



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus

Äimäjärven ravinnetase ja hydrologia

2/2011

Hämeen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisu

Äimäjärven ravinnetase ja hydrologia

Heidi Kontio

2/2011

Hämeen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja



ISSN-L 1799-0300
ISSN 1799-0300 (verkkajulkaisu)
ISBN 978-952-257-252-3 (PDF)

Taitto Salla Salo

Hämeenlinna 2011

KUVAILEHTI

Julkaisusarjan nimi ja numero Hämeen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisu 2/2011				
Vastuualue Ympäristö ja luonnonvarat				
Tekijät Heidi Kontio		Julkaisuaika Helmikuu 2011		
		Julkaisija Hämeen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus		
		Hankkeen rahoittaja/toimeksiantaja		
Julkaisun nimi Äimäjärven ravinnetase ja hydrologia				
Tiivistelmä <p>Hämeenlinnassa Kalvolan kaupunginosassa sijaitseva Äimäjärvi on luonnostaan melko rehevä ja sen tila on ollut pitkään varsin huono. Äimäjärven rehevöitymisen syitä ovat voimakas hajakuormitus, yhdyskuntien aikaisempi jätevesikuormitus ja järven pohjasta vapautuvat ravinteet. Sen vedenlaatu on luokiteltu välttäväksi ja aikaisempina vuosina leväkukinnat ovat olleet säännöllisiä, joskin nykyisin ne ovat vähentyneet. Äimäjärven tilaa on seurattu viime vuosina intensiivisesti ja siitä on paljon tutkimustietoa.</p> <p>Tässä raportissa selvitettiin Äimäjärveen kohdistuvan fosfori- ja typpikuormituksen määrä käyttäen hyväksi sekä järvestä ja siihen laskevista ojista mitattuja arvoja että teoreettisia ominaiskuormitusarvoja. Saatujen tulosten perusteella määritettiin myös järven fosfori- ja typpitaset. Raportissa tarkasteltiin myös järven hydrologiaa, arvioitiin kunnostustarvetta ja arvioitiin hydrologisten tietojen ja laskettujen arvojen luotettavuutta sekä vedenlaadun näytteenottoiheyden vaikutusta kuormitustuloksiin.</p> <p>Teoreettiset, ominaiskuormitusarvoilla lasketut kuormitustulokset olivat hieman korkeammat kuin mittauksiin perustuvat tulokset. Arvot olivat samansuuntaiset kirjallisuudessa ilmoitettujen kuormitustulosten kanssa. Äimäjärven laskevia oja tarkastelemalla eniten pinta-alayksikköä kohden kuormittivat Ihalahonoja, Tiirueenoja ja Halkorvenoja. Ihalahonojaan on aikaisemmin rakennettu laskeutusallas, mutta myös muut eniten kuormittavat ojat tulisi ottaa huomioon järven kunnostusta suunniteltaessa. Äimäjärven kaltaisessa rehevässä järvestä sekä ulkoisen että sisäisen kuormituksen vähentämisellä on tärkeä merkitys järven tilan parantamisessa.</p>				
Asiasanat Äimäjärvi, valuma-alue, ravinnetase, hydrologia, kuormitus, vesistökunnostus				
ISBN (painettu)	ISBN (PDF) 978-952-257-252-3	ISSN-L 1799-0300	ISSN (painettu)	ISSN (verkkopainettu) 1799-0300
Kokonaissivumäärä 32		Kieli Suomi		Hinta (sis. alv 8%)
Julkaisun myynti/jakaja Julkaisu on saatavana vain verkossa: www.ely-keskus.fi/hame/julkaisut				
Julkaisun kustantaja				
Painopaikka ja -aika				

Sisällysluettelo

1	Johdanto ja työn tavoitteet	5
2	Tutkimus- ja kunnostushistoria	6
3	Aineisto ja menetelmät	9
3.1	Alueen kuvaus	9
3.2	Kuormituksen arvioinnin menetelmät	10
4	Tulokset	17
4.1	Valuma-alue ja mittauksiin perustuva kuormitus	17
4.2	Ominaiskuormitusarvoihin perustuva kuormitus	20
4.3	Sallittava ja vaarallinen pintakuormitus	22
4.4	Pidättäytymisprosentti ja ainetaseet	22
4.5	Tulosten luotettavuus	23
5	Tulosten tarkastelu	24
5.1	Sadanta ja kuormitus	24
5.2	Kuormitustulosten tarkastelu	27
6	Äimäjärven tilan parantaminen	28
	Lähteet	29
	Liitteet	31

1 Johdanto ja työn tavoitteet

Moni Suomen järvi on rehevöitynyt liiallisen ravinnekuormituksen vuoksi. Ravinteita kertyy useista lähteistä, joista perinteisimmät ovat maa- ja metsätalous, haja-asutus, yhdyskunnat ja laskeuma ilmasta. Rehevöitymisen näkyvimpiä oireita ovat mm. kalaston särkivaltaisuus, verkkojen limoittuminen ja muut leväongelmat. Toisin sanoen rehevöityminen heikentää järven virkistyskäyttömahdollisuuksia.

Hämeenlinnan Kalvolan kaupunginosassa sijaitseva Äimäjärvi on luonnostaan melko rehevä ja sen tila on ollut pitkään varsin huono. Sen vedenlaatu on luokiteltu välttäväksi ja aikaisempina vuosina leväkukinnat ovat olleet säännöllisiä, joskin nykyisin ne ovat vähentyneet. Äimäjärven rehevöitymisen syitä ovat voimakas hajakuormitus, yhdyskuntien aikaisempi jätevesikuormitus ja järven pohjasta vapautuvat ravinteet.

Äimäjärven tilaa on seurattu viime vuosina intensiivisesti ja siitä on paljon tutkimustietoa. Tämän raportin alussa kerrotaan yleispiirteittäin Äimäjärvestä tehdyistä selvityksistä ja tutkimuksista, mutta tarkempia tietoja on esitetty raportin lopussa mainitussa lähdekirjallisuudessa.

Tämän työn tavoitteena oli selvittää Äimäjärveen kohdistuvan fosfori- ja typpikuormituksen määrä käyttäen hyväksi sekä järvestä ja siihen laskevista ojista mitattuja arvoja että teoreettisia ominaiskuormitusarvoja. Tarkoituksena oli myös määrittää järven fosfori- ja typpitasot ja verrata tuloksia aikaisemmin julkaistuihin raportteihin. Raportissa keskitytään suurimmaksi osin vuosiin 1998–2001, joilta on eniten mittaustuloksia. Myöhempiä vuosia on lisäksi otettu mukaan pitkänajan kuormituksen kehitystä tarkkailtaessa. Raportissa arvioidaan myös Äimäjärvestä saatujen hydrologisten tietojen ja laskettujen arvojen luotettavuutta sekä vedenlaadun näytteenottotietojen vaikutusta kuormitustuloksiin.



Kuva 1. Näkymä Äimäjärvelle Unosten sillalta. Kuva: Heidi Kontio

2 Tutkimus- ja kunnostushistoria

Äimäjärven tilaa on tarkkailtu aina vuodesta 1969, kun Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys aloitti Äimäjärven velvoitetarkkailun liittalan taajaman jätevesikuormitukseen liittyen. Tätä ennen 1950- ja 1960-luvuilla järvessä oli suuria kalakuolemia, joiden syyksi osoittautuivat levälautat, jotka olivat peittäneet järven pinnan ja aiheuttaneet hapenpuutetta (Vaittinen, 1998). Jo tällöin ravinnepitoisuudet olivat korkeita johtuen etenkin Äimäjärveä rehevöittävästä voimakkaasta hajakuormituksesta ja pohjasedimentistä vapautuvista ravinteista (Lehmus, 2003). Muita yksittäisiä tekijöitä aina 1920-luvun lopulta lähtien on ollut siltojen rakennuksesta johtuva veden virtauksen heikkeneminen eri altain välillä ja kiintoaineksen kertyminen sekä lähialueiden laajat soiden ojitukset (Nikander, 1995; Jokinen, 2005). Lisäksi yhdyskuntajätevesiä laskettiin järveen puhdistamattomina vuoteen 1970 asti, jonka jälkeen jätevesipumppaamojen ylivuodot ovat rehevöittäneet järven luoteisosaa (Nikander, 1995; Lehmus, 2003).

Äimäjärven vedenlaatua seurattiin kolmen vuoden välein vuosina 1987–1995. Tällöin näytteitä otettiin osana puhdistamon velvoitetarkkailua (Oravainen, 1996). Tämän jälkeen vedenlaadun tarkkailua tihennettiin Hämeen ympäristökeskuksen toimesta. Vuonna 1995 Nikander analysoi järven ja ojien vesinäytteitä sekä pohjasedimentin laatua Hämeenlinnan seudun kansanterveystyön kuntayhtymän ympäristöosaston toimesta (Nikander, 1995). Opinnäytetyössä todettiin mm. pohjasedimentin sisältävän runsaasti ravinteita ja vesianalyysien perusteella järven olevan rehevä ja levätuotannoltaan vilkas.

