

**UUDENMAAN YMPÄRISTÖKESKUKSEN
RAPORTTEJA 14 | 2009**

Karkkilan Pyhäjärven kunnostussuunnitelma

Anne-Marie Hagman



Uudenmaan ympäristökeskus

Karkkilan Pyhäjärven kunnostus- suunnitelma

Anne-Marie Hagman

Helsinki 2009

Uudenmaan ympäristökeskus



UUDENMAAN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 14 | 2009
Uudenmaan ympäristökeskus

Kannen taitto: Sari Laine
Kannen kuva: Anne-Marie Hagman

Julkaisu on saatavana myös internetistä:
<http://www.ymparisto.fi/julkaisut>

ISBN 978-952-11-3580-4 (PDF)
ISSN 1796-1742 (verkkokj.)

SISÄLLYS

1	Johdanto	5
2	Aineisto ja menetelmät	6
2.1	Veden laatua kuvaavat tekijät	6
2.2	Kalasto.....	6
2.3	Kasvillisuus.....	6
2.4	Sedimentti	6
2.5	Kuormituksen laskeminen Pyhäjärvelle	7
2.6	Ulkoisen kuormituksen sietokyvyn arviointi	7
2.7	Sisäisen kuormituksen arviointi	8
3	Pyhäjärven perustila	10
3.1	Veden laatu	10
3.2	Kasvillisuus.....	12
3.3	Kalasto.....	13
3.4	Sedimentti	15
4	Kuormitusselvitys	17
4.1	Ulkoisen kuormituksen osavaluma-alueittain	17
4.1.1	Pyhäjärven – Saavajoen osavaluma-alue	17
4.1.2	Hunsalanjoen osavaluma-alue	18
4.1.3	Vaskijoen osavaluma-alue	18
4.1.4	Kyrönojan osavaluma-alue.....	19
4.1.5	Nuijajoen osavaluma-alue	19
4.1.6	Rautojan – Koivupuortaan osavaluma-alue	20
4.1.7	Kissanojan – Häijynojan osavaluma-alue	20
4.1.8	Yhteenlaskettu kokonaiskuormitus kaikilta osavaluma-alueilta	21
4.2	Ulkoisen kuormituksen sietokyky	23
4.2.1	Pyhäjärven – Saavajoen (23.051) osavaluma-alue	24
4.2.2	Hunsalanjoen osavaluma-alue	25
4.2.3	Vaskijoen osavaluma-alue	26
4.2.4	Kyrönojan osavaluma-alue.....	26
4.2.5	Nuijajoen alaosan osavaluma-alue	27
4.2.6	Rautojan – Koivupuortaan osavaluma-alue	28
4.2.7	Kissanojan – Häijynojan osavaluma-alue	28
4.3	Pyhäjärven sisäinen kuormitus	29
5	Mahdollisia menetelmiä Pyhäjärven kunnostukseen	31
5.1	Ulkoisen kuormituksen vähentäminen	31
5.1.1	Maatalouden ulkoinen ravinnekuormitus	31
5.1.2	Haja-asutuksen aiheuttama kuormitus.....	32
5.1.3	Hulevesien aiheuttama kuormitus	33
5.1.4	Osavaluma-aluekohtainen tarkastelu	33
5.2	Vesikasvien niitto	34
5.3	Kalaston hoito	36
5.3.1	Tehokalastus	36

5.3.2	Kalaistutukset	37
5.3.3	Kalastuksen järjestäminen ja säätely.....	37
5.3.4	Kalaston rakenteen seuranta.....	38
5.4	Hapetus.....	38
6	Soveltumattomat menetelmät.....	42
6.1	Ruoppaus	42
6.2	Fosforin kemiallinen saostaminen	42
7	Seuranta	43
8	Yhteenveto.....	44
	Lähteet.....	45
	Liitteet	47
	Kuvailulehti.....	50
	Presentationsblad	51

1 Johdanto

Uudenmaan ympäristökeskus aloitti vuonna 2008 Karkkilan kaupungin kanssa kuntakohtaisen järvikunnostusohjelman. Ohjelmassa kohteeksi valittiin Pyhäjärvi, jolle päätettiin tehdä yhteistyöprojektina perustilan selvitys, kuormitus selvitys ja niihin pohjautuva kunnostussuunnitelma. Perustilan selvitys sovittiin jätettävän lyhyeksi, koska järven tilaa on käsitelty Hiidenveden velvoitetarkkailuraporteissa. Pyhäjärven sijainti näkyy kuvassa 1.

Työtä ovat kommentoineet Minna Sulander (Karkkilan kaupunki), Sirpa Penttilä, Jarmo Vääriskoski ja Irmeli Ahtela (Uudenmaan ympäristökeskus). Lisäksi osakaskuntien Erkki Olsson on hyväksynyt raportin sisällön.



Kuva 1. Pyhäjärven sijainti Karkkilassa. Mittakaava 1 : 75 000. Luvat Maanmittauslaitos lupa nro 7/MLL/08 ja Genimap Oy, lupa L4659/42.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Veden laatua kuvaavat tekijät

Vesien yleinen käyttökelpoisuusluokitus kuvaa vesien keskimääräistä veden laatua sekä soveltuvuutta vedenhankintaan, kalavesiksi ja virkistyskäyttöön. Luokkia on viisi: erinomainen, hyvä, tyydyttävä, välttävä ja huono. Vesien hoidon suunnittelun myötä myös luokittelu on uudistunut ja pohjautuu vedenlaatutekijöiden lisäksi biologisiin muuttujiin. Ekologinen tila luokitellaan samalla viisiportaisella asteikolla. Vedenlaatutiedot haettiin ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmästä. Leväkukintailmoitukset ja levälajit kerättiin Uudenmaan ympäristökeskuksen levähaittarekisteristä. Pyhäjärven valuma-alueena käytettiin VEPS:istä saatuja vesistöaluejakoja (liite 1).

2.2 Kalasto

Petri Savola

Pyhäjärvellä tehtiin koekalastus 5. – 6.8.2008. Muusta saaliista erotellut petokalat ja siiat lajiteltiin erikseen vesiastiaan, josta ne vapautettiin punnitukseen ja laskemisen jälkeen elävinä takaisin järveen. Petokaloiksi luettiin myös noin 15 cm pitemmät ahvenet, jotka ovat myös vapautettujen kalojen joukossa. Muu osa saaliista lajiteltiin kokonaisuudessaan lajeittain. Kaloista määritettiin kokonaispaino ja kappalemäärät laskettiin kustakin lajista otetun 200 kappaleen näyte-erän keskipainon perusteella, mikäli kaloja oli näytteessä enemmän kuin 200 kappaletta.

2.3 Kasvillisuus

Pyhäjärven kasvillisuus määritettiin 31.8.2008 maastokäynnin perusteella. Mukana maastokäynnillä oli Ahti Joutsensalmi. Pyhäjärvestä oli käytettävissä Karkkilan kaupungin otattamia ilmakuvia. Maastokäynnillä soudettiin koko järven ympäri rantoja pitkin. Kasvit tunnistettiin ainakin suvulleen, useat lajilleen asti. Kasvien esiintymispaikat merkattiin karttaan ja osa esiintymistä valokuvattiin. Maastokäynnillä tarkkailtiin esiintyykö umpeenkasvua ja mitkä lajit sitä aiheuttivat, jotta mahdollisten poisto-ohjeiden anto on helpompaa.

2.4 Sedimentti

Kimmo Heikkilä

Näytteenotto suoritettiin kesällä 2008. Näytepiste valittiin saatavissa olleiden syvyyskarttatietojen perusteella järvien syvännekohdista. Limnos-sedimenttinäytteenotinta käytettiin pintanäytteenotossa. Venäläistä suokairaa käytettiin syvempien näytteiden saamiseen. Saadut näytteet jaettiin paikanpäällä 2 cm:n paksuisiin osanäytteisiin 20 senttimetrin välein. Näytteet pakattiin Minigrip-pusseihin, joista poistettiin ilma mahdollisimman tarkasti ja varastoitettiin Turun yliopiston geologian laitoksen kylmätiloihin.

Näytteiden vesipitoisuus ja orgaanisen aineen määrää kuvaava hehkutushäviö määritettiin Håkansonin ja Janssonin (1983) mukaan. Tuoreet, punnitut näytteet kuivattiin yön yli kuivatuskaapissa ja punnittiin. Orgaanisen aineksen osuuden

määrittämiseksi näytteitä hehkutettiin 550°:ssa kahden tunnin ajan, jäädytettiin eksikaattorissa ja punnittiin.

Sedimentin kokonaisfosforipitoisuuden määrittämiseen käytettiin Bengtssonin ja Enellin (1986) menetelmää, jossa väkevällä suola- ja typpihapolla uutetaan fosfori sedimentistä liuokseen. Fosforin osoittamiseen käytettiin Murphyn ja Rileyn (1962) molybdeeninsinimenetelmää. Fosfori aiheuttaa liuokseen sinisen sävyn, jonka intensiteetti on suoraan verrannollinen fosforin pitoisuuteen. Pitoisuudet määritettiin Hach Odyssey 2500 -spektrofotometrillä. Tämän jälkeen laskettiin laimennussuhteet huomioiden fosforin määrä milligrammoina 1 grammassa kuivaa sedimenttiä.

2.5 Kuormituksen laskeminen Pyhäjärvelle

VEPS-tietojärjestelmä antaa tiedot kolmannen jakovaiheen vesistöalueen tarkkuudella (liite 1). Vesistöalueille on annettu Suomessa vesistöaluekohtaiset tunnuksat. Päävesistön tunnus on kokonaisnumero (esim. 23) ja se jakautuu eri osavaluma-alueisiin (esim. 23.051). Pyhäjärven valuma-alue jakautuu seitsemään eri valuma-alueeseen. Näistä suoraan Pyhäjärven – Saavajoen (23.051) valuma-alueelle purkavat vetensä: Hunsalanjoen (23.052), Vaskijoen (23.056), Kyrönojan (23.057) ja Nuijajoen alaosan (23.081) valuma-alueet. Lisäksi Nuijajoen alaosaan tulee vesiä Rautojan – Koivuportaan (23.084) ja Kissanjoen – Häijynojoen (23.085) valuma-alueilta. VEPS antaa suoraan kaikille vesistöalueille oman sekä yhteenlasketun kuormituksen.

Koska Pyhäjärven valuma-alue menee VEPS:in mukaisten seitsemän vesistöalueen mukaisesti, päätettiin kuormituksen arvioinnissa käyttää pääosin VEPS:istä saatua arviota.

Edellä mainituista tiedoista muodostuu kokonaiskuormitus, jonka merkitystä Pyhäjärven kuormituksen sietokykyyn arvioitiin Vollenweiderin (1976) mallin avulla. Sietokykyä arvioitiin sekä osavaluma-alueittain että kaikkien osavaluma-alueiden summana. Laskennassa käytettiin Vesi-Ekon Erkki Saarijärveltä saatua Excel-tiedostoa.

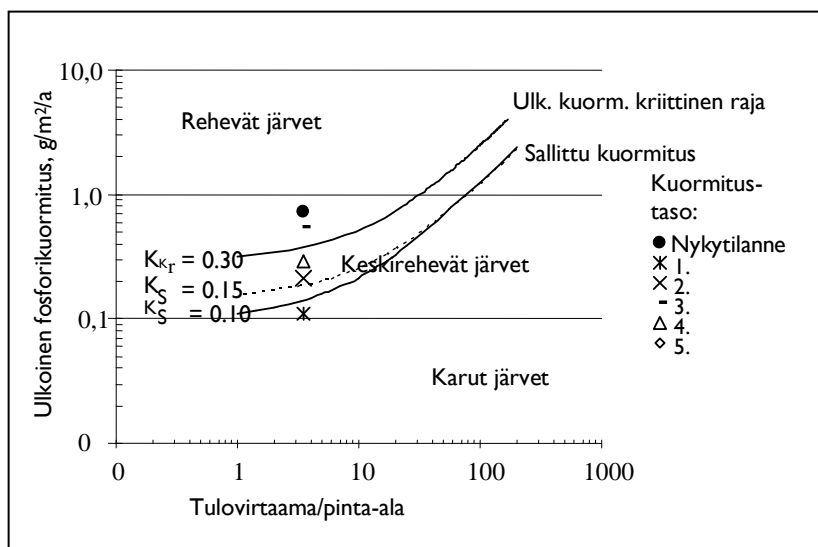
2.6 Ulkoisen kuormituksen sietokyvyn arviointi

Ulkoisella kuormituksella tarkoitetaan järven valuma-alueelta järveen valumavesien mukana kulkeutuvaa ravinne- ja kiintoainekuormitusta. Kuormitusta tulee ilmaperäisestä laskeumasta ja luonnonhuuhtoumasta sekä ihmisen toiminnasta kuten maa- ja metsätaloudesta sekä haja-asutuksesta.

Järvien kunnostuksessa on hyvin tärkeää selvittää ulkoiset kuormittavat tekijät ja miten merkittävää kuormitus on. Valuma-alue voidaan jakaa kauko- ja lähivaluma-alueeseen. Tulojoet tuovat yleensä kuormitusta kauempaa. Lähivaluma-alueelta kuormitus tulee pikkupuroissa hajakuormituksena. Lähivaluma-alueella on tyypillistä pitoisuuksien suuri vaihtelu (Lappalainen 1990).

Ulkoisen kuormituksen sietokyvyn arviointiin voidaan käyttää Vollenweiderin (1976) mallia. Siinä tulevaa ulkoista kuormitusta verrataan hydrauliseen pintakuormaan. Hydraulinen pintakuorma saadaan jakamalla tulovirtaama järven pinta-alalla tai keskisyvyys viipymällä. Sietorajat on määritetty laajan järvitutkimuksen perusteella. Ns. kriittinen raja ($P_v=0,174x^{0,469}$) kuvaa tilannetta, jossa kuormitus aiheuttaa rehevöitymisen kiihtymistä. Sallittu raja ($P_s=0,055x^{0,635}$) taas kertoo kuormitustasosta, jota järvi pystyy sietämään ilman, että se rehevöityy. Kaavoissa x on järveen tuleva vesimäärä järven pinta-alayksikköä kohti. Yleensä sallitun kuormituksen rajana käytetään katkoviivalla merkittyä käyrää, jossa fosforikuor-

mitus on 0,15 g/m²/a (kuva 2). Mallin käytössä on huomioitava sen suuntaantavuus ja yleistettävyyys, se ei ota huomioon järven yksilöllisiä ominaisuuksia.



Kuva 2. Esimerkkikuva Vollenweiderin mallin mukaisesta ulkoisen fosforikuormituksen arvioinnista. Sallittu kuormitus voidaan ajatella sijaitsevan kohdassa $K_S=0,15$. Eri kuormitusvähennykset on kuvattu numeroilla 1 – 5.

2.7 Sisäisen kuormituksen arviointi

Sisäisellä kuormituksella tarkoitetaan tilannetta, jossa ravinteita alkaa vapautua uudelleen kiertoon pohjan sedimentistä. Järven rehevöityessä sen tuotantotasoa kasvaa, jolloin syntyy enemmän hajotettavaa ainesta. Hajotustoiminta kuluttaa sedimentin happivarjoja. Hapen kuluessa loppuun pohjan sedimentistä alkaa vapautua sinne sitoutunutta fosforia. Sedimentistä voi myös vapautua ravinteita, kun kalat etsivät ruokaa pohjalta. Tällaisia pohjasta ruokaa etsiviä kaloja ovat särkikaloihin kuuluvat lahna, suutari, pasuri ja ruutana. Myös särjet voivat nostaa ravinteita veteen pohjasta ravintoa etsiessään. Fosforia alkaa myös vapautua, kun veden pH-arvo nousee reilusti emäksiselle puolelle. Rehevissä järvissä kasvien ja levien yhteytystoiminta saattaa nostaa veden pH-arvon yli yhdeksään. Tällöin sisäinen kuormitus voi voimistua edelleen.

Sisäisen kuormituksen suuruutta on vaikeampi arvioida. Jotta sen laskeminen olisi mahdollista, pitäisi tietää järvestä olevan sedimentoituvan aineksen määrä tai sedimentaationopeus. Sisäistä kuormitusta on kuitenkin mahdollista arvioida välillisesti. Järveen tulevan kuormituksen perusteella voidaan laskea vesipatsaan keskimääräinen fosforipitoisuus. Friskin (1978) mukaan tämä lasketaan kaavalla:

$$C = (1-R) * I / Q, \text{ jossa}$$

C = keskimääräinen fosforipitoisuus, mg/m³

R = pidättymiskerroin = 0,370

I = tuleva kuormitus, mg/s ja

Q = virtaama, m³/s

Vertaamalla laskettua kokonaisfosforipitoisuutta mitattuun pitoisuuteen, voidaan arvioida sisäisen kuormituksen suuruutta. Jos havaittu fosforipitoisuus on selvästi laskettua pitoisuutta suurempi, on oletettavaa, että järvi kärsii sisäisestä

kuormituksesta. Jos taas havaittu pitoisuus on laskettua pienempi, järveen tuleva aines sedimentoituu helpommin.

Vesipatsaan fosforipitoisuuden perusteella on mahdollista ennustaa klorofylli-a-pitoisuutta. Klorofylli-a- ja kokonaisfosforipitoisuudet korreloivat selvästi Pietiläisen ja Räikkeen (1999) tekemän järvihavaintopaikka-tutkimuksen mukaan. Selitysaste kyseisessä tutkimuksessa oli 0,89. Aineistosta saatiin suoran yhtälöksi

$$y = 0,5655x - 1,9312, \text{ jossa}$$

y on klorofyllipitoisuus ja

x on kokonaisfosforipitoisuus.

Klorofylli-a- ja kokonaisfosforipitoisuuden suhde kertoo kalaston vaikutuksesta kasviplanktonin muodostumiseen. Vertaamalla ennustettua klorofyllipitoisuutta havaittuun pitoisuuteen, voidaan arvioida muodostuuko järvessä leväkukintoja helposti. Jos havaittu pitoisuus on selvästi ennustettua korkeampi, myös klorofyllin ja fosforin suhde on suuri. Molemmat seikat puoltavat tällöin kalaston suurta vaikutusta leväkukintojen muodostumiseen. Samoin jos kalaston rakenne osoittautuu vinoutuneeksi, voidaan kunnostustoimenpiteeksi suositella mm. ravintoketju-kunnostusta.

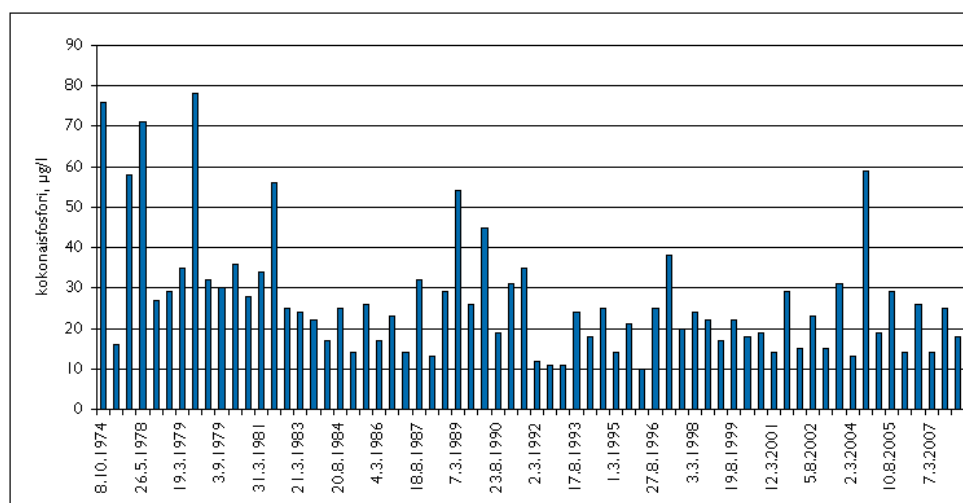
3 Pyhäjärven perustila

Pyhäjärvi sijaitsee keskellä Karkkilan kaupungin taajamaa. Sen itärannalla sijaitsee Asemansuon Natura-alue, jota rajaa osin Saavajoki. Pyhäjärven pinta-ala on 137,882 ha eli 1,37 km² ja kokonaisrantaviivaa on 6,1 km. Valuma-alueen pinta-ala on 170,53 km². Pyhäjärvi on luodattu vuonna 1996 ja sen kokonaistilavuus on 6438,15 10³ m³. Pyhäjärven keskisyvyys on 4,67 m ja suurin syvyys 10,55 m. Vii-pymä on 46 päivää ja järvi kuuluu Pyhäjärven – Saavajoen vesistöalueeseen. Pyhäjärven alueella toimii Nyhkälän, Järvenpään, Tuorilan ja Vattolan osakaskunnat. Pyhäjärven vedenkorkeutta on seurattu vuosina 1984 – 1992 Vanjoen sillan havain-topaikasta.

