. Veden väriarvon mittausta veden runsaan savipartikkelien määrän vuoksi oli vaikeaa, eikä savisameisiin vesiin käytettävän sameusarvon mittaaminen ollut mahdollista. Väriarvot olivat hyvin korkeita, keskimäärin 384 mg/l Pt ja näkösyvyudet vaihtelivat 0,3 m ja 0,7 m välillä.

Kaukjärven ravinnepitoisuudet olivat myös varsin korkeita ja se on luokiteltavissa kaikkien parametrien mukaan reheväksi (eutrofiseksi). Fosfori on selvästi Kaukjärvässä perustuotantoa rajoittava ravinne. Päällysveden kokonaisfosforipitoisuudet vaihtelivat 54-80 mg/m³ välillä, kokonaistyyppipitoisuudet 1014-1519 mg/m³ välillä. Ravinnepitoisuudet olivat korkeimmillaan jääpeitteisenä aikana. Alusveden hapen vähäisyys näkyi eritoten fosforiarvojen kohoamisena, alusveden mitattu vuoden keskiarvo oli yli kaksinkertainen päällysveden keskiarvoon verrattuna. Päällysveden ja alusveden kokonaistyyppipitoisuuksien ero oli melko pieni, mutta happikadot näkyivät alusveden kohonneina ammoniumtyypipitoisuuksina. Täyskiertojen aikainen vesimassojen sekoittuminen ei nostanut merkittävästi päällysveden ravinnepitoisuuksia. Leville suoraan käyttökelpoisen fosfaatti-

fosforin määrä päällyksvedessä oli melko korkea, alhaisimmillaan se oli loppukesällä, jolloin levien määrä ja siten fosfaatin tarve oli suurimmillaan. Piitä vedessä oli melko runsaasti (ka 1655 mg/m³), alhaisimmillaan pitoisuus oli syyskuussa (701 mg/m³). Orgaanisen hiilen pitoisuus Kaukjärvessä oli kohtalaisen matala: humuksen kuormitus on pientä.

Vuonna 2002 päällyksveden pH- arvojen vaihtelu oli suurempaa kuin edellisenä vuonna: 6,92 - 8,92, keskiarvon ollessa 8. Myös alkaniniteetti oli hieman korkeampi, keskimäärin 0,45 mmol/l. Sähkönjohtokyky oli lähes sama (ka 100 mS/cm/25°C) molempina tutkimusvuosina. Sitä vastoin kuiva kesä näkyi erityisesti veden värissä, joka kirkastui syksyä kohden huomattavasti, väriarvot putosivat talviarvoista noin neljännekseen syyskuuhun mennessä. Syyskuussa mitattiin suurin tutkimuksen aikainen Kaukjärvestä havaittu näkösyvyys, 1,2 m. Veden väriä aiheuttavista tekijöistä erityisesti raudan pitoisuus laski päällyksvedessä vuoden 2002 aikana alle kymmenenteen osaan. Väriarvot olivat alusvedessä selvästi kohonneita toukokuusta lokakuuhun, esimerkiksi raudan liuetessa hapettomuuden takia sedimentistä veteen. Orgaanisen hiilen määrä sitä vastoin pysyi suhteellisen vakaana ja samalla tasolla kuin vuonna 2001, eivätkä päällyks- ja alusveden konsentraatiot eronneet juurikaan toisistaan.

Kokonaisfosforin vuotuinen keskiarvo oli 68 mg/m³, kokonaistypen 1092 mg/m³, eli fosforin osalta lähes sama kuin edellisenä vuonna, typpipitoisuuden ollessa selvästi alemman. Epäorgaanisten ravinteiden suhteet olivat hetkellisesti elokuussa sinileviä suosivat: typpi : fosfori- suhde jäi hyvin alhaiseksi. Vastaavaa epäorgaanisen typen kesäaikaista pitoisuuksien laskua ei havaittu vuonna 2001. Tämä saattaa selittää osaksi eroja järven levälajien osuuksissa eri tutkimusvuosina.

Piipitoisuuden keskiarvo pintavedessä (1627 mg/m³) on lähes sama kuin vuonna 2001, mutta vuotuiset vaihtelut olivat v. 2002 suurempia ja piin minimimäärän ajankohta huomattavasti aikaisemmin: alhaisin konsentraatio mitattiin heinäkuussa (264 mg/m³).

2.1.5.4. Kasviplankton ja -tuotanto

Kaukjärven veden sameus aiheuttaa levätuotannolle rajoituksia. Järven päällyksvesi sekoittuu kesäaikana 5-7 metriin, mutta valon vähäisyyden vuoksi tuottavan kerroksen paksuus on vain suurimmillaankin vain n. 3,7 m (1% pintaan tullesta valosta jäljellä = kompensaatiotaso, mitattu elokuussa -02). Näin ollen kasviplankton joutuu aika ajoin veden kiertoliikkeen mukana tuotannon kannalta liian pimeään.

Yhden metrin syvyydestä otetun näytteen kasviplanktonin tuotantopotentiaalin ja kokonaisbiomassan suhde ei kulje Kaukjärvessä aivan rinnatusten: varsinkin alkukesästä biomassaa aliarvioi huomattavasti levien tuotantopotentiaalia. Vaikka leviä on vähän, ne pystyvät sopivien ympäristöolojen vallitessa nopeaan lisääntymiseen ja tehokkaaseen tuotantoon. Sitä vastoin levien elokuusen biomassamaksimin aikana tuotanto on pienempää kuin mitä levien määrän perusteella voisi olettaa. Tällöin levät ovat jo mitä ilmeisimmin ohittaneet aktiivisimman vaiheensa, ja yhteisö vain ylläpitää biomassaansa tai on kuolemassa pois. Tuotantopotentiaali pysyy tasaisempaan kuin biomassaa kasvukauden aikana. Tuotantopotentiaalin huippu mitattiin v. 2001 heinäkuussa, silloin

levät optimiolioissa pystyivät sitomaan hiiltä jopa kymmenkertaisesti oman hiilimassansa verran, noin 700 mg hiiltä/m³/vrk.

Kasviplanktonin kokonaismäärän vuodenaikaisdynamikka oli hieman erilainen tutkimusvuosina: vuonna 2001 järven levämaksimi oli selvästi painottunut loppukesään, vuonna 2002 toukokuussa biomassa oli suurimmillan ja loppukesän piikki jäi selvästi matalammaksi. Molempina vuosina kesä-heinäkuun aikana levien määrissä havaittiin tyypillinen pudotus, joka ei kuitenkaan näytä olevan suorassa yhteydessä veden ravinnepitoisuuteen; ravinnepitoisuuksien minimi olivat myöhemmin kesällä. Molempina tutkimusvuosina biomassat olivat lokakuussa laskeneet alhaisiksi. Vaikka syystäyskierto tarjoaa ravinteita päällysveteen, ei valon määrä enää riitä ylläpitämään tuotantoa. Muihin tutkimusjärviin verrattuna Kaukjärven toukokuun keskimääräinen kasviplanktonbiomassa oli kolmanneksi korkein Kuivajärven ja Pyhäjärven jälkeen. Elokuussa leviä oli enemmän Hulauksessa ja Mustialanlammessa.

Vuonna 2001 Kaukjärvessä sinilevien osuus kasviplanktonyhteisössä jäi hyvin alhaiseksi. Niitä havaittiin pitkin vuotta tasaisen vähäisiä määriä, elokuussakaan niiden osuus ei noussut kuin 4%:iin. Sitä vastoin piilevät olivat tyypillinen avovesikauden ryhmä, niiden alkukesä- ja syysmaksimit muodostivat jopa yli 45% kokonaisbiomassasta.

Piileväyhteisö koostui pääasiassa kookkaista, pitkiä rihmoja muodostavista *Aulacoseira*-suvun levistä. Myös nielulevät olivat tasaisen runsas ryhmä, toukokuussa niiden osuus oli yli puolet kaikista levistä. Myös runsasravinteisia olosuhteita suosivia silmäleviä tavattiin koko vuoden ajan, vaikka niiden osuus ei elokuun 17% maksimia suuremmaksi noussutkaan. Viherlevien määrissä oli suurimmat suhteelliset vuodenaikaiset vaihtelut, lisäksi niiden suuri määrä toukokuussa (97% kaikista levistä) ja elokuussa (40%) koostuivat erityyppisistä lajeista. Toukokuun viherlevämaksimin muodostivat liikuntakyvyttömät suuret koloniaaliset levät, elokuussa taas pienemmät, liikuntakykyiset *Chlamydomonas*- solut. Kaiken kaikkiaan Kaukjärvessä selvän kilpailuedun saavat siimalliset, liikkuvat lajit, jotka voivat yrittää pysytellä vesipatsaan valoisassa pintakerroksessa.

Vuonna 2002 kevään kasviplanktonbiomassahuipun muodostivat *Cryptomonas*-nielulevät (85% kaikista toukokuun levistä), jolloin niiden määrä oli suurin yksittäisen ryhmän muodostama biomassa koko vuoden aikana. Sinilevien osuus oli suurempi kuin edellisenä vuonna, todennäköisesti lämpimän ja tyyneen kesän ansiosta. Suurin sinilevien osuus oli elokuun näytteessä, joka koostui 46 % :sti tämän ryhmän edustajista. Sinilevien runsastuminen alkoi jo kesäkuussa alle kummenen prosentin osuudella, ja niiden runsas esiintyminen jatkui elokuun huipun jälkeen vielä syyskuulle. Sinilevistä runsaimpina tavattiin rihmamaisia sukuja, kuten *Anabaena*, *Limnothrix* ja *Phoridium*. Piilevien osuudet jäivät edellisvuotisista alemmiksi, eikä niille tyypillistä kaksihuipuista kehitystä havaittu. Pikemminkin piilevien määrät alkoivat kohota huhtikuussa, saavuttivat maksiminsa kesäkuussa ja laskivat sitten melko tasaisesti. Jään alta niitä ei tavattu lainkaan. Piileväyhteisö näyttäisi olleen lajistoltaan monipuolisempi jälkimmäisenä tutkimusvuonna, rihmamaisten sukujen lisäksi tavattiin melko runsaasti sentrisiä (pyöreän rasian muotoisia) ja pennaalisia (puikkomaisia ja tähtimäisiä kolonioita

muodostavia) sukuja. Silmälevien avovesiajan osuudet olivat samaa luokkaa kuin edellisenäkin vuonna. Silmälevät näyttävät olevan Kaukjärvessä tyypillisempiä jään alla viihtyviä leviä yhdessä nielulevien kanssa. Ne muodostavat yli puolet järven talvilevästöstä. Viherlevien kevätmaksimi oli hieman aikaisemmin kun vuonna -01, loppukesän piikkiä ei tullut lainkaan. Keväthuipun muodostivat tuttuun tapaan suuret, koloniaaliset viherlevät, sitä vastoin heinä-elokuussa viherlevien joukosta ei noussut yhtään hallitsevaa lajia. Lajisto oli monipuolinen, mutta biomassa jäi alhaiseksi.

Kasviplanktonlajisto Kaukjärvessä oli tutkimusjärvistä toiseksi niukin, vain Mustialanlammesta tavattiin alhaisempi lajilukumäärä. Levälajistoltaan Kaukjärvi ilmentää runsasravinteisuutta: vähäravinteisuuden indikaattorilajeja tavattiin molempina vuosina yksi, runsasravinteisuuden indikaattoreita v. 2001 kymmenen ja 2002 yhteensä 13.

2.1.5.5. Eläinplankton

Kaukjärven eläinplanktonitiheys (yksilöä/l) oli molempina tutkimusvuosina toukokuussa korkeampi kuin muissa järvissä. Toukokuussa 2002 eläinplanktonia oli selvästi enemmän kuin edellisen vuoden vastaavana aikana, mutta eri ryhmien osuudet (2001/2002) olivat molempina vuosina hyvin samankaltaiset: suurin ryhmä oli alkueläimet (49% ja 41%), rataseläinten seuratussa (30% ja 37%). Huomattavin ero muihin järviin kuitenkin oli hankajalkaisten suuri osuus (21% ja 22%).

Myös elokuussa 2002 eläinplanktonitiheys oli suurempi kuin elokuussa 2001 mutta ero ei ollut yhtä suuri kuin toukokuussa. Eläinplanktonryhmien runsaussuhteet eivät olleet loppukesästä yhtä tasaisia kuin alkukesästä; elokuussa 2001 alkueläinten ja rataseläinten osuudet olivat yhtä suuret, 39%, hankajalkaisten osuus oli 17% ja vesikirppuja oli 5% kaikista eläinplanktereista. Vesikirpuista runsain suku oli *Daphnia*. Kokonaiseläinplanktonitiheys oli elokuussa korkeampi kuin Pyhäjärvessä tai Kuivajärvessä, mutta selvästi matalampi kuin Mustialanlammessa.

2.1.5.6. Vesikasvillisuus

Kaukjärven altaan muoto ei suosi runsaan vesikasvillisuuden esiintymistä: jyrkästi syvenevät rannat ja pitkulainen muoto rajoittavat kasvillisuusvyöhykkeen usein hyvin kapeaksi. Lisäksi veden sameus ja etelärannan maaperän laatu näkyvät vesikasvillisuuden vähäisyytenä. Altaan yhtenäinen muoto, jossa ei ole selviä lahdelmia, näkyy myös kasvillisuuden yhdenmukaisuutena koko järven alueella. Järven länsipää vaikuttaa hieman rehevämältä, osin mataluutensa ja loivempien rantojensa ansiosta. Silmiinpistävin piirre kasvillisuuden rakenteessa on ilmaversoisten vähäisyys: vyöhykkeellistä ilmaversoiskasvillisuutta tavattiin suhteellisen niukalti ja melko rajatulta alueelta järven pohjoisrannalta. Yleensä ilmaversoisista runsainta, järviruokoa *Phragmites australis*, tavattiin Kaukjärvessä melko vähän, sen olivat korvanneet leveäosmankäämi *Typha latifolia* ja osittain myös haarapalpakko *Sparganium erectum*. Etelärannan kivikoilla tavattiin lähes yksinomaan terttualpia *Lysimachia thyrsoiflora*. Kelluslehtisistä yleisimmät olivat ulpukka *Nuphar lutea* ja uistinviita *Potamogeton natans*, joista varsinkin jälkimmäinen muodosti melko laajoja yhtenäisiä kasvustoja.

Uposkasveista huomattavan runsas oli ahvenvita *Potamogeton perfoliatus*, joka suosi myös hieman allokkoisempiakin kasvupaikkoja.

Runsasravinteiseksi järveksi Kaukjärven kasvillisuusvyöhykkeet peittivät varsin pienen pinta-alan, yhteensä 3 ha, joka on vain 1,5% koko järven vesipinta-alasta. Ilmaversoisten osuus kaikesta kasvillisuudesta on 56%. Ilmaversoisista runsain on järvikorte *Equisetum fluviatile* 30% osuudellaan kaikesta kasvillisuudesta. Leveäosmankäämi peittää 16% ja järviruoko 6%. Kelluslehtisistä ulpukka peittää 5% ja uistinvita 1,7% kokonaispeittävydestä. Uposlehtisten korkeaa peittävyttä pitää yllä lähes yksin ahvenvita 35% osuudellaan, ollen siis koko järven runsain laji. Pohjaruusukkeellisia lajeja tavattiin suhteellisen vähän, mikä oli varsin odotettavaa veden sameudesta johtuen. Havaittuja pohjaruusukkeellisia lajeja olivat hapsiluikka *Eleocharis acicularis* ja rantaleinikki *Ranunculus reptans*, joista enimmäinen suosii hieman pehmeitä ja jälkimmäinen hiekkaisia/soraisia pohjia. Irtokellujien (pikkulimaskan *Lemna minor* ja sorsansammalen *Ricciocarpus natans*) havaitut esiintymät olivat vähäisiä, ja sijaitsivat ilmaversoiskasvustojen suojissa. Irtokeijuja-lajeja ei kartoituksen yhteydessä havaittu lainkaan.

Osittain Kaukjärven vesikasvilajisto on varsin tyypillinen maatalousvaikutteiselle savikkoalueen järvelle: matalien rantojen osmankäämi-, haarapalpakko-, rantapalpakko *Sparganium erectum*, sarjarimpi- *Butomus umbellatus*, myrkkyykeiso- *Cicuta virosa* ja ratamosarpio- *Alisma plantago-aquatica* kasvustot edustavat rehevien ja sameiden vesien tyypillistä lajistoa. Toisaalta Kaukjärvestä tavattiin muutamia lajeja, jotka yleensä liitetään kirkkaisiin, vähäravinteisimpiin vesiin. Tällaisia ovat mm. siimapalpakko *Sparganium gramineum* ja rantaleinikki. Kaukjärvestä ei havaittu vesistöreitit alemmista järvistä löydettyjä, hyvin tehokkaaseen leviämiseen kykeneviä lajeja kuten isosorsimoa *Glyceria maxima* tai vesiruttoa *Elodea canadensis*.

Yhteensä Kaukjärvestä havaittiin kartoituksen yhteydessä 32 kasvilajia, joista yksikään ei ilmentänyt ympäristönsä vähäravinteisuutta. Vähä-keskiravinteisuuden ilmentäjiä oli neljä lajia (terttualpi, rantaleinikki, ranta- ja hapsiluikka), keski-runsasravinteisuuden ilmentäjiä kuusi lajia (kurjenmiekkä *Iris pseudacorus*, pikkulimaska, ratamosarpio, rantapalpakko, leveäosmankäämi, ruokohelpi *Phalaris arundinacea*) ja runsasravinteisuuden ilmentäjälajeja neljä kappaletta (tylppälehtivita *Potamogeton obtusifolius*, haarapalpakko, kapeaosmankäämi *Typha angustifolia* ja sarjarimpi).

Nykyisessä tilanteessa vesikasvillisuudesta ei ole suurempaa haittaa järven virkistyskäytölle.

2.1.5.7. Kalasto

Vuoden 1998 koekalastuksissa yksikköverkkosaalis oli n. 2,05 kg kalaa. Särkikalojen osuus oli tuolloin (paino) kokonaissaaliista 51%, ahvenkalojen 40%. Muikkua oli 2% kokonaissaaliista. Kuhan osuus saaliista oli noin 20%. Kaukjärvestä saaliiksi saatujen muikkujen keskikoko oli suurempi kuin Pyhäjärvestä tai Kuivajärvestä. Myös Kaukjärven kuhat olivat keskimäärin suurempia kuin Kuivajärvestä. Koeverkkoon tarttui

yhteensä 8 kalalajin edustajia: ahventa, kiiskeä, kuhaa, lahnaa, muikkua, salakkaa, särkeä ja pasuria (Lappalainen & Huttunen 1998).

Vuonna 2001 uudelleen koekalastetusta Kaukjärvestä nousi kalaa keskimäärin vain 0,7 kg/verkko, mikä on rehevälle järvelle hyvin alhainen saalis. Särkikalajien (paino)osuus oli pysytellyt lähes samana kuin edellisessä kalastuksessa: 54%. Yksilömäärinä mitattuna osuus on kuitenkin suurempi, 74%. Ahvenkalajien osuus oli 45% (yksilöinä 24%), joista suurimman osan muodosti kuha 37% osuudellaan kokonaissaaliista. Muikun osuus kokonaissaaliista sitä vastoin oli hieman alentunut, 1,3%. Verkoista löytyivät samat lajit kuin edellisessä koekalastuksessa (Ala-Opas 2002).

Kaukjärven petokalajien suhde ”roskakaloihin” on varsin hyvä: noin 40% kokonaissaaliin painosta koostui petokaloista. Ahvenkannat olivat poikkeuksellisen huonot, ilmeisesti laji kärsii voimakkaasta savisamennuksesta. Särkikalajoista särki oli painona mitattuna tärkein laji, mutta salakan yksilömäärät olivat särkeä runsaammat. Vaikka järveen on istutettu sekä haukea että siikaa, ei ks. lajeja saatu verkkoihin lainkaan.

2.2. Mustialanlammi

2.2.1. Järvi ja valuma-alue

Mustialanlammi on Kaukjärven alapuolinen pieni järvi. Toisistaan järviä erottaa vain kapea kannas. Kuten Kaukjärvessä, myös Mustialanlammessa vesi on savisameaa ja runsasravinteista. Pienempää pinta-alaa (23 ha, suurin pituus 1000 m, suurin leveys 340 m, rantaviivaa 2,5 km) lukuunottamatta Mustialanlammen ja Kaukjärven ulkoiset ominaisuudet ovat saman tyyppisiä: jyrkät rannat ja valuma-alueen erityispiirteet (jyrkkä harjumuodostuma etelärannalla, peltovaltaisuus pohjoisrannalla). Lammen pohjoisrantaan laskevaan Riuskanojan alapäähän, Mustialan maatalousoppilaitoksen vanhan jätevesien laskeutusaltan paikalle, on EU-Life- projektin tiimoilta rakennettu laskeutusallas ja kosteikkosysteemi vuonna 2000, joka vähentää ojan lampeen tuomaa ravinne- ja kiintoainekuormitusta. Loma-asutus lammen rannalla on melko vähäistä, ja oppilaitoksen jätevesien lasku lampeen on lopetettu. Pienestä koostaan huolimatta Mustialanlampi on varsin syvä: suurin mitattu syvyys on 17 m. Suuri syvyys, pieni pinta-ala, tuulilta suojainen sijainti harjun alla ja vanha kuormitushistoria näkyvät lammen varsin vakavina alusveden happiongelmina.

Ojasedimentteistä otetut (Riuskanoja) viljavuusfosforipitoisuudet olivat varsin korkeita erityisesti järven lähetyvillä, tosin alimmassa näytepisteessä pitoisuus oli hieman alempi kuin yläjuoksun seuraavalla pisteellä (Life-hanke). Ojan pohja siis ilmeisesti pidättää materiaalia, ainakin ajoittain. Järven pohjasta mitatut viljavuusfosforipitoisuudet olivat ranta-alueilla (kaksi pistettä) melko matalat, mutta syvännepisteessä korkeampi kuin vastaava Kaukjärven syvännehavainto.