Äimäjärven suojeluyhdistys perustettiin vuonna 1996 ja sen tarkoituksena on ollut mm. Äimäjärven tilan seuraaminen ja parantaminen erilaisten kunnostushankkeiden kautta. Tätä tarkoitusta varten Kokemäen vesistön vesiensuojeluyhdistys laati Äimäjärven suojeluyhdistyksen perustamisvuonna järvestä ensimmäiset kuormituslaskelmat sekä toimenpideohjelman. Tämän jälkeen suojeluyhdistyksen toimintaan on kuulunut särkikalojen tehokalastus ja mm. vesikasvien niittäminen (Oravainen, 1996; Lehmus, 2003).

Äimäjärvi oli mukana Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Rehevöityneiden järvien hoitokalastuksen vaikutukset –tutkimuksessa (HOKA) vuosina 1997–2001 (Jokinen, 2005; Olin 2005). Järven kalastoa ja kalakantoja tutkittiin NORDIC-verkkosarjan avulla. Tavoitteena oli kerätä tietoa kalastuksen vaikutuksista kalastoon, kasvi- ja eläinplanktoniin, vedenlaatuun ja ainetaseisiin. Tavoitteena oli myös mm. parantaa kohdevesistön tilaa. Hankkeen aikana Äimäjärvestä kalastettiin yhteensä 210 tonnia kalaa. Tutkimuksen aikana vuotuinen kalastussaalessa pieneni massaltaan, mutta suureni yksilömäärältään järven luoteisosassa. Pohjoisosassa saaliin yksilömäärä ei kasvanut, mitä selitettiin särjen poikastuotantovasteen puutteella. Järven vesikirput ja hankajalkaiset lisääntyivät lukumäärältään, joka vaikutti sinileväbiomassan vähentymiseen projektin aikana. Itse ravinnepitoisuuksiin hoitokalastus ei juuri vaikuttanut. Tutkimuksen aikana lämpötilaolosuhteissa oli suuria vaihteluita vuosittain, joilla voi olla enemmän vaikutusta tuloksiin kuin kalastuksella (Jokinen, 2005; Olin, 2005). Vuonna 2003 hyvin suuri osa Äimäjärven kaloista kuoli happikadon seurauksena, ja sen jälkeen Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos on seurannut Äimäjärven kalastoa vuosittain.

Vaittinen (1998) laati opinnäytetyön maatalouden vesiensuojelusta Äimäjärven valuma-alueella vuonna 1998. Työssään hän selvitti valuma-alueella sijaitsevien maatalojen mahdollisuutta hyödyntää maatalouden ympäristötuen erityistukimuotoja lähinnä vesiensuojelun kannalta. Hän myös perehtyi maatalouden aiheuttamaan kuormitukseen alueella ja totesi ulkoisen kuormituksen vähentyneen mm. jätevesien laskun lopettamisella Äimäjärveen sekä maatalouden ympäristötuen perustuen avulla. Ympäristötuen erityistuen toimenpiteitä ei alueella ollut toteutettu, mutta Vaittinen totesi valuma-alueella olevan sopivia paikkoja etenkin kosteikkojen ja laskeutusaltaiden perustamiseen. Lisäksi hän mainitsi yhdistyksen perustamisen vaikuttaneen positiivisesti Äimäjärven tilaan (Vaittinen, 1998).

Vuonna 2002 alkoi Kanta-Hämeen järvet kestäväan kehitykseen –hanke (JÄRKI -hanke), jonka tarkoituksena oli kunnostaa kantahämäläisiä järviä. Äimäjärvi oli mukana hankkeessa, ja sen osalta keskityttiin hajakuormituksen vähentämiseen. Hajakuormituksen lisäksi Äimäjärveä rehevöittää nykyisin myös sisäinen kuormitus, ja JÄRKI –hankkeessa mietittiin sen vähentämiskeinoja (Jokinen, 2005). Hankkeen aikana (2002–2006) julkaistiin monta Äimäjärveen liittyvää raporttia, jotka lisäsivät järvestä kerättyä tietoa. Vuonna 2005 hankkeessa julkaistiin Äimäjärven valumavesien ravinne- ja kiintoainepitoisuuksien vähentäminen –raportti (Jokinen 2005). Tässä osahankkeessa tarkasteltiin mm. ulkoisen kuormituksen vähentämismahdollisuuksia valumavesien käsittelymenetelmien kautta. JÄRKI –hankkeeseen liittyen vuonna 2006 julkaistiin myös Teppo Häyhän ja Heli Jutilan katsaus Tamelan Liesjärven ja Kalvolan Äimäjärven vesikasvillisuudesta sekä Heli Jutilan kooste JÄRKI –hankkeen järvien hoito- ja käyttösuunnitelmista (Jutila, 2006; Häyhä & Jutila 2006). JÄRKI-hankkeen aikana rakennettiin neljä laskeutusallasta ja valumavesien käsittelysuunnitelmaan merkittiin suojavyöhyke- ja allaspaikkoja myöhemmin toteutettavaksi (Jutila, 2006). Jutilan raportissa myös suositeltiin viemäriverkoston laajentamista, jotta litalan taajaman tuntumassa sijaitsevat kiinteistöt saataisiin mukaan.

Näiden lisäksi vuonna 2003 Lehmus (2003) laati opinnäytetyön Hämeen ammattikorkeakoululle Äimäjärven ravinnekuormituksen ja ainetaseiden laskemisesta. Työssä tarkasteltiin Äimäjärveen laskevan seitsemän ojan kuormitusta ja vuotuista ravinnekertymää ja –poistumaa vuosina 1998-2001 (Lehmus, 2003). Työssä oli kuitenkin muutama puute, sillä siinä ei ollut huomioitu yhden ojan kuormitusta (Savijoki) ollenkaan ja lisäksi ainetaseet eivät pitäneet paikkaansa poistuvien ravinne-määrien osalta.

Äimäjärven tietomäärää lisäsi myös vuonna 2003 alkanut Suomen Akatemian rahoittama Rannikkoveden ominaisuuksien arviointi valuma-alue- ja estuaarimallinnuksen avulla –hanke (NUTRIBA). Tällöin Lammin biologinen asema teki Äimäjärvellä denitrifikaatiokokeita typpikierron tutkimiseksi (Jutila, 2006).

Äimäjärven veden korkeutta on seurattu ensin Äimäjärven laskuojan, Oikolanjoen mitta-asteikolla, sitten luoteisosassa, Kalliomaassa ja nykyisin Unosten mittauspisteellä järven keskiosassa (kuva 2.). Vedenkorkeuksiin vaikuttaa Oikolanjoen pohjapato, joka rakennettiin vuonna 1983 laskemaan pinnankorkeutta tulvien estämiseksi. Pato ei kuitenkaan laskenut vedenkorkeuksia, vaan nosti niitä (Jutila, 2006). Äimäjärven lisäksi Hämeen ympäristökeskus on seurannut vuosina 2004–2008 järveen laskevan suurimman ojan, Totunojan veden korkeuksia ja samoilta vuosilta on lisäksi satunnaisia virtaamatuloksia. Tämän seurannan avulla on Totunojalle laskettu ns. purkautumiskäyrä, jolla vedenkorkeus muutetaan virtaamaksi.



Kuva 2. Vedenkorkeuden mittauspiste Unosten sillalla. Kuva: Heidi Kontio

3 Aineisto ja menetelmät

3.1 Alueen kuvaus

3.1.1 Valuma-alueen yleiskuvaus

Äimäjärvi sijaitsee Hämeenlinnan ja Hattulan kunnissa Kanta-Hämeessä. Järvi kuuluu Vanajaveden – Pyhäjärven vesistöalueeseen (35.2), tarkemmin Oikolanjoen vesistöalueeseen (35.26) ja edelleen Äimäjärven valuma-alueeseen (35.262) (Ekholm, 1993). Äimäjärven valuma-alue koostuu lähivaluma-alueesta sekä järveen laskevien ojien valuma-alueista (ks. liite 1.). Valuma-alueella sijaitsee mm. Kalvolan keskustaajama litala sekä viljanviljelyyn ja maitokarjatalouteen perustuvia aktiivituloja. Virallisia uimarantoja järven rannalla on kaksi (Vaitinen, 1998).