3.1 Veden laatu

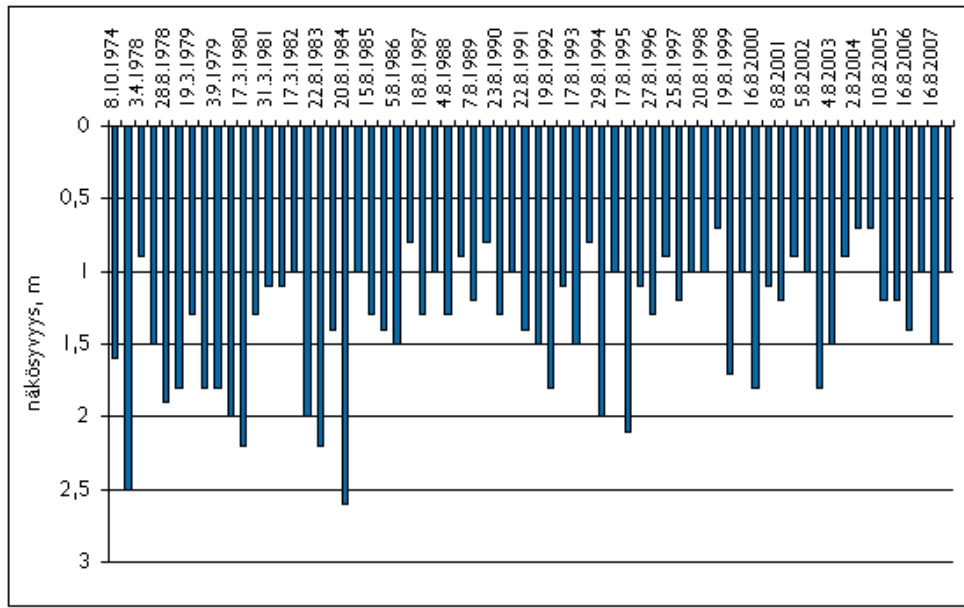
Pyhäjärvi kuuluu "pienet humusjärvet" -tyyppiin. Ekologisen luokittelun mukaan sen tila on tyydyttävä. Vanhan käyttökelpoisuusluokituksen mukaan Pyhäjärvi kuului luokkaan hyvä vuosina 2000- 2003. Vaikka vesi on väriltään ruskeaa ja sy-vänteessä esiintyy ajoittain happikatoja, järvi soveltuu erittäin hyvin virkistyskäyt-töön. Happiongelmat ajoittuvat loppukesään, jolloin happipitoisuus heikkenee jo viiden metrin syvyydessä (Ranta ym. 2007).

Pyhäjärven veden laatua on seurattu kauan. Pisin havaintosarja alkaa vuodes-ta 1974. Karkkilan kaupunki seuraa veden laatua vapaaehtoisesti Hiidenveden yhteistarkkailun puitteissa. Pyhäjärvi voidaan luokitella keskireheväksi järveksi pintaveden kokonaisfosforipitoisuutensa perusteella (kuva 3). Samoin vuosien 2005, 2006 ja 2008 klorofylli-a-pitoisuudet (14, 14 ja 21 µg/l) tukevat luokittelua. Järvessä on ollut vuonna 1987 havaittava leväkukinta levähaittarekisterin mukaan.



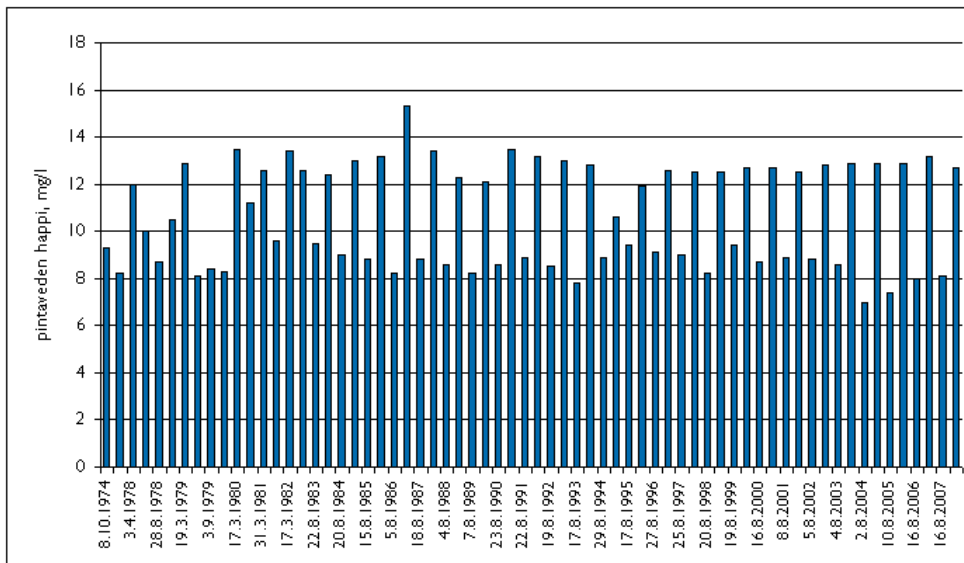
Kuva 3. Pyhäjärven pintaveden kokonaisfosforipitoisuus.

Pyhäjärven näkösyvyys oli 1,5 m kesällä 2007. Näkösyvyys näyttäisi alentuneen jonkin verran aiemmista vuosista (kuva 4).

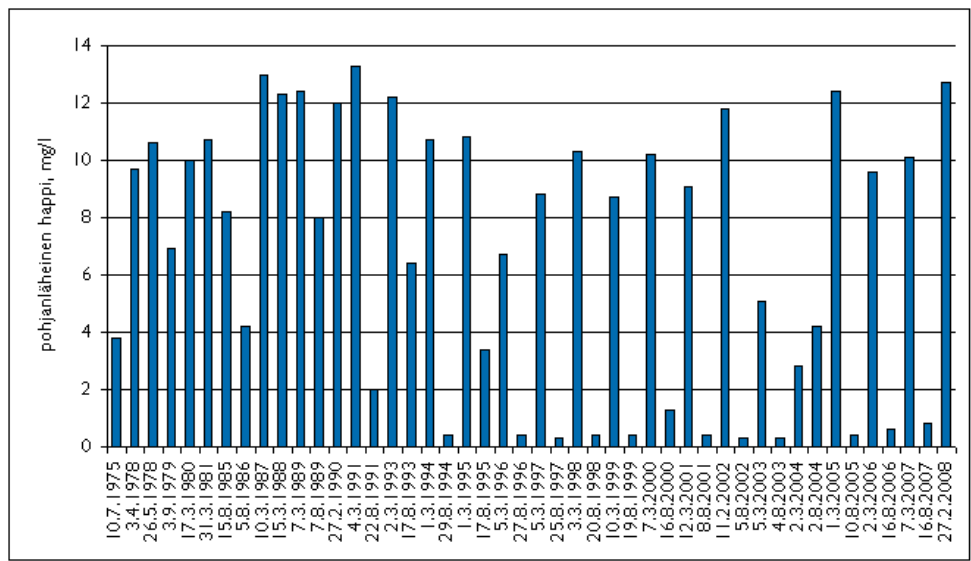


Kuva 4. Pyhäjärven näkösyvyys vuodesta 1974 vuoteen 2008.

Pyhäjärven on erityisesti kesäisin happikatoja pohjanläheisessä vedessä (kuva 3). Pinnanläheinen vesi on pysynyt hapellisena (kuvat 5 ja 6).



Kuva 5. Pyhäjärven pinnanläheisen veden happipitoisuus



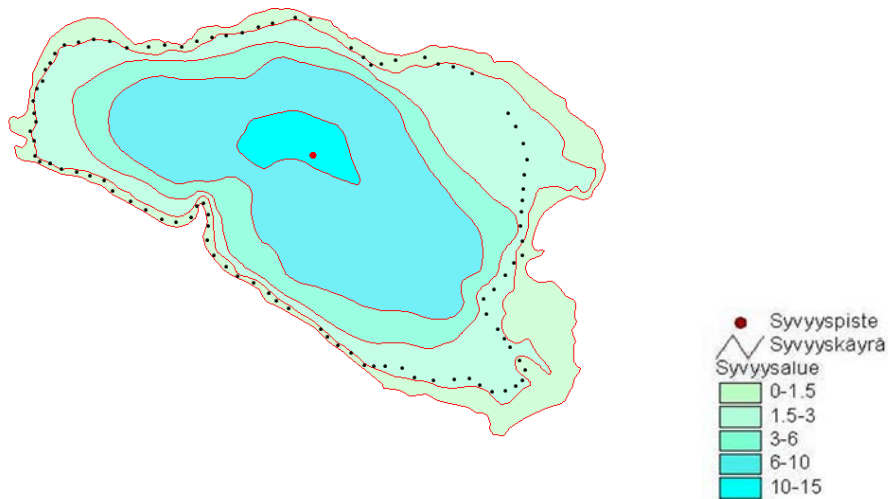
Kuva 6. Pyhäjärven happipitoisuus pohjanläheisessä vedessä.

3.2 Kasvillisuus



Kuvat 7 ja 8. Pyhäjärven siimapalpakko- ja ulpukkakasvustoa. Kuvat: Anne-Marie Hagman

Pyhäjärven kasvillisuus on paikoitellen erittäin runsasta ja kasvustot peittävät suuria aloja. Ilmaversoisista vesikasveista Pyhäjärvellä esiintyy leveälehtistä osmankäämiä (*Typha latifolia*), järviruokoa (*Phragmites australis*), järvikaislaa (*Schoenoplectus lacustris*) ja järvikortetta (*Equisetum fluviatile*). Näiden edessä on kelluslehtisten vesikasvien vyöhyke. Etenkin ulpukkaa (*Nuphar lutea*) esiintyy paljon. Lumetta (*Nymphae candida*) on myös, mutta selvästi ulpukkaa vähemmän. Ulpukoiden joukossa on myös uistinvitaa (*Potamogeton natans*). Usein näiden edessä on laajoja siimapalpakkokasvustoja (*Sparganium gramineum*). Pyhäjärvessä oli myös uposlehtisiin kuuluvaa ärviää (*Myriophyllum* sp. ja ahvenvitaa (*Potamogeton perfoliatus*). Vesikasvustot ulottuvat pääosin 1,5 m:n syvyyteen. Järven itäosassa kasvustot levittäytyvät kuitenkin vielä syvemmälle (kuva 9).

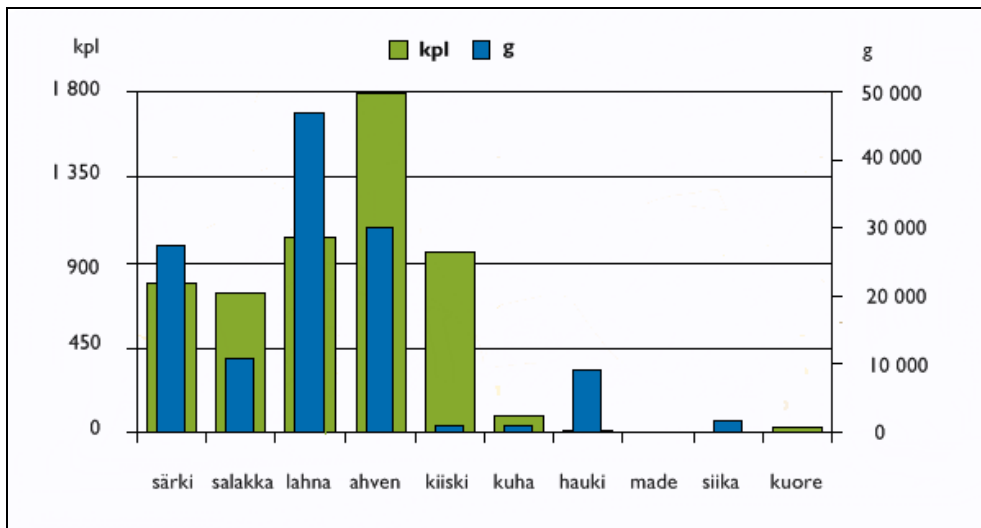


Kuva 9. Pyhäjärven syvyyskäyrät ja kasvillisuuden esiintymisrajat.

3.3 Kalasto

Petri Savola

Koekalastuksessa nuotattiin yhteensä 11 apajaa, joilta tuli saalista noin 120 kg (kuva 10). Vapautettujen peto- ja arvokalojen osuus oli noin 5,8 kg. Saalissa oli edustettuina kymmenen kalalajia: särki, salakka, lahna, ahven, kiiski, kuha, hauki, siika, kuore ja made.



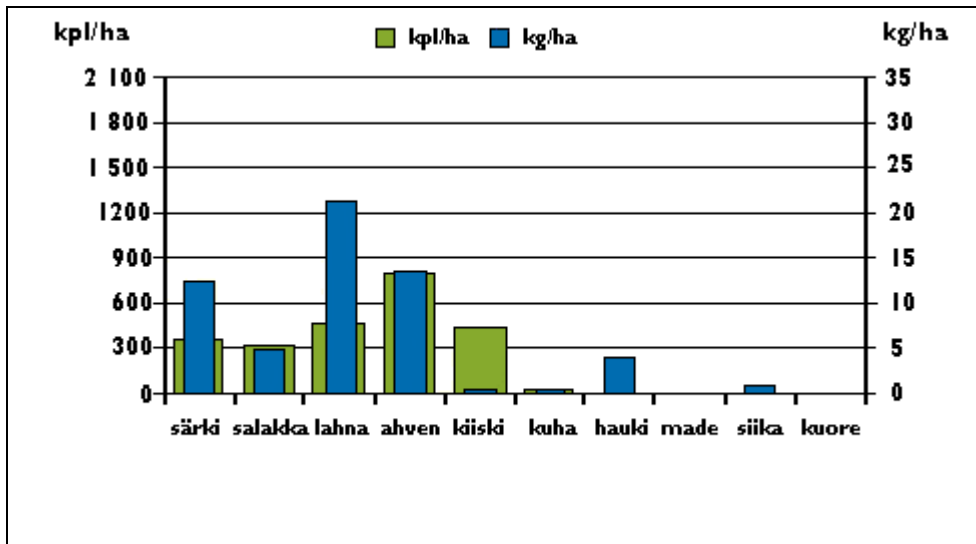
Kuva 10. Pyhäjärven koekalastuksen kokonaissaaliin lajikoostumus.

Tarkasteltaessa kokonaissaalista (taulukko 1) huomataan kalaston olevan selvästi särkikalapainotteinen. Särkikalajien osuus on 70 % kokonaissaaliin painosta (taulukko 1). Särkikalajoista särki, salakka ja lahna ovat lukumääräisesti melko tasaisesti edustettuina, mutta lahnaa on paino-osuuden mukaan eniten. Särkikalajien alueellinen jakautuminen menee tasaisesti ristiin eri alueiden osalta. Koko järven alalle laskettuna kurenuottasaalis vastaisi 55 kg ja 2 400 kpl kalamäärää hehtaarilla (kuva 11). Ahventen määrä on tavanomainen. Ahvenen lisääntyminen onnistuu yleensä

aina hyvin ja poikaset menestyvät hyvin ensimmäisten vuosien ajan, mutta sen jälkeen ahventen määrä alkaa vähentyä nopeasti. Suurin osa ahvenen poikasista tulee syödyiksi tai kuolee toisen vuoden syksyyn mennessä. Tänä keväänä syntyneitä kuhan poikasista saaliissa oli vähän ja ne oleilivat poikkeuksellisesti matalammilla alueilla. Yleensä nämä pienet kuhat saadaan loppukesästä juuri syvänteiden päältä. Kuhan tuotanto ei Pyhäjärven ehkä ole mitenkään erityisen hyvä verrattuna Karjaanjoen alaosan suuriin altaisiin kuten Hiidenveteen ja Lohjanjärveen. Ainakin vesi on selkeästi kirkkaampaa kuin yleensä hyvissä kuhavesissä. Koekalastuksen aikaan näkösyvyys oli 1,5 metriä. F/C-suhde kokonaissaaliin osalta on 9,1. Tämä luku kertoo kuinka paljon ravintokaloja on suhteessa petokaloihin. Suhde antaa karkean kuvan järven kalakannasta. Mikäli suhde on yli 7, petokaloja on selvästi liian vähän hoitamaan pikkukalojen harvennusta kyllin tehokkaasti. Mikäli arvo on 4 – 7, petokalojen määrä on hyvässä olosuhteissa riittävä. Kun F/C-suhde on 1 – 4, petokalojen määrä on riittävä tasapainoisen kalalajiston syntymiselle. Tosin tässä suhteellisessa luvussa ei oteta huomioon petokalojen ja niiden ravintokohteiden sopivuutta toisilleen. Lisäksi jos petokalat ja ravintokohteet ovat järven eri osa-alueilla tai ravinto on petokaloille vääränkokoista, niin hyväkään F/C-suhde ei tuo toivottua lopputulosta eli luontaisesti tasapainoista kalakantaa. Pyhäjärven F/C-arvo on niin korkea, että petokalakanta ei ole tarpeeksi suuri säätelemään järven kalakantaa. Lisäksi petokalat ovat kooltaan hyvin pieniä. Saaliin suurin kuha painoi noin puoli kiloa ja suurin hauki noin 1,5 kg. Kalaston rakenteen perusteella voisi epäillä, että Pyhäjärven petokaloihin kohdistuu melko suuri kalastuspaine. Tämä voi johtua esimerkiksi runsaasta ja liian tiheäsilmäisten verkkojen käytöstä sekä viehekalastuksesta.

Taulukko 1. Pyhäjärven II kurenuotta-apajan yhteissaalis

	kpl	g	kpl/ha	kg/ha	kpl, %	g, %
Särki	793	27 530	360	13	15	21
Salakka	737	10 921	335	5	14	8
Lahna	1 031	46 805	469	21	19	36
Ahven	1 785	30 093	811	14	33	23
Kiiski	955	1 181	434	1	18	1
Kuha	91	1 295	41	1	2	1
Hauki	14	9 108	6	4	0	7
Made	1	73	0	0	0	0
Siika	5	1 611	2	1	0	0
Kuore	36	25	16	0	1	0
Yhteensä	5 448	128 642	2 474	60	100	100

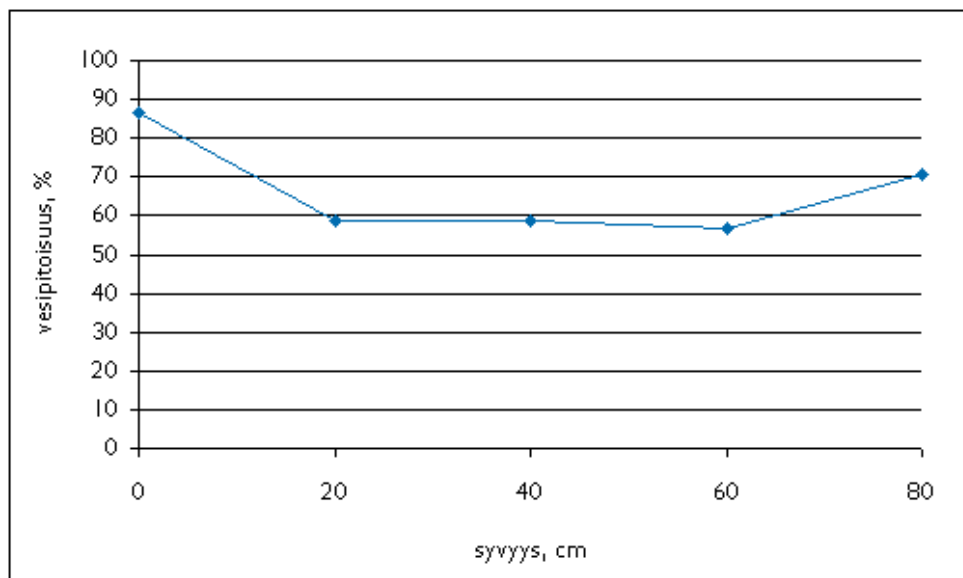


Kuva 11. Pyhäjärven kokonaissaaliin pinta-alaan suhteutetut yksikkösaaliit.

3.4 Sedimentti

Kimmo Heikkilä

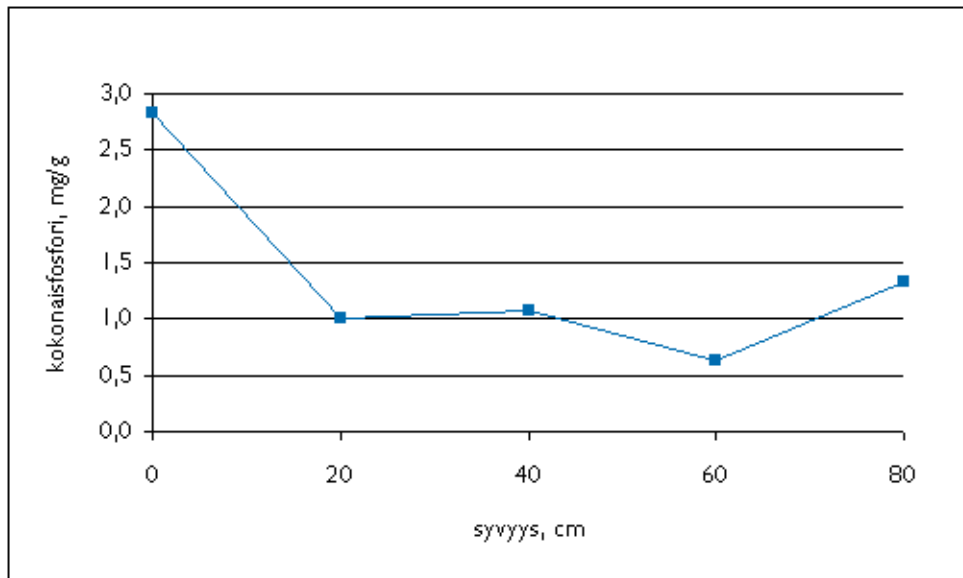
Pyhäjärven sedimentin vesipitoisuus laskee normaalisti tiivistymisen seurauksena. Pyhäjärven alimmassa näytteessä vesipitoisuus on hieman korkeampi kuin tasaisen keskivaiheen pitoisuudet (kuva 12). Hehkutushäviön osuus Pyhäjärven sedimentistä on melko pieni, joten se ei sisällä runsaasti orgaanista ainetta. Silmämääräisessä tarkastelussa Pyhäjärven sedimentti havaittiin tummanharmaaksi saviseksi liejuksi.