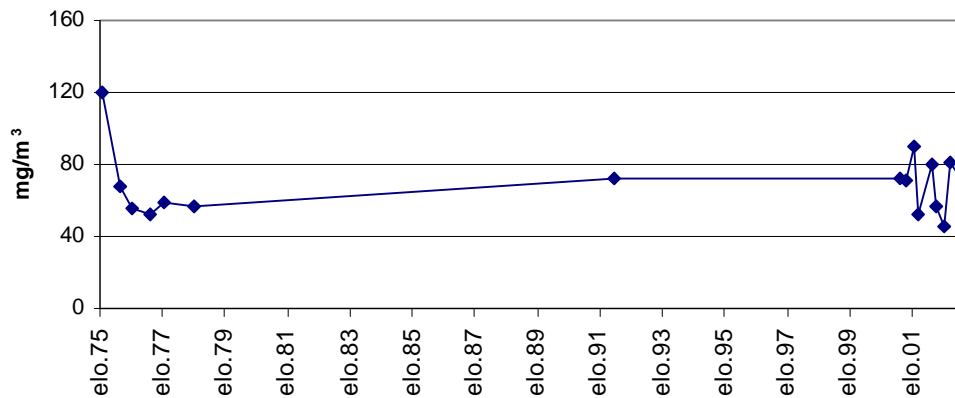
2.2.2. Veden laadun vaihtelu ja muutokset 1968-2000

Mustialanlammen veden laatua on seurattu vuodesta 1968 (yksi näytteenotto), 1970-luvulla näytteitä otettiin vuosittain yleensä kahdesti vuodessa (kerran vuodessa 1974 ja

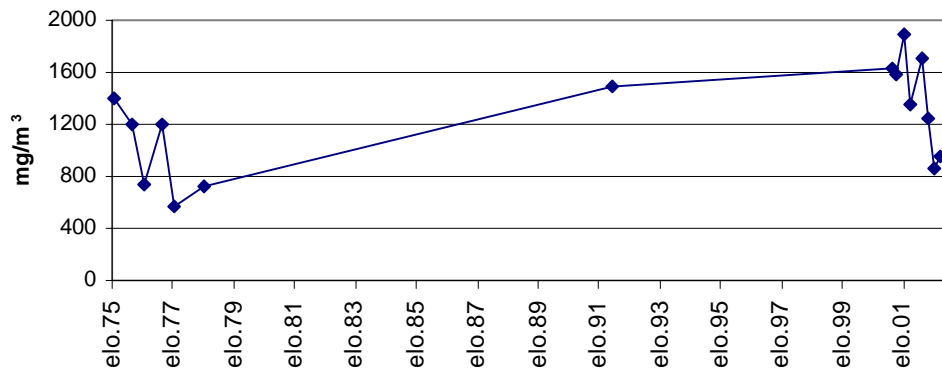
1978) 1971-1978. 1980- luvulla seurantaa ei ollut, 1990- luvulta on tulos vain vuodelta 1992. Lampeen laskevan Riuskanojan veden laatua on seurattu 1999-2000.

Järven ravinnepitoisuudet ovat vaihdelleet jonkin verran seuranta-ajanjakson aikana, mutta näytteiden vähäinen määrä ei anna aihetta pitkälle meneviin päätelmiin pitkän aikavälin muutoksista (Kuva 7). Kokonaisfosforipitoisuus on muutamaa poikkeusta lukuunottamatta pysytellyt 40-80 mg/m³ välillä. Tuoreemmista tuloksista näyttäisivät alle 800 mg/m³ -kokonaistyyppipitoisuudet puuttuvan kokonaan.

Mustialanlammi, kokonaisfosfori, 1m



Mustialanlammi, kokonaistyyppi, 1m



Kuva 7. Mustialanlammen päällysveden (1m) ravinnepitoisuuden vaihtelu

Alusvedestä otetuista näytteistä mitatut kokonaisfosforipitoisuudet olivat noin 2-100-kertaisia päällysveden pitoisuuksiin verrattuna. Korkeimmat alusveden P-pitoisuudet on mitattu 1970- luvun alkupuolella. Alusveden tyyppipitoisuuden suhde päällysveden pitoisuuksiin ei ole noussut missään vaiheessa yhtä korkeaksi, suurimmillaankin alusvedessä oli tyyppiä noin neljä kertaa enemmän.

Liuenneiden sähköä johtavien aineiden määrästä kertovan sähkönjohtavuusarvojen maksimiarvot (180 mS/cm/25°C) ajoittuivat 1970-luvun puoleen väliin. Yleisesti ottaen sähkönjohtokyvyn tulokset ovat pyörineet n. 130 mS/cm/25°C tietämällä, ollen siis jonkin verran korkeammalla tasolla kuin Kaukjärvessä. pH-arvot ovat vaihdelleet 6,7-10,2 välillä, korkeiden arvojen kertoen järven levätuotannon olleen hyvin suurta jo 1970-luvulla. Levien määrästä kertovia klorofyllimittauksia Mustialanlammesta ei ole tehty.

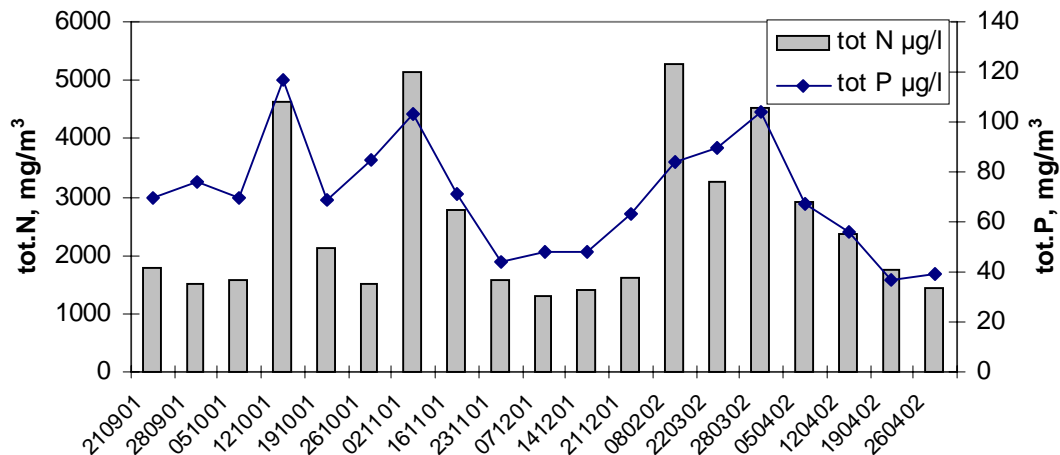
Happitilanne järvessä on ollut huono koko tarkkailuajanjakson ajan: alusveden happipitoisuus on ollut jokaisen mittausajankohdan aikana < 1 mg/l. Päälyysvedessä sitä vastoin on havaittu hyvinkin korkeita (128 %) ylikyllästystilanteita avovesikausilla, mikä myös osaltaan kertoo levien määrän olleen korkea ks. ajankohtana.

Riuskanojansta mitatut kokonaisfosforipitoisuudet (viisi näytettä) vaihtelivat ajanjaksolla 1999-2000 välillä 59-220 mg/m³, typpipitoisuuksia oli mitattu vain kolme kertaa vuonna 2000, jolloin vaihteluväli oli 5800-10000 mg/m³. Riuskanojan tuoma vesi oli siis fosforin osalta n. kaksi kertaa ja typen osalta jopa kymmenen kertaa väkevämpää kuin järven päällyysvesi.

2.2.3. Mustialanlammen tilanne 2000-luvun alussa

2.2.3.1. Riuskanojan kuormitus

Riuskanojan ravinnepitoisuuksia seurattiin 2001 syksyllä ja 2002 keväällä valuman ollessa korkeimmillaan. Kokonaisravinnepitoisuuksien vaihtelu seurantajakson aikana on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Riuskanojan kokonaisravinnepitoisuuden vaihtelu syksyllä 2001 ja keväällä 2002.

Puron ravinnepitoisuudet ovat keskimäärin selvästi matalampia kuin 1999-2000 mitatut. Toisaalta ravinteiden kulkeutuminen puroissa on hyvin paljon riippuvaista hetkellisistä virtausoloista, joten tulokset eivät ole suoraan vertailukelpoisia.

Riuskanojasta mitattu maksimivirtaama oli vuonna 2002 230 l/s, joten puron virtaama on varsin huomattava ja aineiden (ravinteiden, kiintoaineen ym.) kulkeutumiskapasiteetti on samalla tasolla kuin Kaukjärven Kurjenojassa.

2.2.3.2. Happi

Vuonna 2001 Mustialanlammen alusvesi oli jokaisella mittauskerralla hapeton 9-10 metrin syvyydestä alaspäin. Kevät- ja syystäyskierto ulottuivat noin 5-6 metrin syvyyteen. Elokuussa Mustialanlammen pintavedessä (0-1 m) havaittiin hyvin runsas hapen ylikyllästystila (160-120%) johtuen kasviplanktonin, lähinnä sinilevien massaesiintymän, suuresta tuotannosta ja yhteyttämisestä.

Maaliskuussa 2002 oli alusvesi hapeton n. 6 metriin saakka, mutta päällyksvedessä oli happea oli jäljellä 60-70% :a maksimaalisesta kyllästysarvosta. Edellisen vuoden tapaan kevättäyskierto jäi vaillinaiseksi: hapettoman veden raja jäi kuuteen metriin ja viiden metrin syvyys sai happilisäystä n. 5 mg/l. (3% → 40% kyllästys). Kerrostuminen tapahtui hyvin nopeasti, jo toukokuussa yhden ja kahden metrin välillä lämpötila laski viisi astetta. Nopeaa kerrostumista edesauttaa järven pieni koko ja veden sameus, jolloin pintavesi lämpenee nopeasti. Pintavesi, 0-1m, oli molemmilla kasvukauden mittaushetkillä korkean levätuotannon takia hapen suhteen ylikyllästynyttä (115-119%). Elokuussa hapeton alusvesi alkoi jo kolmen metrin syvyydessä. Syystäyskierto sitä vastoin onnistui paremmin vuonna -02 kuin -01: jopa 15 metrin syvyydestä mitattiin 0,4 mg/l happipitoisuus (3,4%) ja 12 metristä ylöspäin happea oli varsin runsaasti (yli 7 mg/l).

2.2.3.3. Vesikemia ja veden laatu

Vuonna 2001 pH-arvot Mustialanlammessa vaihtelivat hyvin paljon tuotannon määrästä riippuen välillä 7,16 - 9,56. Korkein päällyksveden arvo mitattiin elokuussa, jolloin järvessä oli huomattava sinilevien massaesiintymä. Alusveden arvot olivat tasaisemmat ja maaliskuun näytettä lukuunottamatta päällyksveden arvoja matalammat. Mustialanlammen alkaliniteetti ja sähkönjohtokyky olivat korkeita, (korkeampia kuin Kaukjärvessä). Alkaliniteetin vuotuinen päällyksveden keskiarvo oli 0,58 mmol/l, sähkönjohtokyvyn 124 mS/cm/25°C. Kalsiumin, magnesiumin ja raudan pitoisuudet olivat Kaukjärven pitoisuuksia korkeampia. Myös Mustialanlammessa savipartikkelit häiritsivät veden väriarvon mittausta, saadut päällyksveden arvot ovat samaa suuruusluokkaa tai hieman korkeampia (ka 284 mg/l Pt) kuin Kaukjärvessä. Poikkeuksen muodostaa elokuu, jolloin Mustialanlammessa veden väriarvo oli laskenut huomattavasti. Näkösyvyudet vaihtelivat 0,4-0,6 metrin välillä.

Ravinnepitoisuudet olivat korkeita, Mustialanlammi on luokiteltavissa fosforin perusteella runsasravinteiseksi (eutrofiseksi), mutta typpipitoisuuden korkeus viittaa jo ylirehevyyteen (hypertrofisuuteen). Järven perustuotanto on hyvin selvästi fosforirajoitteista. Päällyksveden kokonaisfosforipitoisuus vaihteli 52-90 mg/m³ välillä, kokonaistyppipitoisuus 1361-1893 mg/m³ välillä. Typpipitoisuudet ovat Mustialanlammessa selvästi korkeampia kuin yläpuolisen Kaukjärven vastaavat arvot, fosforipitoisuuksissa järvien välinen ero ei ollut merkittävä. Loppukesällä pintaveden epäorgaanisten typpiyhdisteiden pitoisuudet olivat varsin alhaiset, jolloin matala typpi :

fosfori- suhde saattaa suosia sinilevien esiintymistä. Alusveden ravinnepitoisuudet olivat selvästi korkeampia kuin päällysveden, ero oli suurempi kokonaisfosforin kuin -typen osalla. Typhen fraktioista ammoniumin määrät olivat hapettomissa vesissä paljon päällysvettä korkeammat, lokakuussa jopa noin tuhatkertaiset. Leville käyttökelpoisen fosfaatti-fosforin määrät olivat vain hieman matalammat kuin Kaukjärvässä, matalimmillaan elokuun tuotantohuipun aikana. Piilevien vähäisyyden takia piipitoisuudet pysyivät melko tasaisina läpi alkuvuoden (ka 1964 mg/m³), lokakuussa mitattiin selvä pitoisuuden lasku. Orgaanisen hiilen pitoisuus oli hieman korkeampi kuin Kaukjärvässä, ja sen vuodenaikaisen runsauden dynamiikka oli hieman erilainen: kun Kaukjärven hiilipitoisuus laski kesällä, oli Mustialanlammessa tilanne päin vastoin.

Vuonna 2002 päällysveden pH vaihteli välillä 7,05-8,57, ja keskiarvo (8,06) jäi selvästi alemmaksi kuin edellisenä vuonna. Alkaliniteetin vuoden keskiarvo oli 0,69 mmol/l, eli hieman korkeampi kuin v. 2001. Sähkönjohtavuuden keskiarvo, 128 mS/cm/25°C, oli hyvin lähellä edellisvuotista, mutta kuten Kaukjärvässä, pintaveden väriarvot olivat selvästi alhaisemmat jälkimmäisenä tutkimusvuonna. Näkösyvyys oli suurin elokuussa, 1,1 m, kun se alhaisimmillaan oli vain 40 cm. Kuivan kesän aiheuttama valunnan ja valuma-alueelta tulleen materiaalin vähäisyys näkyi loppukesän ja syksyn näytteissä. Alusveden vähähappisuus vaikutti syvempien näytteiden johtokyky-, väri-, kationi- ja ravinnepitoisuuksiin niitä korottaen. Orgaanista hiiltä oli päällysvedessä enemmän kuin alusvedessä. Hiilen pitoisuus oli hieman alempi kuin vuonna 2001.

Päällysveden kokonaisfosforipitoisuuksien keskiarvo oli 66 mg/m³, kokonaistypen 1190 mg/m³, eli molemmat arvot jäivät alle vuoden 2001 keskiarvojen. Kuten Kaukjärvässä, myös tässä tutkimusjärvässä typpipitoisuuden lasku oli merkittävämpi. Epäorgaanisten tyyppiyhdisteiden vuodenaikaisdynamiikassa oli myös vuosien välisiä eroja: ammoniumtyyppiä oli hieman enemmän kaikkina vuoden 2002 näytteenottokertojen aikana, suurimmillaan ero oli lokakuussa. Sitä vastoin nitraatti- ja nitriittityypin pitoisuudet olivat hieman alhaisempia toisena tutkimusvuonna. Fosfaattifosforia oli lähes saman verran kuin vuonna 2001. Piin pitoisuuden vuoden keskiarvo (1825 mg/m³) oli samalla tasolla molempina vuosina, mutta vuonna 2002 minimiarvot mitattiin elokuussa.

2.2.3.4. Kasviplankton

Mustialanlammen savisamea vesi aiheuttaa sen, että levien tuotanto on mahdollista vain suhteellisen lähellä pintaa. Toisaalta pienessä järvässä myös kiertävän päällysveden kerros oli myös melko matala, n. 2-4 m, joten suuri osa kiertävästä kerroksesta on myös levätuotantoon soveltuvaa (> 1% pintaan tulleesta valosta jäljellä). Mustialanlammen hapeton ja runsasravinteinen alusvesikerros ulottui melko lähelle tuottavan ja kiertävän kerroksen alarajaa, joten liikuntakykyiset ja vaeltavat levälajit hyötynevät mahdollisuudesta käydä täydentämässä ravinnevarastojaan. Tuulelta ja aallokolta suojaisessa järvässä nopeasti vajoavat, raskaat lajit kärsivät.

Vuonna 2001 silmiinpistävin piirre Mustialanlammen kasviplanktonin runsauksissa oli elokuussa havaittu sinilevien massaesiintyminen; ne muodostivat silloisesta kasviplanktonbiomassasta yli 98%, ja leväbiomassa oli lähes kaksikymmenkertainen verrattuna samana päivänä Kaukjärvestä otettuun näytteeseen. Elokuisen

sinileväesiintymän ehdottomasti runsain laji oli *Aphanizomenon flos-aquae*. Vielä lokakuussa sinileviä oli varsin runsaasti, mutta vallitseva suku oli vaihtunut toiseksi (*Phoridium*). Piilevät eivät olleet Kaukjärven tapaan kovin runsas ryhmä, toukokuussa niiden osuus oli suurimmillaan, n. 15%. Kesäkerrostuneisuuden aikana niitä ei tavattu juuri lainkaan. Nielulevät liikuntakykyisinä olivat edustettuina koko vuoden ajan, ollen sinilevien jälkeen toiseksi runsain ryhmä. Talvella ne muodostivat selvästi suurimman ryhmän, silmälevien ollessa huomattavasti vähälukuisempia talvileviä. Sitä vastoin silmälevät olivat elokuussa sinilevien jälkeen selvästi runsain ryhmä *Trachelomonas*-suvun voimin. Viherlevien edustus jäi koko vuoden ajan melko vaatimattomaksi.

Vuonna 2002 ei havaittu elokuussa saman kokoluokan sinileväesiintymää. Toisaalta lämmin ja vähätuulinen kesä ehkä aikaistivat levien vuodenaikaiskiertoa, jolloin sinilevämaksimi saatettiin ohittaa elokuuhun mennessä. Vuoden -02 elokuinen levien kokonaisbiomassa oli vain vähän korkeampi kuin Kaukjärnessä. Elokussa sinilevien osuus oli n. 38% kaikista levistä, jolloin runsaita olivat myös panssarilevät (23%) ja viherlevät (19%). Panssari- ja viherleväryhmien biomassat muodostuivat käytännössä katsoen yksittäisten lajien massaesiintymistä: panssarilevien suurikokoisen *Ceratium hirundinellan* ja viherlevien pienten, siimallisten *Carterian*. Koko vuonna ei havaittu sinilevien joukosta lainkaan *Aphanizomenonia*. Toukokuussa selvästi runsain ryhmä olivat nielulevät, sini- ja piilevien seuratussa. Piilevästö poikkesi huomattavasti Kaukjärven lajistosta: Mustialanlammesta puuttuivat toukokuuta lukuunottamatta rihmamaiset lajit lähes kokonaan, ja tilalla oli ennen kaikkea puikkomaisia lajeja, kuten *Fragillaria* ja *Asterionella* sekä pitkäpiikkisiä *Rhizosolenia*-soluja. Erot lajistossa selittynevät järvien päällysveden kiertosysteemin eroilla: Mustialanlammen vähäaallokkoisissa oloissa pärjäävät paremmin kevyet ja pinta-alaltaan suuret lajit, jotka vajoavat hitaammin. Lokakuussa nielulevät ja pienet kodalliset ja siimalliset kultalevät olivat biomassaltaan suurimmat ryhmät. Silmälevillä ei tänä vuonna havaittu biomassapiikkejä.

Mustialanlampi oli selvästi vähälajisin tutkimusjärvi. Veden runsasravinteisuus näkyy myös lajistokoostumuksessa: vain yksi laji ilmensi vähäravinteisuutta, runsasravinteisuutta indikoivia lajeja havaittiin ensimmäisenä tutkimusvuonna 5, jälkimmäisenä 9.

2.2.3.5. Eläinplankton

Mustialanlammessa oli toukokuun näytteenottojen aikana eläinplanktonia toiseksi eniten, vain Kaukjärnessä tiheys oli suurempi. Rataseläimet olivat keväällä vallitseva ryhmä (45% ja 60%), alkueläimiä oli seuraavaksi eniten (31% ja 28%). Hankajalkaisten osuus oli vuonna 2001 22%, seuraavana keväänä vain 12%. Vesikirppujen vastaavat osuudet olivat 2% ja 0%. Lukumääräisesti suuria eläinplanktereita (hankajalkaisia ja vesikirppuja) oli Mustialanlammessa selvästi vähemmän kuin Kaukjärnessä samaan aikaan.

Loppukesän kokonaiseläinplanktontiheys oli Mustialanlammessa molempina vuosina selvästi korkeampi kuin muissa tutkimusjärvissä. Elokuiset planktontiheydet tuntuivat vaihtelevan hyvin paljon, vuonna 2002 Mustialanlammesta laskettiin yli kolme kertaa enemmän eläinplanktonia kuin samaan aikaan vuonna 2001. Molempina vuosina merkille

pantavaa oli rataseläinten ehdoton dominointi, niiden lukumääräosuus kaikesta eläinplanktonista oli 96% ja 79%. Sitä vastoin vesikirppuja oli hyvin vähän, niiden määrä ei kummassakaan elokuisessa näytteessä noussut edes yhteen prosenttiin. Hankajalkaisia oli vuonna 2002 enemmän kuin muissa järvissä, vuonna 2001 tiheys oli suurin piirtein samalla tasolla kuin muissakin järvissä.

2.2.3.6. Vesikasvillisuus

Mustialanlammen kasvillisuus on jonkin verran runsaampaa kuin yläpuolisen Kaukjärven. Erityisesti kelluslehtisten merkitys on suurempi, mikä selittyy pitkälti järven pienellä koolla ja siksi vähäisellä allokoinnilla. Ilmaversoisia on huomattavan niukasti. Kasvillisuus on selvästi runsaampaa järven matalammalla ja pohjan laadultaan hienojakoisemmalla pohjoisrannalla kuin kivikkoisella ja jyrkällä harjun alaisella etelärannalla. Kaukjärvestä laskevan puron laskupaikka erottuu ympäristöstään selvästi rehevämpänä kohtana. Veden vahva savisamennus rajoittaa vesikasvillisuuden esiintymistä.