Äimäjärvi jakautuu kahteen erilliseen altaaseen, joista eteläinen allas (Rastinselkä) on pinta-alaltaan 4,8 km² ja luoteisosa (Kalliomaa) 3,7 km². Järven kokonaispinta-ala on näin ollen 8,5 km². Vesitilavuuden arvio on n. 21,8 milj.m³ (Oravainen, 1996). Rastinselän syvyys on suurimmillaan 11 metriä ja luoteisaltaan vain neljä metriä. Luoteisaltaaseen ei muodostu mataluuden takia pysyvää kerrostuneisuutta, mutta syvempi eteläallas kerrostuu sekä talvisin että kesäisin lämpötilan mukaan. Eteläisen osan veden viipymä on 18 kuukautta ja luoteisen osan kolme kuukautta. Koko järven teoreettinen viipymä on 11 kuukautta (Jutila, 2006).

Valuma-alueen kuudesta järvestä suurimpia ovat Keihäsjärvi ja Savijärvet. Myllyojan valuma-alueelta (35.263) Totunojan kautta Äimäjärven luoteisaltaaseen laskevat Takalammin, Karvojalammin, Murhalammin ja Keihäslammin vedet. Myös Leinamonjärvi on aikaisemmin luettu laskevaksi Totunojan kautta Äimäjärveen, mutta tätä raporttia tehdessä karttatarkastelun ja maastokäynnin jälkeen sen on huomattu laskevan Lontilanjokeen ja edelleen Vanajaveteen (ks. kuva 4.). Savijoen kautta Rastinselälle laskevat Ylisen-Savijärven sekä Alisen-Savijärven vedet. Totunojan lisäksi Kalliomaan puolelle laskevat suurista ojista Pappilanoja, Kupparinoja ja Ihalahonoja. Rastinselälle vettä taas tuovat Savijoen lisäksi Tiirueenoja, Valkosenoja, Myllyoja ja Halkorvenoja. Pappilanojaa lukuun ottamatta näiden ojien vedenlaatua on seurattu kymmenen vuotta vuodesta 1997 lähtien, joskin näytteenottiheys on vaihdellut vuosien ja ojienkin välillä (ks. liite 2.). Itse Äimäjärvi laskee Oikolanjoen kautta Jutikkalan Saarioisjärveen ja sieltä edelleen Vanajaveden Rauttunselkään (Jokinen, 2005).

3.1.2 Äimäjärven nykytila

Äimäjärven on raportoitu olevan pahoin rehevöitynyt, vaikka se on luonnostaankin melko rehevä ja lievästi ruskeavetinen (Vaitinen, 1998; Jutila, 2006). Järven tilaan on vaikuttanut suuresti talven 2002–2003 happikato, jolloin järven pohjoisosa oli täysin hapeton ja Rastinselkää jouduttiin hätäilmastamaan (Jutila, 2006). Happikadon seurauksena fosforia vapautui sedimentistä sekä kuolleista kaloista ja järven fosforipitoisuus kasvoi. Hapettomuus ja sen laukaisema ravinteiden vapautuminen tekee järvestä sisäkuormitteisen ja siten vaikean kunnostaa (Jokinen, 2005). Tämän jälkeen Äimäjärven tila on vähitellen parantunut ja leväkukinnat vähentyneet. Levän vähentyminen on lisännyt näkösyvyyttä ja uposkasvit ovat hyötyneet veden kirkastumisesta. Tämä on luonut kuitenkin järvelle uuden ongelman, sillä uposkasveista erityisesti vesirutto ja karvalehti ovat runsastuneet ja muodostaneet laajoja kasvustoja varsinkin järven pohjois- ja keskiosiin (Jutila, 2006).

Osana vesipolitiikan puitedirektiivin vesienhoidon suunnittelua Hämeen ympäristökeskus on tyypitellyt Äimäjärven matalaksi humusjärveksi ja tehnyt Äimäjärvelle kemiallisen että ekologisen tilan luokittelun. Kemiallisessa luokittelussa on keskitytty haitallisten aineiden määrään vedessä, kun taas ekologisessa luokittelussa mukana ovat sekä biologiset että fysikaalis-kemialliset tekijät. Kemialliselta tilaltaan Äimäjärvi luokiteltiin hyvään luokkaan ja ekologiselta tilaltaan välttävään. Ekologisessa luokittelussa biologisina muuttujina mukana oli kasviplanktonin biomassa, sinileväprosentti, klorofylli a sekä kalasto ja fysikaalis-kemiallisina muuttujina kokonaisfosfori- sekä

kokonaistyyppipitoisuus (ympäristöhallinnon Hertta-järjestelmä). Myös vesikasvillisuuden perusteella järvi on jo aikaisemmin luokiteltu välttäväksi (Häyhä & Jutila, 2006). Ihmistoiminnan vaikutuksia ja muuttuneisuutta arvioitaessa huomioon on otettu Kutilan silta ja siltapenger sekä Äimäjärven järjestelypato, mutta järveä ei ole kuitenkaan todettu voimakkaasti muutetuksi.