Kuva 12. Pyhäjärven sedimentin vesipitoisuus eri syvyyksissä.

Kokonaisfosforipitoisuudet Pyhäjärven sedimentissä ovat alhaiset neljässä alimmassa näytteessä, ollen noin 1 mg/g kuivapainona (kuva 13). Pintanäytteessä ko-

konaisfosforipitoisuus oli kuitenkin lähes kolminkertainen (2,8 mg/g (kuivapainona)). Tämä saattaa johtua joko sedimentaatio-olojen merkittävästä muutoksesta Pyhäjärvessä aivan viime aikoina, jolloin ravinteita on päätyneet sedimenttiin aiempaa enemmän tai ravinteiden vapautumisesta veteen, jolloin vanhemmat sedimenttikerrokset ovat köyhtyneet ravinteista verrattuna tuoreeseen pintasedimenttiin, joka on edelleen aktiivisessa vuorovaikutuksessa alusveden kanssa.

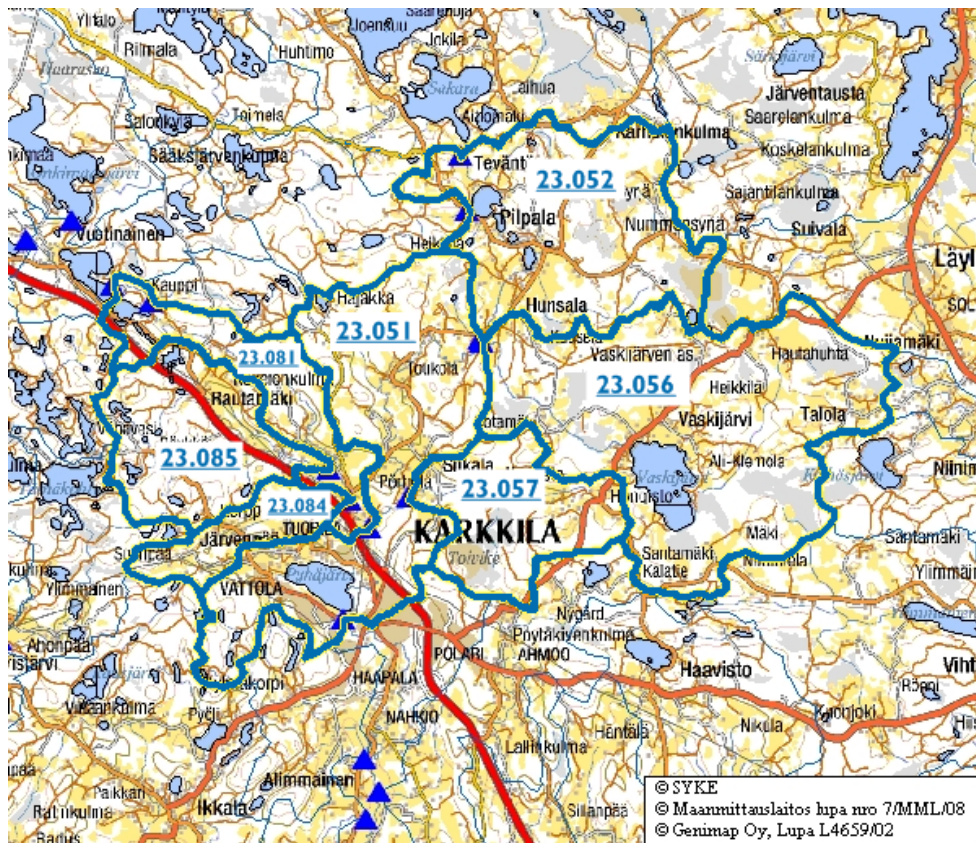


Kuva 13. Pyhäjärven sedimentin kokonaisfosforipitoisuudet eri syvyyksissä.

4 Kuormitus selvitys

4.1 Ulkoinen kuormitus osavaluma-alueittain

Pyhäjärveen tulee vesiä useilta eri vesistöalueilta. Tässä yhteydessä käsitellään seuraavat valuma-alueet: Pyhäjärven – Saavajoen (23.051) valuma-alueelle purkavat Hunsalanjoen (23.052), Vaskijoen (23.056), Kyrönojan (23.057) ja Nuijajoen alaosan (23.081) valuma-alueet. Lisäksi Nuijajoen alaosaan tulee vesiä Rautojan – Koivuportaan (23.084) ja Kissanojan – Häijynojan (23.085) valuma-alueilta (kuva 14.).



Kuva 14. Pyhäjärveen purkavat osavaluma-alueet.

4.1.1 Pyhäjärven – Saavajoen osavaluma-alue

Pyhäjärven – Saavajoen valuma-alue on pinta-alaltaan 37,19 km². Verrattaessa eri osavaluma-alueita toisiinsa tulee Pyhäjärven – Saavajoen valuma-alueelta laskennallisesti eniten kuormitusta. Fosforia tulee yhteensä noin 1 200 kg ja typpeä 16 600 kg. Kyseisen alueen tuoma fosforikuormitus aiheutuu pääosin peltoviljelystä, mutta myös haja- ja loma-asutuksen osuus on merkittävä. Typellä eniten kuormitusta aiheuttaa peltoviljely, mutta myös luonnonhuuhtouman osuus on suuri (taulukko 2).

Taulukko 2. Pyhäjärven – Saavajoen (23.051) kuormitus. Maatalouden, luonnonhuuhtouman, haja- ja loma-asutuksen, pistekuormituksen ja turvetuotannon keskiarvo on vuosilta 2000 – 2007, metsätalouden, laskeuman ja hulevesien keskiarvo vuosilta 2000 – 2002.

	Fosfori, kg/a	Typpi, kg/a
Peltoviljely	734	7 853
Metsätalous	22	355
Laskeuma	13	932
Luonnonhuuhtouma	203	5 940
Hulevesi	3	227
Haja- ja loma-asutus	208	1 322
Pistekuormitus	0	0
Turvetuotanto	0	0
Yht.	1 183	16 628

4.1.2 Hunsalanjoen osavaluma-alue

Hunsalanjoen valuma-alue on pinta-alaltaan 30,71 km². Hunsalanjoki purkaa kuormituksensa kauemmas Pyhäjärven valuma-alueelle. Tältä osavaluma-alueelta tulee laskennallisesti lähes 570 kg fosforia ja 12 000 kg typpeä vuodessa. Peltoviljely tuottaa 280 kg fosforikuormituksesta ja 6 000 kg typpikuormituksesta. Luonnonhuuhtouman osuus on tyypellä myös huomattavan suuri (taulukko 3).

Taulukko 3. Hunsalanjoen (23.052) kuormitus. Maatalouden, luonnonhuuhtouman, haja- ja loma-asutuksen, pistekuormituksen ja turvetuotannon keskiarvo on vuosilta 2000 – 2007, metsätalouden, laskeuman ja hulevesien keskiarvo vuosilta 2000 – 2002.

	Fosfori, kg/a	Typpi, kg/a
Peltoviljely	282	5 994
Metsätalous	20	326
Laskeuma	10	478
Luonnonhuuhtouma	159	4 617
Hulevesi	1	51
Haja- ja loma-asutus	95	525
Pistekuormitus	0	0
Turvetuotanto	0	0
Yht.	567	11 992

4.1.3 Vaskijoen osavaluma-alue

Vaskijoen valuma-alue on pinta-alaltaan 50,67 km². Vaskijoki purkaa samalle alueelle kuin edellä esitelty Hunsalanjokikin. Vaskijoen osavaluma-alueelta tulee laskennallisesti toiseksi eniten fosforikuormitusta (960 kg). Tästä 570 kg aiheutuu peltoviljelystä. Tyypellä suurin osa aiheutuu peltoviljelystä, samoin luonnonhuuhtouma aiheuttaa paljon kuormitusta. Tällä osavaluma-alueella on myös turvetuotantoa (taulukko 4).

Taulukko 4. Vaskiojen (23.056) kuormitus. Maatalouden, luonnonhuuhtouman, haja- ja loma-asutuksen, pistekuormituksen ja turvetuotannon keskiarvo on vuosilta 2000 – 2007, metsätalouden, laskeuman ja hulevesien keskiarvo vuosilta 2000 – 2002.

	Fosfori, kg/a	Typpi, kg/a
Peltoviljely	571	9 364
Metsätalous	34	546
Laskeuma	20	1 427
Luonnonhuuhtouma	247	7 169
Hulevesi	1	56
Haja- ja loma-asutus	87	479
Pistekuormitus	0	0
Turvetuotanto	4	133
Yht.	963	19 174

4.1.4 Kyrönojan osavaluma-alue

Kyrönoja valuma-alue on pinta-alaltaan 15,22 km². Kyrönoja tuo laskennallisesti arvioituna noin 300 kg fosforia vuodessa. Tästä määrästä yli puolet aiheutuu peltoviljelystä. Tyypeä tulee peltoviljelyn lisäksi myös luonnonhuuhtoumana (taulukko 5).

Taulukko 5. Kyrönojan (23.057) kuormitus. Maatalouden, luonnonhuuhtouman, haja- ja loma-asutuksen, pistekuormituksen ja turvetuotannon keskiarvo on vuosilta 2000 – 2007, metsätalouden, laskeuman ja hulevesien keskiarvo vuosilta 2000 – 2002.

	Fosfori, kg/a	Typpi, kg/a
Peltoviljely	182	2 705
Metsätalous	11	176
Laskeuma	0	13
Luonnonhuuhtouma	83	2 407
Hulevesi	0	11
Haja- ja loma-asutus	16	89
Pistekuormitus	0	0
Turvetuotanto	0	0
Yht.	292	5 401

4.1.5 Nuijajoen osavaluma-alue

Nuijajoen valuma-alue on pinta-alaltaan 12,52 km². Nuijajoen osavaluma-alue sijaitsee kauempana Pyhäjärvestä, mutta se purkaa hyvin lähelle. Tältä osavaluma-alueelta tulee laskennallisesti fosforikuormitusta 360 kg. Eniten kuormitusta aiheuttaa peltoviljelystä (220 kg). Tyypeä tulee eniten luonnonhuuhtoumana (2 000 kg), mutta myös peltoviljelyn osuus (1 900 kg) on merkittävä (taulukko 6).

Taulukko 6. Nuijajoen (23.081) kuormitus. Maatalouden, luonnonhuuhtouman, haja- ja loma-asutuksen, pistekuormituksen ja turvetuotannon keskiarvo on vuosilta 2000 – 2007, metsätalouden, laskeuman ja hulevesien keskiarvo vuosilta 2000 – 2002.

	Fosfori, kg/a	Typpi, kg/a
Peltoviljely	221	1 907
Metsätalous	8	130
Laskeuma	3	241
Luonnonhuuhtouma	70	2 036
Hulevesi	0	25
Haja- ja loma-asutus	55	308
Pistekuormitus	0	0
Turvetuotanto	0	0
Yht.	358	4 647

4.1.6 Rautojan – Koivuportaan osavaluma-alue

Rautojan – Koivuportaan valuma-alue on pinta-alaltaan 6,84 km². Rautojan – Koivuportaan osavaluma-alue tuo vähiten fosforikuormitusta, kun kaikkia osavaluma-alueita verrataan keskenään. Kuitenkin kyseinen alue purkaa hyvin lähelle, joten se on merkitykseltään tärkeä. Yhteensä fosforikuormitusta tulee laskennallisesti arvioituna 260 kg, tästä 180 kg aiheutuu peltoviljelystä. Tyypeä tulee noin 3 500 kg, tästä 2 000 kg tulee peltoviljelystä. Tällä osavaluma-alueella on myös turvetuotantoa; sen tuoma kuormitus on hyvin vähäistä (taulukko 7).

Taulukko 7. Rautojan – Koivuportaanajan (23.084) kuormitus. Maatalouden, luonnonhuuhtouman, haja- ja loma-asutuksen, pistekuormituksen ja turvetuotannon keskiarvo on vuosilta 2000 – 2007, metsätalouden, laskeuman ja hulevesien keskiarvo vuosilta 2000 – 2002.

	Fosfori, kg/a	Typpi, kg/a
Peltoviljely	182	2 023
Metsätalous	4	67
Laskeuma	0	2
Luonnonhuuhtouma	41	1 207
Hulevesi	0	17
Haja- ja loma-asutus	32	215
Pistekuormitus	0	0
Turvetuotanto	1	21
Yht.	260	3 552

4.1.7 Kissanojan – Häijynojan osavaluma-alue

Kissanojan – Häijynojan valuma-alue on pinta-alaltaan 17,38 km². Kissanojan – Häijynojan osavaluma-alue tuo kuormitusta kauempaa, mutta purkaa sen lähelle Pyhäjärveä. Tältä alueelta tulee laskennallisesti 400 kg fosforia ja 6 300 kg tyypeä vuodessa. Peltoviljely aiheuttaa 250 kg ja haja- ja loma-asutus 100 kg fosforikuormituksesta. Tyypeä tulee eniten luonnonhuuhtoumana (2 900 kg). Ihmistoiminnan aiheuttamista lähteistä peltoviljely tuo tyypeä 2 700 kg (taulukko 8).

Taulukko 8. Kissanojan – Häijynojan (23.085) kuormitus. Maatalouden, luonnonhuuhtouman, haja- ja loma-asutuksen, pistekuormituksen ja turvetuotannon keskiarvo on vuosilta 2000 – 2007, metsätalouden, laskeuman ja hulevesien keskiarvo vuosilta 2000 – 2002.

	Fosfori, kg/a	Typpi, kg/a
Peltoviljely	254	2679
Metsätalous	12	194
Laskeuma	4	291
Luonnonhuuhtouma	99	2902
Hulevesi	0	27
Haja- ja loma-asutus	37	207
Pistekuormitus	0	0
Turvetuotanto	0	0
Yht.	406	6301

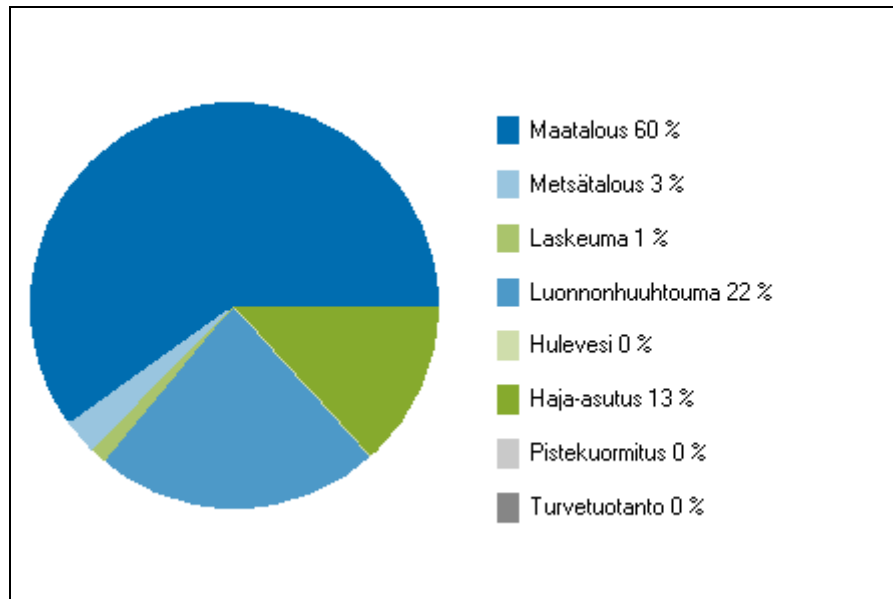
4.1.8 Yhteenlaskettu kokonaiskuormitus kaikilta osavaluma-alueilta

Kaikilta edellä mainituilta osavaluma-alueilta tulee laskennallisesti arvioiden yhteensä 4 000 kg fosforia ja 67 700 kg typpeä. Reilusti yli puolet fosforikuormituksesta aiheutuu peltoviljelystä. Typellä peltoviljely aiheuttaa lähes puolet kokonaiskuormituksesta. Kun laskeuma ja luonnonhuuhtouma otetaan pois tarkastelusta, haja- ja loma-asutuksen merkitys korostuu. Tämä lähde on merkittävä etenkin lähellä Pyhäjärveä (taulukko 9).

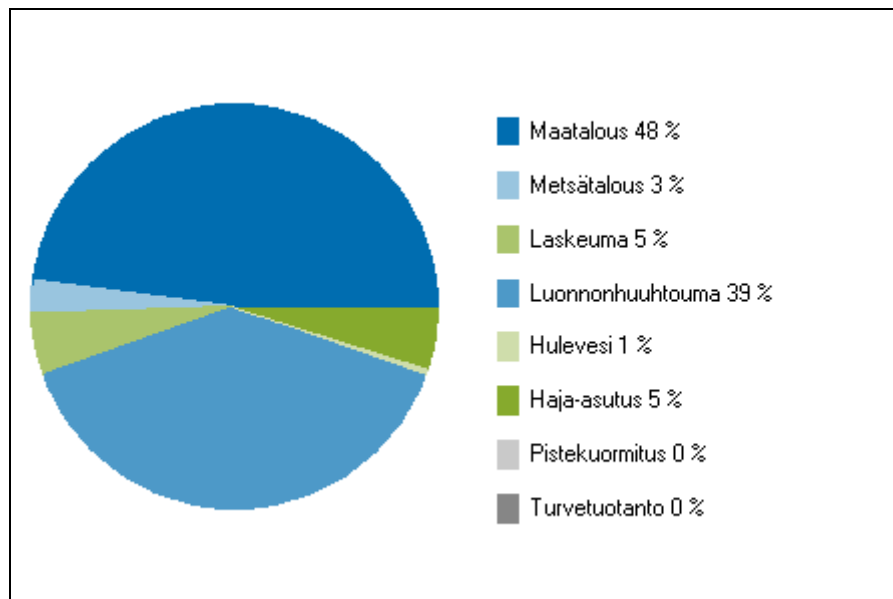
Taulukko9. Kokonaiskuormitus kaikilta osavaluma-alueilta. Maatalouden, luonnonhuuhtouman, haja- ja loma-asutuksen, pistekuormituksen ja turvetuotannon keskiarvo on vuosilta 2000 – 2007, metsätalouden, laskeuman ja hulevesien keskiarvo vuosilta 2000 – 2002.

	Fosfori, kg/a	Typpi, kg/a
Peltoviljely	2 426	32 524
Metsätalous	112	1 795
Laskeuma	50	3 384
Luonnonhuuhtouma	901	26 278
Hulevesi	6	415
Haja- ja loma-asutus	529	3 145
Pistekuormitus	0	0
Turvetuotanto	4	154
Yht.	4 029	67 696

Maatalous tuottaa laskennallisesti arvioiden Pyhäjärveen kohdistuvasta ulkoisesta kuormituksesta 60 % fosforin ja lähes 50 % typen osalta. Haja-asutus aiheuttaa 13 % fosforikuormituksesta. Luonnonhuuhtouma aiheuttaa yli viidenneksen fosforikuormituksesta ja n. 40 % typpikuormituksesta (kuvat 15 ja 16).

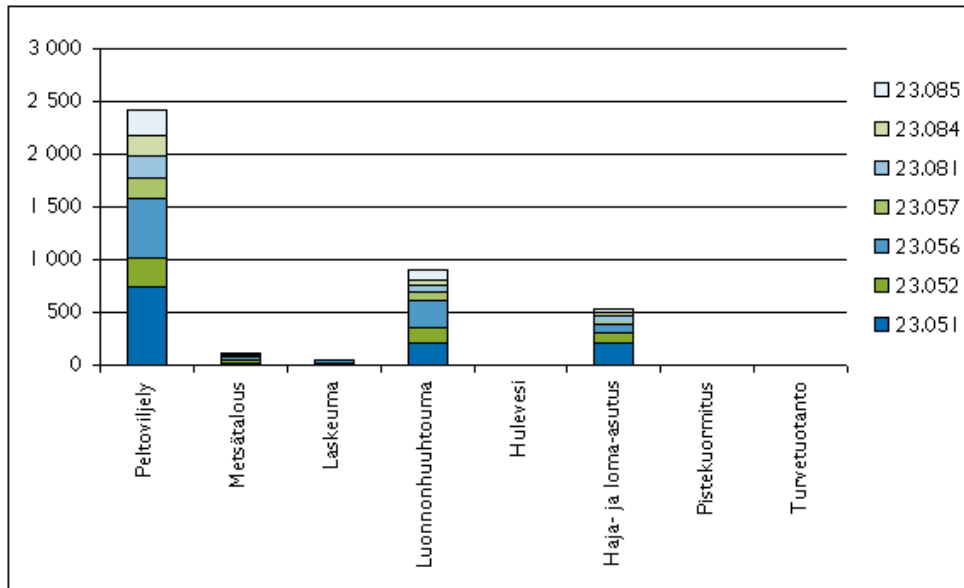


Kuva 15. Fosforikuormituksen lähteet kaikilta osavaluma-alueilta.