Kaikkien vyöhykkeellisten kasvustojen yhteispinta-ala Mustialanlammessa oli 1,4 ha, joka vastaa noin 6% osuutta järven vesipinta-alasta. Ilmaversoisten osuus vesikasvillisuudesta on vain 3,4%. Ilmaversoista selvästi runsain oli leveäosmankäämi *Typha latifolia* 16 % osuudellaan, järvikorte *Equisetum fluviatile* (0,6%) ja sarat *Carex* sp. (0,5%) ovat seuraavaksi yleisimpiä ilmaversoisia huolimatta pienestä peittävyysprosentistaan. Mustialanlampi kuuluu niiden ”harvinaisten” järvien joukkoon, jossa ei kasva järviruokoa *Phragmites australis* lainkaan. Kelluslehtisistä ylivoimaisesti yleisin ja samalla järven runsain kasvilaji oli ulpukka *Nuphar lutea* n. 60 % osuudella. Uistinvidan *Potamogeton natans* peittävyysprosentti oli n. 16% ja rantapalpakon *Sparganium emersum* 2%. Kuten Kaukjärvessä, ahvenvita *Potamogeton perfoliatus* on myös Mustialanlammen yleisin uposkasvilaji. Sen peittävyys on 19% kokonaispeittävydestä, joten ahvenvidalla on toiseksi laajimmat kasvustot heti ulpukan jälkeen. Pohjaruusukkeellisia lajeja tavattiin hyvin vähän, hapsiluikka *Eleocharis acicularis* oli ainoa elomuotonsa edustaja. Irtokelluja suosiva veden korkea ravinnepitoisuus ei näkynyt kuitenkaan ks. lajien runsautena: ilmeisesti ilmaversoiskasvustojen muodostamien suojaisten kasvupaikkojen puute haittaa kellujen runsastumista. Kartoituksessa havaitut irtokellujat pikkulimaska *Lemna minor* ja kilpukka *Hydrocharis morsus-ranae* löytyivät Kaukjärven laskupuron vaikutuspiiristä, samoin kuin rehevässä kasvuympäristössä viihtyvä uposkasvi tylppälehtivita *Potamogeton obtusifolius*.

Vesikasvilajisto on luonnollisesti hyvin samankaltainen yläpuolisen Kaukjärven kanssa: Mustialanlammesta tavattiin kolme lajia, joita ei Kaukjärvestä löydetty. Toisaalta Kaukjärvessä oli neljä lajia, jotka eivät kuulu Mustialanlammen lajistoon. Havittujen lajien kokonaislukumäärä on järven pienen koon huomioon ottaen varsin korkea 28. Kuten kasvustot, myös lajirunsaus on jakaantunut varsin selvästi lajirikkaaseen pohjoisrantaan ja köyhään etelärantaan: etelärannalta tavattiin pääasiassa kuivanmaan puolella kasvavia lajeja (mm. alpit *Lysimachia* sp., rantakukka *Lythrum salicaria*, vehka *Calla palustris* ja myrkykeiso *Cicuta virosa*), kun pohjoisrannalla tyypillisiä lajeja

edellisten lisäksi ovat esim. keltakurjenmiekka *Iris pseudacorus*, leveäosmankäämi, rantapalpakko, kurjenjalka *Potentilla palustris* ja sarjarimpi *Butomus umbellatus*.

Mustialanlammin kasvilajisto indikoi varsin selkeästi veden runsasravinteisuutta: runsasravinteisuuden ilmentäjälajeja tavattiin neljä kappaletta (haarapalpakko *Sparganium erectum*, tylppälehtivita, kilpukka, sarjarimpi), keski-runsasravinteisuutta ilmentäviä seitsemän lajia (ruokohelvi *Phalaris arundinacea*, leveäosmankäämi, rantapalpakko, pikkuvita *Potamogeton berchtoldii*, ratamosarpio *Alisma plantago-aquatica*, pikkulimaska *Lemna minor*, keltakurjenmiekka), keski-vähäravinteisuutta kolme lajia (terttualpi *Lysimachia thyrsoiflora* sekä hapsi- ja rantaluikka *Eleocharis palustris*).

2.2.3.7. Kalasto

Mustialanlammen kalastoa ei kartoitettu vuonna 1998, joten tulokset koskevat vain vuotta 2001 (Ala-Opas 2002).

Kokonaisyksikkösaalis verkkoa kohden oli n. 1,7 kg, mikä on yli kaksinkertainen Kaukjärveltä saatuun saaliiseen. Särkikalajien paino-osuus kokonaissaaliista oli korkeampi kuin Kaukjärvessä, 71%. Ahvenkalajien osuus jäi vain 29%:iin. Yksilömäärinä mitattuna tilanne oli vielä enemmän särkikalavoittoinen. Petokaloiksi laskettavia kaloja oli 20% kokonaissaaliista, eli tilanne oli huonoin tutkimusjärvien joukossa. Kuhan paino-osuus kokonaissaaliista oli 15%, muikun 0,2%. Kuhan luontainen lisääntyminen onnistuu järvessä. Särki oli saalispainoltaan selvästi runsain laji, mutta kuten Kaukjärvessäkin, salakka nousi yksilömäärissä hivenen särjen edelle. Ahvenen ja särjen osalta Mustialanlammen saaliskalat olivat keskimäärin pienempiä kuin Kaukjärvessä. Lajistoltaan Mustialanlampi on samanlainen kuin yläpuolinen Kaukjärvi; samat kahdekan lajia löytyivät molemmista järvistä.

2.3. Kuivajärvi

2.3.1. Järvi ja valuma-alue

Kuivajärvi on suurehko pohjois-eteläsuuntainen järvi, joka poikkeaa Kaukjärvestä ja Mustialanlammesta ennen kaikkea veden selvän humusvaikutuksen (punaruskean värin) johdosta. Pinta-alaltaan Kuivajärvi on 830 hehtaaria, suurimman pituuden ollessa 7 km ja suurimman leveyden 1,7 km. Rantaviivaa järvessä on 22,6 km. Suuresta pinta-alasta huolimatta Kuivajärvi on melko matala; suurin syvyys on 10 metriä. Keskisyvyys jää vain 2,4 metriin, sillä järvessä on laajoja matalia lahdelmia. Syvänte on selvärajainen ja kooltaan suhteellisen pieni. Kun järviketjun yläpuoliset tutkimusjärvet olivat jyrkkärantaisina niukkoja kasvillisuudeltaan, leimaa Kuivajärveä laajat kasvittuneet ranta-alueet. Järven pohjoispään matalat Joensuunlahti ja Venesillanlahti kuuluvat valtakunnalliseen lintuvesiensuojeluohjelmaan sekä Natura 2000 –verkostoon.

Kuivajärvi saa vetensä pohjoisessa toisaalta Mustialanlammen kautta Kaukjärvestä ja toisaalta Myllyojan ja Pehkijärven kautta suurelta, varsin runsaasti turvemaita kattavalta alueelta. Järven eteläpäähän laskee myös joki joka kerää vetensä laajalta alueelta toisaalta

Liesjärven metsäalueelta ja toisaalta Portaan alueen viljelysmailta. Yläpuolisissa järviketjuissa on monia järviä, Kuivajärvi onkin vasta kahdeksas järvi pisimmässä ketjussaan.

Laajalla valuma-alueella on monipuolinen maankäyttö. Myös ranta-asutus on melko runsasta, tosin se on jakaantuneena varsin epätasaisesti järven eri osiin: Kuivajärven itäranta on huomattavasti tiheimmin asutettu kuin länsiranta. Suurin osa rannan välittömässä läheisyydessä olevasta asutuksesta on vapaa-ajanasuntoja. Kuivajärven rantojen käyttömuodoista huomion ansaitsee myös rantalaidunnus, joka muokkaa rantojen maisemaa ja vaikuttaa myös vesikasvillisuuteen. Kuivajärven ja Pyhäjärven välisen kannaksen muodostaa Kaukolanharju, joten on oletettavaa, että myös Kuivajärven vedenvaihdosta tapahtuu pohjaveden kautta.

Ojasedimenteistä mitattiin korkeita tai erittäin korkeita viljavuusfosforipitoisuuksia toisaalta Mustialasta päin tulevasta Alhonojasta, toisaalta Portaasta tulevasta Turpoonjoesta. Em. jokien näytepisteiden välinen vaihtelu oli kuitenkin melko suurta. Myös Saaren ja Hykkilän peltoalueilta tulevien pikkupurojen/ojien pohjasedimentissä oli korkeat ravinnepitoisuudet (Life-hanke).

2.3.2. Sedimentit ja kuormitus sekä kuormitushistoria (Haapasilta 1999)

Kuivajärvessä laskennallisen kulumis- (eroosio-) ja kulkeutumisvyöhykkeen (transportaatio-) välinen raja on järven molemmissa päissä n. 2 m syvyydessä, ja järven keskiosissa ja sivustoissa, missä tuulen maksimaalinen vaikutus on pienempi, n. 1,6 metrissä. Vastaavasti kulkeutumisvyöhykkeen vaihtuminen kerrostumisvyöhykkeeksi (akkumulaatiopohja) tapahtuu noin 3,8-4,7 m syvyydessä.

Kuivajärven pohjasedimenttiprofiili koostuu ylimmästä harmahtavasta, savisesta hienodetritusliejusta ja alemmasta ruskeanharmaasta homogeenisestä hienodetritusliejusta. Pintaosan muuttunut kerros oli osin sulfidin värjäämää, mutta ei kuitenkaan vuosilustollista kuten Kaukjärvessä. Muuttuneen kerroksen paksuus oli jopa yli 70 cm, mikä kertoo Kuivajärvessä sedimentaationopeuden olevan nopeaa.

Kuivajärven sedimentin laatu vaihtelee vain vähän, mutta syvänteen akkumulaatioalue erottuu kuitenkin muusta alueesta mm. suuremman fosforipitoisuutensa ansiosta. Järven pinta-alasta kuitenkin yli 40% kuuluu transportaatiovyöhykkeeseen, ja molemmissa päissä on matalat, hienojakoisen liejun peittämät winnowing- vyöhykkeet. Järven pohjoispään sedimentti sisältää orgaanista ainesta niin paljon, että se on turvemaista. Myös fosforia on pohjoisrannan pohjalla enemmän kuin eteläisessä lahdellmassa.

Kuivajärven sedimentti pystyy vielä varastoimaan itseensä ravinteita, ja fosforia poistuu pois vesimassan kierrosta sedimentaation kautta. Sedimentin fosfori on pääosin niukkaliukoista, kalsiumiin sitoutunutta. Järven pohjoispään fosfori on sitoutunut enemmän orgaaniseen muotoon, mikä kertoo alueen suuresta tuotannosta ja tehokkaasta ravinteiden käytöstä ks. alueella.

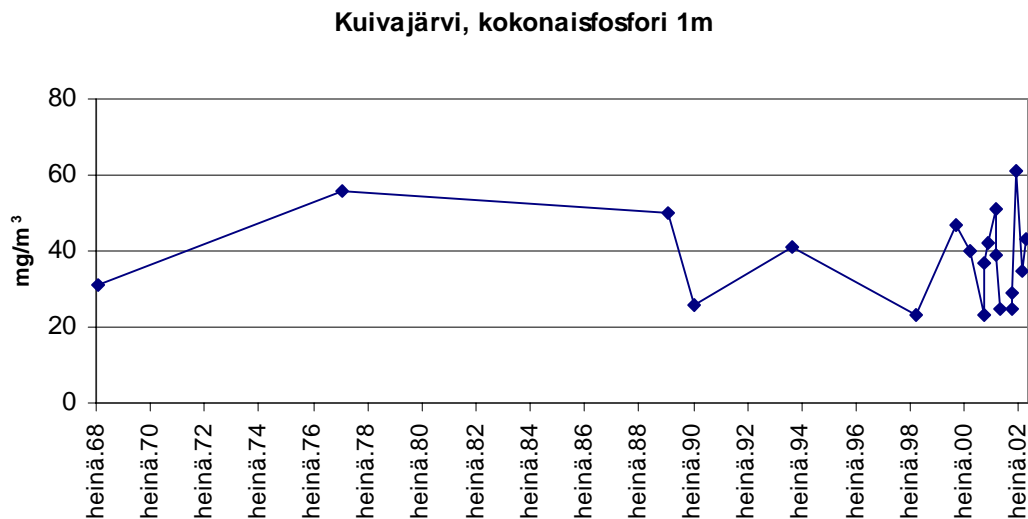
Viljavuusfosforimittaukset osoittivat syvänteen fosforipitoisuuden olevan noin puolet matalamman kuin Mustialanlammen syvänteessä (Life-hanke).

2.3.3. Veden laadun vaihtelu ja muutokset 1968-2000

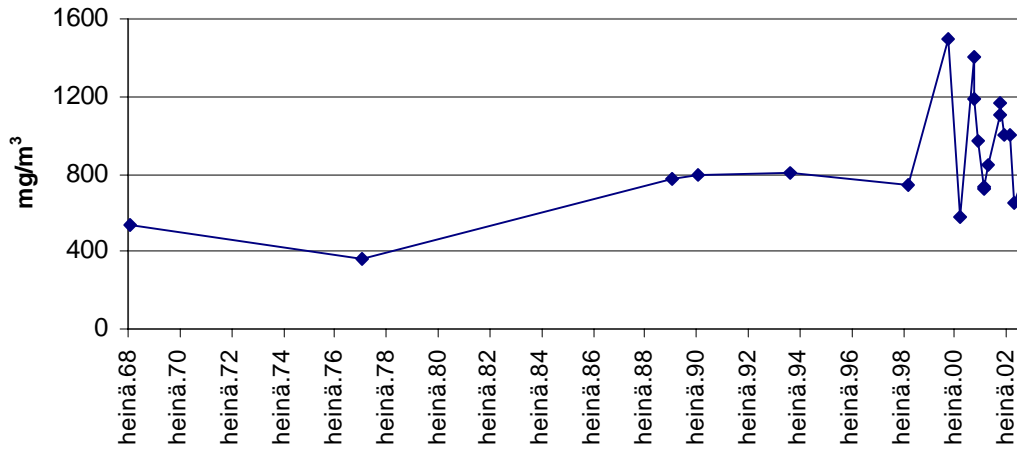
Kuivajärven veden laatua on tarkkailtu vuodesta 1968. 1970- luvulla järvellä käytiin kerran (1977), 1980- luvulla samoin (1989). 1990- luvulla näytteitä on haettu kerran vuodessa vuosina -90, -94 ja -98.

Kuivajärven ravinnepitoisuudet ovat fosforin osalta pysytelleet samalla tasolla koko seurantajakson ajan, typpipitoisuuksissa sitä vastoin saattaa olla nouseva trendi (kuva 9). Typpipitoisuuden kohoamista fosforia enemmän on havaittu muissakin järvissä, joiden valuma-alueella on runsaasti turvemaita. Soiden ojitukset ja turvetuotanto ovat lisänneet humuskuormitusta järviin, ja humusaineisiin on sitoutuneena suhteellisesti enemmän typpeä kuin maatalousalueen fosforirikkaisiin valumavesiin. Kokonaisfosforipitoisuus pintavedessä on vaihdellut n. 20-60 mg/m³ välillä, kokonaistyppipitoisuus n. 400-1500 mg/m³ välillä.

Leville suoraan käyttökelpoisten epäorgaanisten ravinteiden pitoisuudet näyttävät olleen reheville järville tyypillisesti hieman koholla: fosfaattifosforipitoisuus liikkui välillä 5-17 mg/m³, kun se keskirehevissä tai karuissa järvissä jää n. 1-2 mg/m³:ssa. Myös nitraatti+nitriittitypen pitoisuudet olivat talvisin korkeita, mutta loppukesän levätuotantomaksimin aikana pitoisuudet putosivat hyvin mataliksi. Tällaiset olosuhteet saattavat suosia sinilevien esiintymistä, sillä ne pystyvät hankkimaan tarvitsemansa typen oman typensidontansa avulla.



Kuivajärvi, kokonaistyyppi 1m



Kuva 9. Kuivajärven päällysveden (1m) ravinnepitoisuuden vaihtelu

Veteen liuenneiden aineiden määrästä kertova sähkönjohtokyky on pysytellyt melko vakaana koko seurantajakson ajan (53-78 mS/cm/25°C), mikä on noin puolet vähemmän kuin esimerkiksi Mustialanlammessa. Myöskään pH- arvioissa ei ole ollut Kaukjärven ja Mustialanlammen kaltaisia ”tuotantomaksimeita”, vaan pH on pysytellyt 6,2-7,3 välillä. Levien määrää kuvaavia klorofylli-a -mittauksia on järvestä tehty muutamia loppukesäisin, ja tulokset ovat tyypillistä keskirehevän-rehevän järven tasoa (n. 9-28 mg/m³).

Happipitoisuus on Kuivajärven päällysvedestä tehdyissä mittauksissa ollut melko tasainen (n. 80-90 % kyllästysarvo), eikä levien tuotannosta aiheutuneita ylikyllästystilanteita ole havaittu. Myös alusveden tilanne on pysynyt parempana kuin Kaukjärven tai Mustialanlammessa; hapen loppumista ei ole havaittu kuin kerran, vaikka sulfidien esiintyminen sedimentissä paljastaa happikadon olleen yleisempää kuin mihin mittaustulokset viittaavat.

2.3.4. Kuivajärven tilanne 2000- luvun alussa

2.3.4.1. *Happi*

Vuonna 2001 Kuivajärvenssä ei todettu hapen täydellistä loppumista alusvedestä, tosin maaliskuussa happipitoisuus oli selvästi alentunut alle 5 m syvyydessä, ollen alimman metrin vesikerroksessa alle 1 mg/l. Kevät- ja syystäyskierrat sekoittivat järven täysin; lämpötila- ja happiprofiilit olivat kiertojen aikana koko vesipatsaassa tasaiset. Järvi ei ollut elokuun mittauskerralla jyrkästi kerrostunut; pinta- ja alusveden lämpötilaero oli vain 1,6 astetta. Alusveden happisaturaatio oli elokuussa yli 85%.

Vuosi 2002 oli happitilanteen kannalta edellistä huonompi: alusveden alimmat metrit havaittiin hapettomaksi sekä talvella että loppukesällä. Järvi oli alkanut kerrostua jo ennen toukokuun puoltaväliä, ja happipitoisuus alusvedessä ei ollut ehtinyt kohota kuin

5,6 mg/l:ssa (51%). Elokuussa vesipatsaan lämpötilakerrostuneisuus ei ollut kovinkaan selvä (vain 4,8 asteen ero pinnan ja pohjan välillä), mutta happipitoisuuden lasku oli varsin nopeaa 3-5 metrin välissä. Seitsemän metrin alapuolelta vesi oli hapetonta. Syytäyskierto oli meneillään lokakuun näyttönoton aikaan, ja se näytti onnistuneen varsin hyvin: koko vesipatsaan happikyllästyksen ylitti 90%.

2.3.4.2. Vesikemia ja veden laatu

Vuonna 2001 Kuivajärven päällysveden pH- arvot vaihtelivat talven 6,83 ja elokuun 7,24 välillä. Järven lievä humusvaikutus (soilta tulevat valumavedet) ja perustuotannon tasaisuus näkyvät pH- arvojen melko pienenä vaihteluvälinä ja alhaisempina arvoina kuin yläpuolisissa tutkimusjärvissä. Alkaliniteetin vuotuinen keskiarvo 0,22 mmol/l (= veden puskurikyky pH:n muutoksia vastaan) kuvaa hyvää puskurikykyä ja on tyypillinen lievästi tai kohtalaisesti maatalousvaikutteisille järville. Myös sähkönjohtokyky (ka 66 mS/cm/25°C) on selvästi alempi kuin Kaukjärvessä tai Mustialanlammessa, eli vedessä on vähemmän liuenneita aineita. Esimerkiksi kalsiumin, magnesiumin ja raudan pitoisuudet olivat Kuivajärvessä vain noin puolet Mustialanlammen pitoisuuksista. Veden väriarvot vaihtelivat 149 (elokuu) – 270 (maaliskuu) mg/l Pt välillä, eli väriltään Kuivajärvi on selvästi tummavetinen, vaikka savipartikkelien aiheuttama sameus on huomattavasti vähäisempää kuin yläpuolisissa tutkimusjärvissä.

Veden ravinnepitoisuudet Kuivajärvessä ovat selvästi alhaisemmat kuin Kaukjärvessä tai Mustialanlammessa. Silti Kuivajärvi on luokiteltava reheväksi sekä fosforin että typen mukaan. Fosfori on Kuivajärvessä perustuotantoa rajoittava ravinne. Kokonaisfosforipitoisuudet pintavedessä vaihtelivat 23-42 mg/m³ välillä, kokonaistypen pitoisuudet 727-1182 mg/m³. Kokonaisravinteiden vuodenaikaisvaihtelut eivät olleet keskenään samansuuntaisia eri vuodenaikoina: fosforin pitoisuudet olivat alimmillaan maaliskuussa ja korkeimmillaan elokuussa, typen kohdalla tilanne oli päinvastainen. Leville suoraan käyttökelpoisen fosfaatti-fosforin pitoisuudet olivat melko alhaiset kaikilla mittauskerroilla (2 mg/m³), lokakuussa konsentraatio oli hieman korkeampi. Myöskään epäorgaanisen typen pitoisuudet eivät nousseet kovin korkeiksi. Selvästi alhaisimmillaan nitraatti+nitriitti-typen konsentraatiot olivat elokuussa, jolloin levien ravinteiden otto oli suurinta. Hyvin alhaiset epäorgaanisten typpiyhdisteiden pitoisuudet saattavat antaa sinileville kilpailuedun, mikäli fosforia kuitenkin on saatavilla. Ravinteiden pystysuuntaisessa jakaumassa ei ollut suuria eroja avovesikaudella, sillä heikko lämpötilakerrostuneisuus ei suosinut selvien kemiallisten rajojen muodostumista. Jään alla maaliskuun näytteessä on havaittavissa lievää fosforin liukenemista sedimentistä veteen. Piipitoisuudet vaihtelivat varsin paljon eri mittausten välillä: talvella piitä oli vedessä noin kaksi kertaa enemmän kuin yläpuolisissa savisameissa järvissä, mutta elokuun piilevien piin otto oli laskenut veden piipitoisuuden noin kymmenesosaan talvipitoisuudesta. Myös orgaanisen hiilen määrä Kuivajärven vedessä oli noin kaksinkertainen (ka 17 mg/l C) verrattuna Kaukjärveen. Tämä kuvastaa järviin tulevien valumavesien erilaista luonnetta erityisesti humuksen suhteen, sekä todennäköisesti myös aallokon pohjasedimenttiä pölyttävää vaikutusta Kuivajärvessä. Eniten orgaanista hiiltä oli maaliskuun näytteessä.