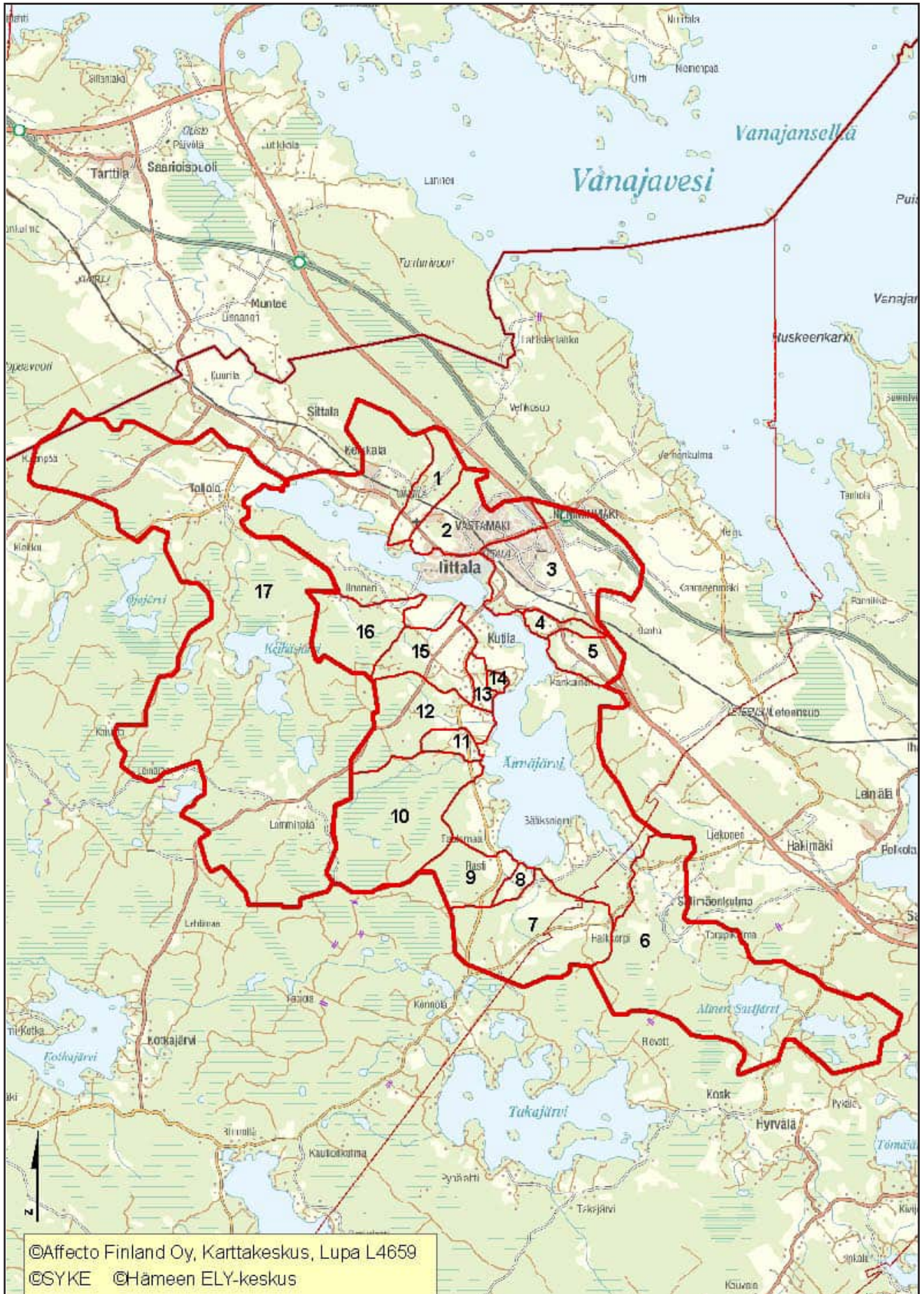


Kuva 3. Leväkukintoja syyskuun lopulla 2009. Kuva: Heidi Kontio

3.2 Kuormituksen arvioinnin menetelmät

3.2.1 Valuma-alueiden määrittäminen

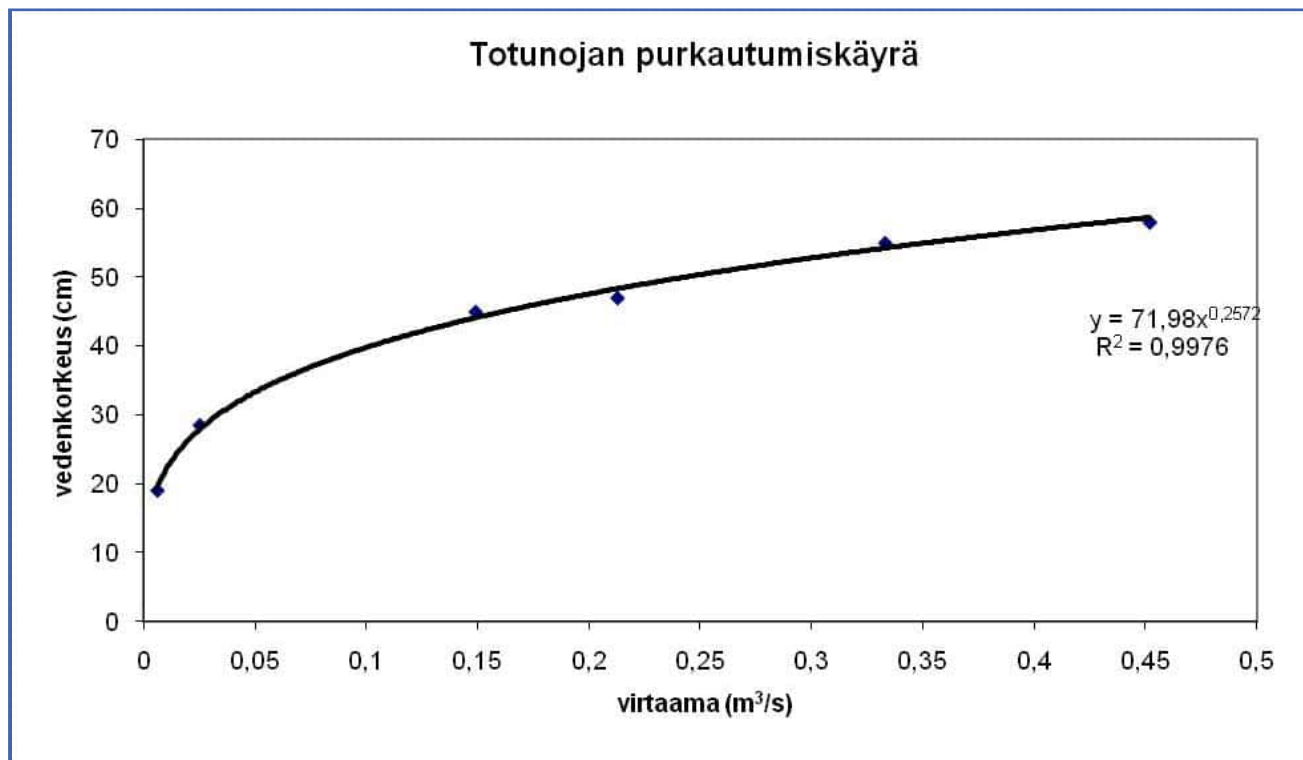
Tässä työssä määritettiin Äimäjärven valuma-alue ja ojien muodostamat osavaluma-alueet käyttäen hyväksi peruskartalta ilmeneviä pinnanmuotoja ja maankäyttötietoja (kuva 4.). Peruskartta haettiin ympäristöhallinnon Hertta-järjestelmästä ja ojien laskusuuntia tarkasteltaessa apuna käytettiin vuosien 1997 ja 1989 peruskarttoja. Osavaluma-alueet määritettiin 17 ojalle. Pinta-alojen laskemisessa käytettiin planimetriä (Siper Planix β, Tamaya Digitizing Area-line Meter, Topgeo). Karttaa tarkastelemalla saatiin selville, että aikaisemmin Äimäjärveen laskevaksi merkitty Leinamonjärvi laskeekin Lontilanjoen kautta Vanajaveteen, eikä sitä näin ollen lasketa kuuluvaksi Myllyjojan valuma-alueeseen. Laskusuunta tarkistettiin maastokäynnin avulla.



Kuva 4. Äimäjärven valuma-alue ja 17 osavaluma-alueita myötäpäivään kiertävässä järjestyksessä: 1. Pappilanoja, 2. Pappilanojan vier.oja (Iittala), 3. Tiirueenoja, 4. Tiirueenojan vier.oja (Ämmänröyssi), 5. Kankaistenoja, 6. Savioja, 7. Halkorvenoja, 8. Halkorvenojan vier.oja (Pihlajamäki), 9. Pihlajamäen vier.oja (Rasti), 10. Myllyoja, 11. Myllyojan vier.oja (Tapola), 12. Valkosenoja, 13. Valkosenojan vier.oja (Valkama), 14. Valkaman vier.oja (Palosu), 15. Ihalahonoja, 16. Kupparinoja, 17. korjattu Totunojan kautta laskeva Myllyojan valuma-alue.

3.2.2 Laskennallinen, mittauksiin perustuva menetelmä

Laskennallista kuormitusta määritettäessä käytettiin hyväksi ojavedestä mitattuja fosfori- ja typpipitoisuuksia. Näitä vedenlaatutietoja oli kahdeksasta suurimmasta ojasta, jotka on mainittu aikaisemmin (ks. osio 3.1. ja Liite 2.). Muiden ojen ja lähivaluma-alueen kuormitus oli arvioitava vain ominaiskuormituslukuja hyväksi käyttäen. Vedenlaatutietojen lisäksi laskennallisen kuormituksen laskuissa käytettiin Totunojalle laskettua purkautumiskäyrää (kuva 5.). Käyrän avulla vedenkorkeudet (cm) muunnettiin virtaamiksi (m³/s).



Kuva 5. Totunojan purkautumiskäyrä. Y-akselilla on esitetty vedenkorkeus (cm) ja x-akselilla virtaama (m³/s).

Vedenkorkeudet ja vedenlaatutiedot (kokonaisfosfori ja kokonaistyyppi) haettiin ympäristöhallinnon Hertta-järjestelmästä vuosittain niin, että vedenkorkeuksien mittauspäivät vastasivat ravinteiden mittauspäiviä. Mikäli laatu-tietoja ei ollut joltain (talvi)kuukaudelta, laskettiin sille keskiarvo edellisen ja seuraavan kuukauden arvoista. Jos laatu-tietoja oli useita samassa kuussa, laskettiin kaikille omat virtaamat ja otettiin kuukauden keskiarvo vasta viimeisen laskutoimituksen jälkeen. Vedenkorkeuksia alettiin mittamaan Totunojasta vuodesta 2004 alkaen. Aikaisemmille vuosille laskettiin vedenkorkeuksien keskiarvot vuosilta 2004–2007 ja jos laatu-tietoja on jostain kuusta useampia, käytettiin sen kuun vedenkorkeuskeskiarvoa molempien kohdalla. Osavaluma-alueiden virtaamia laskettaessa käyrältä saadut arvot suhteutettiin verrannolla valuma-alueiden planimetrillä mitattuihin pinta-aloihin.

Purkautumiskäyrältä saaduista virtaamista (l/s) ja laatu-tiedoista (µg/l) laskettiin ainevirtaamat (µg/s) ja muutettiin ne muotoon kg/a. Laskutapa on sovellus Mallénin (2006) lopputyöstä ja Alatalon (2000) raportin kaavasta 2. Mallénin (2006) työssä mitatun virtaaman ja vedenlaatutulosten perusteella laskettiin ainevirtaama, josta voitiin arvioida kuukausittainen ja vuosittainen kuormitus. Alatalon (2000) kaavassa 2 vuorokausipitoisuuksista laskettiin kuukauden keskipitoisuus, joka kerrottiin kuukauden keskivalumalla. Tämän jälkeen saadut arvot summattiin vuosihuuhtoumiksi. Koska vedenlaatutietoja oli vain kahdeksasta ojasta, ei koko Äimäjärven kuormitusta voitu tässä työssä laskea. Myllyojan valuma-alueen kuormitus taas voitiin laskea sen perustuessa vain Totunojan tietoihin.

3.2.3 Teoreettinen, ominaiskuormitukseen perustuva menetelmä

Myös teoreettisen kuormituksen arvioinnissa käytettiin planimetrillä mitattuja osavaluma-alueiden pinta-aloja. Aluksi kuormitus arvioitiin jokaiselle osavaluma-alueelle erikseen, jonka jälkeen koko Äimjärven kuormitus saatiin laskemalla osavaluma-alueiden arvot yhteen. Saatua kokonaiskuormitusta verrattiin koko Äimjärven valuma-alueen pinta-alan avulla laskettuihin arvoihin. Teoreettinen kuormitus jaetaan tässä raportissa neljään osaan; 1) haja-asutukseen, 2) maatalouteen, 3) metsätalouteen sekä 4) luonnonhuuhtouman ja ihmistoiminnan välillisen kuormituksen sisältävään perushuuhtoumaan ja ilmaperäiseen, suoraan vesistöön tulevaan laskeumaan.