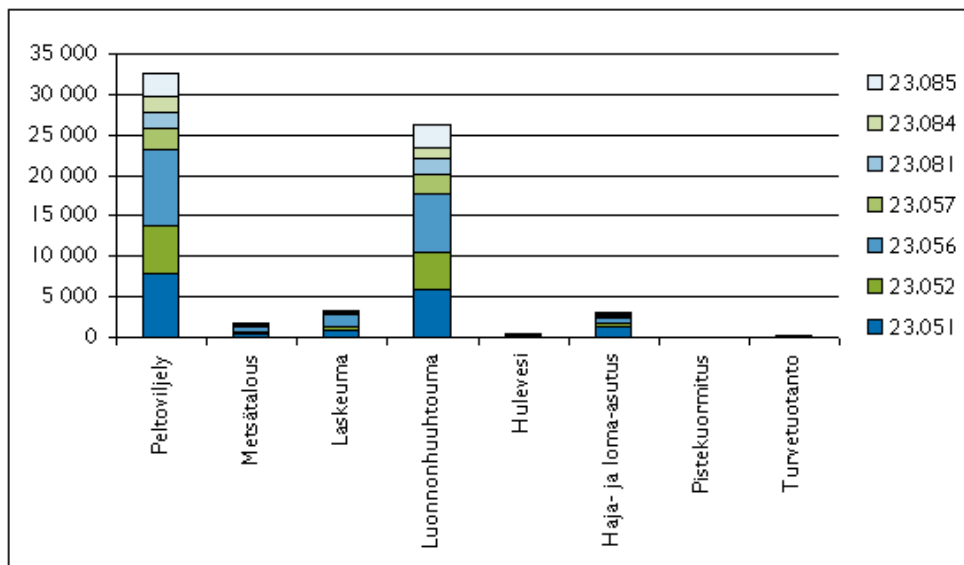
Kuva 16. Typpikuormituksen lähteet kaikilta osavaluma-alueilta.

Pyhäjärven – Saavajoen (23.051), Vaskijoen (23.056) ja Hunsalanjoen (23.052) osavaluma-alueilla peltoviljelyn osuus on merkittävä fosforin kokonaiskuormitusta ajatellen. Haja- ja loma-asutuksen osalta Pyhäjärven – Saavajoen alue tuo eniten fosforikuormitusta. Kyseinen alue on myös lähinnä Pyhäjärveä, joten se merkitys korostuu (kuva 17).



Kuva 17. Fosforin kuormituslähteet osavaluma-alueittain.

Typen osalta eniten fosforikuormitusta tulee Vaskiojen (23.056) osavaluma-alueelta, mutta myös Pyhäjärven – Saavajoen (23.051) ja Hunsalanjoen (23.052) tuoma kuormitus on merkittävää. Luonnonhuuhtouma tuo myös paljon typpeä (kuva 18).



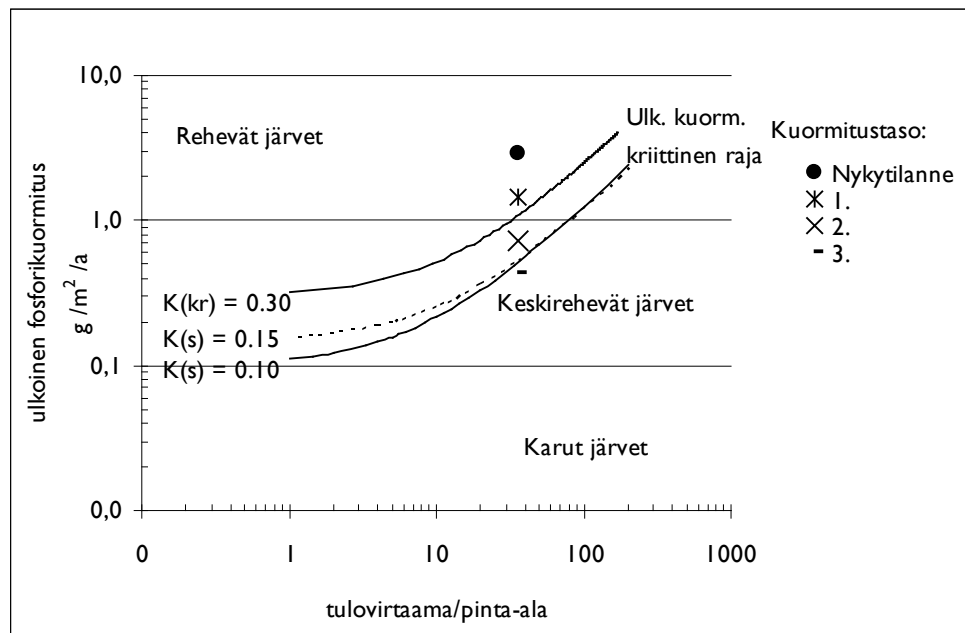
Kuva 18. Typen kuormituslähteet osavaluma-alueittain.

4.2 Ulkoisen kuormituksen sietokyky

Pyhäjärven kykyä vastaanottaa ulkoista kuormitusta arvioitiin Vollenweiderin mallilla. Tarkastelu kohdistettiin osavaluma-alueille erikseen ja niiden yhteenlasketulle alalle. Pyhäjärven tuleva ulkoinen kuormitus ylittää järven sietokyvyn selvästi, kun kaikkien osavaluma-alueiden laskennallinen kuormitus lasketaan

yhteen. Kuormitusta pitää vähentää mallin mukaan jopa 75 %, jotta päästään kriittisen tason alapuolelle (kuva 19).

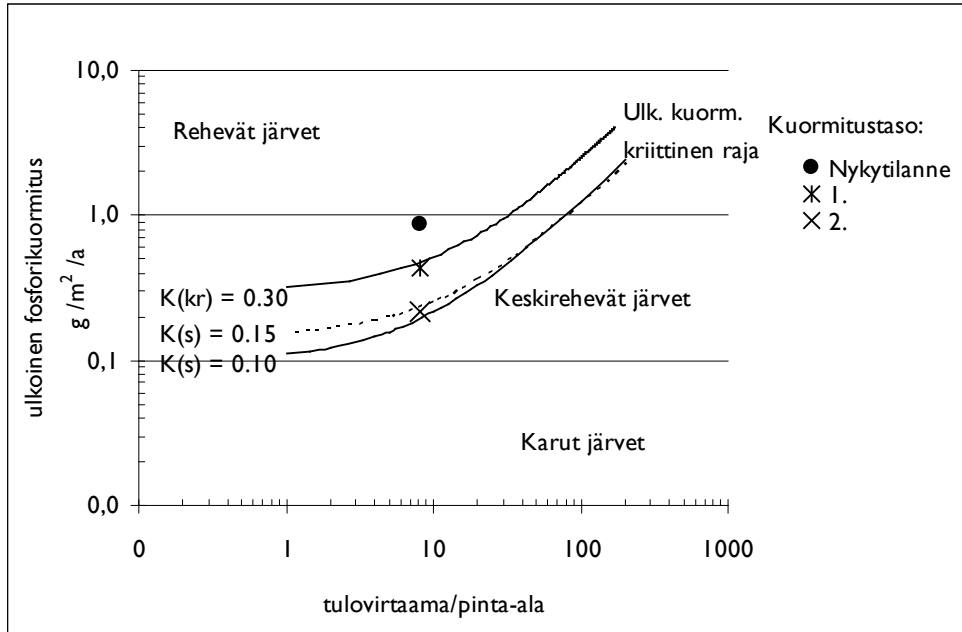
Tärkein osavaluma-alue kuormituksen kannalta on järveä ympäröivä alue eli Pyhäjärven – Saavajoen vesistöalue. Kyseiseltä alueelta kuormitus tulee ajallisesti nopeammin järveen kuin kauempaa. Muut vesistöalueet tuovat kuormitusta, mutta ne voivat myös sitoa sitä. Useimmiten osa kuormituksesta jää yläpuolisiin järviin, mutta toisaalta niiden ollessa reheviä, saattaa niistä lähteä sisäisen kuormituksen takia paljonkin kuormitusta alapuoliseen vesistöön. Tämän seikan vuoksi tässä kuormituksen sietoa on tarkasteltu tasa-arvoisesti kaikkien vesistöalueiden kohdalla. Tekstissä otetaan kantaa jokaisen alueen merkittävyyteen, mutta laskennat on tehty kaikille alueille samalla tavalla olettaen, että kuormitus päättyy Pyhäjärveen.



Kuva 19. Pyhäjärven kohdistuvan laskennallisen kokonaiskuormituksen sietokyky. Nykytilanteessa kokonaiskuormitus ylittää järven sietokyvyn selvästi. Jos kuormitusta vähennetään 50 % (1.) ollaan vielä kriittisen kuormituksen ylittävällä alueella. Kuormituksen vähentäminen 75 – 80 % (2. ja 3.) tuo kuormituksen sallitulle tasolle.

4.2.1 Pyhäjärven – Saavajoen (23.051) osavaluma-alue

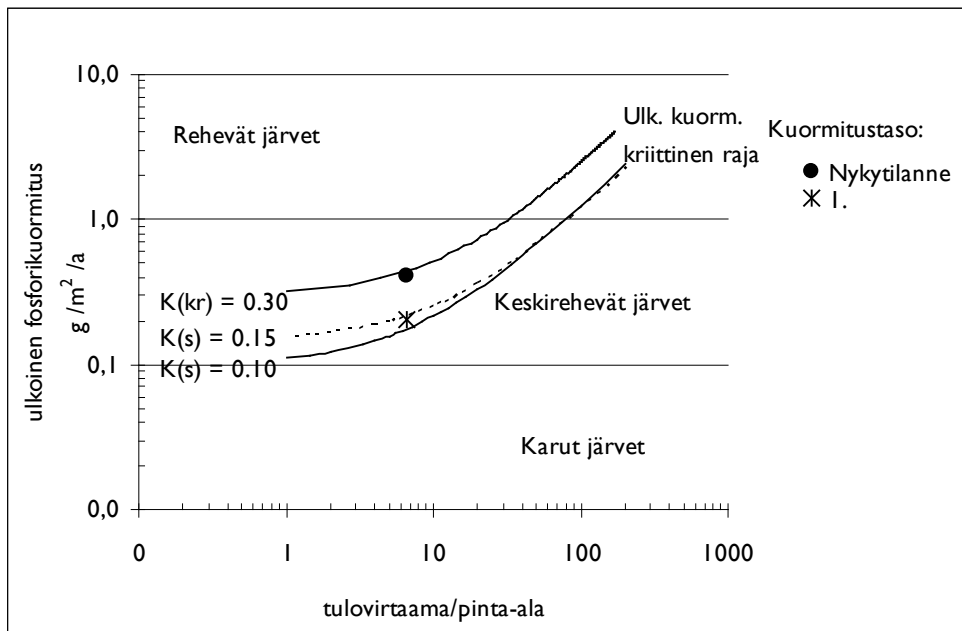
Pyhäjärven – Saavajoen (23.051) osavaluma-alueen tuoma kuormitus ylittää Pyhäjärven sietokyvyn selvästi. Jos kuormitusta vähennetään 50 %, ollaan yhä reilusti sallitun kuormituksen yläpuolella. Kuormituksen vähentäminen kolmella neljäsosalla muuttaa tilanteen sallitulle puolelle (kuva 20).



Kuva 20. Pyhäjärven – Saavajoen tuoma laskennallinen kuormitus ylittää Pyhäjärven sietokyvyn selvästi. Jos kuormitusta vähennetään 50 % (1.), ylitetään yhä sallittu taso, mutta päästään alle kriittisen tason. Jos kuormituksen vähennetään 75 % (2.), päästään sallitulle tasolle.

4.2.2 Hunsalanjoen osavaluma-alue

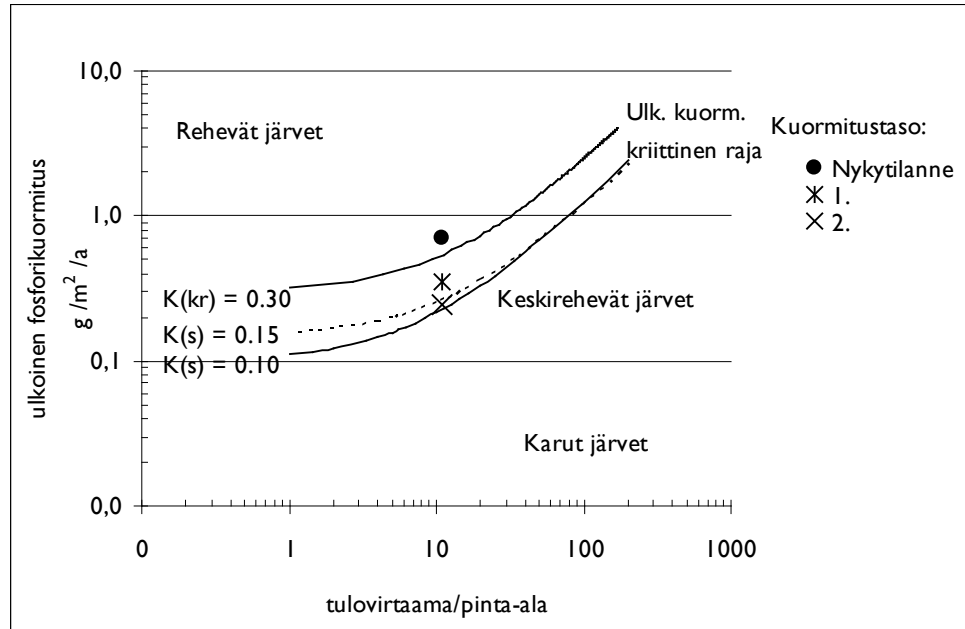
Hunsalanjoen (23.052) tuoma kuormitus ylittää Pyhäjärven sietokyvyn, mutta ei kuitenkaan kriittistä rajaa. Jos kuormitusta vähennetään 50 %, ollaan sallitulla tasolla (kuva 21).



Kuva 21. Hunsalanjoen tuoma laskennallinen kuormitus. Jos kuormitusta vähennetään 50 % (1.), päästään sallitulle tasolle.

4.2.3 Vaskiojen osavaluma-alue

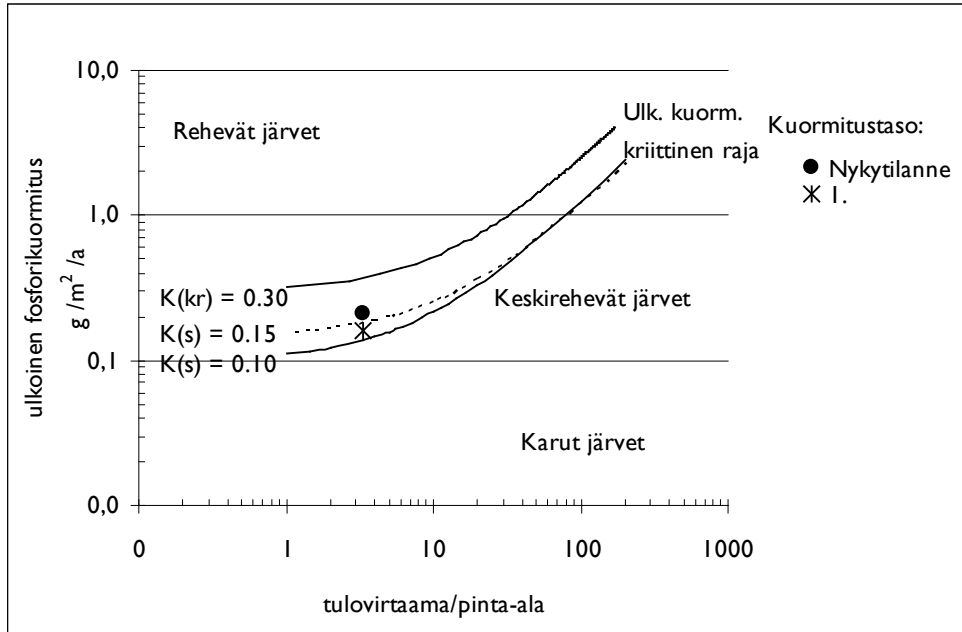
Vaskiojen (23.056) tuoma kuormitus ylittää Pyhäjärven kriittisen sietokyvyn. Jos kuormitusta vähennetään 50 % päästään sallitun ja kriittisen tason välille. Vähennyksen ollessa 65 %, ollaan sallitun alapuolella (kuva 22).



Kuva 22. Vaskiojen tuoma kuormitus. Jos kuormitusta vähennetään 50 % (1.) ollaan vielä sallitun kuormitustason yläpuolella, mutta kriittisen alapuolella. Jos kuormitusta vähennetään 65 % (2.) ollaan jo sallitulla tasolla,

4.2.4 Kyrönojan osavaluma-alue

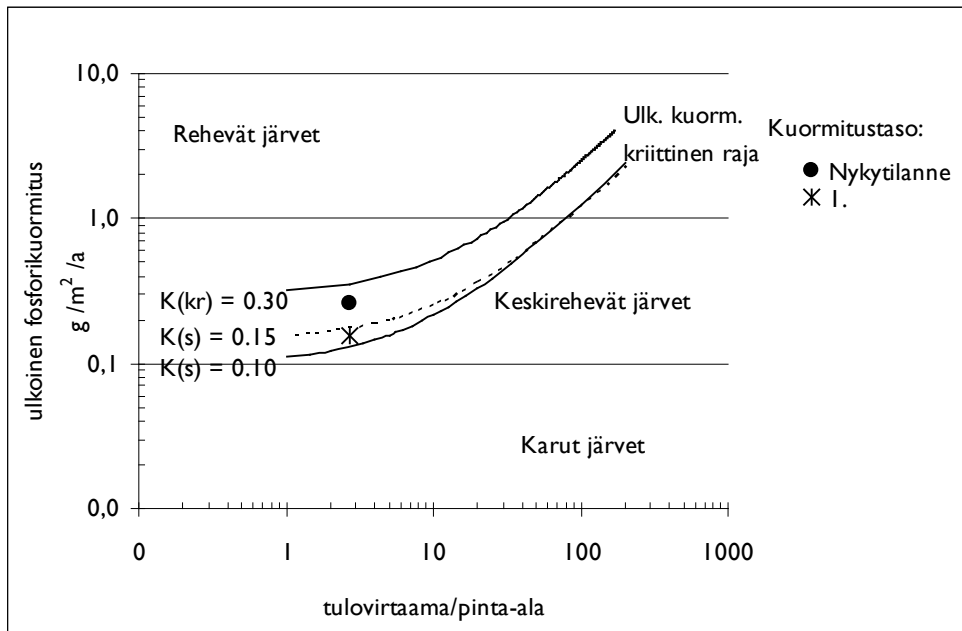
Kyrönojan (23.057) tuoma kuormitus on vähäistä muihin osavaluma-alueisiin verrattuna. Kuormitus ylittää vain vähän sallitun tason. Kuormituksen vähentäminen neljänneksellä alittaa jo sallitun tason (kuva 23).



Kuva 23. Kyrönojan tuoma kuormitus ylittää Pyhäjärven sallitun kuormituksen vain vähän. Jos kuormitusta vähennetään 25 % (I.), ollaan jo sallitun tason alapuolella.

4.2.5 Nuijajoen alaosan osavaluma-alue

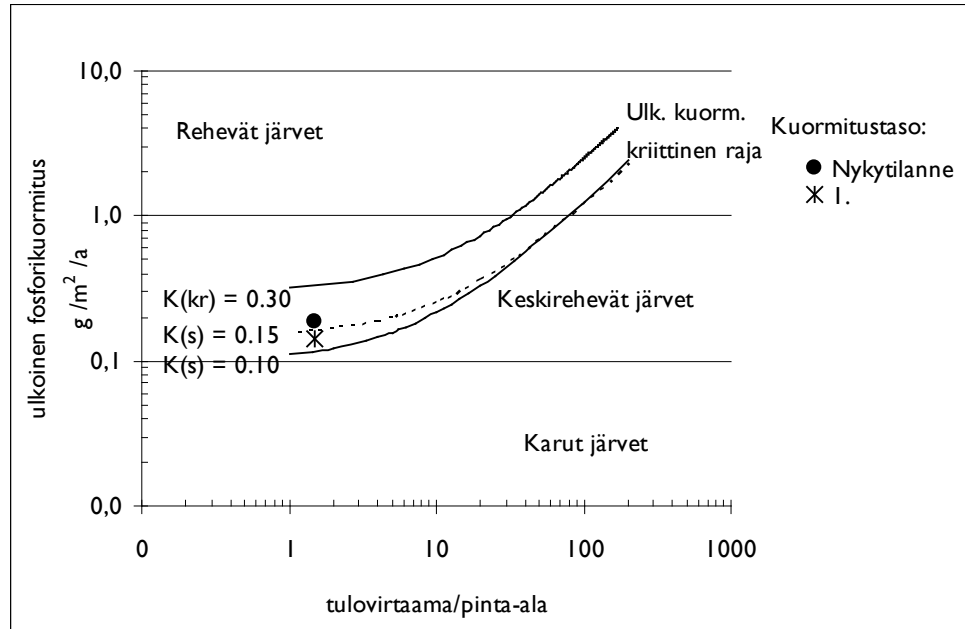
Nuijajoen alaosan (23.081) valuma-alue tuo jonkin verran kuormitusta Pyhäjärveen. Nykytilanteessa ollaan kriittisen kuormituksen alapuolella, mutta sallitun yläpuolella. Kuormituksen vähentäminen 40 % tuo tason sallitun kuormituksen alapuolelle (kuva 24).



Kuva 24. Nuijajoen alaosan tuoma kuormitus nykytilanteessa. Jos kuormitusta vähennetään 40 % (I.), ollaan jo sallitun tason alapuolella.