Vuonna 2002 alkuvuodesta pH oli hieman alhaisempi (6,45-6,82) kuin edellisenä vuonna samaan aikaan. Koko vuoden pintaveden keskiarvo oli 7,0 alusveden arvon jäädessä hieman alhaisemmaksi. Alkaliniteetin vuoden keskiarvo (0,235 mmol/l) oli hieman korkeampi vuonna 2002 kuin vuonna 2001. Sähkönjohtavuuden keskiarvo pintavedessä sitä vastoin jäi hieman alhaisemmaksi (ka 62mS/cm/25°C). Samoin väriarvot jäivät edellisvuotista alhaisemmiksi (ka 202 mg/l Pt); vuosien välillä suurin ero oli kuivan kesän 2002 jälkeen syksyllä, lokakuun näytteissä. Kuivajärven vuoden 2002 vähäinen valuma-alueelta tullut orgaanisen aineen kuormitus ei näkynyt kuitenkaan orgaanisen hiilen (TOC) pitoisuuksissa: ne olivat jopa hieman korkeampia kuin edellisenä vuonna (ka 18,4 mg/l C). Tämä edelleen vahvistaa näkemystä Kuivajärven hiilen systeemin sisäisestä alkuperästä.

Myöskään päällysveden kokonaisravinteiden määrässä ei vuoden kuivuudesta huolimatta havaittu alenemista: päinvastoin sekä kokonaisfosforin (ka 38 mg/m³) että –typen (ka 954 mg/m³) määrät olivat hieman edellisvuotisia korkeampia. Nousu selittyy elokuun alusveden hapettomuudella: alusveden sedimentistä liuenneita ravinteita nousi myös tuottavaan kerrokseen. Elokuussa alusvedessä fosforipitoisuus oli kaksinkertainen päällysveteen verrattuna. Epäorgaanisten ravinteiden kohdalla vuosien väliset erot eivät olleet merkittäviä: ammoniumtypen pitoisuudet olivat hieman korkeampia 2002, nitraatti- ja nitriittitypen hieman alempia. Fosfaattifosforin pitoisuus kohosi hieman elokuussa, mutta pysyi silti melko alhaisena. Piin vuoden keskiarvo (2360 mg/m³) oli hyvin lähellä edellisvuotista – suurin ero vuosien välillä oli elokuiden pitoisuuksissa: vuonna 2002 ei edellisvuotisen kaltaista alenemaa havaittu.

2.3.4.3. Kasviplankton

Kuivajärven kasviplanktoniyhteisö ja –dynamiikka poikkeavat yläpuolisten savisameiden tutkimusjärvien tilanteista. Kuivajärvi on kooltaan huomattavasti suurempi ja lisäksi veden väri on osittain humusmateriaalin aiheuttamaa, joten päällysveden sekoittumisolot poikkeavat edellisistä. Kuivajärven tuottavan kerroksen laskennallinen paksuus oli elokuussa 2002 2,6 m (>1% pintaan tulleesta valosta jäljellä), mutta selvän lämpötilan harppauskerroksen puuttuminen johtaa lähes koko vesipatsaan kiertoon. Näin ollen levät joutuvat kiertävän veden mukana myös yhteyttämisen kannalta liian pimeään. Toisaalta riski lopullisesta sedimentaatiosta on melko pieni, jolloin levien oma liikuntakyky ei ole niin tärkeä ominaisuus kuin Kaukjärven ja Mustialanlammessa.

Suuri järvi näyttäisi olevan kasviplanktonin kannalta vakaa ympäristö, kahden tutkimusvuoden väliset erot kasviplanktonin kokonaisuudessa ja vuodenaikaisdynamiikassa sekä ryhmien osuuksissa olivat huomattavasti pienemmät kuin pienemmissä järvissä. Suurin vuosien välinen ero levien kokonaisuudessa havaittiin toukokuun näytteenotoissa: vuoden 2002 toukokuun kokonaisbiomassa oli noin kaksi kertaa korkeampi kuin vuonna 2001. Muilla näytteenotokerroilla biomassat olivat hyvin lähellä toisiaan.

Vuonna 2001 siimalliset nielulevät oli ainoa koko näytteenottokauden runsaana esiintynyt ryhmä. Niiden osuus kaikkien levien biomassasta oli korkeimmillaan loka- ja maaliskuussa (54% ja 43%). Biomassa oli korkeimmillaan elokuussa. Toukokuussa oli

piilevämaksimi, jossa suurimman biomassan muodostivat pitkät, rihmamaiset *Aulacoseira*-suvun levät. Lajistoltaan piileväyhteisö oli varsin runsas, mutta muiden lajien biomassat jäivät huomattavasti alhaisemmiksi. Piilevät muodostivat 76% sen hetkisestä leväyhteisön biomassasta, nielulevät ja kultalevät olivat seuraavaksi runsaimmat ryhmät 19% ja 3% osuuksillaan. Elokuussa havaittiin sinilevien esiintymismaksimi, niiden osuus nousi 24 % :iin. Sinilevien yhteisö oli melko lajirunas, mutta suurimmat biomassat silloin muodostivat *Anabaena*- ja *Aphanizomenon*-suvut. Muilla näytteenotto-kerroilla sinileviä ei tavattu juuri lainkaan. Toinen elokuinen ilmiö Kuivajärvessä on siimallisen ja vertikaalivaellusta suorittavan limalevän *Gonyostomum semen* esiintyminen. Vuonna 2001 niiden biomassassa ei noussut kovinkaan korkeaksi huolimatta levän suuresta koosta, eli yksilömäärät jäivät melko alhaisiksi. Lähes saman verran kuin limalevää oli silmaleviä. Elokuussakin piileviä oli melko paljon, niiden biomassassa oli lähes yhtä suuri kuin sinilevien. Lajistossa oli tapahtunut muutoksia kohti pienempiä, puikkomaisia lajeja, esimerkiksi *Asterionella*- ja *Fragillaria*-suvun levät olivat lisänneet lukumääriään selvästi. Elokuun kokonaisleväbiomassassa oli vain hieman korkeampi kuin toukokuussa, ja se koostui huomattavan tasaisesti eri leväryhmien edustajista. Myös ryhmien sisällä, lajitasolla, biomassassa jakaantui monien tasavertaisten lajien kesken. Erityisesti viherlevät olivat elokuussa huomattavan lajirikas, mutta biomassaltaan tasainen ryhmä, eikä koko ryhmän osuus noussut kovinkaan korkeaksi. Samoin oli kultalevien laita. Lokakuussa täyskierron aikana nielu- ja piilevät olivat 54% ja 41% osuuksillaan selvästi dominoivia, yleisesti ottaen kokonaisbiomassassa oli jo laskenut alas. Valo ei enää riittänyt ylläpitämään tuotantoa.

Vuonna 2002 eri leväryhmien vuodenaikaisdynamiikka seurasi melko tarkasti edellisvuotista kaavaa. Piilevien toukokuusen maksimin suuruuden lisäksi suurin ero oli elokuussa limalevän, piilevien ja sinilevien osuuksissa: Vuonna 2002 runsaimmaksi nousi limalevä (25%), sinilevien (15%) ja piilevien (5%) jäädessä huomattavasti jälkeen. Koska kokonaisbiomassassa oli jälkimmäisenä tutkimusvuonna hieman korkeampi, todelliset levämäärät olivat sinilevien kohdalla melko lähellä edellisvuotisia. Sinilevien lajikoostumus oli samankaltainen kuin -01, *Anabaenan* ylivalta *Aphanizomenonista* oli hiukan suurempi. Myös kevään piilevämaksimin aiheuttanut laji oli sama. Kuivajärven elokuinen keskimääräinen kasviplanktonin kokonaisbiomassassa oli tutkimusjärvien joukossa alhaisimpia, kuvaten järven hieman alhaisempaa ravinnepitoisuutta.

Järven suuri pinta-ala ja maltillinen ravinteisuustaso näkyvät myös lajimäärissä: Kuivajärven kasviplanktonilajisto oli tutkimusjärvistä rikkain. Myös indikaattorilajien esiintymisen perusteella arvioiden veden ravinnepitoisuuden hieman alempi taso voidaan todentaa; vähäravinteisuuden ilmentäjälajeja tavattiin 4-5 lajia, kuitenkin runsasravinteisuuden ilmentäjiä oli selvä enemmistö, 16-18 lajia.

2.3.4.4. Eläinplankton

Kuivajärven eläinplanktonitiheydet olivat tutkimusjärvistä matalimmat. Toukokuussa 2001 kokonaiseläinplanktonyksilömäärä oli samalla tasolla kuin Pyhäjärvässäkin (n. 400 yksilöä/l), mutta seuraavana vuonna samaan aikaan planktonitiheys oli vain n. 70 yksilöä/l. Samaan aikaan Pyhäjärvässä laskettiin n. tuhat yksilöä/l. Alkukesän eläinplanktonryhmistä vuonna 2001 runsaimpia olivat rataseläimet (44%) ja alkueläimet

(41%). Vesikirppuja oli 2% kaikista yksilöistä, hankajalkaisia 13%. Vesikirpuissa runsaimpia olivat *Daphnia*- vesikirput. Vuoden 2002 toukokuun vähäisistä eläinplanktonyksilöistä suurimman osuuden muodostivat hankajalkaiset (36%). Alkueläimiä ja rataselimiä oli huomattavan vähän.

Elokuiset näytteet olivat suhteellisen tasalaatuiset molempina tutkimusvuosina – ainakin kokonaistiheyden osalta. Pienillä alkukesän tiheyksillä alkanut vuosi 2002 jatkui hieman vähäyksilöisenä myös elokuussa. Rataseläinten määrät ja osuudet olivat tasaiset (59% ja 58%), samoin hankajalkaisten (8% ja 14%). Vesikirppuja Kuivajärvessä oli verraten runsaasti, niiden osuudet nousivat 10% ja 20%:iin

2.3.4.5. Vesikasvillisuus

Kuivajärvi on melko suuri järvi jolla on paljon avointa rantaa. Rannat ovat pääosin matalat. Aallokon ja jään kuluttava vaikutus näkyy paikoitellen kasvillisuudessa; erityisesti matalilla hiekkapohjaisilla rannoilla kasvaa niukasti kasvillisuutta. Lähes kasvittomia kivikkorantoja on melko vähän. Vesi on melko tummaa, joten kasvillisuus ei voi esiintyä kovin syvällä. Kuivajärvelle ovat tyypillisiä laajat ilmaversoisten vyöhykkeet ja laskujokien muodostamat suistoalueet, joissa on runsas ja osin laikuttainen kasvillisuus. Järviallas on muodoltaan yhtenäinen, mutta rannan laatu ja maankäyttö vaihtelee. Esimerkiksi laiduntamisen vaikutus näkyi paikoin: lammaslaitumella rantakasvillisuuden vähenemisenä, lehmälaitumella myös matalan rantaveden vesikasvillisuuden harventumisena.

Kuivajärven kaikkien kasvillisuusvyöhykkeiden pinta-alan suhde koko järven pinta-alaan on noin 11%. Yhteensä vyöhykkeellinen kasvusto peittää noin 88 hehtaarin alan, tästä n. 24% koostuu kelluslehtisistä kasvilajeista ja 73% ilmaversoisista lajeista. Laajimmat kelluslehtisvyöhykkeet muodostavat ulpukka *Nuphar lutea* (9% osuus kaikesta kasvillisuudesta), rantapalpakko *Sparganium emersum* ja pohjanlumme *Nymphaea candida* (molemmat 4%) ja siimapalpakko *Sparganium gramineum* ja uistinvita *Potamogeton natans* (molemmat 3%). Laajimmat kelluslehtisvyöhykkeet löytyvät järven etelä- ja pohjoispäistä, järveen laskevien jokien edustalta. Ilmaversoisista lajeista runsaimmat ovat järvikorte *Equisetum fluviatile* (53%), järviruoko *Phragmites australis* (13%) ja järvikaisla *Schoenoplectus lacustris* (5%). Leveäosmankäämin *Typha latifolia* osuus on vain n. 1,3%. Korte ja ruoko muodostavat Kuivajärvessä laajoja rantaa kehystäviä vyöhykkeitä, kun kaisla, sarjarimpi, haarapalpakko ja osmankäämi muodostavat tyypillisesti pienialaisia laikkuja muun kasvillisuuden sekaan ja/tai syvemmälle jokisuistoon. Uposlehtisistä lajeista yleisin on ahvenvita *Potamogeton perfoliatus*. Pohjaruusukkeellisia lajeja havaittiin hyvin vähän, veden tummuus selittää niiden vähäisyyden. Irtokeiluja ja –keiluja tavattiin myös paikoin, niiden esiintymät löytyivät tyypillisesti paikoista joihin laskee runsasravinteisiä purovalumavesiä viljelyalueilta.

Lajistoltaan Kuivajärvi on runsas: yhteensä kartoituksessa havaittiin 45 lajia. Järven keski-runsasravinteinen luonne näkyy korkean monimuotoisuuden lisäksi myös kasvilajistossa, esimerkiksi veden keskirasvinteisuutta suosivat kaisla, ahvenvita ja siimapalpakko ovat varsin runsaita. Veden laadun ilmentäjälajeja esiintyi

vähäravinteisuuden indikaattoreista runsasravinteisuuden indikaattoreihin seuraavasti: vähäravinteisuuden ilmentäjiä yksi (ruskoärviä *Myriophyllum alterniflorum*), vähäkeskiravinteisuuden ilmentäjiä neljä (terttualpi *Lysimachia thyrsiflora*, rantaleinikki *Ranunculus reptans*, ranta- ja hapsiluikka *Eleocharis acicularis*, *E. palustris*), keskirunsasravinteisuuden ilmentäjiä kymmenen (jokileinikki *Ranunculus lingua*, vesitatar *Polygonum amphibium*, katkeravesirikko *Elatine hydropiper*, keltakurjenmiekkä *Iris pseudacorus*, pikkulimaska, ratamosarpio *Alisma plantago-aquatica*, vesirutto, rantapalpakko, leveäosmankäämi, ruokohelpi *Phalaris arundinacea*) ja runsasravinteisuuden ilmentäjiä neljä (sarjarimpi *Butomus umbellatus*, kilpukka *Hydrocharis morsus-ranae*, tylppälehtivita *Potamogeton obtusifolius*, haarapalpakko *Sparganium erectum*).

Kuivajärven runsaimmat vesikasviesiintymät ovat pääasiassa vähän asutuilla rannoilla. Itärannalla mökkirantoihin on jouduttu raivaamaan veneväyliä, joita pidetään avoimina niittämällä ja/tai ruoppaamalla. Vesiruttoa havaittiin toistaiseksi vain muutamissa pienissä kasvustoissa.

2.3.4.6. Kalasto

Kuivajärvestä nousi vuoden 1998 koekalastuksissa (Lappalainen & Huttunen 1998) keskimäärin kaloja/verkko 2,4 kg. Särkikalajien paino-osuus oli tuolloin 61%, ahvenkalajien 35%. Särki oli salakkaa selvästi runsaampi. Ainoana tutkimusjärvenä Kuivajärvestä nousi haukia, 3% osuudella. Muikkusaalis sitä vastoin jäi hyvin vaatimattomaksi. Kuhasaalis oli lukumääräisesti tutkimusjärvestä paras, mutta sekä Kaukjärven että Pyhäjärven kuhien keskipaino oli hieman suurempi. Kuhan paino-osuus kokonaissaaliista oli n. 23%. Koeverkkohin jäänyt lajisto oli Kuivajärvestä korkein, yhteensä 10 lajia. Nämä lajit olivat ahven, hauki, kiiski, kuha, muikku, lahna, salakka, särki, sulkava ja pasuri.

Vuonna 2001 yksikkösaalis/verkko oli 1,6 kg. Paino-osuuksissa ahvenkalat olivat lievästi edellä särkikalajia 51% vs. 43%. Yksilömäärinä mitattuna särkikalat pääsivät kuitenkin johtoon. Petokalajien osuus painosaalista oli korkea: 47%. Runsaimmat kalat olivat särki 31% (paino) ja 45% (yksilömäärä), kuha 34%/6% ja ahven 16%/21%. Muikkukantakin näyttäisi parantuneen n. 4% paino-osuudellaan. Haukia sitä vastoin saatiin vähemmän kuin vuonna 1998. Särkikalajoista särjen jälkeen runsaimpina olivat lahna, pasuri ja sulkava ennen salakkaa, mikä kuvastanee matalien ranta-alueiden suurta merkitystä myös kalaston kannalta. Kuha lisääntyy järvestä luontaisesti. Lajisto oli kummassakin koekalastuksessa sama, lukuun ottamatta kuoretta jota löytyi v. 2001 muutamia kappaleita (Ala-Opas 2002).

Istutuslajeina Kuivajärveen on käytetty kuhaa, muikkua, haukea, kirjolohta ja järvitaimenta.

2.4. Pyhäjärvi

2.4.1. Järvi ja valuma-alue

Pyhäjärvi on suuri, matala ja pyöreähkö alueensa keskusjärvi, joka kerää Tammelan-Forssan alueelta järvivedet ennen niiden matkaa Loimijokea pitkin kohti Kokemäenjokea. Kuivajärven reitin kautta Pyhäjärveen tulee vesiä järvi- ja suoalueilta, eteläosiin tulevat purot taas keräävät vetensä peltovaltaiselta savikkoalueelta. Myös luonnontilainen, suuri Torrnsuo kuuluu Pyhäjärven valuma-alueeseen. Järven valuma-alueella on melko runsaasti asutusta, mm. Tammelan keskustaajama. Asumajäteveden laskeminen järveen lopetettiin 1970-luvun alkupuolella. Pyhäjärven ranta-alueet ovat varsin vaihtelevat, hiekkarannoista kivikko- ja kalliorantoihin, mutta ulappa-alueille antavat leimansa karikot ja kallioiset saaret sekä veden sameus, joka on sekoitus sekä savisamennuksesta että humuksen aiheuttamasta ruskeudesta. Matalan, laakean altaan tapaan Pyhäjärvi on altis tuulille, niinpä aallokko pitää pohjasedimenttiä liikkeessä nostamalla sitä takaisin vesimassaan. Pyhäjärven päältäan lisäksi voidaan erottaa ominaisuuksiltaan ja morfologialtaan muusta järvestä selvästi eroavan osa, Pyhäjärven ja Kuivajärven välisten harjuselänteiden reunustama salmi.

Pyhäjärven pinta-ala on 2285 hehtaaria, suurin pituus on 6,8 km ja suurin leveys 5,4 km. Rantaviivaa järvestä on 42,3 km. Suurin syvyys on vain n. 4 m, ja keskisyvyys 2,5 m. Suuren pinta-alansa takia järven vesitilavuus on kuitenkin huomattavasti suurempi kuin Kuivajärven.

Muista tutkimusjärvistä poiketen Pyhäjärven välittömässä läheisyydessä ei havaittu ojasedimenteistä korkeita tai erittäin korkeita viljavuusfosforipitoisuuksia lainkaan. Korkeimmat ravinnepitoisuudet ojasedimenteistä mitattiin järven lounaispuolen purojen latvaosista (Life-hanke).

2.4.2. Sedimentit ja kuormitus ja kuormitushistoria (Haapasilta 1999)

Pyhäjärvestä laskennallisen kulumis- (eroosio-) ja kulkeutumisvyöhykkeen (transportaatio-) välinen raja on n. 1,4 m syvyydessä. Lisäksi järven lounaiskulman Kuhasuonlahdessa on winnowing-alue. Laskennalliset tulokset osoittavat, että Pyhäjärvi on kokoonsa nähden liian suuri, jotta siinä olisi varsinaista akkumulaatiopohjaa lainkaan. Todellisuudessa hienoainesta sedimentoituu koko järven alueelle, vaikka aallokon resuspensio ajoittain nostaakin materiaalia takaisin vesimassaan.

Pyhäjärven pohjasedimenttiprofiili koostuu ylimmästä, vesipitoisesta savisesta liejusta joka vaihettuu n. 30 cm syvyydessä tummanharmaaksi hienodetritusliejuksi. Alinna on heikosti raitainen, siniharmaa liejusavi. Osassa näytepisteitä havaittiin sedimentin pintakerroksessa (10-30 cm paksuudelta) hapettomista olosuhteista kertovia sulfidiraitoja. Muuttuneen kerroksen paksuus oli jopa yli 70 cm, mikä kertoo Kuivajärvestä sedimentaationopeuden olevan nopeaa.

Pyhäjärven sedimentin laatu vaihtelee vain vähän järven mataluuden ja tasaisuuden vuoksi, eikä varsinaista kerrostumissyvännettä ole vaikka sedimentin kerrospaksuudet

ovatkin järven keskiosassa suurimmillaan. Järven sedimentti on suhteellisen hyvälaatuista, mutta järven keskiosissa on sulfidikerrostumia. Sedimentin orgaanisen aineksen pitoisuus on tutkimusjärvien pienin. Kuhasuonlahdessa pohjalle on kuitenkin kertynyt runsaasti orgaanista ainesta sisältävää materiaalia mm. kuivatusta Kalliojärven painanteesta pumpatusta vedestä. Myös järven länsiosan sedimenttimateriaali eroaa keskimääräisestä: se on selvästi karkempaa kuin muualla, johtuen harjun ja Kuivajärven lasku-uoman läheisyydestä.