Haja-asutus

Kolmannen jakovaiheen vesistöalueiden haja-asutuksesta sai tietoa Suomen ympäristökeskuksen kehittämän Vesistökuormituksen arviointijärjestelmän (VEPS 2.0) kautta. Ohjelma erittelee loma-asutuksen ja vakinaisen asutuksen. Näitä tietoja voitiin hyödyntää Myllyojan valuma-alueen haja-asutusta laskettaessa, mutta pienemmillä osavaluma-alueilla asutus oli laskettava manuaalisesti peruskartasta. Tällöin asutus jaettiin vakituiseen ja vapaa-ajan asutukseen sen perusteella sijaitisiko talo peltojen läheisyydessä (vakituinen) vai vesistön rannalla (loma-asutus). Äimjärven rannalla sijaitsevan liittalan taajamaa ei kuormituslaskuissa huomioitu, sillä sen jätevedet johdetaan jätevedenpuhdistamon kautta Oikolanjokeen.

Kuormituslaskelmien mallina käytettiin Mallénin (2006) lopputyötä sekä Lehtovuoren (2003) raporttia. Yhden asukkaan puhdistamattomien jätevesien kuormitusarvo on 2,2 g fosforia ja 14 g typpeä vuorokaudessa. Loma-asutuksen käyttöaste on 5 kk ja asuntoa käyttää 2 henkilöä. Vakituksessa asumiskäytössä olevilla kiinteistöillä asuu keskimäärin 3 henkilöä. Lehtovuoren raportissa kiinteistökohtaisen puhdistustehon arveltiin olevan fosforin osalta 70–90 % ja typen osalta 75–95 %. Tässä työssä käytetään keskiarvoja eli puhdistustehoksi on arvioitu fosforin osalta 80 % ja typen osalta 85 %.



Kuva 6. Äimjärven rannalla sijaitsevan Kalvolan keskustaajama liittalan asutusta. Kuva: Heidi Kontio.

Maatalous

Maatalouden kuormituslaskuissa tarvittiin peltopinta-alatietoja, jotka saatiin vesistöalueiden kolmannen jakovaiheen osalta Suomen ympäristökeskuksen kehittämästä Vesistömallijärjestelmästä. Ojien valuma-alueiden peltopinta-alat mitattiin planimetrillä. Maatalouden kuormitus arvioitiin tässä työssä vertailun vuoksi kahden eri lähteen ominaiskuormitusarvojen avulla. Ensimmäiset ominaiskuormitusarvot saatiin Mallénin (2006) lopputyöstä ja ne perustuivat Markkolan ja Huidun (2003) raportin arvoihin. Raportissa mainittu keskimääräinen vuotuinen peltoviljelyn kuormitus oli 96 kg/km²/a fosforin osalta ja 1 700 kg/km²/a typen osalta. Toiset ominaiskuormitusarvot katsottiin VEPSistä, ja ne olivat fosforin osalta 89 kg/km²/a ja typen osalta 1 255 kg/km²/a.



Kuva 7. Äimjärven rannan läheisyydessä olevaa peltomaisemaa. Kuva: Heidi Kontio

Metsätalous

Metsätalouden kuormituslaskuissa metsän pinta-alan arvioitiin olevan jäljelle jäävä osuus sen jälkeen, kun kokonaispinta-alasta on vähennetty vesiala ja peltoala. Metsätalouden kuormituksessa käytettiin VEPSin mukaisia ominaiskuormitusarvoja, jotka ovat fosforin osalta 0,92 kg/km²/a ja typen osalta 14,13 kg/km²/a.

Perushuuhtouma ja laskeuma

Perushuuhtoumaan sisältyy luonnonhuuhtouma (luontainen taustapitoisuus, johon ei voi vaikuttaa) ja ihmistoiminnan välillinen kuormitus. Viimeksi mainittuun lukeutuvat mm. metsätaloustoimenpiteiden pitkäaikaisvaikutukset, autoteiden kuormitus sekä vesistön valuma-alueelle kohdistuva laskeuma. Perushuuhtouman määränä on yleisesti käytetty 7 kg/km²/a fosforin osalta ja typen osalta 150 kg/km²/a (Mallén, 2006). Perushuuhtouma laskettiin osavaluma-alueiden alalle mahdollista vesipinta-alaa lukuun ottamatta.

Laskeuma jaetaan luonnollisiin (esim. siitepöly ja mikrobit) ja ihmistoiminnasta (esim. liikenne ja teollisuus) johtuviin lähteisiin. Valuma-alueen maahan sataneesta laskeumasta aiheutuva kuormituksen määrä sisältyy perushuuhtouman määrään. Laskeuma-arvona käytetään vain järven pinnalle satavaa ravinnemäärää. Tässä työssä

laskeuman arvoina käytettiin Mallénin (2006) lopputyön arvoja, jotka ovat keskiarvoja Lammin ja Jokioisten säähavaintoasemien tiedoista. Fosforilaskeuma oli 10,4 kg/km²/a ja typpilaskeuma 581 kg/km²/a.

Hajakuormitus

Hajakuormituksen kokonaismäärä laskettiin summaamalla yllä mainittujen eri kuormituslähteiden ja osavaluma-alueiden tulokset yhteen.

3.2.4 Sallittavan ja vaarallisen pintakuormituksen arviointi

Järvien kyky kestää tulevaa kuormitusta vaihtelee suuresti riippuen järven tilavuudesta, keskisyvyydestä ja viipymästä (Mykkänen, 2007). Kuormituksensietoa voidaan arvioida vertaamalla järveen tulevaa ulkoista kuormitusta laskennallisiin kuormitusrajoihin. Nämä sallittavat ja vaaralliset pintakuormitusarvot perustuvat Vollenweiderin laskentamenetelmään, joka on suunnattu kalkkipitoisten järvien prosesseihin. Näin ollen sen soveltamiseen suomalaisiin järviin tulee suhtautua varauksella (Mykkänen, 2007).

Äimäjärven tapauksessa Lehmus (2003) oli jo laskenut sallittavat ja vaaralliset pintakuormitusarvot opinnäytetyössään ja sallittavan pintakuormituksen rajaksi oli saatu 0,106 g P/m²/a. Vaarallisen pintakuormituksen rajana oli 0,283 g P/m²/a. Mittauksiin perustuvia ojien kuormitusarvoja verrattiin näihin arvoihin. Pintakuormitusarvot laskettiin niille kahdeksalle ojalle, joista oli saatavilla vedenlaatutiedot.

3.2.5 Ainetaseet ja sedimentaation arviointi

Vesistön ainetaseella tarkoitetaan järveen tulevien ja järvestä poistuvien ainevirtaamien erotusta eli aineen kokonaismäärän muutosnopeutta järvestä. Tätä varten pyritään laskemaan järvaltaaseen tulevan ravinnekuorman lisäksi altaaseen sedimentoitava ja altaasta poistuva kuorma (Granberg & Granberg, 2006). Vesi poistuu Äimäjärvestä Oikolanjoen kautta. Oikolanjoesta löytyy vedenlaatutietoja, mutta ei virtaamatietoja. Poistuvan kuormituksen arvioimisessa käytettiin vertailutietoina Haarajoen (35.835) virtaamia, jotka on ilmoitettu kuukausittaisina Hydrologisissa vuosikirjoissa 1996–2000 ja 2001–2005 (Hyvärinen & Korhonen 2003; Korhonen 2007). Haarajoki laskee Lammin Pääjärveen, sen valuma-alueen pinta-ala on 58 km² ja se kerää vedet monesta pienestä altaasta kuten Tevänti-järvestä. Näillä on vaikutusta virtaamien yhteensopivuuteen Oikolanjoen kanssa, jonka vedet myös kerääntyvät useamman altaan kautta.

Poistuva kuormitus laskettiin samalla tavalla kuin laskennallinen tuleva kuormitus, eli virtaamat ja vedenlaatutiedot kerrottiin keskenään ja tulos muutettiin muotoon kg/a. Ainetaseita varten arvioitiin myös Äimäjärven vesipatsaassa olevat fosfori- ja typpipitoisuudet. Laskuissa käytettiin Rastinselältä mitattuja vedenlaatutietoja ja kerrottiin ne järven tilavuudella. Saadut tulokset ilmoitettiin kilogrammoina. Ainetasekaavioon (kuva 15.) lisättiin myös kalojen mukana poistuvat fosforin ja typen osuudet Lehmuksen (2003) lopputyöstä.