4.2.6 Rautojan – Koivuportaan osavaluma-alue

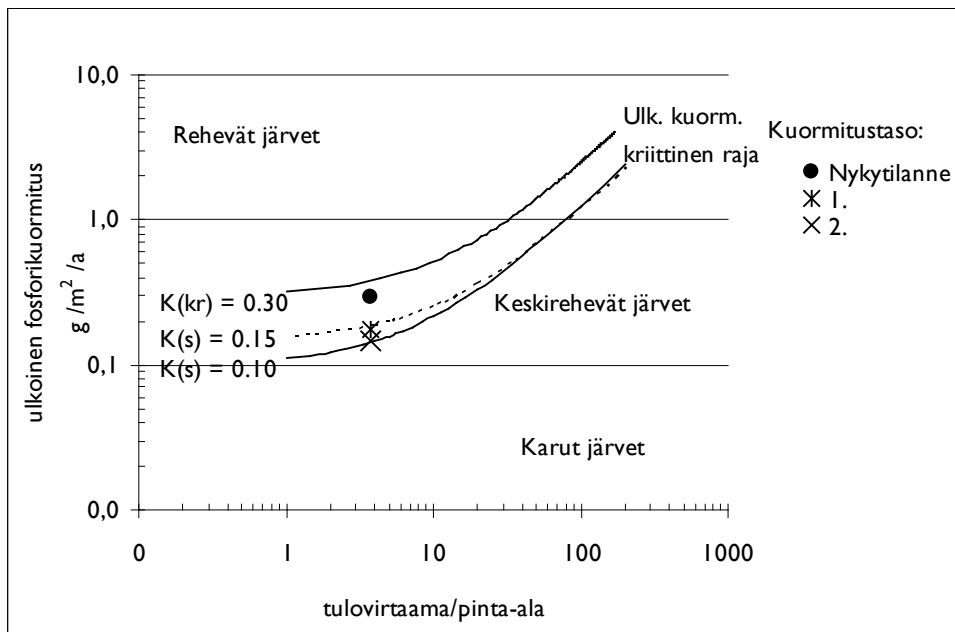
Nuijajoen alaosaan purkavan Rautojan – Koivuportaan (23.084) tuoma kuormitus ylittää sallitun kuormituksen tason vain vähän. Jos kuormitusta vähennetään neljänneksellä, ollaan jo sallitun tason alapuolella (kuva 25).



Kuva 25. Rautojan – Koivuportaan tuoma kuormitus ylittää vain vähän sallitun tason. Jos kuormitusta vähennetään 25 % (I.), ollaan sallitun tason alapuolella.

4.2.7 Kissanojan – Häijynoan osavaluma-alue

Nuijajoen alaosaan purkavan Kissanojan – Häijynoan (23.085) tuoma laskennallinen kuormitus ylittää sallitun tason. Jos kuormitusta vähennetään 40 %, ollaan aivan sallitulla tasolla, vähennyksen ollessa 50 % sen alapuolella (kuva 26).



Kuva 26. Kissanojan – Häijynoan tuoma laskennallinen kuormitus nykytilanteessa. Jos kuormitusta vähennetään 40 % (1.) ollaan aivan sallitulla tasolla, vähennyksen ollessa 50 % (2.) ollaan jo selvästi sen alapuolella.

4.3 Pyhäjärven sisäinen kuormitus

Pyhäjärveen tulevan fosforikuormituksen perusteella laskettu vesimassan kokonaisfosforipitoisuus oli havaittua pitoisuutta korkeampi sekä vuonna 2006 että vuonna 2007 (taulukko 10). Tämä viittaisi siihen, että Pyhäjärven ei vapaudu sedimentistä fosforia sisäisen kuormituksen takia.

Taulukko 10. Pyhäjärven lasketut keskimääräiset ja mitatut fosforipitoisuudet.

Tuleva fosforikuormitus, kg/a	Keskimääräinen laskettu fosforipitoisuus, µg/l	Mitattu fosforipitoisuus, µg/l
4029	50	25 (elokuu 2007)

Pyhäjärven keskimääräisen lasketun kokonaisfosforipitoisuuden perusteella laskettu klorofylli-a-pitoisuus oli havaittua klorofylli-a-pitoisuutta korkeampi. Havaitun kokonaisfosforipitoisuuden mukaan laskettu klorofyllipitoisuus oli kuitenkin selvästi havaittua pitoisuutta alhaisempi. Elokuussa 2007 mitattujen klorofyllipitoisuuden ja kokonaisfosforipitoisuuden suhteeksi tuli 0,84. Tämä kertoo kalaston vahvasta veden laatua huonontavasta vaikutuksesta (taulukko 11).

Taulukko 11. Pyhäjärven lasketut klorofylli-a-pitoisuudet.

Havaitun kokonaisfosforipitoisuuden perusteella lasketut klorofylli-a-pitoisuudet, µg/l	Keskimääräisen kokonaisfosforipitoisuuden perusteella lasketut klorofylli-a-pitoisuudet, µg/l	Havaitut klorofylli-a-pitoisuudet, µg/l
12	27	21

Vaikka ensimmäisen mallin (taulukko 10) mukaan Pyhäjärven sisäinen kuormitus olisi vähäistä, muut tekijät taas kertovat, että sisäistä kuormitusta olisi. Kalasto aiheuttaa veden laadun heikentymistä toisen mallin (taulukko 11) mukaan, samoin koekalastus kertoo kalaston rakenteen olevan vinoutunut. Pyhäjärven alusveden happipitoisuus on kesäisin alhainen, mikä aiheuttaa sisäistä kuormitusta. Sedimenttitutkimuksen mukaan aivan sedimentin pintaan on kertynyt paljon fosforia. Tämä saattaa johtua joko suurentuneesta tuotannosta, jolloin hajotettavaa ainesta syntyy enemmän. Toinen vaihtoehto on, että syvemmistä sedimenttikerroksista vapautuu fosforia pintaan. Näiden tekijöiden perusteella voidaan todeta, että Pyhäjärveen kohdistuu järven sisäistä kuormitusta.

5 Mahdollisia menetelmiä Pyhäjärven kunnostukseen

5.1 Ulkoisen kuormituksen vähentäminen

Pyhäjärveen kohdistuva ulkoinen kuormitus on liian suurta ja sen vähentämiseksi pitäisi tehdä erilaisia toimenpiteitä. Fosforikuormituksesta enin osa aiheutuu laskennallisesti arvioiden peltoviljelystä. Myös haja-asutus vaikuttaa selvästi kuormitusta nostavasti.

5.1.1 Maatalouden ulkoinen ravinnekuormitus

Sellaisilla toimenpiteillä, jotka estävät peltojen pintaeroosiota, voidaan estää maatalouden aiheuttamaa kuormitusta. Erityisen tärkeää on estää kuormituksen syntymistä. Jo syntynyttä kuormitusta voidaan yrittää pidättää muodostumisalueellaan erilaisten toimenpiteiden, kuten suojavyöhykkeiden tai kosteikkojen avulla. Ulkoisen kuormituksen vähentämiseen tähtääviin toimenpiteisiin voi saada maatalouden ympäristötukea. Ulkoisen kuormituksen on oltava mahdollisimman pieni, jotta järven kunnostus tuottaa pitkällä aikavälilläkin toivotun tuloksen. Liian suuri ulkoinen kuormitus on myös yksi sisäistä kuormitusta voimistava tekijä. Mallin mukaan Pyhäjärveen tulevaa fosforikuormitusta pitäisi vähentää jopa 75 %, jotta sallittu taso saavutettaisiin.

Pyhäjärvi valuma-alueineen kuuluu Hiidenveden valuma-alueeseen ja se on huomioitu Hiidenveden kunnostushankkeessa. Hiidenveden kunnostushankkeesta löytyy lisätietoa Internetistä osoitteesta www.hiidenvesi.com. Hankkeessa on tehty Karjaanjoen valuma-alueen pohjoisosalle kosteikkojen yleissuunnitelma (Vuorinen 2009). Suunnitelmasta selviää Pyhäjärven valuma-alueella olevat mahdolliset kosteikkopaikat. Lisäksi viljelijöille tarjotaan ilmaista ravinnetaselaskentaa. Lohkokohtaisten ravinnetaseiden laskemisella on mahdollista tarkentaa lannoitusmääriä oikealle tasolle. Ravinnetaseen avulla selvitetään maatalon ravinteiden käytön tehokkuutta ja saadaan tietoa ravinteiden vuotokohdista. Taselaskennalla voidaan tunnistaa hyvin menestyvät ja kehittämistä kaipaavat tuotannon osat ja toimenpiteet voidaan kohdistaa kriittisille alueille. Tällöin on mahdollista säästää kustannuksia ja parantaa tilan taloutta. (Rajala 2001).

Pyhäjärven valuma-alueelle on perustettu joitakin suojavyöhykkeitä. Näitä kannattaisi perustaa lisää. Suojavyöhykkeet vähentävät sekä ravinne- että kiintoainekuormitusta vesistöihin (Uusi-Kämpä ja Kilpinen 2000). Suojavyöhyke on peltomaille perustettava vähintään 15 m leveä pysyvän heinämäisen kasvillisuuden peittämä alue. Suojavyöhykkeet sopivat erityisesti jyrkille pelloille. Samoin sortuvat tai helposti tulvivat pellot ovat suositeltavia kohteita suojavyöhykkeiden perustamiselle. Suojavyöhykettä tulee hoitaa ensisijaisesti niittämällä tai laiduntamalla, jotta se toimisi kunnolla. Vesiensuojelun kannalta laajat, useamman tilan yhteiset suojavyöhykkeet ovat parhaita kuormituksen vähentäjiä. Tästä johtuen suojavyöhykkeen perustamista ja hoitoa kannattaa suunnitella yhteistyössä naapurien kanssa. Tällöin suojavyöhykkeistä muodostetaan yhtenäisinä kokonaisuuksia, jolloin niiden vaikutus kuormituksen vähentämiseen kasvaa (Valpasvuo-Jaatinen 2003). Suojavyöhykkeiden tarkemmat paikat ja tarpeellisuus tulee varmistaa maastokäynnin. Lisätietoa suojavyöhykkeistä löytyy Uudenmaan ympäristökeskuksen internetsivuilta osoitteesta www.ymparisto.fi/uus/maatalous -> suojavyöhykkeet.

Pelto-ojien loiventamisessa uoman tulvatilavuus kasvaa (Mattila 2005). Tällöin uomaeroosion määrä vähenee. Samoin luiskien vahvistaminen vähentää eroosiota. Ojiin voidaan myös asentaa pidättimiä, jolloin veden virtaus ojassa vähenee. Pelto-ojien käsittelyissä pitäisi ottaa huomioon myös biologinen näkökulma kalaston kautta. Monet kalalajit käyttävät järveen laskevia oja kutupaikkoinaan. Etenkin hauki ja myös kuore kutevat tällaisissa ojissa, jos vain ojan veden laatu ja kasvillisuus mahdollistavat sen. Ojassa pitäisi olla kasvillisuutta antamaan suojaa ja ravintoa kalanpoikasille. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että ojan pitäisi kasvaa umpeen. Liian tiheä kasvillisuus estää veden virtausta ja aiheuttaa näin veden laadun heikentymistä. Tällöin voi esiintyä happikatoja tai veden lämpötilan liiallista nousua. (Aulaskari ym. 2003)

Aiemmin pelto-ojien varsille syntyi painanteita ja altaita, mutta nykyinen viljelykulttuuri on hävittänyt nämä luontaiset kosteikot. Kosteikoilla on tarkoitus estää veteen joutuneen kiintoaineen ja ravinteiden kulkeutuminen alapuoliseen vesistöön. Kosteikot poistavat myös vedessä liuenneina olevia ravinteita. (Puustinen ja Jormola 2003)

Viljelyteknisistä toimenpiteistä pellon kyntäminen rantojen ja ojien suuntaisesti vähentää fosforikuormitusta huomattavasti. Suorakylvössä eroosion määrä vähenee paljon pellon ollessa ympärivuotisesti kasvipeitteinen. Tällöin kasvusto kylvetään suoraan sänkipeltoon ilman erillistä muokkausta (Alakukku 2004 ref. Mattila 2005). Samoin keinolannoitteet tai karjanlanta voidaan annostella suoraan maan pintakerroksen alle (Tulisalo 1998 ref. Mattila 2005). Toisaalta suorakylvössä saattaa tulla ongelmia liukoisen fosforin kanssa.

5.1.2 Haja-asutuksen aiheuttama kuormitus

Pyhäjärven valuma-alueella toimii Järvenpään vesiosuuskunta. Myös Vattolaan on suunniteltu vesiosuuskunnan perustamista. Valuma-alueella sijaitsevat verkostoon tai vesiosuuskuntaan kuulumattomat kiinteistöt olisi hyvä saada liitettyä keskitettyyn viemäriin mahdollisimman pian. Haja-asutuksen jätevedet ovat ongelmallisia mm. siksi, että niiden sisältämä fosfori on suoraan leville käyttökelpoisessa muodossa.

Lainsäädäntö muuttui jätevesien käsittelyn osalta vuonna 2003. Tällöin annettiin asetus talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla. Asetuksen mukaan jätevesistä on saatava puhdistettua 85 % fosforista ja 40 % typestä. Kunta voi halutessaan joko lieventää tai tiukentaa kyseisiä määräyksiä. Vesiensuojelun kannalta tärkeälle alueelle voidaan myös antaa määräys jätevesien johtamisesta alueen ulkopuolelle tai kokonaan pois kuljettamisesta. (Mattila 2005)

Kiinteistökohtaiset jätevedet on käsiteltävä nykyisen käsityksen mukaan maaperäkäsittelyllä tai laitepuhdistamoissa, joissa esikäsittelynä ovat saostussäiliöt. Saostussäiliöt tulee tyhjentää vähintään kaksi kertaa vuodessa. Vesiensuojelun kannalta kiinteistökohtaisten kuivakäymälöiden käyttö on erittäin suositeltavaa. Kuivakäymälä on käymälä, joka ei käytä vettä virtsan eikä ulosteiden kuljettamiseen. Kuivakäymälän on oltava tiiviillä pohjalla, eikä käymälästä saa valua nesteitä maahan. (Hinkkanen 2006).

Paras tapa haja-asutuksen jätevesien käsittelylle on tietysti yleiseen viemäriverkostoon liittyminen. Monissa kunnissa viemäriverkostoa laajennetaan jatkuvasti. Pelkkä vesijohtoverkoston laajennus ei ole hyvä asia vesiensuojelulle vaan se kasvattaa vesistöön kohdistuvaa kuormitusta, jos vesijohdon lisäksi ei ole viemärröintiä.

5.1.3 Hulevesien aiheuttama kuormitus

Tiivis kaupunkirakentaminen muuttaa merkittävästi veden luontaista kiertoa. Pintavalunnan osuus kasvaa päällystettyjen pintojen lisääntyessä. Sade- ja sulamisvedet eivät pääse imeytymään maaperään, vaan valuvat sadevesiviemäriin ja niistä useimmiten käsittelemättöminä vesistöihin. Vesistöissä veden laatu heikkenee, koska vesi huuhtoo mukaansa pinnoilta ravinteita, kiintoainetta, raskasmetalleja ja muita haitta-aineita (Tornivaara-Ruikka 2006).

Asemakaava-alueilla olisi hyvä pyrkiä siihen, ettei niillä aiheutettaisi virtaamien kasvua. Tämän seurauksena kaavoitettavien alueiden selvitysten määrät kasvaisivat. Maaperäselvitysten avulla saadaan tietoa maaperän imemiskyvystä ja voidaan suunnitella tarvittavat viivytyksaltaat ja kosteikot. Kunnan kannalta hulevesien imeyttäminen tai huleveden johtaminen viherpainanteisiin voi pienentää hulevesiviemäreiden mitoituksia ja lisärakentamisia (Tornivaara-Ruikka 2006).

Pyhäjärven valuma-alueen kaava-alueelle pitäisi laatia hulevesien hallintasuunnitelma. Suunnitelmassa selvitetään hulevesien määrä ja valumareitit ja esitetään näiden hallintamenetelmät.

5.1.4 Osavaluma-aluekohtainen tarkastelu

Pyhäjärven – Saavajoen osavaluma-alue (23.051)

Pyhäjärven - Saavajoen osavaluma-alueelta tulevaa laskennallista fosforikuormitusta pitäisi vähentää 75 %. Kyseiseltä valuma-alueelta tulee fosforia yhteensä 1183 kg eli vähennettävä olisi 887,25 kg. Haja- ja loma-asutuksen ja peltoviljelyn tuoma kuormitus on yhteensä 942 kg. Tältä osavaluma-alueelta on erittäin tärkeää saada haja-asutuksen kuormitus minimoitua, koska se kulkeutuu nopeasti järveen.

Hunsalanjoen osavaluma-alue (23.052)

Hunsalanjoen osavaluma-alueelta tulevaa laskennallista fosforikuormitusta pitää vähentää 50 %. Kokonaisfosforikuormitus oli tältä alueelta 567 kg, josta pitäisi vähentää 283,5 kg. Peltoviljely aiheuttaa laskennallisesti 282 kg kuormitusta ja haja- ja loma-asutus 95 kg. Metsätalouden osuus on 20 kg.

Vaskijoen osavaluma-alue (23.056)

Vaskijoen osavaluma-alueelta tulevaa laskennallista fosforikuormitusta pitäisi vähentää 65 %. Kyseiseltä valuma-alueelta tulee fosforia yhteensä 963 kg eli vähennettävä olisi 623 kg. Peltoviljely aiheuttaa kuormituksesta laskennallisesti arvioiden 571 kg, metsätalous 34 kg, haja- ja loma-asutus 87 kg ja turvetuotanto 4 kg.

Kyrönojan osavaluma-alue (23.057)

Kyrönojan osavaluma-alueelta tulevaa laskennallista fosforikuormitusta pitäisi vähentää 25 %. Kyseiseltä valuma-alueelta tulee fosforia yhteensä 292 kg eli vähennettävä olisi 73 kg. Peltoviljelyn osuus on laskennallisesta kuormituksesta 182 kg, metsätalouden osuus 11 kg ja haja- ja loma-asutuksen osuus 16 kg.

Nuijajoen osavaluma-alue (23.081)

Nuijajoen osavaluma-alueen aiheuttamaa laskennallista fosforikuormitusta pitäisi vähentää 40 %. Kyseiseltä valuma-alueelta tulee fosforia yhteensä 358 kg eli sitä

pitäisi vähentää 143 kg. Peltoviljely aiheuttaa kokonaiskuormituksesta 221 kg ja haja- ja loma-asutus 55 kg.

Rautojan – Koivuportaan osavaluma-alue (23.084)

Rautojan – Koivuportaan osavaluma-alueelta tulevaa laskennallista fosforikuormitusta pitää vähentää 25 %. Tältä valuma-alueelta tulee fosforia yhteensä 260 kg eli vähennettävä olisi 65 kg. Peltoviljelyn osuus laskennallisesta kokonaiskuormituksesta on 182 kg ja haja- ja loma-asutuksen osuus 32 kg.

Kissanojan – Häijynojan osavaluma-alue (23.085)

Kissanojan – Häijynojan osavaluma-alueelta tulevaa laskennallista fosforikuormitusta pitäisi vähentää 45 %. Kyseiseltä valuma-alueelta tulee fosforia yhteensä 406 kg eli vähennystavoite on 183 kg. Peltoviljely aiheuttaa laskennallisesta kokonaiskuormituksesta 254 kg ja haja- ja loma-asutus 37 kg.

Yhteenveto: Pyhäjärveen kohdistuvaa laskennallista fosforikuormitusta pitää vähentää monilla toimenpiteillä. Erittäin tärkeä on suunnata toimet haja- ja loma-asutuksen sekä peltoviljelyn aiheuttaman kuormituksen vähentämiseen. Tärkeintä on keskittää toimenpiteet Pyhäjärven – Saavajoen, Rautojan – Koivuportaan ja Kissanojan – Häijynojan osavaluma-alueille.

5.2 Vesikasvien niitto

Vesikasvien poistamisella ei yleensä paranneta veden laatua vaan tarkoituksena on lisätä avointa vesialaa ja näin helpottaa uimista, veneilyä ja kalastusta. Veden laatu voi kuitenkin parantua, jos veden virtaus alueella paranee vesikasvien poiston jälkeen. Tällöin esim. tiiviissä kasvustossa esiintyvät happikadot saattavat vähentyä. Vesikasveja voidaan myös poistaa maisemallisista syistä siten, että avovesi ja kasvillisuus muodostavat mosaiikkimaisen kuvion. Vesikasveilla on suuri merkitys eläinplanktonille, koska ne tarjoavat suojapaikkoja niille kalojen saalistusta vastaan (Perrow ym. 1999; Hagman 2005). Eläinplankton koostuu mm. vesikirpusta, jotka syövät leviä. Jos eläinplanktoniin kohdistuu suurta saalistusta, kasviplanktonin eli levien määrä voi kasvaa. Lisäksi vesikasvien pinnoilla on kiinnittyneinä epifyyttisiä leviä, joiden käyttämät ravinteet jäävät poiston jälkeen kasviplanktonille. Vesikasvit tarjoavat myös suojaa ja ravinnonhankintapaikkoja kalanpoikasille ja kutupaikkoja aikuisille kaloille. Samoin vesikasvien merkitys vesilinnuille on ilmeinen. Ylitiheän kasvillisuuden harvennus on usein tärkeää kalaston ja linnuston elinolojen kannalta. Järveen laskevien ojien suissa vesikasvillisuus on tärkeä ravinteiden pidättäjä. Etenkin peltovaltaisilla rannoilla ja ojien suistoissa tulee liiallista vesikasvien poistoa varoa. Vesikasvien niitossa on erittäin tärkeää kerätä kasvijätteen järvestä, jottei järveen jää hajoavaa ainesta, joka kuluttaa happea ja vapauttaa ravinteita.

Vesikasveista uposlehtiset ottavat osan ravinteistaan vedestä lehdillään, kun taas ilmaversoiset ja kelluslehtiset ottavat ravinteet sedimentistä (Wetzel 2001). Kaikki vesikasvit tarvitsevat valoa yhteyttämiseensä. Sameissa vesissä ei yleensä tästä syystä ole uposlehtisiä (Hyytiäinen 2000). Uposlehtisiin kuuluvien vesikasvien häviäminen kertoo veden laadun huonontumisesta.