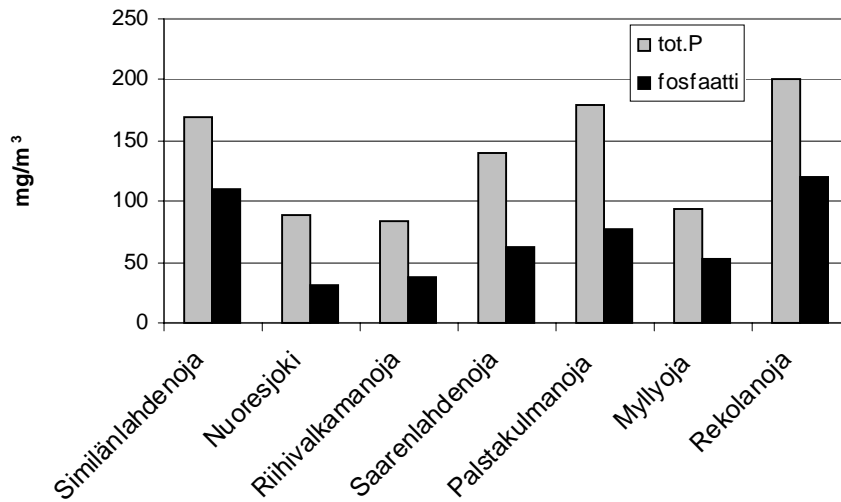
Pyhäjärven sedimentin fosfori on pääasiassa apatiittiin (kalsiumiin) sitoutuneena (erityisesti rannan tuntumassa olleissa näytepisteissä), eli kaikkein niukkaliukoisimmassa muodossaan. Sedimentti sisältää suunnilleen saman verran fosforia kuin muissakin tutkimusjärvissä. Pohjalle tapahtuva materiaalin (lopullinen) sediementaatio on suhteellisen vähäistä resuspension takia, ja kerrostuminen on mineraaliainesvaltaista.

Viljavuusfosforipitoisuudet järven sedimentissä olivat kauttaaltaan hyvin alhaisia, samalla tasolla kun muissa järvissä ranta-alueilta mitatut ravinnetasot (Life-hanke).

2.4.3. Veden laadun vaihtelu ja muutokset 1961-2000

Pyhäjärven syvänteen veden laatua on tarkkailtu vuodesta 1961. Näytteenotto tapahtui kerran vuodessa vuoteen 1966, jonka jälkeen ohjelmasta tuli tiheämpi. 1970-luvulla näytteitä on haettu 2-7 kertaa vuodessa, 1980-luvun aikana aina kahdesti vuodessa. 1990-luvun alussa 1-3 kertaa, kunnes 1995 näytteenotto loppui alkaakseen taas vuonna 2000 ja jatkuen edelleen 3-4 vuotuisen näytteenottokerran voimin. Järveen laskevia puroja on seurattu 1999 yhden näytteenottokerran ajan, järven eri osia (mm. lahtia) 1960-70 lukujen aikana muutamilla näytteillä, joista on lähinnä määritetty kiintoainepitoisuutta ja/tai bakteeritilannetta.

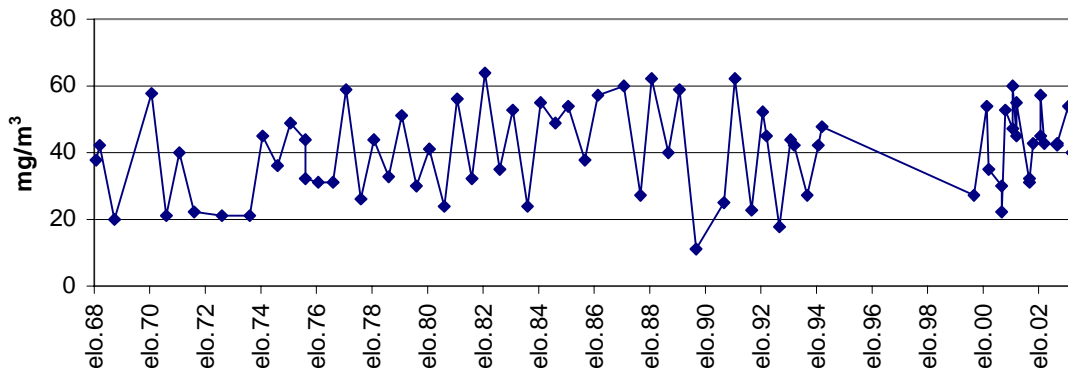
Kuvassa 10 on esitetty Pyhäjärveen laskevien purojen hetkelliset kokonaisfosfori- ja fosfaattifosforipitoisuudet huhtikuussa 1999. Koska purojen virtaamat eivät ole tiedossa, ei todellista kuormitusta voi arvioida. Yksittäiset, hetkelliset pitoisuusmittaukset eivät anna luotettavaa kuvaa purojen veden laadusta, mutta voivat antaa karkean yleiskuvan siitä, missä valumavedet sisältävät erittäin runsaasti ravinteita.

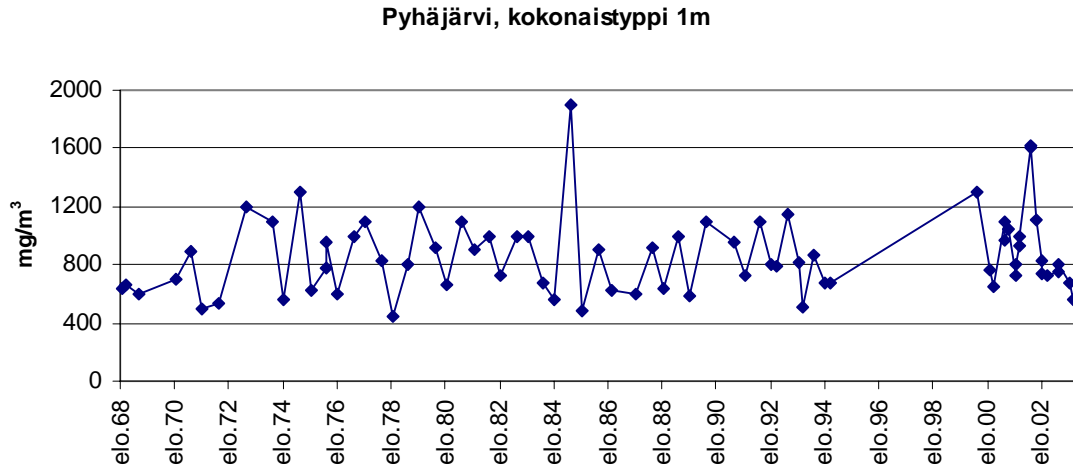


Kuva 10. Pyhäjärven purojen fosforipitoisuudet huhtikuussa 1999.

Kuvassa 11 näkyy Pyhäjärven päällysveden ravinnepitoisuuksien vaihtelu 1960-luvulta 2000-luvulle. Kokonaisfosforipitoisuus on muutamaa yksittäistä näytettä lukuunottamatta pyörinyt 20-60 mg/m³ välillä, eikä mitään selvää suuntausta pitoisuuksien nousun/laskun suhteen ole löydettävissä. Kokonaistyyppipitoisuus on pysytellyt 400-1600 mg/m³ välillä, eikä myöskään siinä ole havaittavissa selvää kehityssuuntaa.

Pyhäjärvi, kokonaisfosfori 1m





Kuva 11. Pyhäjärven päänäyteen (1m) ravinnepitoisuuden vaihtelu

Fosforipitoisuus on talviaikaan alusvedessä (n. 3 m syvyydessä) n. 2-3-kertainen päänäyteen verrattuna, avovesiaikaan ero on selvästi pienempi tuulen sekoituksen vaikutuksesta. Kokonaistyyppipitoisuuksien ero pinnassa ja pohjassa on huomattavasti pienempi kuin fosforilla.

Veteen liuenneiden ionejen määrästä kertova sähkönjohtokyky näyttäisi hieman kohonneen 1960-luvulta nykypäivään. Suurimmat heittelyt tuloksissa tapahtuivat 1970-luvulla, samaan aikaan kun sedimenttien fosforipitoisuus aloitti voimakkaan nousun. Veden pH- arvossa ei ole mitattu suuria levätuotannon aiheuttamia piikkejä, vaan arvot ovat pysytelleet seitsemän molemmiin puolin. Levien määrästä kertovia klorofylli-a-määrityksiä on tehty 1970-luvulta, mutta kerran-pari kesässä tehdyt mittaukset antavat vain suuntaa-antavan kuvan järven nopeastikin muuttuvasta levätilanteesta. Mitatut tulokset (n. 8- 60 mg/m³) kertovat kuitenkin ajoittain voimakkaista leväsiintymistä.

Seurannan aikana mitatut alusveden happitulokset kertovat hapen vähentyneen < 20% kyllästysarvoon kaikkina vuosikymmeninä ainakin satunnaisesti. Toisaalta mittausten aikana hapen täydellistä loppumista ei olla havaittu - vaikka sulfidiraitojen esiintyminen ”syvänteessä” sedimenteissä toista todistaakin.

2.4.4. Pyhäjärven tilanne 2000- luvun alussa

2.4.4.1. Happi

Vuonna 2001 maaliskuun lopun mittauksissa Pyhäjärven alusveden happipitoisuus oli laskenut alle 1 mg/l:ssa kolme metriä syvemmissä vesikerroksissa, mutta sen ei todettu olleen kokonaan hapeton. Jyrkkä pudotus happisaturaatioissa tapahtui 2-3 m välisessä vyöhykkeessä (n. 10 mg/l → 1,3 mg/l). Avovesiaikaan Pyhäjärven kaltainen laaja ja matala allas kiertää jatkuvasti, joten happikyllästys koko vesipatsaassa pysyi yli 90%:ssa läpi kesän ja syksyn. Esimerkiksi elokuun mittauksissa havaittiin pinnan ja pohjan läheisen veden lämpötilaeroksi vain yksi aste.

Päinvastoin kun Kuivajärvässä, Pyhäjärvässä talven 2002 happitilanne näytti olleen edellisvuotta parempi. Avovesikaudella ei pitkistä tyynistä jaksoista huolimatta tapahtunut lämpötilakerrostumista. Pyhäjärvelle tyypillinen keväinen kasviplanktonhuippu näkyy myös toukokuussa pintaveden hapen ylikyllästymisenä (111%). Lokakuussa koko vesipatsaan happitilanne jäi erittäin hyvään tilanteeseen, lähes 100% kyllästysarvoon.

2.4.4.2. Vesikemia ja veden laatu

Vuonna 2001 Pyhäjärven pintaveden pH vaihteli 6,7-7,3 välillä. Alhaisimmillaan arvo oli maaliskuussa, korkeimmillaan elokuussa. Alkaliniteetti, veden puskurikyky, oli keskimäärin 0,269 mmol/l, joka kuvastaa hyvää puskurikykyä pH:n muutoksia vastaan. Sekä pH että alkaliniteetti ovat Pyhäjärvässä hieman korkeammat kuin Kuivajärvässä, kuvaten lievästi suurempaa maatalousvaikutusta ja korkeampaa rehevyystasoa sekä pienempää soilta tulevaa humusvaikutusta. Myös veteen liuenneiden aineiden määrää kuvaava sähkönjohtokyky on Pyhäjärvässä Kuivajärveä korkeampi (ka 70 mS/cm/25°C), esimerkiksi kaikkien mitattujen kationien (K, Na, Ca, Mg, Mn, Fe) pitoisuudet olivat hieman korkeampia. Veden väriarvot olivat Pyhäjärvässä hieman alhaisempia kuin Kuivajärvässä, näkösyvytydet vaihtelivat 0,5-0,8 metrin välillä. Kuivajärveä alhaisempi humuspitoisuus näkyi myös orgaanisen hiilen määrissä, Pyhäjärven vuotuinen keskiarvo oli 15,5 mg C/l.

Ravinnepitoisuuksiltaan Pyhäjärvi on luokiteltava runsasravinteiseksi (eutrofiseksi). Fosfori on selvästi järven perustuotantoa rajoittava ravinne. Kokonaisfosforipitoisuuksien keskiarvo oli pintavedessä 42 mg/m³ ja kokonaistypen 919 mg/m³. Leville suoraan käyttökelpoisen fosfaatti-fosforin määrät pysyttelivät melko alhaisina (ka 3 mg/m³), kuvastaen fosfaatin tehokasta käyttöä. Myöskään epäorgaanisten typen muotojen määrät eivät kohonneet missään vaiheessa kovinkaan korkeaksi. Ne olivat alhaisimmillaan elokuussa, jolloin veden epäorgaanisesta tyyppistä riippumattomat ilmakehän typen sidontaan kykenevät sinilevät voivat saada selvän kilpailuedun muihin leviin nähden. Verrattaessa Kuivajärveä ja Pyhäjärveä, Pyhäjärven kokonaisfosforipitoisuus on selvästi korkeampi, mutta typpipitoisuus taas alhaisempi kuin Kuivajärvässä. Myös tämä kertoo järvien valuma-alueiden eroista. Lisäksi voidaan olettaa alusveden ja sedimentin korkean kesäisen lämpötilan Pyhäjärvässä nopeuttavan denitrifikaatioprosessia, joka poistaa tyyppiä vedestä ilmakehään. Piipitoisuus oli Pyhäjärvässä selvästi alhaisempi kuin Kuivajärvässä (ka. 1475 mg/m³), mikä johtunee piilevien suuresta määrästä ja tehokkaasta piin käytöstä tässä järvässä. Päällys- ja alusveden kemialliset ominaisuudet olivat hyvin samankaltaiset vuonna 2001 johtuen hyvästä happitilanteesta ja avovesikauden lämpötilakerrostumattomasta tilanteesta.

Vuonna 2002 pH oli hieman alempi kuin edellisenä vuonna, keskiarvon ollessa 7,05. Pintaveden alkaliniteetin keskiarvo oli sama molempina vuosina, sähkönjohtokyky ja veden väri olivat hieman alempia vuonna 2002. Huolimatta niukkasateisesta kesästä, elokuun päällysveden väriarvot olivat samat molempina vuosina ja orgaanista hiiltä oli jopa hieman enemmän elokuussa -02. Tämä selittynee sedimentin ja veden vuorovaikutuksen tärkeydestä matalassa järvässä; Pyhäjärvi ei lyhyellä aikavälillä ole

kovinkaan riippuvainen valuma-alueelta tulevasta materiaaliveirrasta. Myös näkösyvytydet olivat vain hieman suuremmat vuonna 2002.

Kokonaisravinteiden pitoisuudet päällyksivedessä eivät eronneet merkittävästi vuosien välillä. Kokonaisfosforin vuoden keskiarvo oli 41 mg/m³, kokonaistypen 1066 mg/m³. Päällyks- ja alusveden pitoisuudet olivat läpi vuoden hyvin lähellä toisiaan. Epäorgaanisten ravinteiden osalta vuosi 2002 näyttäisi olleen äärevämpi: erityisesti nitraatti- ja nitriittityypen pitoisuudet olivat melko korkeat maaliskuussa, mutta ne laskivat jyrkästi loppuvuoden kuluessa. Ammoniumtypen ja fosfaattifosforin pitoisuudet olivat samalla tasolla molempina vuosina. Piipitoisuus pysytteli jälkimmäisenä tutkimusvuonna huomattavasti tasaisempina, joten vuoden keskiarvo, 2172 mg/m³, oli selvästi vuoden -01 tasoa korkeampi. Piin korkeahkot konsentraatiot eivät jostain syystä reagoineet (laskeneet), vaikka piilevien osuus oli korkea.

2.4.4.3. Kasviplankton

Pyhäjärven kasviplanktondynamiikassa on havaittavissa samankaltaisia piirteitä kuin Kuivajärvessä: suuri järvi tasaa ympäristöolojen vaihtelua, joten tutkimusvuosien väliset erot eivät ole niin suuria kuin pienemmissä järvissä. Pyhäjärven vesi on melko tummaa, elokuussa -02 mitattu tuottavan kerroksen syvyys (jossa > 1% pintaan tulleesta valosta jäljellä) paksuus oli n. 2,8 m. Toisaalta järven laajuus ja mataluus johtaa siihen, että suurin osa vesitilavuudesta on riittävän valoisaa levätuotannolle. Koska Pyhäjärvi ei kesäaikaan juuri kerrostu, on suurikokoisten ja liikuntakyvyttömiä levälajien mahdollista pysyä veden liikkeen mukana sedimentoitumatta. Molempina tutkimusvuosina levien biomassamaksimi havaittiin toukokuussa, kun tyypillisesti biomassaa on korkeimmillaan loppukesästä.

Vuonna 2001 leväryhmien runsauksissa oli suuria muutoksia, mikään ryhmä ei ollut runsas kaikkina näytteenotokertoina. Sinilevien maksimi sijoittui selvästi loppuvuodelle: elokuussa niiden osuus oli 54% ja lokaluussakin vielä 17% kaikista levistä. Elokuussa selvästi runsasin sinilevälaji oli *Aphanizomenon flos-aquae*, mutta myös muita lajeja oli jonkin verran (esim. *Anabaena* sp., *Woronichinia* sp.). Piilevät muodostivat kevätmaksimin lähes yksinoikeudella: 98% kaikista levistä kuului tähän ryhmään. Lajisto koostui pitkälti pitkiä rihmoja muodostavista *Aulacoseira*-lajeista. Elokuussa piilevät olivat edelleen melko runsaita, mutta niiden osuus kokonaisbiomassasta oli laskenut huomattavasti ja lajistokoostumuksessa oli tapahtunut muutoksia kohti pienempiä lajeja. Elokuussa melko runsaita olivat myös nielu- ja kultalevät sekä jossain määrin viherlevät. Talvilajisto koostuu siimallisista nielu-, panssari-, silmä- ja viherlevistä.

Vuonna 2002 kevätmaksimi, joka koostui 88%:sti piilevistä, oli yhtä selvä kuin edellisenä vuonna. Piilevien osuudet muidenkin näytteenotokertojen aikana olivat korkeampia kuin edellisenä vuonna, esimerkiksi elokuun leväyhteisö koostui 51% osuudella piilevistä. Rihmamaisten piilevien lisäksi Pyhäjärvessä oli avovesikauden aikana melko paljon kiekkomaisia *Cyclotella*-piileviä, jotka ovat lähinnä ranta-alueilla viihtyviä lajeja. Näin ollen ne ilmentävät Pyhäjärven mataluuden merkitystä myös lajikoostumukseen. Sinilevien määrä ei noussut kovinkaan korkeaksi edes loppukesästä. Panssarileviä havaittiin melko paljon elokuussa, rehevissä oloissa viihtyviä silmäleviä

toukokuussa. Elokuun ilmiö molempina tutkimusvuosina oli suurikokoisen siimallisen limalevän, *Gonyostomum semen*, ilmestyminen leväyhteisöön samaan tapaan kuin Kuivajärvessä.

Pyhäjärvässä levien lajilukumäärä on melko korkea. Indikaattorilajien lukumäärä jakaantui vuonna 2001 seuraavasti: vähäravinteisuuden ilmentäjiä 2 havaittua lajia, runsasravinteisuuden ilmentäjiä 14 lajia. Vuonna 2002 vastaavat luvut olivat 5 ja 16.

2.4.4.4. Eläinplankton

Eläinplanktonmäärien dynamiikka vaihteli Pyhäjärvässä selvästi enemmän kuin Kuivajärvessä; toukokuusta 2001 havaittu n. 400 yksilöä/l nousi elokuun 1400 yksilöön. Vuonna 2002 sitä vastoin toukokuinen n. 1000 yksilöä oli selvästi enemmän kuin elokuun havaintoaikana (vajaa 500 yks./l). Myös pienikokoisten eläinryhmien osuudet vaihtelivat melko paljon; ensimmäisen vuoden alkukesästä alkueläimet olivat suurin ryhmä (52%), jälkimmäisenä vuonna rataseläimet (54%). Hankajalkaisten ja vesikirppujen suhteen tilanne oli vakaampi.

Elokuiset eläinplanktonin kokonaismäärät siis vaihtelivat rajusti eri vuosien välillä; vuonna 2001 eläinplanktonitiheys oli kolme kertaa suurempi kuin seuraavana vuonna. Toisaalta juuri elokuussa -02 vesikirppuja oli huomattavan runsaasti (32%), yksilömäärän jäädessä vain hieman alle rataseläinten tasosta. Suurin osa vesikirpuista oli *Daphnia*-sukua. Nopeasti lisääntyvien alkueläinten määrä vaihteli rajusti, niitä oli elokuussa 2001 14-kertainen määrä seuraavan vuoden tilanteeseen. Hankajalkaisten osuus vaihteli 5-15% välillä, yksilömäärät olivat samaa tasoa kuin Kuivajärvessä.

2.4.4.5. Vesikasvillisuus

Pyhäjärvässä veden huono valon läpäisevyys rajoittaa kasvillisuuden esiintymistä. Myös aallokon kuluttava vaikutus avoimilla paikoilla sekä matalilla rannoilla jään vaikutus (pohjaan saakka jäätyminen, jään liike) näkyvät vesikasvillisuuden esiintymisessä. Järven kasvillisuutta luonnehtivat toisaalta matalat ja kasvillisuudeltaan rehevät lahdemat, toisaalta kivikkoiset ja jyrkät, lähes kasvittomat rantaosuudet. Myös pohjoisrannan laajat, matalat hiekkarannat ovat vähäkasvisia. Kuivajärven ja Pyhäjärven välisellä harjujen reunustamalla kapeahkolla vesialueella on muusta järvestä poikkeava kasvillisuus; tuulen vaikutuksen vähäisyys näkyy ennen kaikkea ulpukan *Nuphar lutea* esiintyminä. Järven pääaltaan rannoilla ulpukka on melko harvalukuinen. Myös muut kelluslehtiset vesikasvit (mm. uistinviita *Potamogeton natans*, pohjanlumme *Nymhaea candida*, rantapalpakko *Sparganium emersum*) viihtyivät vain aallokolta suojaisissa lahdissa ja muun kasvillisuuden seassa.