Sedimentaation osuus laskettiin Tammelan järvien kuormitusselvityksessä käytetyllä menetelmällä (Mäkelä, 2007). Selvityksessä bruttosedimentaation (lyhyen aikavälin sedimentin kertymä) oletuksena oli, että lopullista sedimentaatiota tapahtuu yli kolmen metrin syvyisillä alueilla (jossa tuuli ei niin helposti sekoita sedimenttiä) ja että fosforin sedimentaationopeus tutkimusjärvillä vaihteli 1,6–3,4 g/m²/a ja typen 8-14 g/m²/a. Tässä raportissa käytettiin näiden arvojen keskiarvoja, eli fosforilla 2 g/m²/a ja tyypellä 9 g/m²/a (S. Mäkelä, suul. tiedonanto). Yli kolmen metrin syvyisiä alueita Äimäjärvestä on 3,7 km², josta 3-6 m syvyisiä alueita on 3 km² ja ainoa 6-10 m syvyinen alue Rastinselän puolella on pinta-alaltaan 0,7 km² (ks. liite 3). Tulokset suhteutettiin koko Äimäjärven pinta-alaan (8,5 km²) verrannon avulla.

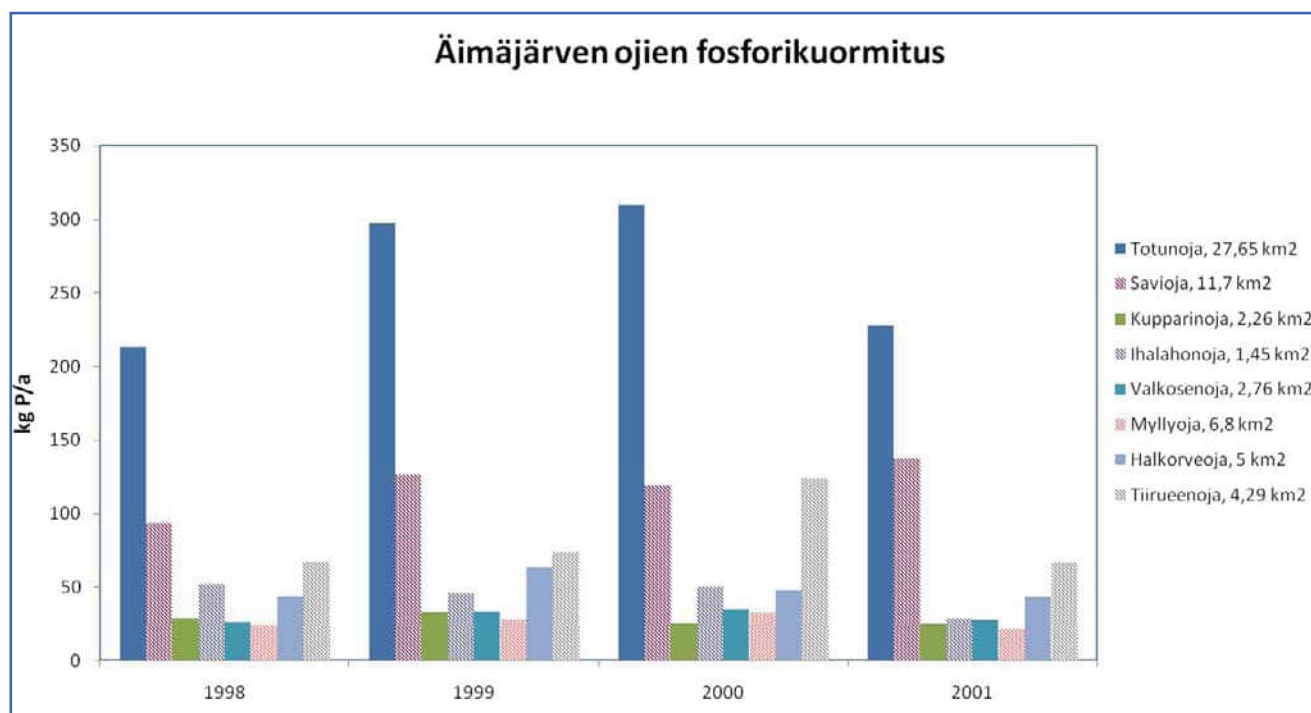
4 Tulokset

4.1 Valuma-alue ja mittauksiin perustuva kuormitus

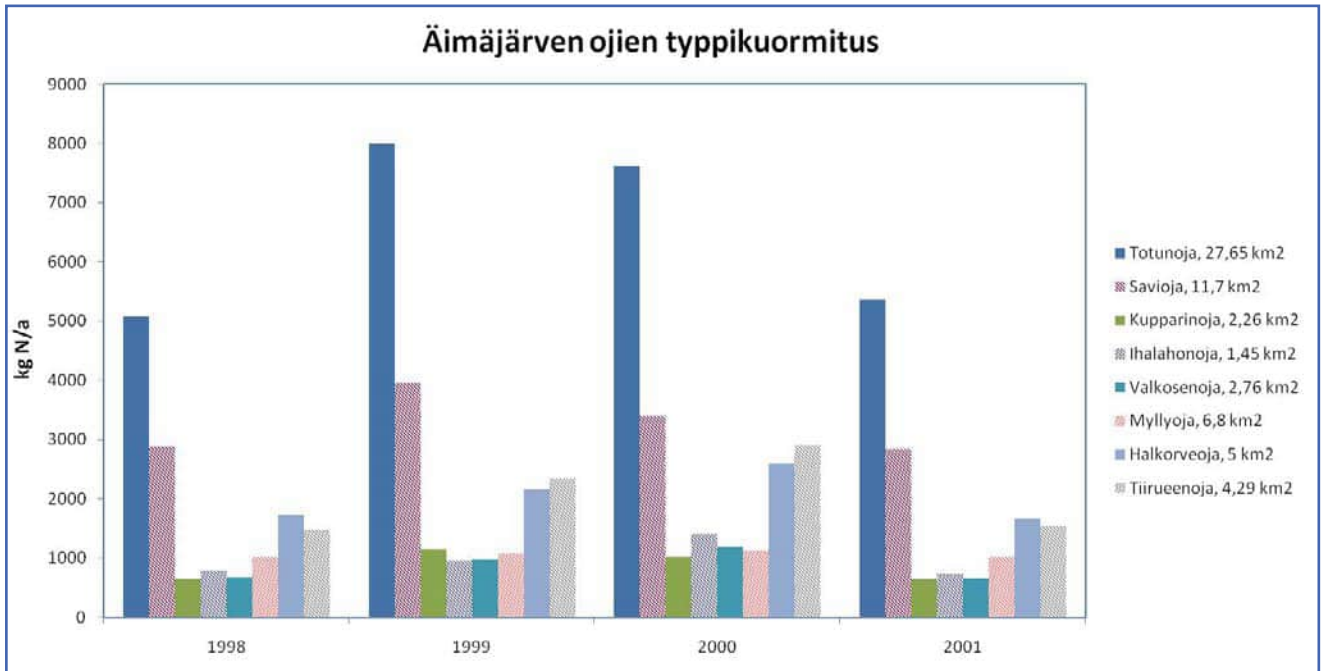
Myllyojan valuma-alue pienehi karttatarkastelun ja maastokäynnin jälkeen Suomen vesistöalueet –kirjassa esitetystä 28,85 neliökilometristä 26,22 neliökilometriin. Myös Äimäjärven valuma-alueen koko pienehi hieman (Äimäjärven valuma-alueen pinta-ala kirjallisuuden mukaan 64,93 km² ja nyt 63,48 km²). Näin ollen koko Äimäjärven valuma-alue Myllyojan valuma-alue mukaan luettuna oli aikaisemmin 93,78 neliökilometriä ja nyt 89,7 neliökilometriä.

Ojien nimet ja pinta-alat on esitetty kohdassa 4.2. taulukossa 1. Pienemmät nimettömät ojat on nimetty tässä raportissa alueen tai lähellä sijaitsevan paikan mukaan. Suurimmat valuma-alueet omasivat Totunoja (Myllyojan valuma-alue) ja Savioja (11,7 km²) ja pienimmät määritellyt valuma-alueet kuuluivat Valkosenojan viereisille pienille ojille (Palosuo 0,16 ja Valkama 0,31 km²).

Kahdeksan suurimman ojan mittauksiin perustuva laskennallinen fosfori- ja typenkuormitus on esitetty kuvissa 8 ja 9. Myllyojan valuma-alueen laskennallinen kuormitus oli vuosien 1998–2001 keskiarvoja tarkasteltaessa fosforin osalta 262 kg ja typen osalta 6 512 kg.