Pyhäjärven kasvillisuus koostuu ilmaversoisiin vesikasveihin kuuluvista leveälehtisestä osmankäämistä, järviruo'osta, järvikaislasta ja järvikortteesta. Ilmaversoisten vesikasvien edessä on kelluslehtisiä vesikasveja. Pyhäjärvessä on paljon ulpukkaa. Lummetta esiintyy myös. Uistinvitaa on erityisesti ulpukoiden seassa. Näiden edessä on hyvin suuria aloja siimapalpakkoa. Lisäksi esiintyy uposlehtisis-

tä ärviää ja ahvenvitaa. Myös lahнаруohoa esiintyy. Kasvillisuus on paikoitellen erittäin runsasta ja kasvustot peittävät suuria aloja. Järviruo'on poisto on tulokselista, kunhan niitetään tarpeeksi usein. Paras ruovikon niittoajankohta on heinäkuun puolestävälisestä elokuun puoleenväliin. Jos niitetään useammin kuin kerran kesässä, ensimmäinen niittokerta voi olla kesäkuun lopulla (Kääriäinen & Rajala 2005).

Jotta osmankäämin vähentäminen onnistuisi, täytyy niitto toistaa muutamaan kertaan. Maalla kasvavien osmankäämien poistossa täytyy käyttää muita menetelmiä. Ajelehtivien, irronneiden osmankäämilauttojen poisto vaatii usein kaivinkonetta, jotta ne saadaan nostettua ylös järvestä. (Kääriäinen & Rajala 2005). Uistinvidan niitosta on sekä huonoja että hyviä kokemuksia. Uistinvidan poisto vaatii useita niittokertoja, koska kasvi on hyvin sitkeä. Sen pehmeä varsi vaikeuttaa niittoa, koska se taipuu helposti niittoterän edessä ja sotkeutuu siihen (Kääriäinen & Rajala 2005). Siimapalpakon niittäminen on uistinvidan niittoa vaikeampaa. Erittäin pitkät versot sotkeutuvat niittoterän ympärille ja potkuriin. Parin onnistuneen niiton kuitenkin pitäisi riittää. Lisäksi on huomattu, että virtauksen kasvaminen saattaa vähentää siimapalpakon esiintymistä (Kääriäinen ja Rajala 2005). Ulpukalla ja lumpeella on hyvin paksu juurakko, josta versoaa uusia lehtiä. Tämän vuoksi niitä ei suositella niitettävän (Kääriäinen & Rajala 2005). Ulpukkaa ja lummetta kannattaisi poistaa juurakoineen eräänlaisen harauslaitteen avulla. Koska menetelmä aiheuttaa pohjan pölyämistä, sitä ei voi tehdä kesäaikaan. Paras ajankohta ulpukoiden ja lumpeiden poisharaukselle on syys – lokakuu, jolloin järven virkistyskäyttö on vähäisempää. Tällöin ravinteita on myös enemmän kasvien juurakoissa. Poiston aiheuttama veden samentuminen on yleensä ohimenevää, mutta työntäjäisiä veden laadun ja näkösyvyyden muutoksia kannattaa seurata. Järvestä esiintyy myös järvikortetta, jota voidaan niittää, mutta kaikki leikkuujätteet pitää kerätä huolellisesti pois järvestä. Korte pystyy lisääntymään edellisenä vuonna leikattujen versojen jokaisesta nivelestä, jolloin sen leviäminen tehostuu, jos leikkuujätteitä jää järveen. (Kääriäinen & Rajala 2005). Ärviän ja ahvenvidan niittämistä ei suositella, koska ne pystyvät lisääntymään katkenneista pienistä paloista. Etenkin ärviä on nopea leviämään. Nämä kasvit pitäisi poistaa kokonaisina.

Vesikasvien poistosta voi aiheutua leväkukintoja. Tämä johtuu siitä että, niittäminen saattaa jättää ravinteita kasviplanktonin käyttöön, kun kasvien pinnoilla kiinnittyneinä olleet epifyytiset levät poistuvat niittojätteen mukana. Leviä kontrolloiva eläinplankton saattaa myös menettää niitossa suojapaikkansa ja altistuu kalojen saalistukselle, minkä seurauksena levien määrä voi kasvaa. Vesikasvillisuus saattaa myös korvautua toisilla, vaikeammin poistettavilla lajeilla.

Vesikasvien niiton laajuus vaikuttaa luvantarpeeseen. Pienimuotoinen niitto ei vaadi lupia, vähäistä suuremmasta niitosta on tehtävä ilmoitus kuukautta ennen toimenpiteeseen ryhtymistä vesialueen omistajalle ja ympäristökeskukselle. Vesikasvien poistolle arvioidaan kustannuksiksi 85 – 500 euroa niitettyä hehtaaria kohden vuodessa (Airaksinen 2004).

Vesikasvien vähäistä suuremmasta poistosta tulisi tehdä tekninen suunnitelma, josta ilmenee mistä kasveja on poistettu, mitä kasveja poistetut kasvit ovat lajiltaan ja kuinka paljon niitä on poistettu. Vesikasvien poiston vaikutuksia tulee seurata vuosittain. Tärkeää olisi seurata, miten kasvillisuuden levinneisyys muuttuu. Tämä kannattaa tehdä piirtämällä karttaan kasvillisuusrajat. Seuranta tulee tehdä aina samaan vuoden aikaan. Seurannassa tulee myös kirjata ylös havainnot kasvilajien korvautumisista toisilla lajeilla.

5.3 Kalaston hoito

Anne-Marie Hagman ja Petri Savola

5.3.1 Tehokalastus

Järven eliöyhteisön rakennetta on mahdollista muuttaa tehokalastamalla. Tällöin kasviplanktonin määrän pitäisi vähentyä. Yhteisön jäsenillä on keskinäisiä vuorovaikutuksia toisiinsa. Kun yhdestä tulee runsas, niin joku vähenee - ja päinvastoin. Tähän ajatukseen perustuu tehokalastus eli biomanipulaatio (Shapiro 1980).

Kasviplanktonin eli levän määrää kontrolloivat toisaalta vedessä olevat ravinteet ja valo, toisaalta eläinplankton laidunnuksensa kautta. Sellaiset kalat ja selkärangattomat pedot, jotka käyttävät eläinplanktonia ravinnokseen voivat säädellä eläinplanktonin määrää. Eläinplanktonin määrän pitäisi kasvaa, kun kalastetaan eläinplanktonia syöviä kaloja. Tällöin vastaavasti kasviplanktonin määrän pitäisi vähentyä. Tehokalastusta voidaan tukea istuttamalla petokaloja. Petokalat kontrolloivat eläinplanktonia syövien kalojen määrää. Menetelmällä voidaan myös vähentää järven sisäistä kuormitusta. Pohjalta ravintonsa hankkivat kalat pölyttävät pohjaa ja näin vapauttavat ravinteita yläpuoliseen vesimassaan (Sammalkorpi ja Horppila 2005). Pyynnin kohdistuessa näihin kaloihin, niiden aiheuttama pohjan pölytyys vähenee ja kasviplanktonin käytettävissä olevat ravinnemäärät vähenevät. Tehokalastuksen seurauksena vesi voi kirkastua ja siitä taas saattaa seurata vesikasvillisuuden voimakasta leviämistä. Jottei järven kalasto ala muuttua uudelleen särkikalavaltaiseksi, tehokalastuksen on oltava tarpeeksi tehokasta ja jatkuvaluonteista. Muutama lämmin kesä ilman kalastusta voi jo alkaa hivuttaa kalastoa särkien suuntaan. Petokalakannoissa muutosta ei näy, koska niitä kuitenkin kalastetaan koko ajan. Yhtenä mahdollisuutena on myös täsmäpyytää nuorimpia särkikaloja syksyllä. Se voimistaisi petoahvenkantaa.

Pyhäjärveen johtavat valtaojat ja purot voivat toimia kalojen kutupaikkoina. Jos näiden varsille perustettaisiin suojavyöhykkeet, vähentyisi ravinteiden ja kiintoaineen kulkeutuminen vesistöön. Ojat ovat useimmiten suorina, leveinä ja matalina. Virtausolosuhteista tulee monipuolisempia, kun uomaan lisätään mutkaisuutta ja syvyysuhteiden vaihtelua. Mataluus aiheuttaa uoman umpeenkasvua. Kasvillisuus ei saisi olla liian tiheää, jolloin vesi ei pääse virtaamaan riittävästi. Kasvillisuutta ei saa kuitenkaan poistaa kokonaan vaan tehdä kasvuston sekaan kasvillisuudesta vapaa kapea uoma. Tällöin kapeassa uomassa virtaus pysyy hyvänä, vaikka ajankohtaan nähden virtaama olisi alhainen. Kasvillisuutta voidaan myös poistaa laikuittain. Niittojätteet on kerättävä aina tarkasti pois vesistöä. Valtaojien ja purojen uomiin voidaan myös lisätä soraa, kiviä ja puuainesta, jotta uomasta tulisi parempi ja monipuolisempi elinympäristö niin kaloille kuin muillekin eliöille. (Aulaskari ym. 2003).

Koenuottausten ja vedenlaatutietojen perusteella arvioituna Pyhäjärven todellinen kalamäärä olisi noin 100 – 120 kg/ha. Kokonaiskalamääränä se vastaa 14 – 17 tonnin kalamäärää. Hajonta johtuu lähinnä ensimmäisen koenuottauspäivän huonoista saaliista päivällä puhaltaneen myrskyn haitatessa nuottausta. Lisäksi tiedetään, että aivan rantaviivan tuntumassa ja kasvillisuuden seassa on runsaasti kalaa, jonka määrää ei voida juuri millään koekalastusmenetelmillä arvioida. Pyhäjärven kalasto koostuu 70 % särkikaloista. Tämä tarkoittaa, että kalaston rakenne on vääristynyt. Vääristymän on aiheuttanut järven ravinnemäärien hidas kasvu, mikä suosii särkikaloja. Lisäksi valikoiva, lähinnä vain petokaloihin kohdistuva kalastus on vähitellen suosinut särkikalojen lisääntymistä. Kalaston hoidollisena toimenpiteenä Pyhäjärven kalastoa voisi vähentää särkikalojen osalta vähintään noin 9 – 10

tonnia kolmen vuoden aikana. Tämä tarkoittaa noin 35 kg särkikalajien poistamista hehtaarilta vuodessa, kolmen vuoden ajan.

Ravintoketjukurinnotus vaatii vesialueen omistajan luvan. Samoin tehokas-
tusta tekevillä talkoolaisilla tulee olla valtion kalastuksenhoitomaksu suoritettuna.

Ravintoketjukurinnotus maksaa noin 1,5 – 2,5 euroa/ poistettu kalakilo. Jos
poistetaan 9 000 kg/ 3 vuotta, saadaan vuosittaiseksi kustannukseksi 4 500 – 7 500
euroa. Kymmenen tonnin poistolla vastaava kustannusarvio on 5 000 – 8 333 euroa.

5.3.2 Kalaistutukset

Kuhan poikasmäärän perusteella voidaan todeta, että istutustarvetta olisi. Tämä
sillä edellytyksellä, että kuha menestyy Pyhäjärvässä. Suositeltavat istutusmäärät
täydennysistutuksissa, joissa järvessä olevaa kuhakantaa halutaan vahvistaa, on 15
– 25 poikasta hehtaaria kohden. Pyhäjärvellä tämä tarkoittaisi noin 3 000 poikasen
istuttamista vuosittain. Mikäli haukien määrä on järvellä vähentynyt, kannattaa
ensin selvittää syyt miksi hauen lisääntyminen on heikentynyt. Hauen poikasten
istuttaminen antaa kyllä yleensä hyviä tuloksia, mutta tällaisissa tapauksissa ku-
tumahdollisuuksien parantaminen tuottaa paremman lopputuloksen kuin istutuk-
set. Toutain menestyisi Pyhäjärvässä luultavasti hyvin. Se on myös ravintoketju-
kunnostuksen kannalta hyödyllinen laji, koska se käyttää ravinnokseen pientä
särkikalaa. Toutaimen haittana kuitenkin on sen taipumus suureksi kasvavana ja
vahvana kalana rikkoa pyydyksiä ja se että sen arvostus ruokakalana on vähäinen.
Toisaalta urheilukalastajat arvostavat virkeänä taistelijana tunnettua toutainta
siimansa toisessa päässä. Pyhäjärvässä saattaa olla nykyiselläänkin riittävän hyvät
olosuhteet mateen lisääntymiselle. Olosuhteita voidaan parantaa pitämällä pohjan-
läheinen vesikerros hapellisena ympäri vuoden. Pyhäjärveen on istutettu myös
siikoja. Hyöty eläinplanktonia syövien kalojen (siika) istuttamisesta järveen, josta
on poistettu eläinplanktonia syöviä kaloja (särkikalat), perustuu siihen ajatukseen,
että siikat käyttävät osan siitä tilasta, joka muuten helposti täyttyisi salakalla, lahnal-
la ja särjellä. Näin osa eläinplanktonia syövästä kaloista on arvokalaa, mikä lisää
järven virkistyskäyttöarvoa. Suositeltava siian istutustiheys rehevään eteläsuoma-
laiseen järveen on 20 – 50 kesänvanhaa poikasta hehtaaria kohti.

5.3.3 Kalastuksen järjestäminen ja säätely

Petokaloja tulisi suosia käyttämällä hyväksi pyyntirajoituksia, kutualue ja –aika-
rauhoituksia ja istutuksia. Myös kutualueita voidaan kunnostaa. Näillä toimenpi-
teillä on myönteistä vaikutusta järven kuhien ja haukien kasvuun ja määrään. Ve-
den ravinnepitoisuuksien tai sinileväkukintojen määrää vähentävien vaikutusten
aikaansaamiseksi tarvittaisiin huomattavasti suurempi kalamäärän vähennys yh-
distettynä samaan aikaan valuma-alueella tapahtuvaan ravinnehuuhtoutumia
ehkäisevään toimintaan. Lisäksi järven sisäistä kuormitusta lisäävien hapetto-
muusjaksojen vähentäminen on tärkeää.

Ei ole tiedossa, kuinka tehokasta kuhan verkkopyynti ja muu kalastus Pyhä-
järvässä on. Kuhan verkkokalastuksessa ehkä kaikkein kriittisin ajankohta on talvi,
jolloin kuhat kerääntyvät melko pienille alueille ja ovat helpoimmin verkoilla pyy-
dettävissä. Kokonaisuudessaan kalastus tuskin on liian tehokasta. Kuitenkin näin
pienellä järvellä kotitarve- ja virkistyskalastuksella on varmasti melko suuri vaiku-
tus petokalamäärään sen kohdistuessa lähes pelkästään suurikokoisiin petokaloi-
hin. Pyhäjärvellä on suosituksena 50 mm:n silmäkoon verkot.

5.3.4 Kalaston rakenteen seuranta

Tehokalastuksen vaikutuksia tulee seurata vuosittain tai joka toinen vuosi koekalastuksin. Samoin teho­kalastuksen saalistiedot tulee kirjata ylös. Näistä saa paljon tietoa kalamääristä, kun taas koekalastukset kertovat enemmän kalojen lajisuhteista. Koekalastuksessa suositellaan käytettävän Nordic-yleiskatsausverkkoja tai kurenuottausta. Nordic-verkkojen avulla on mahdollista havaita pienten, 5 – 10 cm:n mittaisten särkikalojen osuus kalayhteisössä. Verkkokoekalastuksen tuloksiin pitää suhtautua tietyllä varauksella pyydyksen valikoivuuden takia. Isokokoiset särkikalat jäävät usein kokonaan huomaamatta, niin kuin hauetkin. Ahventen määrä taas voi korostua, koska ne jäävät piikkisten eviensä takia verkkoihin helpommin kiinni. Kurenuottaus on vähemmän valikoiva ja antaa paremman käsityksen kalaston rakenteesta. Paras ajankohta koekalastukselle on loppukesä, jolloin järven olosuhteet ja kalojen käyttäytyminen ovat vakaita. Tällöin on erittäin tärkeää kirjoittaa ylös veden lämpötila, verkkojen lukumäärä ja pyyntiaika. Koekalastamalla voidaan arvioida vesistön kalakannan kokoa, kalayhteisön rakennetta ja eri kalalajien runsaussuhteita. Näissä tapahtuvia muutoksia on mahdollista seurata, kun verrataan eri koekalastusten yksikkösaaliita toisiinsa. Yksikkösaaliit ilmoitetaan joko kalojen lukumääränä tai massana verkkoa kohden. Yksikkösaaliissa tapahtuvien muutosten perusteella voidaan arvioida kalakannan suhteellista runsautta. Saaliin keskipaino otetaan ylös lajikohtaisesti. Myös poistopyynnin yksikkö- tai päiväsaaliista on hyvä pitää kirjaa ja tehdä tarkat saalisotannot. (Kurkilahti & Rask 1999).

5.4 Hapetus

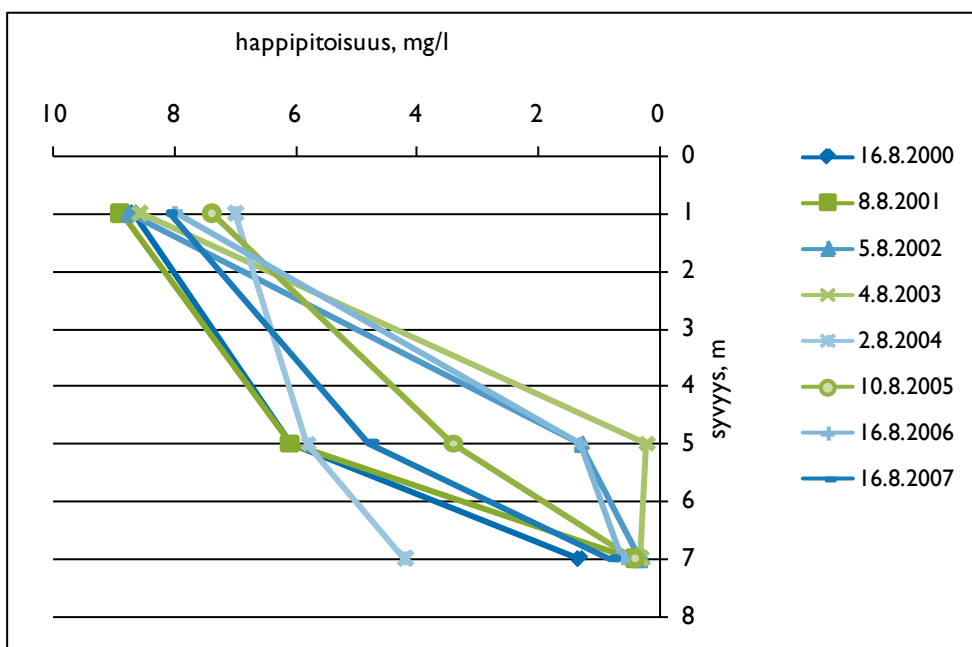
Hapettaminen voi vähentää sisäistä kuormitusta ja tätä kautta fosforin vapautumista sedimentistä. Fosfori sitoutuu rauta- ja mangaaniyhdisteisiin hapellisissa olosuhteissa (Lappalainen & Lakso 2005). Hapetuksella voidaan rikkoa järven lämpötilakerrostuneisuus joko tarkoituksella tai tahattomasti. Kesäaikana tästä saattaa seurata sekä hyviä että huonoja vaikutuksia veden laatuun. Voimakas kerrostuneisuus estää ravinteiden siirtymisen alusvedestä pintaveteen, jolloin esimerkiksi leväkukintojen syntyminen on epätodennäköisempää. Kerrostumattomassa järvessä koko vesimassa voi sekoittua jatkuvasti, jolloin myös resuspensio kasvaa (Evans 1994). Resuspensiolla tarkoitetaan sedimentin sekoittumista vesimassaan eli järven pohjaan sedimentoituneet ainekset tulevat käyttöön uudelleen. Kerrostuneessa järvessä tyyni sää voi johtaa vesimassan vakauden kautta sinilevien parempaan kilpailukykyyn (Cooke ym. 2005). Sinilevät voivat säädellä esiintymissyvyyttään kaasuvakuoliensa avulla. Kaasuvakuoli on sinileväsolun sisällä oleva kaasurakkula. Kerrostuneisuuden purkautuminen lisää veden sekoittumista ja nopeasti vajoavat kasviplanktonilajit (esim. piilevät) tulevat kilpailukykyisemmiksi (Cooke ym. 2005).

Hapetuksella on vaikutuksia eliöyhteisön rakenteeseen. Kerrostuvissa järvissä alusvedessä voi olla selvästi pintakerrosta alhaisempi happipitoisuus. Myös matalissa järvissä voi esiintyä selvästi alhaisempia happipitoisuuksia pohjanläheisissä vesissä, vaikka kerrostuneisuus olisikin heikko. Osa vesikirpuista voi hakea suojaa vähähappisuudesta. Toisaalta hapetus on lisännyt vesikirppujen määriä selvästi toisissa tutkimuksissa (Cooke ym. 2005). Näiden tutkimusten mukaan alusveden hapellisuus mahdollistaa eläinplanktonin vaeltamisen syvemmälle suojaan saalistusta.