Suurten järvien tapaan Pyhäjärven kaikkien kasvillisuusvyöhykkeiden pinta-alan suhde koko järven pinta-alaan ei nouse kovinkaan korkeaksi, ollen vain 3,3%. Yhteensä vyöhykkeellinen kasvusto peittää noin 76 hehtaarin alan, tästä n. 14 % koostuu kelluslehtisistä kasvilajeista ja 84% ilmaversoisista lajeista. Laajimmat kelluslehtisvyöhykkeet muodostavat uistinviita (10 % osuus kaikesta kasvillisuudesta), ulpukka (3 %) ja rantapalpakko (0,8%). Ilmaversoisista lajeista runsaimmat ovat järvikorte *Equisetum fluviatile* (63%), isosorsimo (11%) ja leveösomankäämi *Typha*

latifolia (5%). Myös sarat *Carex* sp. yltävät hieman vajaan 5% osuuteen. Uposlehtisistä lajeista yleisin on ahvenvita *Potamogeton perfoliatus*. Pohjaruusukkeellisia lajeja havaittiin hyvin vähän, veden sameus selittää niiden vähäisyyden. Irtokellujia ja –keijujia tavattiin myös paikoin, niiden esiintymät löytyivät tyypillisesti suojaisista lahdista joihin laskee runsasravinteisia purovalumavesiä viljelyalueilta.

Lajistoltaan Pyhäjärvi edustaa tyypillistä rehevääköä eteläsuomalaista järveä. Matalille järville ominaiset laajat järviruovikot *Phragmites australis* kuitenkin puuttuivat lähes kokonaan, sitä vastoin alun perin Suomeen istutuksien avulla levinnyt isosorsimo *Glyceria maxima* on varsin runsas. Isosorsimoa, kortetta ja leveäosmankäämiä tavattiin koko järven alueella pehmeäpohjaisilla ranta-alueilla, kun ruo'on levinneisyys rajoittui lähes täysin järven itärannoille. Sarjarimpi *Butomus umbellatus* ja järvikaisla *Schoenoplectus lacustris* esiintyivät melko harvakseltaan. Irtokellujista tavattiin vain pikkulimaskaa *Lemna minor* ja sorsansammalta *Ricciocarpos natans*. Pyhäjärvi on ainakin toistaiseksi säästynyt nopeakasvuisten ja tehokkaiden upoksissa kasvavien leviäjälajien invaasioilta; vesiruttoa *Elodea canadensis* havaitsimme vain yhden esiintymän.

Kartoituksessa havaittiin yhteensä 39 lajia, joista neljä lajia ilmentää veden vähäkeskiravinteisuutta (terttualpi *Lysimachia thyrsiflora*, rantaleinikki *Ranunculus reptans*, ranta- ja hapsiluikka *Eleocharis acicularis*, *E. palustris*), kymmenen keskirunsasravinteisuutta (jokileinikki *Ranunculus lingua*, vesitatar *Polygonum amphibium*, katkeravesirikko *Elatine hydropiper*, keltakurjenmiekkä *Iris pseudacorus*, pikkulimaska, ratamosarpio *Alisma plantago-aquatica*, vesirutto, rantapalpakko, leveäosmankäämi, ruokohelpi *Phalaris arundinacea*) ja neljä runsasravinteisuutta (sarjarimpi, tylppälehtivita *Potamogeton obtusifolius*, haarapalpakko *Sparganium erectum*, isosorsimo).

Paikoitellen runsas ja laaja-alainen vesikasvillisuus saattaa aiheuttaa haittaa järven virkistyskäytölle. Useilla paikoilla olikin merkkejä kasvillisuuden niittämisestä. Veden laadun muuttuminen, lähinnä veden kirkastuminen, saattaisi aiheuttaa Pyhäjärven kaltaisessa matalassa järvessä vesikasvillisuuden huomattavaa runsastumista.

2.4.4.6. Kalasto

Vuonna 1998 tehdyssä koekalastuksessa (Lappalainen & Huttunen 1998) Pyhäjärven yksikkösaalis/verkko oli 2,1 kg. Kokonaissaaliista oli särkikaloja 66%, ahvenkaloja 30% ja muikkua 2%. Särkikaloista valtaosa oli särkeä, sulkavaa ja salakkaa. Särkiä per verkko oli Pyhäjärvessä selvästi enemmän kuin muissa tutkimusjärvissä. Myös salakkasaalis oli suurin, sulkavaa taas saatiin enemmän Kuivajärvestä. Pasuria oli erittäin vähän. Kuhan painosaalisuus kokonaissaaliista oli 17%. Kuhien keskipaino oli samaa luokkaa kuin Kaukjärvessä ja hieman suurempi kuin Kuivajärvessä. Haukea ei koeverkkoihin jäänyt lainkaan.

Vuonna 2001 tehdyssä koekalastuksessa (Ala-Opas 2002) yksikköverkkosaalis oli 2,6 kg, eli selvästi enemmän kuin muissa tutkimusjärvissä. Yksilömäärinä mitattuna yksikkösaalis ei kuitenkaan noussut kovinkaan korkeaksi – kalat olivat siis melko kookkaita. Kalaston rakenne näytti sikäli hyvältä, että ahvenkalat olivat 57% paino-

osuudellaan suurempi ryhmä kuin särkikalat (42%). Yksilöinä laskettuna tilanne kääntyi niukasti särkikalojen hyväksi (53%). Petokaloja on Pyhäjärven kalaston biomassasta (painosaaliista) selvästi suurin osuus, yli 50%, yksilöistäkin 10%. Painosaalina mitattuna kuha oli selvästi runsain laji 43% osuudellaan (n. 8% kokonaisyksilösaaliista), särjen seuratussa 33% (44% yksilöistä) osuudella. Saaliissa oli myös runsaasti kuhan nuorimpia ikäluokkia, mikä kertoo luontaisen lisääntymisen onnistuneen hyvin. Ahven jäi saalislistassa kolmannelle sijalle (13%/29%). Sekä muikun ja hauen osuus oli 0,7%. Muikun osuus näyttäisi siis hieman laskeneen, hauen nousseen. Toisaalta muikun nollavuotiset poikaset olivat lajin runsain kokoluokka, eli ainakin kyseisenä vuonna lisääntyminen oli onnistunut varsin hyvin.

Pyhäjärveen on istutettu kuhaa, planktonsiikaa, muikkua, haukea, kirjolohta sekä täplärapua.

3. Kunnostustoimenpide-ehdotukset

Alla esitettävät kunnostustoimenpide-ehdotukset on esitetty kullekin järvelle erikseen. Ne on ryhmitelty kahdella tapaa: ensiksi 1) suositeltaviin ja 2) harkinnan arvoisiin, sitten menetelmiin, joilla vaikutetaan a) virkistyskäyttöön, ja b) menetelmiin, joilla pyritään vaikuttamaan suoraan veden laatuun. Kunkin järven kohdalla on ensin yhteenveto järven tyypillisistä ominaisuuksista, jotka vaikuttavat ihmisten mielikuviin kyseisen järven ominaispiirteistä ja käyttökelpoisuudesta. Kunnostustoimenpiteiden toimintamallia ei ole toistettu Kuivajärven ja Kaukjärven kohdalla, mikäli sama menetelmä on esitelty jo Pyhäjärven kohdalla.

Hajakuormituksen vähentämiseen tähtäävien toimien tärkeyttä tulee painottaa, mikäli tavoitteena on veden laadun muuttuminen. Tällöin kannattaa käytännön toimet aloittaa järville jo valmiina olevan suojavyöhykesuunnitelman toteutusmahdollisuuksien kartoituksella.

3.1. Pyhäjärvi

Ongelmat:

Hajakuormitus

- Maatalous: ravinteet, kiintoaine. Kotieläintilojen ”pistemäisesti” korkeat peltomaan fosforiluvut
- Asutus melko runsasta lähivaluma-alueella – haja-asutuksen jätevesien käsittely
- Valuma-alueen turvemaat: humus ym. orgaaninen aines.
- Matalat rannat, rantojen eroosio aallokon ja jään takia, tulvaherkät ranta-alueet.

Sisäinen kuormitus

- Mataluus → sedimentin uudelleen sekoittuminen (resuspensio)

Historia

Asumisjätevesien lasku järveen → ravinteiden varastoituminen sedimenttiin?

Mataluus ja vesikasvillisuuden runsaus

Pohjasedimentin jatkuva resuspendoituminen veteen tuulen vaikutuksesta → ravinteiden liukeneminen uudelleen levien käyttöön, veden sameus, ruoppausalueiden nopea uudelleen liettyminen

Kiihtynyt umpeenkasvu, orgaanisen materiaalin kertyminen ranta-alueille

Haitat virkistyskäytölle: kalastukselle, uimiselle, veneilylle

Ilmaversoisessa vesikasvillisuudessa nopeakasvuinen ja leviämiskyvyltään tehokas tulokaslaji isosorsimo saanut pysyvän jalansijan.

Levät

Vaihtelevan runsaita sinilevien massaesiintymiä, jotka aiheuttavat ajoittain haittaa virkistyskäytölle

Veden korkea ravinnepitoisuus (P) ylläpitää korkeaa levätuotantoa. Ajoittain kesällä lisäksi tilanteita, joissa vedessä liuenneina olevat epäorgaaniset typpiyhdisteet ovat vähissä, jolloin typen sidontaan kykenevät sinilevät saavat kilpailuedun.

Myös piileviä alkukesällä runsaasti, voivat aiheuttaa pyydysten limoittumista.

Plussat:

Mataluus ehkäisee kesäaikaisten happikatojen syntymistä.

Loivat maastonmuodot rannan lähetyvillä → eroosio mm. pelloilta ja ojaumista pienempää.

Torransuo luonnontilainen: ojitetuilta turvemailta kuormitusmäärät huomattavasti suurempia.

Vesitilavuus pinta-alaan nähden melko pieni → veden vaihtuvuus kohtalaisen nopeaa.

Ranta-alueiden monimuotoisuus (rannan ja pohjan laatu, maankäyttö, kasvillisuuden määrä, syvyys, alttius tuulille, varjoisuus) suuri → tarjoaa monille eliöryhmille ja lajeille elinalueita.

Kalaston rakenne melko hyvä: kuhakanta ts. petokalakanta hyvä, särkikalakanta ei huolestuttavan korkea, ahvenkaloja myös runsaasti.

Rantakasvillisuus ja niihin liittyvät pintalevät käyttävät valumavesien ravinteita tehokkaasti. Kasvillisuus tarjoaa hyvät elinolosuhteet vesilinnustolle ja kalojen lisääntymisalueita sekä kalanpoikasten ruokailualueita.

Alusveden hapettomuus talvisin vain ajoittaista ja kestoaltaan lyhytaikaista → merkitys ravinnekuormitukselle ei liene kovin suuri.

Veden sameus rajoittaa levien ja vesikasvillisuuden kasvua syvemmissä vesissä/ranta-alueilla.

Vesistöketjussa myös yläpuolisia järviä, jotka toimivat ”laskeutusaltaina” Pyhäjärvelle.

Näkyvällä paikalla, monen henkilön päivittäisen kulkureitin tai asunnon lähellä, virkistyskäytöllisesti ja maisemallisesti tärkeä.

Toimenpide-ehdotuksia:

1) Suositeltavia:

a) *Virkistyskäytön parantamiseksi*

Pienialaiset vesikasvien niitot

Laajat vesikasvien vyöhykkeet ovat luontaisia Pyhäjärven kaltaisille matalarantaisille järville. Niistä saattaa kuitenkin olla paikallista haittaa virkistyskäytölle. Ne myös hidastavat tai estävät veden mukana kulkeutuvan materiaalin liikettä, joten runsas vesikasvillisuus nopeuttaa lahdelmien mataloitumista ja lopulta umpeenkasvua. Kasvillisuudesta on myös hyötyä, sillä se suodattaa valuma-alueelta tulevia valumavesiä (kuluttaa ravinteita ja veden virtausta hidastamalla edistää kiintoaineen sedimentoitumista ennen ulappaveteen pääsyä). Lisäksi kasvillisuusvyöhykkeet toimivat tärkeinä kalojen ja vesilintujen lisääntymis- ja ruokailualueina.

Paikoitellen kuitenkin on perusteltua kohottaa ranta-alueen virkistyskäyttöarvoa poistamalla liiallista vesikasvillisuutta. Niittäminen pienialaisilta alueilta voidaan tehdä käsin, suuremmilla kohteilla on mahdollista turvautua kaupallisiin vesikasvien poistoon erikoistuneisiin palveluihin. Niittoa ei kuitenkaan kannata tehdä sellaisissa kohteissa, joiden välittömässä lähiympäristössä on jokin merkittävä laskupuro tai -oja, sillä tällöin menetetään kasvillisuuden ravinteita suodattava vaikutus.

Järven pohjoisrannan hiekkarannoille (mm. kunnan uimaranta, Lamalanlahti) mahdollisesti leviävät kasvustot kannattaa poistaa heti, sillä kerran juurruttuaan kasvittuminen etenee nopeasti.

Niitto kannattaa ajoittaa loppukesään, jolloin versot ovat täydessä mitassaan. Yleensä niitto on uusittava useita kertoja, mikäli halutaan kasvien häviävän paikalta: juurakoissa yleensä riittää voimaa uusien versojen kasvattamiseen useita kertoja. Samaten leikatut versot tulee kerätä pois ja läjittää kuivalle maalle.

Pyhäjärvellä kannattaa harkita mahdollisten poistotoimien keskittämistä ainakin isosorsimoon, sillä istutettuna lajina se ei kuulu Pyhäjärven luontaiseen vesikasvilajistoon. Kelluslehtisten ja uposkasvien poisto niittämällä ei yleensä onnistu, sillä niiden maavarret/juurakot pystyvät kasvattamaan uusia versoja hyvin nopeasti uudelleen ja uudelleen. Espoossa on hyvin tuloksin testattu ulpukoiden juurakoiden poistamista *Vesimestari*- ruoppauskoneen piikkimäsellä etuhaarukalla.

Uposkasveista kannattaa Pyhäjärvellä pitää silmällä vesiruton leviämistä ja harkita sen kasvustojen poistamista jo tässä vaiheessa, kun laji ei ole saanut suurempaa jalansijaa. Myöhemmin lajista saattaa tulla mahdoton poistettava ja virkistyskäyttöä selvästi haittaava, jos ja kun kasvuolosuhteet ovat lajin leviämistä suosivia. Kasvillisuuskartoituksessa havaittu pieni esiintymä löytyi Saarensalmen pohjoisrannalta.

Pienialaisetkin niitot tulee ilmoittaa kunnan ympäristöviranomaiselle (lisäksi naapureille on hyvä ilmoittaa asiasta), ja vähäistä suuremmat niitokohteet vaativat luvan ympäristökeskuksesta. Myös vesialueen omistajalta (useinmiten osakaskunta) on saatava lupa, sillä kasvit ovat vesialueen omistajan ”omaisuutta”. Muun muassa Huomisen Hauhon Reitti -hanke on julkaissut niitto-ohjeet osoitteessa: <http://www.hauho.fi/hauhonreitti>.

Esimerkki niittoa ja ruoppauksia tekevän yrityksen niittohinnastosta on 50-75 €/h (+22% alv + kaluston kuljetus). Hehtaarin alueen niiton aikaa menee aikaa 3-4 h. Työtä voi nopeuttaa talkootyöllä (kasvien kerääminen ja läjitys) ja tarjoamalla esim. traktorikalustoa työhön.

Hyviä puolia:

- + Ilmainen/halpa itse tai talkoilla tehtynä, melko edullinen ostopalveluina
- + Melko kevyt lupakäytäntö
- + Poistaa kasvimassaa kiertokulusta, rantojen liettymisen hidastuminen
- + Virkistyskäyttöhyöty paikallisesti suuri

Huonoja puolia:

- Työläs
- Pitkäkestoinen
- Läjitysalueen löytäminen läheltä kohdetta voi olla hankalaa

Kuolleen orgaanisen aineen poistaminen rannoilta.

Jos omalle mökkirannalle/yleiselle uimarannalle ajautuu keväällä tulvaveden/jäiden/tuulen mukana kuolleita vesikasvinosia, ”kaisloja” tms. töhnää, kannattaa materiaali haravoida rantavedestä kuivalle maalle. Materialin voi joko kompostoida tai kuivat kaislat/ruo’ot polttaa. Orgaanisen aineksen kerääminen hidastaa rantojen liettymistä ja mataloitumista.

Hyviä puolia:

- + Ilmainen
- + Hetkellinen työpanos, yleensä keväällä jäidenlähdon aikaan

Kalakannan rakenteen parantaminen/ylläpito

Koekalastusten perusteella Pyhäjärven kuhakanta pystyy lisääntymään luontaisesti. Kuha saalistaa lähinnä ulappa-alueella, joten istutustoiminnassa voisi harkita ranta-alueilla saalistavan hauen lisäämistä. Kuhakannan määrää ei myöskään pitäisi päästää oleellisesti laskemaan. Kuhakannan särkiensaalistustehoa pystytään yleensä nostamaan kalastusta säätelemällä, esim. nostamalla kuhan alamitta 45 cm:iin ja pienin sallittu verkon solmuväli 55 mm:iin (Ruuhijärvi & Olin 2002).

Särkikalakantaa kannattaa jokaisen kynnelle kykenevän poistaa kotitarvekalastuksella: hyviä välineitä jokaisen käyttöön ovat helppokäyttöiset ja edulliset katiska ja rysä. Saaliskalaa tuskin tulee riesaksi asti. Jollei itsellä ole käyttöä pikkukalalle, kalaa voi pieniä määriä kompostoida. Suuremmat määrät pitää kuopata maahan riittävän syvälle. Naapureilta kannattaa myös kysellä, kissoille tai kanoille kalat yleensä kelpaavat mainiosti, ja mikäli joku lähipiirissä harrastaa ravustamista (ks. alla) kannattaa kalat pakastaa - pienet särkikalat ovat oivallisia syöttikaloja. Mikäli kaloja käytetään syöttinä muissa järvissä, on ne rapuruton leviämisen estämiseksi pakko pakastaa. Katiskoihin ja kevätrysiin voi sitä paitsi uida suuriakin lahnoja, jotka ovat savustettuina mitä parhaita ruokakaloja. Tuusulanjärvellä on kotitarvekalastajille jaettu ilmaiseksi katistkoita innostamaan ”jokamiehen” hoitokalastukseen.

Koekalastusten perusteella Pyhäjärvässä ei ole välitöntä tarvetta hoitokalastukselle.

Jotta hoitokalastuksella päästäisiin veden laatua parantaviin tuloksiin, on kalastuksen oltava pitkäkestoista (jatkuvaa) ja melko voimallista; arvio Pyhäjärven kaltaiselle (> 50 mg/m³ kokonaisfosforipitoisuus) järvelle vuosittaisesta poistettavasta kalamäärästä on noin 200 kg/ha (Jeppesen & Sammalkorpi 2002), yhteensä siis 457 tonnia vuodessa - ainakin kolmen vuoden ajan, jonka jälkeenkin tilannetta on pidettävä silmällä ja ylläpidettävä.

Jollei hoitokalastuksella ole veden laatua muuttavaa tavoitetta, riittää vähäisempikin pyyntiponnistus. Toisaalta särkikalajien erittäin tehokas lisääntymiskyky palauttaa tilanteen nopeasti lähtötilanteeseen, jollei kalastus ole jatkuvaa (Ruuhijärvi & Olin 2002).

Hyviä puolia:

- + Särkikalajien poistokalastusta voidaan pienimuotoisesti toteuttaa talkoilla
- + Myös yksittäisten ihmisten kalastustottumuksien muuttamisesta hyötyä
- + Hyvistä petokalakannoista sekä virkistyskäyttöä että rosakaloja poistavaa hyötyä

+ Istutukset helppoja toteuttaa

Huonoja puolia

- Pitkäkestoisuus
- Jotta hoitokalastuksella vaikutusta veden laatuun, tulee saalistavoitteen olla erittäin suuri – työlästä ja kallista.
- Pitkäkestoisuus
- Hoitokalastuksen suurien saaliiden hävittäminen voi olla hankalaa
- Särkikalojen nopea lisääntymiskyky palauttaa tilanteen nopeasti entiselleen. Pyhäjärnessä erityisesti paljon kalojen lisääntymistä suosivia kasvillisuusvyöhykkeitä

Rapuistutukset

Rapu viihtyy rannoilla, joissa sille on riittävästi suojapaikkoja. Pyhäjärven kivikkoiset rannan osat ovat sopivia elinympäristöjä rapuille. Myös hiekkapohjille on mahdollista rakentaa kivityksiä, joissa on lisäksi soraa pienemmille yksilöille. Kivitysten on sijaittava riittävän syvällä talvea ajatellen, esimerkiksi mahdollisen jyrkänpartaan reunalla. Rapu on herkkä veden happamuudelle ja alhaiselle kalsiumpitoisuudelle, kumpikaan tekijä ei Pyhäjärnessä aiheuta ongelmaa. Myöskin happipitoisuus rannoilla riittää mainiosti. Ravut kasvavat nopeammin lämpimässä vedessä, joten Pyhäjärven suhteellisen korkeaksi nousevat kesälämpötilat edistävät rapujen nopeaa kasvua (Tulonen jne. 1998).

Ravut ovat kaikkiruokaisia, ja käyttävät ravintonaan mm. kuolleita kasvinosia, eläviä vesikasveja, eläinravintoa sekä pohjalietteen eloperäistä pintakerrosta (Tulonen jne. 1998). Rapujen koon suurentuessa kasvuravinnon osuus ravinnosta suurenee. Rapujen asuttamilla rannoilla kivien päälliset ovat yleensä puhtaita levistä ja liejusta. Hyvä rapukanta on myös järven virkistyskäyttöarvoa nostava tekijä – matkailuyrittäjät voivat saada ravustuksesta jopa loppukesäisen ohjelmanumeron.