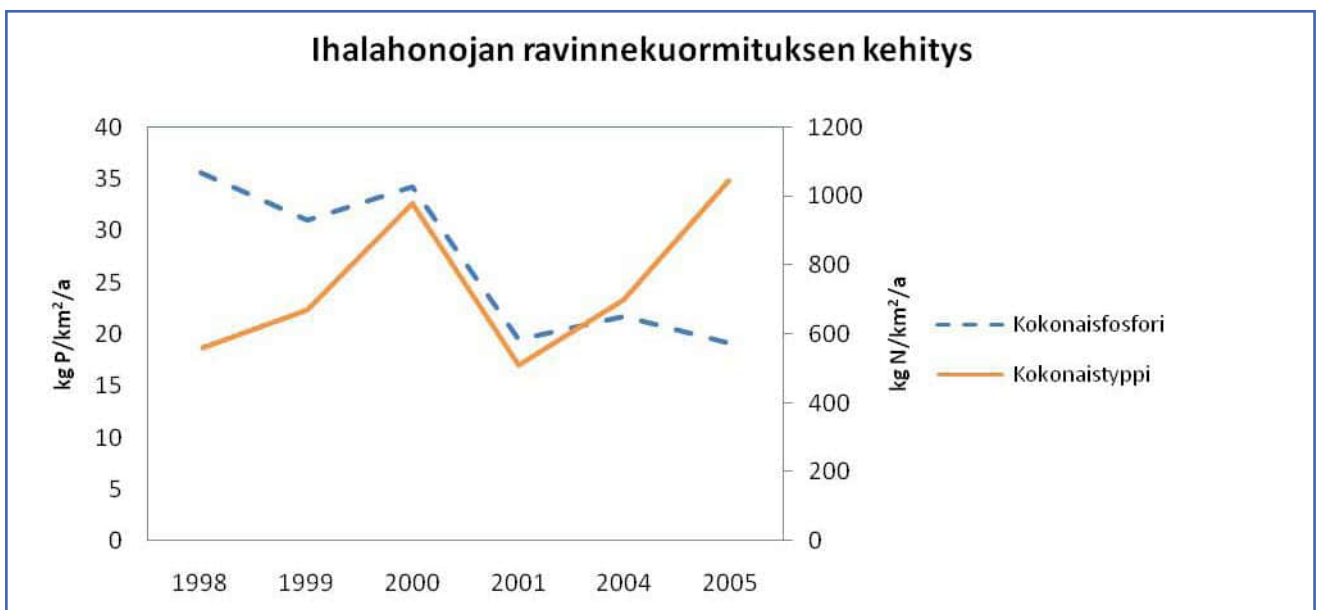


Kuva 8. Äimäjärven kahdeksan suurimman ojan fosforikuormitus vuosina 1998–2001. Y-akselilla on esitetty fosforin määrä kg/a ja selite-tekstissä on ojien nimien lisäksi valuma-alueiden pinta-alat.

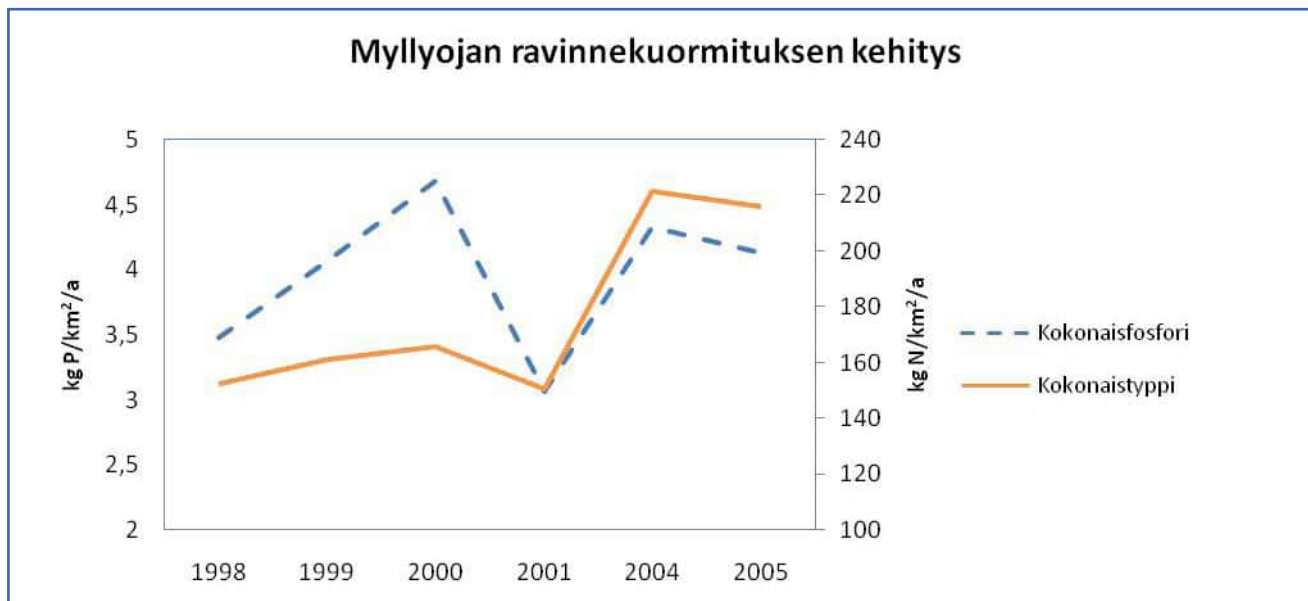


Kuva 9. Äimäjärven kahdeksan suurimman ojan typpikuormitus vuosina 1998–2001. Y-akselilla on esitetty typen määrä kg/a ja selitetekstissä on ojen nimien lisäksi valuma-alueiden pinta-alat.

Valuma-alueen koon perusteella eniten kuormittivat Totunoja ja Savioja, koska näissä ojissa oli suurimmat virtaamat. Valuma-alueen pinta-alaan suhteutettuna eniten kuormittava oja oli Ihalahonoja ja tämän jälkeen Tiirueenoja. Kaikkein vähiten kuormitti pinta-alaan suhteutettuna Myllyoja. Lehmus (2003) päätyi myös samoihin tuloksiin opinnäytetyössään. Kuvissa 10 ja 11 esitetään Ihalahonojan ja Myllyojan fosfori- ja typpikuormituksen kehitys usean vuoden ajalta. Kuvat kertovat, että typpi ja fosfori eivät ole suoraan riippuvaisia toisistaan ja vaikka fosforin määrä on vähentynyt Ihalahonojan tapauksessa, on typen määrä puolestaan lisääntynyt ojavedessä. Syitä tähän on pohdittu osiossa 6. Huomion arvoista on myös moninkertainen ero kuormituksen määrissä ojen välillä, joka johtuu Ihalahonojan maatalousvaltaisesta (70 % peltoa) valuma-alueesta verrattuna Myllyojaan (0,5 % peltoa). Näin ollen Ihalahonojasta järveen tuleva ravinnemäärä on suurempi kuin Myllyojasta tuleva kuormitus huolimatta siitä, että Myllyojan valuma-alue (6,8 km²) on yli neljä kertaa Ihalahonojan valuma-alueetta (1,46 km²) suurempi.

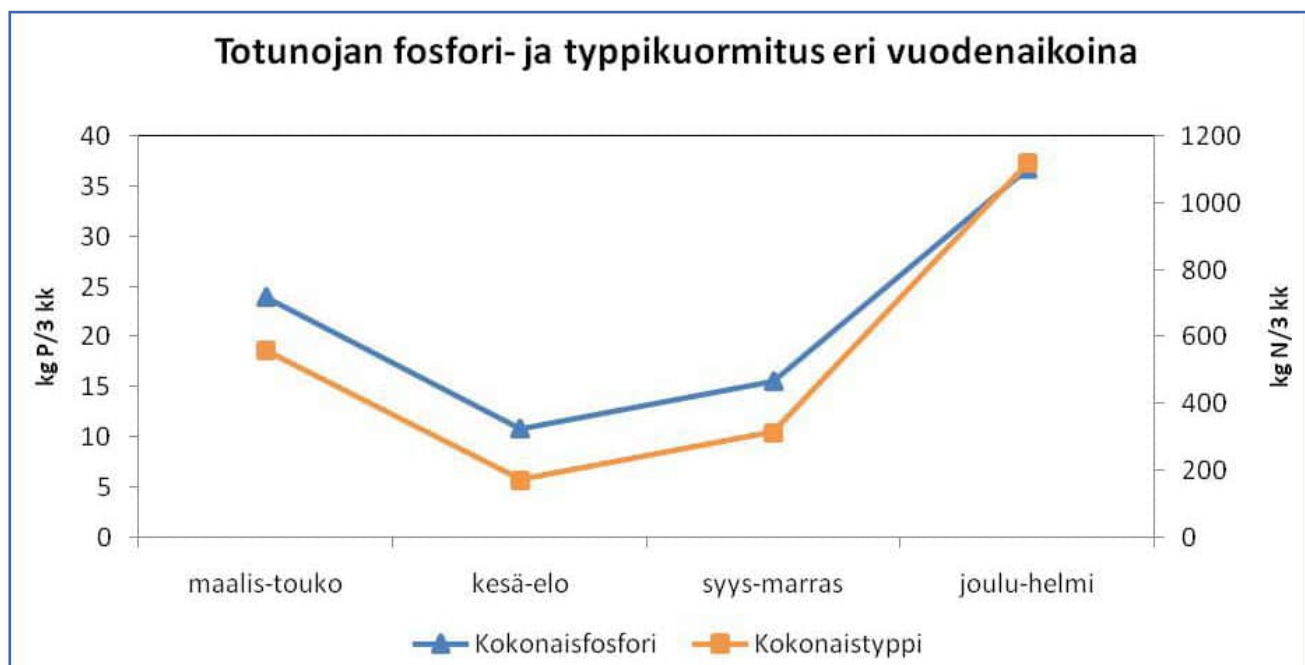


Kuva 10. Ihalahonojan fosfori- ja typpikuormituksen kehitys vuosina 1998–2005. Vuosilta 2002 ja 2003 ei ole vedenlaatumietoja. Y-akseleilla on esitetty fosforin ja typen määrät kg/km²/a.