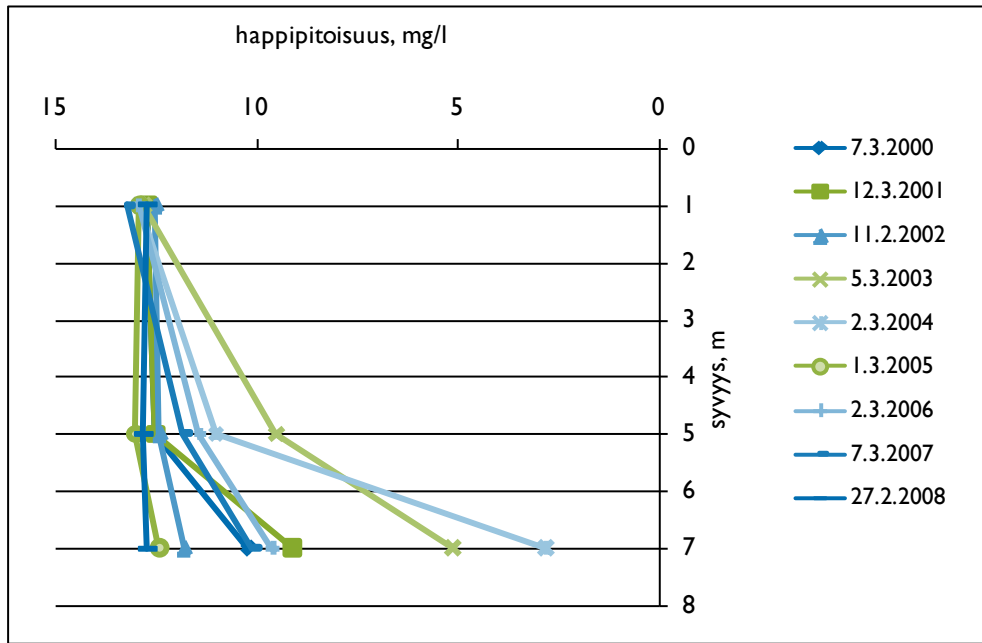
Jungon ym. (2001) mukaan sekoittumisella voidaan vaikuttaa kasviplanktonin koostumukseen, jos kasviplanktonilajien esiintymistä rajoittaa valon puute. Jos ravinteet ovat rajoittavana tekijänä kasviplanktonille, niin sekoittuminen voi lisätä

levien määriä, jos ravinnepitoisuus kasvaa sekoittumisen myötä. Kerrostuneessa järvessä päällysvedessä yhteyttäminen johtaa alhaiseen hiilidioksidipitoisuuteen ja sitä kautta korkeaan pH-arvoon. Alusvedessä on vastaavasti korkea hiilidioksidipitoisuus ja alhainen pH-arvo. Sekoittumisen myötä alusveden pH-arvo voi nousta, jolloin fosforia saattaa alkaa vapautua sedimentistä.

Pyhäjärven happipitoisuus on ollut 2000-luvulla hyvin alhainen loppukesäisin. Lähes poikkeuksetta hapetta on ollut alle 2 mg/l seitsemän metrin syvyydessä (kuva 27). Tässä syvyydessä ja sitä syvemmällä on 12 % koko järven tilavuudesta ja noin kolmannes pinta-alasta (taulukot 12 ja 13). Tältä alalta voi siis vapautua fosforia. Lisäksi sedimenttitutkimuksessa todettiin, että pohjasedimentin pintaosassa on selvästi suurempi kokonaisfosforipitoisuus kuin syvemmissä kerroksissa (Heikkilä 2008). Talvisin happipitoisuus on pysynyt pääosin hyvänä (kuva 28). Pyhäjärven happipitoisuutta ei ole määritetty 2000-luvulla seitsemää metriä syvemmältä. On vaikea sanoa, kuinka hapetonta vesi on aivan pohjan lähellä. Luultavasti happipitoisuus alenee edelleen ja ravinteiden vapautuminen on todennäköisempää.



Kuva 27. Pyhäjärven happiprofiilit kesäisin 2000-luvulla.



Kuva 28. Pyhäjärven happiprofiilit loppukeväisin 2000-luvulla.

Taulukko 12. Pyhäjärven tilavuudet ja niiden osuudet syvyyksiluokittain.

Syvyyksiluokka	Tilavuus, 10 ³ m ³	Osuus (%) tilavuudesta
0 – 1	1299,77	20
1 – 2	1113,13	17
2 – 3	856,36	13
3 – 4	712,84	11
4 – 5	633,35	10
5 – 6	553,98	9
6 – 7	476,2	7
7 – 8	384,94	6
8 – 9	269,15	4
9 – 10	131,63	2
10 – 11	6,8	0
Yhteensä	6438,15	100

Taulukko 13. Pyhäjärven pinta-ala eri syvyyksissä.

Syvyys, m	ala, ha	Osuus (%) alasta
0	137,88	100
1	123,05	89
2	98,26	71
3	75,89	55
4	67,21	49
5	59,51	43
6	51,42	37
7	43,73	32
8	32,79	24
9	20,69	15
10	4,14	3

Pyhäjärven kesäaikainen hapettaminen kasvattaa happipitoisuuksia ja näin vähentää järven sisäistä kuormitusta. Tämä auttaa järven tilan paranemisessa ja estää sen huonontumista. Pyhäjärvelle suositellaan tehtäväksi tarkempi hapetus-suunnitelma, jossa valitaan sopivin laitteisto, mietitään sen teho ja sijoituspaikka sekä hapetusaika.

6 Soveltumattomat menetelmät

Tässä kappaleessa on esitetty Pyhäjärvelle tällä hetkellä huonosti sopivat menetelmät. On mahdollista, että tilanteen muuttuessa näistä jompikumpi muuttuu sopivaksi.

6.1 Ruoppaus

Ruoppauksella tarkoitetaan pohjasedimentin poistamista järvestä. Yleensä menetelmän tavoitteena on järven vesisyvyyden ja -tilavuuden lisääminen, ravinnekierron vähentäminen veden ja sedimentin välillä, kasvillisuuden vähentäminen ja saastuneiden tai myrkyllisten aineiden poistaminen järvestä. Lisäksi ruoppauksilla voidaan parantaa esim. uimarantojen käyttökelpoisuutta (Viinikkala ym. 2005).

Järven sedimentistä liukenee ravinteita alusveden ollessa hapetonta. Pyhäjärvi ei kärsi mataluudesta aiheutuvista haitoista. Lisäksi menetelmän kalleus vaikuttaa sen suositeltavuuteen. Menetelmän ei katsota olevan kustannustehokas ratkaisu Pyhäjärven kunnostamiseen.

6.2 Fosforin kemiallinen saostaminen

Fosforin kemiallisella saostamisella alennetaan veden kokonaisfosforipitoisuutta ja fosforin vapautumista sedimentistä. Saostuksessa käytetään rauta- tai alumiiniyhdisteitä. Rautayhdisteet vaativat toimiakseen hapelliset olot, alumiiniyhdisteet toimivat hapettomissakin olosuhteissa. Alumiiniyhdisteiden haittana on niiden voimakas happamoittava vaikutus, mistä saattaa seurata kalakuolemia. Veden fosforipitoisuuden alenemisen myötä kasviplanktonin määrä vähenee ja vesi kirkastuu. Tämän seurauksena vesikasvillisuus saattaa levitä voimakkaasti. Etenkin uposlehtiset vesikasvit voivat muodostaa tiheitä kasvustoja. Saostuksen vaikutukset ovat lyhytaikaisia, minkä takia käsittely saatetaan joutua uusimaan muutaman vuoden välein (Oravainen 2005).

Fosforin kemiallista saostamista ei kannata tehdä lyhytviipymäisissä järvissä. Oravaisen (2005) mukaan veden viipymän ollessa alle 1 – 2 vuotta, korvautuu järvessä oleva vesi nopeasti uudella valumavedellä, joka voi olla ravinteikasta ja josta saostuskemikaali puuttuu. Pyhäjärven ulkoinen kuormitus on liian suurta ja sen viipymä on noin 46 päivää. Tämän takia fosforin kemiallista saostamista ei suositella järven kunnostusmenetelmäksi.

7 Seuranta

Pyhäjärven veden laatua tulee seurata. Pyhäjärvi kuuluu Hiidenveden yhteistarkkailun vapaaehtoiseen osuuteen. Näytteitä otetaan tarkkailussa kaksi kertaa vuodessa. Suositusten mukaan järvistä tulisi ottaa mielellään kolme kertaa kesässä ja kerran talvessa vesinäyte (Eurowaternet 2007). Jos näytteitä ei ole mahdollista ottaa montaa kertaa kesässä, niin paras ajankohta niiden ottamiselle on heinä-elokuu. Talviaikana riittää yksi analyysi (maaliskuu), mutta happipitoisuutta kannattaisi seurata useammin. Kesällä vedestä kannattaa määrittää ainakin kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuus, klorofylli-a-pitoisuus ja happipitoisuus. Myös veden pH, väri ja sameus kannattaa selvittää. Talvella näytteestä kannattaa analysoida ainakin kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuus ja happipitoisuus.

Happipitoisuuden seurantaan varten olisi kannattavaa ostaa happimittari. Mittarin avulla happea voidaan seurata vaikka viikoittain. Happea kannattaa seurata kuitenkin vähintään kerran kuukaudessa. Happi kannattaa mitata sekä pinnasta että pohjan läheltä. Pintanäyte kannattaa ottaa 50 – 100 cm:n syvyydestä. Happea voi mitata tämän jälkeen metrin välein ja kirjata lukemat ylös. Syvyyden määrittämistä varten kannattaa merkitä happimittarin kaapeliin pituus 50 cm:n välein ilmastointiteipillä. Happimittari tulee kalibroida laitteen mukana tulevien ohjeiden mukaan sekä huolehtia, että sen mittausanturissa on mittauksen onnistumiseen vaadittavia kemikaaleja. Samoin happimittarin huolto on järjestettävä laitteen ohjeiden mukaisesti.

Ranta-asukkaiden kannattaisi sopia järven näkösyvyyden jatkuvasta seurannasta, koska näkösyvyyden seurannalla saadaan helposti selville muutokset veden laadussa.

Vesikasvillisuuden leviämistä on tarpeen seurata, vaikka järvessä ei niitettäisikään. Paikalliset asukkaat voisivat hyvin vastata kasvillisuuden seurannasta. Etenkin tehokalastuksen jälkeen on hyvä tarkkailla kasvillisuuden leviämistä. Tärkeää olisi merkitä vuosittain karttaan kasvillisuusrajat ja kasvilajit ja tarvittaessa tehdä tarkempia kasvillisuuskartoituksia 2 – 3 vuoden välein.

Hoitokalastuksen tuloksellisuutta tulisi seurata jatkuvilla saalisotoksilla sekä määräajoin tehtävin koekalastuksin.

8 Yhteenveto

Pyhäjärvi on keskirehevä järvi, jonka ulkoinen kuormitus on pääosin liian suurta. Tärkeintä kuormituksen vähentäminen on järveä ympäröivällä osavaluma-alueella, mutta myös muiden alueiden kuormitukseen pitää kiinnittää huomiota ja vähentää sitä.

Pyhäjärvestä on myös sisäistä kuormitusta, happipitoisuus on kesäisin alhainen ja kalasto on särkikalavaltainen. Lisäksi vesikasvillisuus aiheuttaa haittaa virkistyskäytölle. Pyhäjärvelle suositellaan kalaston vinoutuneen rakenteen korjaamiseksi tehokalastusta, petokalaistutuksia ja kalastuksen säätelyä tarpeeksi suuren silmäkokoon omaavilla verkoilla.

Pyhäjärven happipitoisuus on ollut 2000-luvulla kesäisin hyvin alhainen. Jotta nyt keskirehevän järven tila ei huonontuisi, ehdotetaan tehtäväksi tarkempi hapetus suunnitelma. Suunnitelmassa valitaan Pyhäjärvelle sopivin hapetuslaite ominaisuuksiensa ja hintansa perusteella, sekä valitaan hapettimen sijoituspaikka ja hapetusaika. Lisäksi suositellaan happimittarin hankintaa.

Virkistyskäytön parantamiseksi Pyhäjärven vesikasvillisuutta voidaan niittää ottaen huomioon jokaiselle lajille annetut tarkemmat poisto-ohjeet.

LÄHTEET

- Alakukku L. 2004. Suorakylvö. *Vesitalous* 45 (3): 31 – 32.
- Aulaskari H., Lempinen P. & Yrjänä T. 2003. Kalataloudelliset kunnostukset. Teoksessa Luonnonmukainen vesirakentaminen (toim. Jormola J., Harjula H. & Sarvilinna A.) Suomen ympäristö nro 631. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. ISBN 952-11-1424-X.
- Bärlund I. & Tattari S. 2001. Ranking of parameters on the basis of their contribution to model uncertainty. *Ecological Modelling*, 142 (1-2): 11 – 23.
- Cooke G. D., Welch E. B., Peterson S. A. & Nichols S. A. 2005. Restoration and management of lakes and reservoirs. Lewis Publishers, kolmas painos. 591 s. ISBN 1-56670-625-4.
- Eurowaternet / Valtakunnallinen veden laadun seuranta. 29.11.2007 (Päivitetty). www.ymparisto.fi > Suomen ympäristökeskus > Tutkimus > Hankkeet ja tulokset > Veden laadun seuranta järvisyvänteillä (EIONET) [viitattu 28.11.2008]
- Evans R. D. 1994. Empirical evidence of the importance of sediment resuspension in lakes. *Hydrobiologia* 284 (1) : 5–12.
- Frisk T. 1978. Järvien fosforimallit. Vesihallitus, Helsinki. Vesihallituksen tiedotus 146, Helsinki. 114 s. ISBN 951-46-3412-8.
- Granlund K., Rekolainen S., Grönroos J., Nikander A. & Laine Y. 2000. Estimation of the impact of fertilisation rate on nitrate leaching in Finland using a mathematical simulation model. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 80 (1-2): 1 – 13.
- Hagman A-M. 2005. *Sida crystallina* kesänaikainen sukkessio - kulluslehtikasvuston ja veden laadun merkitys vesikirppupopulaatiolle. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto. 50 s.
- Heikkilä K. 2008. Pyhäjärven sedimenttitutkimus. [Julkaisematon tutkimus].
- Hinkkanen K. 2006. Kuivakäymälän hoito ja käymäläjätteen käsittely. Käymäläseura Huussi ry, Tampere. ISBN 952-91-9985-6.
- Hyytiäinen U-M. 2000. Tarkkaile kotijärveäsi. Havaitse ajoissa haitallinen rehevöityminen. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 9 s. [Julkaisematon moniste].
- Jungo E., Visser P. M., Stroom J. & Mur L. R. 2001. Artificial mixing to reduce growth of the blue-green alga *Microcystis* in Lake Nieuwe Meer, Amsterdam: an evaluation of 7 years of experience. *Water Science and Technology: Water Supply* 1 (1): 17 – 23.
- Kurkilahti M. & Rask M. 1999. Verkkokoekalastukset. Julkaisussa: Böhling P. & Rahikainen M. (toim.), Kalataloustarkkailu, periaatteet ja menetelmät. Helsinki. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki, s. 151 – 161. ISBN 951-776-187-2.
- Kääriäinen S. & Rajala L. 2005. Vesikasvillisuuden poistaminen. Julkaisussa: Ulvi T. & Lakso E. Järvien kunnostus . Ympäristöopas 114. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 336 s. ISBN 951-37-4337-3.
- Lappalainen K. M. 1990. Kunnostuksen ja hoidon ekologiset perusteet. Julkaisussa: Ilmavirta V. (toim.), Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Yliopistopaino, Helsinki. s. 45 – 53. ISBN 951-570-051-5.
- Lappalainen K. M. & Lakso E. 2005. Järvien hapetus. Julkaisussa: Ulvi T. & Lakso E. Järvien kunnostus. Ympäristöopas 114. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 336 s. ISBN 951-37-4337-3.
- Mattila H. 2005. Ulkoisen kuormituksen vähentäminen. Julkaisussa: Ulvi T. & Lakso E. Järvien kunnostus. Ympäristöopas 114. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 336 s. ISBN 951-37-4337-3.
- Mattsson T., Finér L., Kortelainen P. & Sallantausta T. 2003. Brook water quality and background leaching from unmanaged forested catchments in Finland. *Water, Air and Soil Pollution* 147 (1 – 4): 275 – 297.
- Oravainen R. 2005. Fosforin kemiallinen saostus. Julkaisussa: Ulvi T. ja Lakso E. Järvien kunnostus. Ympäristöopas 114. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 336 s. ISBN 951-37-4337-3.
- Perrow M. R., Jowitt A. D. J., Stansfield J. H. & Phillips G. L. 1999. The practical importance of the interactions between fish, zooplankton and macrophytes in shallow lake restoration. *Hydrobiologia* 395–396: 199 – 210.
- Pietiläinen O-P. & Räike A. 1999. Typpi ja fosfori Suomen sisävesien minimiravinteina. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 313. 64 s. ISBN 952-11-0503-8.
- Puustinen M. & Jormola J. 2003. Kosteikot ja laskeutusaltaat. Maatalouden ympäristötuen erityistuet. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. 11 s.
- Ranta E., Jokinen O. ja Palomäki A. 2007. Hiidenveden pistekuormittajien yhteistarkkailun yhteenveto vuodelta 2006. Julkaisu 168. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry.

- Rekolainen S., Pitkänen H., Bleeker A. & Siettske F. 1995. Nitrogen and phosphorus fluxes from Finnish Agricultural Areas to the Baltic Sea. *Nordic Hydrology* 26 (1): 55 – 72.
- Sammalkorpi I. & Horppila J. 2005. Ravintoketjukurkennostus. Julkaisussa: Järvien kunnostus (toim. Ulvi T. & Lakso E.). Ympäristöopas 114. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 336 s. ISBN 951-37-4337-3.
- Shapiro J. 1980. The importance of trophic-level interactions to the abundance and species composition of algae in lakes. Julkaisussa: Barica J. & Mur L. R. (toim.), Hypertrophic ecosystems. Dr. W. Junk Publishers, s. 105-116. ISBN 90-6193-752-3.
- Tattari S., Bärlund I., Rekolainen S., Posch M., Siimes K., Tuhkanen H-R. & Yli-Halla M. 2001. Modeling field scale sediment yield and phosphorus transport in Finnish clayey soils. *Transactions of the ASAE* 44 (2): 297 – 307.
- Tornivaara-Ruikka R. 2006. Hulevesien käsittely maankäytön suunnittelussa. Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja 3/2006. Painotalo Casper Oy, Kurikka. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. ISBN 952-11-2364-8.
- Tulisalo U. 1998. Taloudellisesti ja ekologisesti kestävään lannoitukseen. Käytännön Maamies 47 (2): 4-7.
- Uusi-Kämpä J. & Kilpinen M. 2000. Suojakaistat ravinnekuormituksen vähentäjänä. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 83: 49 p. + 2 app.
- Valpasvuo-Jaatinen P. 2003. Suojavyöhykkeiden perustaminen ja hoito. Maatalouden ympäristötuen erityistuet. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. 11 s.
- VEPS-järjestelmä: 22.5.2006 (päivitetty) www-ymparisto.fi/palvelut >Tietojärjestelmät ja aineistot > Vesistö-kuormituksen arviointi- ja hallintajärjestelmä VEPS. [viitattu 7.1.2009]
- Viinikkala J., Mykkänen E. & Ulvi T. 2005. Ruoppaus. Julkaisussa: Ulvi T. & Lakso E. Järvien kunnostus . Ympäristöopas 114. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 336 s. ISBN 951-37-4337-3.
- Vollenweider R. A. 1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. *Memorie dell'istituto italiano di idrobiologia* 33 (2): 53 – 83.
- Wetzel R. G. 2001. *Limnology. Lake and river ecosystems*. Academic Press. 1006 s. ISBN 0-12-744760-1.

LIITTEET

Liite I.
VEPS-järjestelmä**teksti lainattu VEPS:istä (www.ymparisto.fi/)**

Suomen ympäristökeskuksessa on kehitetty vesistökuormituksen arviointiin VEPS-järjestelmä (<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=185329&lan=FI>), jonka avulla voidaan arvioida 3. jakovaiheen vesistöalueilla eri kuormituslähteiden suuruutta. Vesistöt on jaettu Suomessa 74 päävesistöalueeseen, jotka jakautuvat osa-alueiksi (1. jakovaihe). Nämä taas jakautuvat yhä pienemmiksi (2. jakovaihe) ja pienemmiksi (3. jakovaihe). Neljäs jakovaihe vastaa järven omaa valuma-alueita.

VEPS-järjestelmä arvioi pistekuormituksen, maatalouden, metsätalouden, luonnonhuuhtouman, laskeuman ja haja-asutuksen aiheuttaman kuormituksen. VEPS:llä voidaan arvioida kokonaistypen ja -fosforin kuormat vuositasona ($\text{kg}/\text{km}^2/\text{a}$).

Erityisen tärkeää on muistaa, että VEPS-järjestelmä pystyy tuottamaan ainoastaan suuntaa-antavaa tietoa eri hajakuormituslähteiden suuruudesta. Maankäyttömuodot saadaan 3. jakovaiheen vesistöalueiden tarkkuudella, kun taas useimmat käytetyt laskentamenetelmät on arvioitu suurempien alueiden aineistojen (esim. metsätaloustolliset toimenpiteet) perusteella. Laskennoissa käytetyt regressiokaavat (esim. luonnonhuuhtouma), suorat mitaushavainnot (esim. laskeuma) sekä mallinnustulokset (esim. maatalous) perustuvat suhteellisen suppeaan aineistoon, joka on alueellistettu kattamaan kaikki 3. jakovaiheen vesistöalueet. VEPS ei huomioi ravinteiden sedimentoitumista vesistöihin. Tuloksiin on syytä suhtautua kriittisesti ja hyödyntää tulosten tulkinnassa paikallista asiantuntemusta, Herta-tietojärjestelmän vedenlaatutietoa ja karttapohjaista tausta-aineistoa alueen hydrologisista ja morfologisista tekijöistä. Vertailu muiden mallityökalujen antamiin tuloksiin on erittäin suotavaa.