Rapuistutuksilla aikaansaaduilla tiheillä rapukannoilla voidaan siis tavoitella sekä virkistyskäyttöarvoa että eläinten vesikasvillisuutta rajoittavaa vaikutusta. Esimerkiksi Ruotsissa erään kaupungin vesivarastona toimineen tekoaltaan umpeenkasvu pystyttiin estämään istuttamalla altaaseen täplärapua (Tulonen jne. 1998).

Koska Pyhäjärveen on istutettu täplärapua, kannattaa mahdolliset jatkoistutukset tehdä samalla lajilla. Täplärapuilla pyyntikelpoinen kanta on syntynyt onnistuneissa istutuksissa kaikilla istukastyypeillä 5-12 vuodessa (Tulonen jne. 1998). Sekä poikas- että sukukypsiä istukkaita käytettäessä paras istutusajankohta on alkukesä. Istutusten onnistumista kannattaa seurata koeravustuksin. Kun kanta istutuspaikalla on voimistunut (> 2 repua/merta/yö), voidaan rapuja ottaa koeravustuksissa talteen ja istuttaa järven muihin osiin (Tulonen jne. 1998).

Hyviä puolia:

- + Onnistunut rapuistutus vähentää kasvillisuuden leviämistä ja tarjoaa virkistys- ja matkailukäytölle mahdollisuuksia

Huonoja puolia:

- Istukkaat suhteellisen kalliita
- Suuressa vesistöissä kannan lisääntymiseen voi mennä kauan aikaa
- Halvempien pienikokoisten yksilöiden kuolleisuus korkea

Rantamaiseman ylläpito

Rantamaiseman monipuolisuuden ylläpitäminen on suhteellisen helppoa Pyhäjärven kaltaisella suurella järvellä, jonka ranta-alueet ovat luonnostaan varsin heterogeenisiä. Järven arvoa maisematekijänä kannattaa vaalia pitämällä näkymiä avoimina mm. raivaamalla aukkoja mahdollisiin rantapusikoihin, tai mikäli mahdollista, esim. laiduntamalla matalia rantaluhtia. Erityistä huomiota kannattaa kiinnittää kohteisiin, joiden läheisyydessä liikkuu paljon ihmisiä

(kirkonkylän seutu; uimaranta, näkymät tieltä järvelle, kesäteatterin ranta, leirintäalueen lähiympäristö jne.).

Hyviä puolia:

- + Lisää yleistä viihtyvyyttä ja positiivista mielikuvaa järvestä – myös muiden kuin rannanomistajien kannalta
- + Hyvää ja helppoa talkootyötä
- + Kustannukset pieniä
- + Risut mahdollista hakettaa/polttaa vaikka juhannuskokkona
- + Kalustoa yleensä helposti saatavilla

Huonoja puolia:

- Käsittely uusittava muutaman vuoden välein/laidunnuksen oltava useampivuotista

b) Veden laadun parantamiseksi:

Valuma-alueelta tulevan kuormituksen vähentäminen

Ulkoisen kuormituksen vähentäminen mahdollisimman pieneksi on kaiken kunnostustoiminnan ensimmäinen ehto ja edellytys. Jollei ”kriittinen kuormitusraja”, joka on jokaiselle järvelle erilainen, alitu, ei muiden kunnostustoimien vaikutukset ole kuin hetkellisiä.

Ulkoista kuormitusta voidaan vähentää helposti pistekuormituslähteistä, mutta nykyään lähes kaikki valuma-alueelta tuleva ravinnevirta tulee ns. hajakuormituksena, jonka hallitseminen on huomattavasti hankalampaa. Asutuksen vesistökuormitukseen tullaan lähivuosina puuttumaan lainsäädännön tuomin valtuuksin, joten jäljelle jääviä menetelmiä vähentää valuma-alueelta tulevaa ravinnekuormaa ovat lähinnä maatalouden ympäristötukijärjestelmän erityistuki-ympäristönsuojelutoimet.

Suojavyöhykkeet

Suojavyöhyke on peltoalueelle valtaojan tai vesistön varteen perustettava vähintään 15 metriä leveä monivuotisen kasvillisuuden peittämä hoidettu (niitto tai laidunnus) alue, jolle ei levitetä lannoitteita tai kasvinsuojeluaineita. Suojavyöhyke voidaan perustaa myös pohjavesialueella olevalle pellolle.

Vesiensojeluun ja muun ympäristönhoidon kannalta on suositeltavaa, että järvien rantojen suojavyöhykkeet muodostetaan mahdollisesti useamman tilan yhtenäisenä kokonaisuutena, jolloin niiden tuottama hyöty on mahdollisimman suuri. Näin myös kustannukset vähenevät.

Suojavyöhykkeet ovat tärkeimpiä jyrkästi ojaan tai rantaan viettävillä pelloilla, tulvivilla tai vettyvillä pelloilla sekä helposti sortuvilla rannoilla. Myös alueet, joissa viljellään lajeja, jotka aiheuttavat normaalia suurempaa vesistökuormitusta (aikainen sadonkorjuu, riviviljelykasvit) ovat potentiaalisia vyöhykkeiden perustamispaikkoja.

Pyhäjärven valuma-alueella savipelloilta virtaavien järveen laskevien purojen varrella tulisi kartoittaa viljelijöiden halukkuutta hakea tukea suojavyöhykkeiden perustamiseen. Järven ranta-alueilla vyöhyketarve on pienempi, sillä jyrkkiä rinnepeltoja ei juuri ole, lisäksi pellot eivät nykyisellään juurikaan ulotu aivan vesirajaan. Life for Lakes- projekti laati ympäristökeskuksen kanssa yhteistyössä alueelle yleissuunnitelman suojavyöhykkeiden parhaista sijoituskohteista. Yleissuunnitelman ehdotusten toteutumisessa lienee kunnan ympäristö- ja maatalouspuolen virkamiesten aktiivisella otteella ja kannustuksella viljelijöihin päin merkittävä rooli.

Hyviä puolia:

- +Vähentää valtaojien liettymistä ja törmien sortumista eroosioherkillä savimailla
- + Eroosion vähennettyä myös ranta-alueiden liettyminen ja mataloituminen hidastuu

- + Veden sameus vähenee, ravinnekuormitus pienenee, torjunta-aineiden kulkeutuminen vesistöön vähenee
- + Lisää maiseman monimuotoisuutta ja lisää eläinten lisääntymisalueita/kulkureittejä

Huonoja puolia:

- Vaatii yksittäisen viljelijän paneutumista ja sitoutumista
- Vaatii hyvät ja tarkat suunnitelmat, joiden laatiminen voi vaatia ulkopuolisen konsultin apua
- Vyöhykkeen perustaminen ja hoitaminen vaativat kirjanpitoa
- Hoito vuosittaista (niitto ja niitetyn kasvimassan siirtäminen pois vyöhykkeeltä)

2) Harkinnan arvoisia:

a) *Virkistyskäytön parantamiseksi*

Linnuston elinolosuhteiden turvaaminen – lintutornin rakentaminen

Vesilinnuston viihtyvyyttä voi parantaa mm. niittämällä (tai ruoppamaalla) ilmaversoisikasvillisuuden joukkoon avovesilaikkuja ja -käytäviä.

Pyhäjärvellä on ranta-alueilla viihtyvien lintulajien lisäksi ulappalajeja (mm. kuikka, tiirat, selkälokki), jotka viihtyvät mm. karikoiden tuntumassa. Pesimäaikaan tulisi välttää lintujen häiritsemistä liikkumalla liian lähellä järven karikkoja.

Pyhäjärven pohjoispuolella potentiaalisia lintutornin paikkoja voisivat olla Hannulanlahden tai Pappilanlahden rannat. Molemmissa lahdissa on runsasta kasvillisuutta, ja ne ovat liikenteellisesti mahdollisimman suuren yleisön tavoitettavissa. Myös ulkopaikkakuntalaisten olisi helppo löytää paikalle.

Hyviä puolia:

- + Lisää muidenkin kuin veneellä liikkuvien mahdollisuuksia tarkkailla järven elämää
- + Potentiaalinen ”matkailu”kohde
- + Toteutettavissa talkoilla, vain materiaali maksaa

Huonoja puolia:

- Vaatii maanomistajan suostumuksen
- Polun/pitkospuiden tarve lintutornille

Ruoppaukset

Maatuvilla ja umpeen kasvavilla ranta-alueilla voidaan harkita pienimuotoisia ruoppauksia, joiden tarkoitus on parantaa rannan virkistyskäyttöarvoa ja/tai parantaa rantaa kalojen kutualueena/vesilintujen elinalueena. Pyhäjärven kaltaisella suurella järvellä ruoppaamalla ei voida parantaa veden laatua. Yksittäisten rannanomistajien suorittamien oman rannan ruoppausten sijasta suositeltavampaa olisi koota resursseja hieman suurempien kohteiden työstämiseen. Samalla tulisi huolehtia hyvän läjitysalueen hankinnasta. Ruoppauskalustoa ja -tapoja on tarjolla useita, ranta-alueilla esimerkiksi pitkäpuominen kaivinkone voi toimia jäältä talvella. Ruoppauksista aiheutuu kuitenkin aina tilapäistä veden laadun huonontumista (samentumista, ravinteiden huuhtoutumisriski kasvaa) ja lisäksi se vaatii lähes aina luvan ympäristökeskuksesta. Jopa vähäiset ruoppaukset tulee ilmoittaa kunnan ympäristönsuojelusihteerille. Lintualueille ruoppauksia suunniteltaessa tulee lupa-asioissa kääntyä heti ympäristökeskuksen puoleen, sillä lentuvesille käytännöt saattavat olla erilaisia.

Hyviä puolia:

- + Paikallista hyötyä joko ihmisten virkistyskäytölle tai eläinten elinympäristönä

Huonoja puolia:

- Ei sovellu näin suurelle järvelle muutoin kuin paikallisesti

- Pyhäjärven kaltaisessa järvessä, jossa pysyvää sedimentaatiopohjaa ei käytännössä ole lainkaan, on ruopatun kohteen uudelleen liettyminen tavallista nopeampaa. Ns. kuopparuoppaukset liettyvät hyvin nopeasti uudelleen, suositeltavampaa on kaivaa rannan muotoja seuraillen hieman laajemmalla alueella.
- Yleensä varsin kallis menetelmä
- Ruopatun materiaalin läjitys usein ongelmallista
- Ilmoitus- ja lupamenettely
- Ajankohdan valinta niin, ettei naapureille aiheudu haittaa (myöhään syksyllä, keväällä juuri jäiden lähdön jälkeen, talvella jäältä)
- Rannan ravinnehuuhtoumat saattavat lisääntyä, myös veden samentumista hetkellisesti

b) Veden laadun parantamiseksi:

Valuma-alueelta tulevan kuormituksen vähentäminen

Laskeutusaltaat/kosteikot/pohjakynnykset/lietetasut

Laskeutusaltailla ja pohjakynnyksillä pyritään laskeuttamaan eroosion mukana liikkeelle lähtenyt kiintoainetta ja siihen sitoutuneena olleita ravinteita. Mitä kauemmin vesi saadaan viipymään altaassa, sitä hienojakoisempi maa-aines saadaan laskeutumaan altaaseen. Savimateriaali on yleensä liian hienojakoista, jotta se laskeutuisi tavallisessa laskeutusaltaassa, jollei se muodosta suurempia hiukkasia. Laskeutusaltaat eivät juurikaan pienennä veteen liuenneiden ravinteiden pitoisuuksia.

Pohjakynnykset ja muut uomien ennallistamistoimet (uomien mutkaisuuden tai tulva-alueiden palauttaminen) parantavat uomaston ravinteidenpidätyskykyä ja lisäävät alueen luonnon monimuotoisuutta. Pohjapatojen ja -kynnysten toiminta tehostuu, jos niitä on useita peräkkäin.

Kosteikot puhdistavat vettä altaita monipuolisemmin: veden mikrobit muuttavat typpiyhdisteitä typpikaasuksi, joka poistuu ilmaan. Kosteikossa kasvava kasvillisuus käyttää ravinteita omaan kasvuunsa. Esimerkiksi typen poistolle on edullista, jos kosteikkoon saadaan kasvamaan sekä vedenpinnan yläpuolelle ulottuvaa että vedenalaista, rehevää kasvillisuutta. Lisäksi kosteikot poistavat kiintoainetta ja siihen sitoutuneena olleita ravinteita. Kosteikot toimivat parhaiten kesäaikaan, jolloin vesi- ja rantakasvit ovat parhaassa kasvussaan ja virtaamahuippu on ohi, jolloin veden viipymä kosteikossa on riittävän pitkä. Jotta kosteikkokasvillisuus toimisi ravinteiden pidättämisessä tehokkaasti, tulisi se poistaa säännöllisesti niittämällä (Puustinen jne. 2000). Sekä typen että fosforin pidättyminen on sitä tehokkaampaa, mitä korkeampia on näiden aineiden pitoisuudet kosteikkoon tulevassa vedessä. Tämä tulisi ottaa huomioon suunniteltaessa kosteikon sijaintipaikkaa. Pyhäjärven laskevista puroista esimerkiksi Similanlahteen laskevassa ojassa ravinnepitoisuus on huomattavan korkea, samoin alava maasto alueella voisi olla sopivaa kosteikon perustamista ajatellen.

Tutkimusten mukaan altaiden ja kosteikoiden tulisi olla vähintään 1-2%, mutta mieluummin 3-5% yläpuolisen valuma-alueen pinta-alasta, jotta ne toimisivat tehokkaasti kiintoainetta ja ravinteiden pidättäjinä. Näin ollen ne olisi edullisinta sijoittaa ojuumaston latvaosiin. Toisaalta yläpuolisen valuma-alueen peltoprosentin olisi hyvä olla korkea.

Metsätalouden eri toimenpiteiden valinnalla ja oikealla ajoituksella voidaan vaikuttaa paljonkin vesistövaikutusten suuruuteen (ks. enemmän esim. Hänninen jne. 2002). Metsäojitus (yleensä kunnostusojitus) on yksi eniten vesistöjä kuormittavista toiminnoista, jonka haitallisia kiintoainekuormitusta voidaan vähentää huolellisella suunnittelulla, kaivukatkoilla ja rakentamalla uomastoon lietetasuja.

Hyviä puolia:

+ Lisäävät ympäristön monimuotoisuutta ja esim. riistan elinympäristöjä vesienpuhdistuslaitteiden lisäksi

+ Oikein suunniteltuina ja toteutettuina melko tehokkaita kiintoaineen ja ravinteiden vähentäjiä

Huonoja puolia:

- Suunnitelmien laatiminen voi olla työlästä ja vaatia asiantuntija-apua
- Sopivien paikkojen puute, erityisesti kosteikat tilaa vieviä. Myös purojen mutkaisuuden palauttaminen voi vähentää viljelyalaa
- Vaatii yksittäisen viljelijän paneutumista ja sitoutumista
- Tulvahuippujen aikaan ravinteiden poisto ei toimi kovinkaan hyvin
- Rakentaminen vaatii yleensä raskaampaa kalustoa (esim. kaivinkoneita), kustannukset korkeita
- Vaativat jatkuvaa huoltoa, esim. lietteen poistamista altaista
- Savimailla laskeutusaltaiden riittävän suuri koko erityisen tärkeää, koska saven uudelleen sedimentoituminen vaatii veden täydellistä pysähtymistä.

Ojavesien suodattaminen

Säkylän Pyhäjärven alueella on toteutettu erilaisia kokeiluja ojavesien ravinteiden vähentämiseksi. Käytettyjä menetelmiä ovat erilaiset hiekkasuodattimet, joissa valumavesien ravinteiden poisto perustuu osaksi mekaaniseen ja osaksi kemialliseen suodattumiseen. Fosforipitoisuuden ollessa pieni, fosfori sitoutuu maa-ainekseen lähinnä adsorpoitumalla rauta-, alumiini- ja kalsiumpitoisten mineraalien pinnalle. Ajan kuluessa suodattimissa alkaa tapahtua myös biologista hajoamista. Säkylän Pyhäjärven valuma-alueella kokeillut suodattimet ovat sisältäneet hiekkaa, jonka sekaan on lisätty joko kalkkia tai Fosfilt-nimistä kaupallista rautapitoista fosforia sitovaa materiaalia (Kirkkala & Ventelä 2002).

Tarkemmin ottaen suodatusmenetelminä on käytetty kalkkisuodinojia, hiekkasuodatuskenttiä sekä ojanpohjasuodatusta.

Kalkkisuodinojat ovat jyrkillä rinnepelloilla olevia, purouoman suuntaisia, suojakaistan ja pellon rajaan rakennettuja n. 0,5m leveitä ja n. 1m syviä ojia, joiden pohjalle on asennettu salaojaputket. Kaivanto on täytetty hiekan ja kalkin seoksella, jonka läpi pintavaluntana tuleva vesi pyritään suodattamaan. Kokemusten mukaan kalkkisuodinojat ovat pystyneet pidättämään n. 40% tulevasta fosforista.

Hiekkasuodatuskentät ovat maaston muotoihin sopivia n. 1m syvyisiä kenttiä, jotka on täytetty hiekalla, johon on sekoitettu kalkkia, Fosfilt-materiaalia, kipsiä tai näitä kaikkia. Vesi lasketaan suodattimeen yläpuolella olevasta laskeutusaltaasta. Vesi suodattuu korkeuserosta johtuvan paineen ansiosta kentässä alhaalta ylöspäin ja poistuu kentän pinnasta kokoojaputkia pitkin vesistöön. Kalkkihiekkasuodatinkentät ovat poistaneet jopa n. 75% fosforista, mutta eivät typpeä. Fosfiilt- suodatinkentät ovat poistaneet fosforista n. 30%, mutta ovat toisaalta poistaneet typpeä (erityisesti ammonium-tyypeä) hyvin.

Ojanpohjasuodattimet ovat ojia, joiden pohjalle on pantu 5-15 cm kerros salaojasoraa ja salaojaputki ja niiden päälle kalkki-hiekka- tai Fosfilt-hiekkakerros. Vesi pakotetaan patoamalla suodattamaan kerroksen läpi. Ojien fosforipitoisuus on näin saatu vähenemään keskimäärin 30%.

Hyviä puolia:

- + Uusia vaihtoehtoja perinteisille maatalouden vesiensuojelumenetelmille
- + Ravinteiden pidätystehokkuus koealueilla näyttäisi olevan melko hyvä
- + Vähemmän tilaa vieviä ja ”kevyempiä” menetelmiä kuin altaat/kosteikat

Huonoja puolia:

- Hiekkaseokset uusittava kun suodatin alkaa menettää puhdistustehoaan
- Uusia menetelmiä, vähän käyttökokemuksia

3.2. Kuivajärvi

Ongelmat:

Hajakuormitus

Maatalous: ravinteet, kiintoaine.

Turvetuotanto: orgaaninen aines, humus – kuluttaa happea, humukseen sitoutuneet ravinteet – potentiaalisesti leville käyttökelpoista

Matalat rannat alttiit tulvavesille, myrskyallokon tai jään kuluttavalle vaikutukselle, jolloin ravinteita, kiintoainesta ja orgaanista materiaalia voi erodoitua järveen.

Sisäinen kuormitus

Ajoittaiset happikadot

Tuulen aiheuttama sedimentin resuspensio matalilla alueilla

Mataluus ja paikoitellen liiallinen vesikasvillisuus

Kiihtynyt umpeenkasvu, orgaanisen materiaalin kertyminen ranta-alueille

Haitat virkistyskäytölle: kalastukselle, uimiselle, veneilylle

Sijainti vesistöketjussa

Yläpuolisten järvien ja virtavesien veden laadulla suuri merkitys Kuivajärveen tulevan veden laatuun. Pysyviä muutoksia Kuivajärven veden laadussa hankalaa/mahdotonta saavuttaa, jollei tulevan veden laatu muutu.

Plussat:

Veden ravinnepitoisuus matalampi kuin Pyhäjärvässä, Kaukjärvässä tai Mustialanlamassa.

Levähaitat eivät jatkuvia/pitkäkestoisia/massiiivisia.

Kalaston rakenne melko hyvä: kuhakanta ts. petokalakanta hyvä, särkikalakanta ei huolestuttavan korkea.

Rantakasvillisuus ja niihin liittyvät pintalevät käyttävät valumavesien ravinteita tehokkaasti. Kasvillisuus tarjoaa hyvät elinolosuhteet vesilinnustolle ja kalojen lisääntymisalueita/ kalanpoikasten ruokailualueita.

Sekä planktonin että kasvillisuuden korkea lajirunsaus kertoo, ettei järvi ole edennyt rehevöitymiskehityksessä vielä kovin pitkälle.

Alusveden hapettomuus vain ajoittaista, pinta-alaltaan melko pientä, ja kestoaltaan lyhytaikaista → merkitys ravinnekuormitukselle ei liene kovin suuri.

Veden sameus ja humuspitoisuus rajoittavat levien ja vesikasvillisuuden kasvua syvemmissä vesissä/ranta-alueilla.

Vesistöketjussa myös yläpuolisia järviä, jotka toimivat ”laskeutusaltaina” Kuivajärvelle. Esimerkiksi valuma-alueen metsätaloustoimenpiteiden vaikutukset valumavesien laatuun eivät näy suoraan Kuivajärvässä.

Vesitilavuus pieni → veden vaihtuvuus melko nopeaa.

Toimenpide-ehdotuksia:

Kuivajärvellä alusveden happitilannetta tulisi seurata, sillä syvänteen hapellisena pysyminen on ratkaisevan tärkeää sisäisen kuormituksen kurissa pitämisessä. Jollei järveä saada tehokkaaseen viranomaisvalvontaan, tulisi harkita kenttäkelpoisen happi-

lämpötilamittarin hankkimista (suojeluyhdistykselle) ja happipitoisuuden mittausta suoritettavaksi talkoo/vapaaehtoisvoimin tai vaihtoehtoisesti hyödyntää HAMK/Mustialan happimittaria. Tällöin epäsuotuisaan happikehitykseen voidaan reagoida nopeammin ja harkita vaikkapa hapetus- tai ilmastuslaitteiden käyttöä syvänteellä (ks. Kaukjärven toimenpide-ehdotukset).

1) Suositeltavia:

a) Virkistyskäytön parantamiseksi

Pienialaiset vesikasvien niidot

Ks. perusteet ja hyvät ja huonot puolet Pyhäjärven toimenpide-ehdotuksista.

Kuivajärvellä mahdollisten niittokohteiden potentiaalisia paikkoja olisivat toisaalta itärannan mökkirannat, tai länsirannalla kansanpuiston hiekkarantojen kasvittuneet kohteet. Talkoilla tehtävänä kohteen valintaa länsirannalle puoltaisi työstä saatava laajempi ”yleinen” hyöty. Kasvillisuuden vähentäminen hidastaisi uimarannan mahdollista vähittäistä liettymistä. Järven pohjois- ja eteläpään jokisuistojen välittömässä läheisyydessä olevat kasvillisuusvyöhykkeet toimivat suodattimina, jotka kuluttavat ravinteita, ja hidastamalla veden liikettä, edistävät kiintoaineen sedimentoitumista. Näin ollen näistä kohteista ei ole suotavaa poistaa kasvillisuutta. Lintuvesi-alueilla (Joensuunlahti, Venelahti) tulee muutoinkin kaikkien toimenpiteiden suunnittelun olla erityisen tarkkaa, ja yhteyttä tulee ottaa ympäristökeskukseen.

Myös Kuivajärvellä havaittiin kaksi vesiruttoesiintymä (Lunkaalla, venevalkamassa ja Suujärven itäpään edustalla Kuivajärven länsirannalla), jonka poistamista kannattaisi harkita ennen kuin tämä nopeasti leviävä tulokaslaji ehtii vallata suurempaa aluetta.

Kuolleen orgaanisen aineen poistaminen rannoilta.

Ks. perusteet ja hyvät ja huonot puolet Pyhäjärven toimenpide-ehdotuksista.

Kuivajärvellä ruovikkoisen rannan omistajat voisivat harkita myös ruokojen syksyistä niittoa/poistamista, jolloin orgaanista materiaalia jää järveen vähemmän, vaikka ravinteiden poiston kannalta toimenpiteellä ei olekaan merkitystä.

Kalakannan rakenteen parantaminen/ylläpito

Myöskään Kuivajärvessä kalakannan rakenne ja hyvä kuhakanta eivät anna aihetta roskakalan massiiviseen poistopyyntiin, mutta kalaston hyvää rakennetta ylläpitävää toimintaa tulee toki suosia.

Istutustoiminnassa hauen suosiminen, riittävän suuri verkkojen silmäkoko, pikkukalojen kotitarvekalastus

Ks. perusteet ja hyvät ja huonot puolet Pyhäjärven toimenpide-ehdotuksista.

b) Veden laadun parantamiseksi:

Valuma-alueelta tulevan kuormituksen vähentäminen

Suojavyöhykkeet

Kuivajärvellä suojavyöhykkeille olisi tilausta ennen kaikkea pohjois- ja eteläpään laskevien jokien rantamilla, sillä ks. joet tuovat ehdottomasti suurimman osan järveen tulevasta vedestä/ravinteista. Myös järveen viettävien rantapeltojen ja järven väliin tulisi perustaa

suojavyöhykkeet. Rantapeltojen tai –lohkojen käyttö esimerkiksi laitumina on perusteltua sekä maiseman pitämiseksi avoimena että nurmien jatkuvan kasvipeitteisyyden takia.

Ks. perusteet ja hyvät ja huonot puolet Pyhäjärven toimenpide-ehdotuksista.

2) Harkinnan arvoisia:

a) Virkistyskäytön parantamiseksi

Rapuistutukset

Kuivajärven rannat (ei piilopaikkoja) eivät ole suosiollisia rapua ajatellen. Mikäli rapuistutuksia halutaan tehdä, tulisi ravuille tarjota keinotekoisia piilopaikkoja esim. reikätiilistä.

Linnuston elinolosuhteiden turvaaminen – lintutornin rakentaminen

Myös Kuivajärvellä on mahdollista parantaa vesilinnuston viihtymistä entisestään. Esimerkiksi järven rakentamattoman kaakkoisrannan (Lunkaan) yhtenäisiin ilmaversoisten vesikasvivyöhykkeisiin voidaan niittämällä tai ruoppaamalla muodostaa avovesikäytäviä, jotka parantavat lintujen ravinnonetsintämahdollisuuksia. Myös pohjoispään lintulahtien kasvillisuusalueiden monimuotoisuutta kannattaa ylläpitää estämällä umpeenkasvu.

Myös lintutornin rakentamiselle olisi hyvät perusteet esimerkiksi Venesillan leirintäalueen lähetyville, jolloin torni olisi helposti leirintäalueen ja Saaren kansanpuiston kävijöidenkin saavutettavissa. Parkkitilaakin olisi jo valmiina.

b) Veden laadun parantamiseksi:

Valuma-alueelta tulevan kuormituksen vähentäminen

Laskeutusaltat/kosteikot/pohjakynnykset/lietetasut

Kuivajärven valuma-alueen laajuuden takia järven läheisyyteen ei juuri kannata harkita laskeutusallas- tai kosteikkorakentamista (allas jää liian pieneksi suhteessa suureen yläpuoliseen valuma-alueeseen). Materiaalin huuhtoutumiseen kannattaa puuttua jo uomaston latvaosissa, esimerkiksi uomakunnostuksin ja lietetasuina metsäisillä ja soisilla alueilla. Myös pienempien laskeutusaltaiden sijoittamista peltoaluiden yläosien vähävetisimpiin puroihin voi harkita.

Ks. perusteet ja hyvät ja huonot puolet Pyhäjärven toimenpide-ehdotuksista.

Ojavesien suodattaminen

Useita sovelutuvia kohteita löydettävissä myös järven lähipelloilta ja/tai Myllyjokeen tai Turpoonjokeen laskevista pelto-ojista.

Ks. perusteet ja hyvät ja huonot puolet Pyhäjärven toimenpide-ehdotuksista.

Sisäisen kuormituksen vähentäminen

Pohjan pöyhintä

Pohjan pöyhinnän tarkoituksena on viedä happea sedimenttiin ja purkaa sedimentistä hajotuksen tuottamia kaasuja. Pöyhinnän alkuvaiheen tavoitteena on mikrobitoimintaa lisäämällä muuttaa mikrobeille helppokäyttöinen orgaaninen aine pääosin haihtuvaan tai haitattomampaan muotoon ja täten kuluttaa orgaanisen aineen ylijäämää pois. Tällöin mikrobitoiminta vähitellen vähenee ja tilanne sedimentin pinnassa muuttuu jälleen hapelliseksi. Hapellinen sedimentin pinta pystyy jälleen pidättämään fosforia (Lappalainen & Saarijärvi 1998).

Kuivajärven tapaisessa tyydyttäväkuntoisissa järvissä (syksyllä tehtävä) pohjasedimentin hapellinen pohjan pöyhintä vie happea sedimenttiin ja tuo hajotuksen tuottamia kaasuja sieltä pois. Esimerkiksi pohjanuottaa vedettäessä tapahtuu tämäntapaisia ilmiöitä.

Pohjan pöyhintä kunnostusmenetelmänä on saanut ristiriitaisen vastaanoton, koska se vapauttaa myös ravinteita veteen pohjasedimentistä samalla kun se hapettaa sitä. Toisaalta pohjaa pöyhivää nuotanvetoa on pidetty parhaana järven kunnossapitomenetelmänä. Nuotta on ilmastanut pohjaa, kun sitä on vedetty pitkin järveä. Pohjan pöyhintä suoritetaan syystäyskierron aikaan, kun vesi on kylmää, jolloin siihen liukenee paremmin happea. Happea liukenee koko ajan ilmasta ja näin pitäisi lietteen välittömän hapenkulutuksen aiheuttaman happivajeen korvautua. Laahaimena voidaan käyttää nuotan sijasta esim. kahden veneen väliin viritettyä kettinkiä tai mitä tahansa tekelettä, joka pöyhii pohjaa (Vedenjuoksu 1999).

Hyviä puolia:

- + Voidaan tehdä joko talkoilla tai ostopalveluna
- + Mikäli käyttöön saadaan pohjanuotta, samalla saadaan kalastushyötyä
- + Kuivajärvessä hapettoman syvänealueen koko suhteellisen pieni, jolloin pöyhittävän pohjan ala on järkevissä mittasuhteissa
- + Ainoa sedimentin laatua parantava menetelmä, joka ei vaadi kemikaaleja tai massojen siirtoja
- + Onnistuessaan vähentää talvisia happikatoja ja siten sisäistä fosforikuormitusta järviveteen
- + Tähän astisissa käyttökokeiluissa ei ole havaittu pöyhinnällä olevan haitallisia kalastovaikutuksia.

Huonoja puolia:

- Uusi menetelmä, käyttökokemukset vähäisiä
- Vaatii pöyhinnän toistamista useiden vuosien ajan, jotta sedimentti tervehtyy riittävästi
- Menetelmä aiheuttaa välitöntä veden samentumista, myös ravinteita saattaa nousta veteen pohjasta

3.3. Kaukjärvi

Ongelmat:

Hajakuormitus

Maatalousmaan osuus valuma-alueesta korkea: ravinteet, kiintoaine.

Asutus melko runsasta lähivaluma-alueella – haja-asutuksen jätevesien käsittely?

Viettävät rannat; peltomaan eroosio ja ravinnehuuhtouma etenkin pohjoisrannalta. Etelärannan metsäalueella mahdollisesti tehtävien metsätaloustoimien vaikutukset voivat lisätä orgaanisen aineen suoraa kuormitusta järveen

”Pistemäisiä” kuormituskohteita lähellä järveä, mm. hevosten tarha-alueet

Peltomaiden savimaa melko eroosioherkkää, saven pieni raekoko hidastaa uudelleen laskeutumista

Veden nykyiset ravinnepitoisuudet korkeat.

Sisäinen kuormitus

Jatkuva alusveden hapettomuus Kaukjärvessä ylläpitää fosforin liukenemista pohjasedimentistä vesimassaan.

Keväisin ja syksyisin veden täyskierrot tuovat alusveteen liuenneita ravinteita päällysveteen ja levien saataville

Sedimentin huono kunto, sulfidiraitaista sedimenttiä runsaasti

Todennäköinen pohjavesivaikutus - pohjavesi voi olla melko vähähappista

Levät

Ajoittaisia sinilevien massaesiintymiä, joiden syntymistä veden korkea fosforipitoisuus edistää.

Plussat:

Jyrkät rannat ja veden sameus pitävät vesikasvillisuuden vähäisenä, jolloin niistä ei ole haittaa virkistyskäytölle.

Kalaston rakenne melko hyvä: kuhakanta ts. petokalakanta hyvä, särkikalakanta ei huolestuttavan korkea. Kalojen kokonaismäärä ei myöskään erityisen korkea.

Alusveden hapettomuus ei ole aiheuttanut kalakuolemia.

Todennäköinen pohjavesivaikutus – pohjavesi kirkkaampaa ja vähäravinteisempaa kuin valuma-alueelta tuleva vesi

Järven sijainti vesistösystemin latvoilla. Yläpuolisten vesistöjen huono kunto ei vaikuta Kaukjärven veden laatuun.

Toimenpide-ehdotuksia:

Kaukjärven pohjasedimentin suunniteltu kipsaus tulisi suorittaa, mikäli Mustialanlammen kipsaus tuottaa toivottuja tuloksia. Tämän jälkeen kipsauksen vesistövaikutuksia tulisi seurata useita vuosia. Muita sedimenttiin kohdistuvia toimia ei kannata aloittaa ennen kun kipsauksen jälkeinen tilanne on selvillä.

Veden laatua (ainakin ravinnepitoisuutta ja näkösyvyyttä, mielellään myös levien määrää, klorofylli-a) tulisi seurata myös ennen toimenpidettä säännöllisesti, jotta toimenpiteen vaikutuksia voidaan verrata edeltäneeseen tilanteeseen.

1) Suositeltavia:

a) Virkistyskäytön parantamiseksi

Kalakannan rakenteen parantaminen/ylläpito

Myöskään Kaukjärvessä kalakannan rakenne ja hyvä kuhakanta eivät anna aihetta roskakalan massiiviseen poistopyyntiin, mutta kalaston hyvää rakennetta ylläpitävää toimintaa tulee toki suosia: riittävän suuri verkkojen silmäkoko, pikkukalojen kotitarvekalastus

Ks. perusteet ja hyvät ja huonot puolet Pyhäjärven toimenpide-ehdotuksista.

Rantamaiseman ylläpito

Järven arvoa maisematekijänä kannattaa vaalia pitämällä näkymiä avoimina mm. raivaamalla aukkoja rantapusikoihin. Järven Mustialan puoleisessa päässä voisi olla tilausta esimerkiksi opastetulle luontopolulle, joka kiertelisi järvi- ja harjumaisemassa, ja joka voisi myös käydä kiertämässä Mustialanlammen laskeutusaltailla.

b) Veden laadun parantamiseksi:

Valuma-alueelta tulevan kuormituksen vähentäminen

Suojavyöhykkeet

Järveen viettävien rantapeltojen ja järven väliin tulisi perustaa suojavyöhykkeet niille osin, kun niitä ei vielä ole. Myös kaltevien kohteiden purojen varsiin tulisi jättää suojakaistaa leveämmät vyöhykkeet. Rantapeltojen tai –lohkojen käyttö esimerkiksi laitumina tai viherkesannolla on perusteltua sekä maiseman pitämiseksi avoimena että nurmien jatkuvan kasvipeitteisyyden takia.

Ks. perusteet ja hyvät ja huonot puolet Pyhäjärven toimenpide-ehdotuksista.

2) Harkinnan arvoisia:

b) Veden laadun parantamiseksi:

Valuma-alueelta tulevan kuormituksen vähentäminen

Laskeutusaltaat/kosteikot/pohjakynnykset/lietetasut

Kaukjärven rantojen morfologia ei suosi kosteikkoaltaiden perustamista järven lähetyville. Materiaalin huuhtoutumiseen kannattaa puuttua jo uomaston latvaosissa, esimerkiksi uomakunnostuksin ja lietetasuina metsäisillä ja soisilla alueilla, pienemmillä laskeutusaltailta tai pohjapadoilla peltovaltaisilla alueilla.

Esimerkiksi Kurjenoja suurimpana kuormittajana olisi otollinen kohde.

Ks. perusteet ja hyvät ja huonot puolet Pyhäjärven toimenpide-ehdotuksista.

Ojavesien suodattaminen

Useita sovelutuvia kohteita löydettävissä, erityisesti järven pohjoisrannan pelto-ojista.

Ks. perusteet ja hyvät ja huonot puolet Pyhäjärven toimenpide-ehdotuksista.

Sisäisen kuormituksen vähentäminen

Alusveden hapettaminen

Hapettamiselle voidaan asettaa joko lyhytaikainen tai pitkäaikainen tavoite: joko annetaan kaloille talvisin mahdollisuus selviytyä pahimman yli tai sitten pyritään hillitsemään järven sedimentistä hapettomuudesta johtuvaa sisäistä ravinnekuormitusta. Kaukjärnessä, mikäli hapettamiseen päädytään, tulisi tavoitteen olla pitkäaikainen happitilanteen parantaminen: akuuttia kalakuolemavaaraa ei ainakaan toistaiseksi järnessä edes ole ollut.

Hapetuksessa pyritään elvyttämään alusveden ja pohjan hapellista hajotus- ja kulutustoimintaa, ja siten purkamaan pohjalle kertyneitä orgaanisen aineksen ylijäämiä. Hapettaminen edistää myös ammoniumtypen hapettumista ja typen haihtumista kaasuna ilmaan. Mikäli pohja saadaan hapelliseksi, se vähentää myös sisäistä fosforikuormitusta, ja sitä kautta myöhemmin alentuneiden veden ravinnepitoisuuksien kautta mm. levätuotantoa. Myös sedimentin pohjaeläinyhteisö voi hapellisissa pohjissa jälleen palata, mikä myös muuttaa pohjayhteisöjen kykyä käsitellä uutta sedimentoituvaa ainesta.

Hapetusmenetelmiä on tarjolla useita. Suomessa on yleisimmin käytetty alusveden Mixox-hapetusta, jossa johdetaan hyvähappista päällysvettä alusveteen. Tällä menetelmällä on mm. seuraavia hyviä puolia: lämpötilakerrostuneisuus säilyy, eikä kuplintaa juuri tapahdu. Näin ollen pohjalta ei myöskään nouse materiaalia (esim. ravinteita) päällysveteen ja levien käyttöön. Hapetusmenetelmän energiantarve on melko vähäinen suhteessa saatavaan happihyötyyn, sillä

siirrettävä happi on jo vedessä valmiina. (ns. ilmastaminen tarkoittaa hapen siirtämistä ensin ilmasta veteen, ja vasta sitten haluttuun kohteeseen)

Hapettamisen vuosikulut ovat tyypillisesti 40-200 €/ha.

Hyviä puolia:

- + Menetelmästä Suomessa käyttökokemuksia ja luotettavia laitteistojen myyjiä/palvelun tarjoajia (ks. esim. <http://www.vesieko.fi>)
- + Suhteellisen edullinen hapetusmenetelmäksi
- + Ei melua, eikä maisemahaittaa, sillä järven pintassa näkyy vain merkkipoiju

Huonoja puolia:

- Kaukjärven hapettoman alueen pinta-ala melko suuri, syvänteitä kaksi

4. Lähteet

Ala-Opas, P. 2002: Maa- ja metsätalouden vesistövaikutusten kokonaisvaltainen hallinta ja valuma-alueeseen soveltaminen. Kalatutkimukset. Moniste 20 s.

Forsberg, C. & Ryding, S-O. 1980: Eutrophication parameters and trophic state indices in 30 Swedish waste-receiving lakes. *Archiv für Hydrobiologie* 89: 189-207

Haapasilta, S. 1999: Tammelan Pyhäjärven, Kaukjärven, Kuivajärven ja Suujärven pohjasedimentit, järvien rehevöityminen ja kunnostusmahdollisuudet. Pro Gradututkielma. Turun yliopisto, Geologian laitos. 99 s.+liitteet

Huitu, E. & Mäkelä, S. 1999: Etelähämäläinen järviluonto: nykytila ja tulevaisuuden näkymiä. Maatalouden vesiensuojelun, maatalousympäristön sekä vesiekosysteemin monimuotoisuuden kehittäminen- projektin loppuraportti. Helsingin yliopisto, Lammin biologinen asema. 188 s.

Häkanson, L. & Jansson, M. 1983: Principles of lake sedimentology. Springer Verlag, Berlin. 316 s.

Hänninen, E., Kärhä, S., Salpakivi-Salomaa, P. 2002: Metsätalous ja vesiensuojelu. Vesien ja vesiluonnon suojelu metsätalouden töissä. Metsätehon monisteita. 23 s.

Jeppesen, E. & Sammalkorpi, I. 2002: Lakes. In: Perrow, M. & Dawy, A. (eds.). Handbook of ecological restoration, vol. 2; Restoration in practice. Cambridge, Cambridge University Press. 297-325.

Kirkkala, T., Ventelä A-M. 2002: Pyhäjärven suojeluprojekti. Valuma-alueen toimenpiteet. *Vesitalous* 6: 26-31.

Lappalainen, E., Huttunen, M. 1998: Tammelan Pyhä- ja Kuivajärven kesän 1998 koekalastusraportti. Moniste.

Lappalainen, E., Huttunen, M. 1998: Tammelan Kaukjärven koekalastusraportti kesältä 1998. Moniste.

Lappalainen, M., Saarijärvi, E. 1998: Pohjan pöyhintä kalaveden hoito- ja kunnostusmenetelmänä. Suomen kalastuslehti 7:38-41.

Lehtinen, A., Sammalkorpi, I., Harjula, H., Ulvi, T. 2002: Vesistöjen kunnostuksen tilanne ja ongelmat. Vesitalous 6: 7-12.

Liimatainen, H-M. 1999: Hämeen järvien kunnostustarveselvitys. Hämeen ympäristökeskus. Moniste.

Puustinen, M., Koskiaho, J., Puumala, M., Riihimäki, J., Rätty, M., Jormola, J., Gran, V., Ekholm, P., Maijala, T. 2000: Vesiensuojelukosteikot viljelyalueiden valumavesien hallinnassa. Suomen ympäristökeskuksen moniste 178.

Ruuhijärvi, J. & Olin, M. 2002. Onnistuuko ja vaikuttaako hoitokalastus? Vesitalous 6: 38- 41.

Salonen, V-P, Haapasilta, S. 1997: Tammelan Kaukjärven, kuivajärven ja Pyhäjärven rehevöityminen ja sedimentit. Ympäristögeologian tutkimusmenetelmäkurssi, tutkimusraportti. Turun yliopisto, maaperägeologia 15.8.1997.

Tulonen, J., Erkamo, E., Järvenpää, T., Westman, K., Savolainen, R., & Mannonen, A. 1998: Rapuvedet tuottaviksi. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. 152 s.

Turunen, A. & Äystö, V. 2000: Selvitys vesistöjen kunnostustarpeista. Suomen ympäristökeskuksen moniste 180.

Vedenjuoksu, M. 1999: Pakkalanjärven kunnostussuunnitelma. Pirkanmaan kalatalouskeskuksen tiedonantoja 34.
<http://www.sahalahti.fi/kunnost.html>

Muuta hyödyllistä luettavaa:

Airaksinen J., 2004: Vesivelho-hankkeen loppuraportti. Suunnitteluohjeistus rehevöityneiden järvien kunnostamiseen. Savonia-ammattikorkeakoulu.
<http://www.vesivelho.pspt.fi/naytto.pdf>

Liite 1. Tutkimusalueen järvet ja niihin laskevien purojen näytteenottopisteet