Pistekuormituksen osalta VEPS-järjestelmän lähtötiedot perustuvat Valvonta ja kuormitustietojärjestelmän (VAHTI) tuottamiin laitoskohtaisiin tietoihin. VAHTI on osa Ympäristönsuojelun tietojärjestelmää (YSL 27§) ja siihen tallennetaan tietoja mm. ympäristölupavollisten luvista ja päästöistä vesiin ja ilmaan sekä jätteistä. Tietojärjestelmä tuottaa perustiedot valtakunnantason ympäristökuormituksesta ilmaan ja vesiin sekä jätetiedot. Tietojärjestelmä sisältää ympäristökuormitustietoja 1970-luvulta lähtien. Sektori-(jätevesi, ilma, jäte) ja parametrikohtaisesti tietojen esiintyminen vaihtelee runsaasti. Tietojen luotettavuus aikasarjoissa vaihtelee. Ympäristökuormitustiedot ilmoitetaan yleisesti vuosiarvoina, eräiden tietojen osalta kuitenkin kuukausiarvoina. Toimialoja ovat: asutus, jätteenkäsittely, kalankasvatus, saastuneet maa-alueet, teollisuus ja liikenne. Liikenteellä tarkoitetaan lentokenttien jätevesiä. Vahti-järjestelmään ei ole kattavasti tallennettu vuosikuormituksia turvetuotantoalueista, kaatopaikoista, turkistarhoista ja karjasuojista.

Peltoviljelyn aiheuttaman fosforikuormituksen laskenta perustuu matemaattisella ICECREAM-mallilla (Tattari et al., 2001; Bärlund ja Tattari, 2001) laskettuihin kuormituslukuihin. Kokonaistyyppikuorma perustuu VEPS1-version SOIL-N simulointituloksiin (Granlund et al., 2000). ICECREAM-simulointiajot on tehty viiden, eri puolella Suomea sijaitsevan ilmastoaseman vuosien 1990-2000 meteorologisten havaintojen perusteella. Vesistöalueen kuormituksen laskennassa käytetty ilmastoasema on valittu lähinnä aseman läheisyyden perusteella. Kuormitustulokset edustavat pitkäaikaista (10 v.) keskimääräistä kuormitusta, eikä tuloksia voida käyttää esim. hydrologisesti erilaisten vuosien kuormitusarviointiin.

Peltojen kasviviljitetietona on käytetty TIKEn v. 2002 kuntatiloista saatuja kasvitietojä ja maalajitieto perustuu Viljavuuspalvelun peltojen pintamaan maalajitietoon. Kullekin kunnalle on määritetty aineiston perusteella vallitseva maalaji, kun taas kasvitiedoista on laskettu kunkin kasviviljintien prosenttiosuuden mukaan ns. alueella kasvava keskimääräinen

kasvi. Näiden tietojen perusteella on laskettu peltojen kaltevuustiedon avulla (DEM, 25 x 25 m) kullekin 3. jakovaiheen vesistöalueelle ominaiskuormitusarvio hyödyntäen edellä mainittuja mallituloksia. Pitkäaikaisista seurantaprojekteista ja maatalouskoekenttien tuloksista on laskettu suhteellisen laajat vaihteluvälit sekä fosforin että typen kuormitukselle ja simuloituiden kuormitusarviot on skaalattu tähän vaihteluväliin (Rekolainen et al, 1995).

Metsätaloustoimenpiteiden vesistökuormitus lasketaan VEPS-järjestelmässä metsätilastojen ja eri tutkimuksista saatujen metsätalouden toimenpiteiden ominaishuuhtoutuma-arvojen avulla. Vuotuiset metsätalouden toimenpidetiedot on saatu Metsäntutkimuslaitokselta. Kuormituslaskelmat tehtiin erikseen ojituksen, kunnostusojituksen, raskaasti muokattujen uudistushakkuiden, kevyemmin muokattujen uudistushakkuiden, kivennäismaiden typpilannoituksen ja turvemaiden fosforilannoituksen fosfori- ja typpihuuhtoutumista. Vaikka myös muista toimenpiteistä, kuten muokkaamattomista uudistushakkuista ja metsätilastojen rakentamisesta voi tulla kuormitusta, katsottiin se tässä tarkastelussa merkityksettömäksi valuma-alueittakaavassa. Metsäkeskuksittain ilmoitettu metsätilastotieto on muunnettu koskemaan kuutta pää-vesistöaluetta: 4= Vuoksen vesistöalue, 14= Kymijoen vesistöalue, 35= Kokemäenjoen vesistöalue, 59= Oulujoen vesistöalue, 65= Kemijoen vesistöalue ja 67= Tornionjoen- ja Muonionjoen vesistöalue. Tämän lisäksi laskettiin erikseen Suomenlahteen, Saaristomereen, Selkämereen, Perämereen, Vienanmereen ja Jäämereen laskevien pienempien vesistöjen kuormitus. Toimenpiteiden määrien oletettiin jakautuvan tasaisesti koko metsäkeskuksen maapinta-alalle. Vesistöalueen tai vesistöaluejoukon (esim. Suomenlahteen laskevat pienet vesistöalueet) kokonaiskuormitus metsätaloudesta jaetaan tasaisesti koko vesistöalueen metsätalousmaalle. VEPS-järjestelmä käyttää tätä lukua osaluokkien kuormituksena. Yksittäisen kuormittavan tapahtuman vaikutuksen oletettiin erään poikkeuksin kestäväksi 10 vuotta.

Luonnonhuuhtoutumalla ymmärretään metsämaaperästä, soilta ja pelloilta luonnontilassa vesistöihin joutuvaa kuormitusta. VEPSissä kokonaisravinteiden luonnonhuuhtouma arvioidaan perustuen 42 luonnontilaiselta, pieneltä valuma-alueelta mitattuun keskimääräiseen huuhtoumaan Suomen eri osissa (Mattson et al., 2003 ja Kortelainen et al., in prep.). Tässä tehtävä yleistys perustuu siihen, että kokonaisravinteiden huuhtoutuminen riippuu turvemaiden osuudesta valuma-alueilla.

Erityisesti kivennäismaavaltaisilla alueilla (joilla turvemaiden osuus <30%) luonnonhuuhtoumassa Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä on tasoero. Etelä-Suomessa typen luonnonhuuhtoumaa lisää mm. viljavampi maaperä ja korkeampi typpilaskeuma. Turvemaavaltaisilla alueilla (>30%) aineiston hajonta on merkittävää eikä selkeää eroa maan eri osien välillä voitu havaita. Turvemaiden/kivennäismaiden osuutta valuma-alueesta käytetään laskennassa siis indeksinä, johon integroituu monien muidenkin tekijöiden, mm. ilmaston ja hydrologian osuutta alueellisesta vaihtelusta.

Suomen ympäristökeskus (SYKE) mittaa kansallisena seurantaohjelmassa sadeveden ainepitoisuuksia ja kokonaislaskeumaa (ns. bulk-laskeuma), joka koostuu sateen mukana tulevasta märkälaskeumasta sekä keräimeen laskeutuvista leijuvista hiukkasista eli kuivalaskeumasta. Suurin osa laskeumanäytteen ilmaperäisistä epäpuhtauksista on yleensä märkälaskeumasta peräisin. Koko maan kattavassa asemaverkossa mittausasemat on pääosin sijoitettu haja-asutusalueille. Näillä mittausalueilla ei ole merkittäviä pistemäisiä ilman epäpuhtauksien päästölähteitä, joten mittauksilla on pyritty havainnoimaan ns. taustaluokkien sateen mukana tulevan ainekuormituksen perustasoa. SYKE mittaa tällä hetkellä kokonaislaskeumaa 14 havaintoasemalla. VEPSin laskeumatiedot perustuvat näihin mittauksiin. VEPS:ssä kullekin aluekeskukselle on määritetty ominaislaskeuma perustuen alueella sijaitsevien laskeumaseuranta-asemien vuotuisiin laskeumakeskiarvoihin. Kunkin 3. jakovaiheen vesistöalueen ominaiskuormitusarvo on arvioitu näiden tietojen perusteella. Laskeuman vuotuiset vaihtelut sekä alueelliset erot voivat olla suuria, kokonaistypen laskeuma-arvot vaihtelevat 188 – 1042 mg /m² /a ja kokonaisfosforin 4 – 25 mg /m² /a . Vaih

telua voi aiheuttaa sadannan vuosien väliset ja vuoden sisäiset vaihtelut sekä typen osalta myös päästöjen vähentyminen viimeisen 10 – 15 vuoden aikana. Korkeimmat laskeuma-arvot mitataan Etelä- ja Länsi-Suomessa, missä Suomen omien päästöjen ja kaukokulkeuman vaikutus on suurin. Laskeuma-arvot, erityisen typen osalta, pienenevät pohjoista kohti mentäessä kun etäisyys suurempiin päästöalueisiin kasvaa.

Turvetuotantolaitosten perustiedot löytyvät VAHTI-tietojärjestelmästä, mutta toistaiseksi päästötiedot puuttuvat järjestelmästä. Kuormitustiedot on tarkoitus päivittää VAHTI-tietojärjestelmään v. 2004 aikana. Toistaiseksi, tietojen puuttuessa, kuormitus on VEPS:ssä arvioitu laskennallisesti ominaiskuormitusarvoiden avulla. Nykyisessä VEPS-järjestelmässä turvetuotantoalueiden sijainti ja laajuus arvioidaan satelliittikuvien pohjautuvasta maankäyttö- ja puustotulkinnasta. Kuormituksen laskennassa käytetään turvetuotannon ominaiskuormituksen oletusarvona 0,27 kg/ha/a fosforille ja 10 kg/ha/a typelle. Turvetuotannon aiheuttamalle vesistökuormitukselle on ominaista suuret vuotuiset vaihtelut johtuen tuotannon vaiheesta ja valuntaolosuhteista. Turpeen erilainen laatu ja kuivatusvesien erilaiset käsittelymenetelmät aiheuttavat myös eroja kuormituksessa.

Uudessa VEPS:ssä haja-asutustiedot perustuvat vuoden 2000 tilastoihin (Rakennus- ja huoneistorekisteri 2000). Tilastoista ilmenee viemäriverkostoon liittymättömien asukkaiden ja asuinhuoneistojen määrä haja-asutusalueilla ja taajamissa. Haja-asutuksen ominaiskuormitusarvio perustuu tutkimustuloksiin varustetasoltaan erilaisten haja-asutusten kuormituksesta. Vesistökuormitusta vähentävänä tekijänä luvuissa on lisäksi jo otettu huomioon arvioitu keskimääräinen jäteveden purkupaikan etäisyys vesistöstä. Käytetyistä yleistyksistä johtuen näitä ominaiskuormituslukuja on käytettävä varoen, erityisesti kun arvioidaan vesistö-kuormitusta pienillä, 3. jakovaiheen vesistöalueilla.

Rakennettu ympäristö muuttaa vesistöjä ja lähiympäristön vesiolosuhteita merkittävästi. Kaupunkiympäristössä kadut, pihat ja katot estävät veden imeytymisen maahan ja syntynyt hulevesi aiheuttaa maa-aineksen, ravinteiden, metallien ja haitallisten aineiden huuhtoutumista. VEPS:ssä hulevesien aiheuttamaa ravinne-kuormaa arvioidaan havaittujen laskeumatietojen perusteella. Järjestelmässä oletetaan, että 20 %:ia laskeuman typpi- ja fosforikuormasta kulkeutuu vesistöihin hulevesien mukana. VEPS-järjestelmän hulevesien ravinnepäästöjen laskentamenetelmä on epätarkka ja tuloksiin on syytä suhtautua varauksella.

KUVAILEHTI

<i>Julkaisija</i>	Uudenmaan ympäristökeskus	<i>Julkaisu-aika</i>	Syyskuu 2009
<i>Tekijä(t)</i>	Anne-Marie Hagman		
<i>Julkaisun nimi</i>	Karkkilan Pyhäjärven kunnostussuunnitelma		
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja 14/2009		
<i>Julkaisun teema</i>			
<i>Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut</i>	Julkaisu on saatavana myös internetistä: http://www.ymparisto.fi/julkaisut		
<i>Tiivistelmä</i>	<p>Karkkilan Pyhäjärvelle tehtiin osana suurempaa kuntakohtaista järvikunnostusohjelmaa yhteistyöprojektina Karkkilan kaupungin kanssa perustilan selvitys, kuormitus selvitys ja kunnostussuunnitelma. Työ on osa laajempaa kuntakohtaista järvien kunnostusohjelmaa. Kunnostussuunnitelmassa käydään läpi kunnostusmenetelmien periaatteet ja niiden soveltuvuus Pyhäjärvelle.</p> <p>Pyhäjärvi sijaitsee keskellä Karkkilan kaupungin taajamaa. Sen itärannalla sijaitsee Asemansuon Natura-alue, jota rajaa osin Saavajoki. Pyhäjärven pinta-ala on 137,88 ha. Valuma-alueen pinta-ala on 170,53 km². Pyhäjärven keskisyvyys on 4,67 m ja suurin syvyys 10,55 m.</p> <p>Pyhäjärvi on keskirehevä järvi, jonka ulkoinen kuormitus on pääosin liian suurta. Tärkeintä kuormituksen vähentäminen on järveä ympäröivällä osavaluma-alueella. Järven kasvillisuus on paikoitellen hyvin runsasta. Kalasto on särkikalavaltainen. Pyhäjärven happipitoisuus on ollut 2000-luvulla kesäisin hyvin alhainen.</p> <p>Jotta kalaston vinoutunut rakenne saataisiin muutettua vähemmän särkikalavaltaiseen suuntaan, suositellaan Pyhäjärvelle tehokalastusta, petokalastuksia ja kalastuksen säätelyä tarpeeksi suuren silmäkokoon omaavilla verkoilla.</p> <p>Alhaiset happipitoisuudet aiheuttavat sisäistä kuormitusta, minkä vuoksi Pyhäjärvelle ehdotetaan tehtäväksi tarkempi hapetus suunnitelma. Suunnitelmassa valitaan Pyhäjärvelle sopivin hapetuslaite ominaisuuksiensa ja hintansa perusteella, sekä valitaan hapettimen sijoituspaikka ja hapetus aika.</p> <p>Virkistyskäytön parantamiseksi Pyhäjärven vesikasvillisuutta voidaan niittää ottaen huomioon jokaiselle lajille annetut tarkemmat poisto-ohjeet.</p> <p>Veden laadun seuranta on hyvin tärkeää, jotta eri menetelmien vaikutukset järveen tilaan nähdään ajoissa. Happipitoisuuden seuranta varten suositellaan ostettavaksi happimittari.</p>		
<i>Asiasanat</i>	Vesistöjen kunnostus, järvet, seuranta, kuormitus, Karkkila		
<i>Rahoittaja/ toimeksiantaja</i>	Karkkilan kaupunki ja Uudenmaan ympäristökeskus		
	ISBN	ISBN	ISSN
	<i>Sivuja</i>	<i>Kieli</i>	<i>Luottamuksellisuus</i>
	51	Suomi	Julkinen
			<i>Hinta (sis. alv 8 %)</i>
<i>Julkaisun myynti/ jakaja</i>	Edita Publishing Oy, Asiakaspalvelu, PL 800, 00043 Edita. Puh. 020 450 05, faksi 020 450 2380 Sähköposti: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi, Internet: www.edita.fi/netmarket		
<i>Julkaisun kustantaja</i>	Uudenmaan ympäristökeskus, Asemapäällikönkatu 14, PL 36, 00521 Helsinki. Puh. 020 610 101 (vaihe), 020 690 161 (asiakaspalvelu). Faksi +358 20 610 1700. Sähköposti: kirjaamo.uus@ymparisto.fi, www.ymparisto.fi/uus		
<i>Painopaikka ja -aika</i>			

PRESENTATIONSBLAD

<i>Utgivare</i>	Nylands miljöcentral	<i>Datum</i>	September 2009
<i>Författare</i>	Anne-Marie Hagman		
<i>Publikationens titel</i>	Karkkilan Pyhäjärven kunnostussuunnitelma (Iståndsättningsplan för sjön Pyhäjärvi i Högfors (Karkkila))		
<i>Publikationsserie</i>	Nylands miljöcentrals rapporter 14/2009		
<i>Publikationens tema</i>			
<i>Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt</i>	Publikationen finns tillgänglig på internet: http://www.ymparisto.fi/julkaisut		
<i>Sammandrag</i>	<p>Nylands miljöcentral och Högfors stad har tillsammans utrett sjön Pyhäjärvis status och belastningen och därefter utarbetat en plan för att iståndsätta sjön. Arbetet har gjorts inom ramen för ett omfattande program för iståndsättning av sjöar i kommunerna. I planen granskas principerna för olika iståndsättningsmetoder och hur väl metoderna lämpar sig för sjön.</p> <p>Sjön Pyhäjärvi ligger i mitt i Högfors stad. På dess östra strand ligger Naturaområdet Asemansuo, som delvis avgränsas av ån Savijoki. Sjön är 137,88 ha stor och har ett 170,53 km² stort tillrinningsområde. Sjöns medeldjup är 4,67 m och dess största djup är 10,55 m.</p> <p>Pyhäjärvi är en medelnäringsriks sjö, vars yttre belastning i princip är för stor. Det är allra viktigast att minska belastningen från de omgivande, mindre tillrinningsområdena. Växtligheten är ställvis mycket kraftig och fiskbeståndet domineras av mörtfiskar. Under 2000-talet har syrgashalten i sjön varit mycket låg sommartid.</p> <p>I syfte att återställa balansen i fiskesamhället och minska mörtfiskarnas dominans föreslås intensivt fiske, utsättning av rovfiskar och reglering av fisket så, att endast nät med tillräckligt stora maskor tillåts.</p> <p>De låga syrehalterna i sjön leder till inre belastning och därför föreslås det att en noggrannare plan för syrsättning utarbetas. Planen ska utreda lämplig syrsättningsanläggning med hänsyn till egenskaper och pris och också när och var syrsättningen ska utföras.</p> <p>Det rörliga friluftslivet gynnas om vattenvegetationen mejas. Planen ger information om hur och när olika arter ska avlägsnas.</p> <p>Det är mycket viktigt att kontinuerligt följa upp vattenkvaliteten för att i tid se hur olika iståndsättningsmetoder inverkar på tillståndet i sjön. Det bästa sättet att följa med syrehalten i vattnet är att införskaffa en syrgasmätare.</p>		
<i>Nyckelord</i>	Restaurering av vattendrag, sjöar, uppfölning, belastning, Högfors		
<i>Finansiär/ uppdragsgivare</i>	Högfors stad och Nylands miljöcentral		
	ISBN	ISBN	ISSN
	<i>Sidantal</i>	<i>Språk</i>	<i>Offentlighet</i>
	51	Finska	Offentlig
			<i>Pris (inneh. moms 8 %)</i>
<i>Beställningar/ distribution</i>	Edita Publishing Oy, Kundservice, PB 800, 00043 Edita. Tel +358 20 450 05, fax +358 20 450 2380 E-mail: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi , Internet: www.edita.fi/netmarket		
<i>Förläggare</i>	Nylands miljöcentral, Stinsgatan 14, PB 36, 00521 Helsingfors. Tel. +358 20 610 101 (växel), +358 20 690 161 (kundservice). Fax +358 20 610 1700. E-post: kirjaamo.uus@ymparisto.fi , www.miljo.fi/uus		
<i>Tryckeri/ tryckningsort och -år</i>			

Uudenmaan ympäristökeskuksen ja Karkkilan kaupungin yhteistyöprojektina tehtiin Pyhäjärvelle perustilan selvitys, kuormitusselvitys ja kunnostussuunnitelma. Kunnostussuunnitelmassa selvitetään kunnostusmenetelmien soveltuvuus Pyhäjärvelle.

Pyhäjärvi sijaitsee keskellä Karkkilan kaupungin taajamaa ja on pinta-alaltaan 137,88 ha. Järven keskisyvyys on 4,67 m ja suurin syvyys 10,55 m. Pyhäjärvi voidaan luokitella keskireheväksi. Siihen kohdistuu laskennallisesti enemmän ulkoista fosforikuormitusta kuin järvi pääosin sietää. Kuormitusta tulisi vähentää etenkin järveä ympäröivällä osavaluma-alueella. Pyhäjärven kasvillisuus on paitoitellen hyvin runsasta ja kalasto on särkikalavaltainen. Happipitoisuus on ollut 2000-luvulla kesäisin hyvin alhainen.

Pyhäjärven kunnostusmenetelmiksi suositellaan tehokalastusta, petokalaistuksia ja kalastuksen säätelyä tarpeeksi suuren silmäkokoon omaavilla verkoilla. Kasvillisuutta voidaan niittää ottaen huomioon jokaiselle lajille annetut tarkemat poisto-ohjeet. Koska alusveden vähähappisuus aiheuttaa sisäistä kuormitusta, ehdotetaan tarkemman hapetus suunnitelman tekemistä. Suunnitelmassa valitaan Pyhäjärvelle sopivin hapetuslaite ominaisuuksiensa ja hintansa perusteella, sekä valitaan hapettimen sijoituspaikka ja hapetus aika. Jotta kunnostuksen vaikutukset järven tilaan nähdään ajoissa, on erittäin tärkeää seurata veden laatua.



Uudenmaan ympäristökeskus
PL 36, 00521 Helsinki
puh. 020 490 101 (vaihde)
puh. 020 690 161 (asiakaspalvelu)
www.ymparisto.fi/uus

ISBN 978-952-11-3580-4 (PDF)

ISSN 1796-1742 (verkkokoj.)