Kuva 11. Myllyojan fosfori- ja typpikuormituksen kehitys vuosina 1998–2005. Vuosilta 2002 ja 2003 ei ole vedenlaatutietoja. Y-akseleilla on esitetty fosforin ja typen määrät kg/km²/a. Huomaa, että y-akselien aloituskohdat on muutettu kuvan selkeyttämiseksi.

Kuvassa 12 esitellään esimerkin omaisesti Totunojan fosfori- ja typpikuormituksen vuosien 1998–2001 keskiarvot eri vuodenaikoina. Eri vuodet erosivat kuitenkin toisistaan vuodenaikojen kuormitusten suhteen johtuen erilaisista sääoloista ja virtaamista (ks. myös kuvat 17–20). Keskiarvoja katsottaessa eniten fosfori- ja typpikuormitusta näyttäisi tulevan talvikuukausina johtuen mahdollisesti tarkasteluajankohtaan sattuneista leudoista talvista ja vasta tämän jälkeen lumen sulamisvesien aikaan maaliskokuussa. Sadannan vaikutusta kuormitukseen pohditaan enemmän osiossa 5.1.



Kuva 12. Totunojan fosfori- ja typpikuormitus eri vuodenaikoina. Arvot ovat keskiarvoja vuosilta 1998–2001. Y-akseleilla on esitetty fosforin ja typen määrät kilogrammoina per vuodenaika.

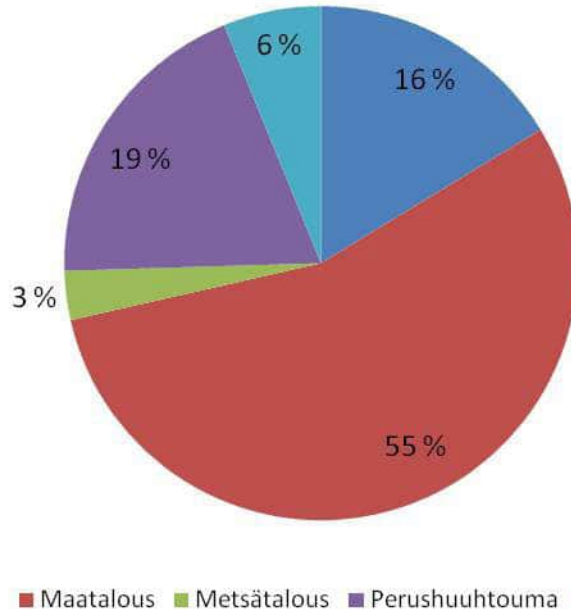
4.2 Ominaiskuormitusarvoihin perustuva kuormitus

Ominaiskuormitusarvojen perusteella laskettu hajakuormituksen aiheuttama vuosittainen ravinnekuorma ojien valuma-alueilta on esitetty taulukossa 1. Maatalouden ominaiskuormituslaskuissa molemmilla lähtöarvoilla tuloksista tuli eri menetelmillä laskettuna suunnilleen samat [esimerkiksi Totunojan tapauksessa 153 kg P/a VEP-Sin arvoilla, ja 165 kg P/a Markkolan ja Huidun (2003) arvoilla], joten laskuissa päädyttiin käyttämään VEPSin ominaiskuormitusarvoja. Kuvissa 13 ja 14 on esitetty eri lähteiden osuudet hajakuormituksesta. Äimäjärven peltovaltaisella valuma-alueella maatalouden merkitys on suuri. Seuraavaksi eniten osa-alueista kuormittaa perushuhtouma pitäen sisällään ihmistoiminnan välillisen kuormituksen.

Taulukko 1. Hajakuormituksen aiheuttama ravinnekuorma (kg/a) Äimäjärveen laskevien ojien valuma-alueilta.

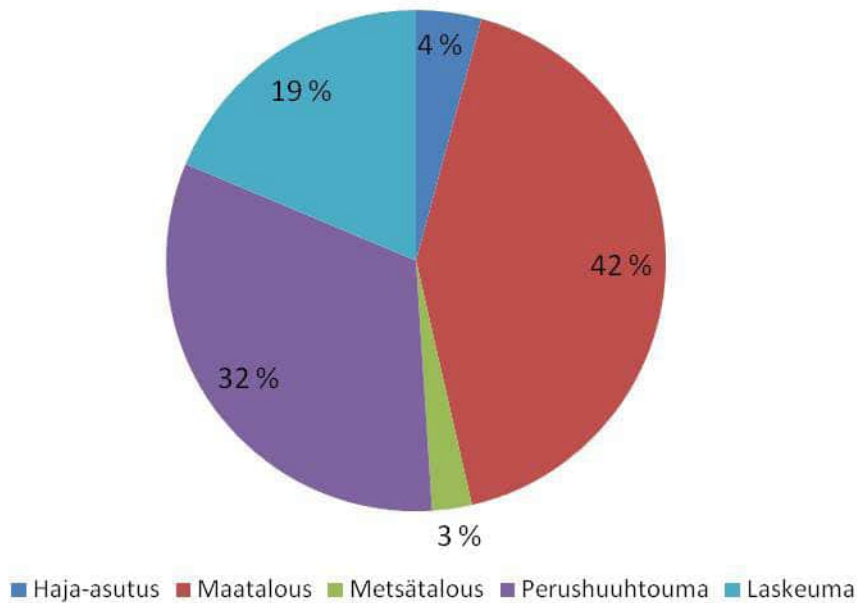
Ojan tai alueen nimi	pinta-ala (km ²)	fosforikuormitus (kg/a)	typpikuormitus (kg/a)
Valkaman vier.oja (Palosuo)	0,16	9	123
Halkorvenojan vier.oja (Pihlajamäki)	0,28	18	238
Valkosenojan vier.oja (Valkama)	0,31	22	293
Tiirueenojan vier.oja (Ämmänröyssi)	0,32	22	280
Myllyojan vier.oja (Tapola)	0,41	19	266
Pappilanojan vier.oja (Iittala)	0,68	38	572
Kankaistenoja	1,09	54	792
Pihjalamäen vier.oja (Rasti)	1,32	18	320
Ihalahonoja	1,45	114	1564
Pappilanoja	1,62	25	440
Kupparinoja	2,26	53	684
Valkosenoja	2,76	77	1111
Tiirueenoja	4,29	176	2703
Halkorvenoja	5	154	2311
Myllyoja	6,8	61	1182
Savioja	11,7	233	4107
Totunoja	26,22	400	7415
Lähivaluma-alue	14,77	444	6431
Koko Äimäjärven va	89,7	1937	30831

Ulkoisen fosforikuormituksen lähteet ja osuudet Äimäjärven valuma-alueella



Kuva 13. Ulkoisen fosforikuormituksen lähteet ja osuudet Äimäjärven valuma-alueella. Kuvan tiedot on laskettu VEPSin ominaiskuormitusarvoja käyttäen.

Ulkoisen typpikuormituksen lähteet ja osuudet Äimäjärven valuma-alueella



Kuva 14. Ulkoisen typpikuormituksen lähteet ja osuudet Äimäjärven valuma-alueella. Kuvan tiedot on laskettu VEPSin ominaiskuormitusarvoja käyttäen.

Myllyojan valuma-alueen osalta tuloksiksi saatiin 400 kg fosforia ja 7 415 kg typpeä vuodessa. Koko Äimjärven osalta (mukaan lukien Myllyojan valuma-alue) tulos oli 1 937 kg fosforia ja 30 831 kg typpeä. Lehmuksen (2003) vastaavat laskennalliset arvot olivat 1 351 kg fosforia ja 31 099 kg typpeä, ja teoreettiset ominaiskuormitusarvoihin perustuvat tulokset 2 601 kg fosforia ja 27 115 kg typpeä. Oravaisen (1996) raportoimat fosfori- ja typpivalumat olivat 2 115 kg fosforia ja 31 298 kg typpeä vuodessa. Laskumenetelmät ja huomioon otetut tekijät poikkesivat hieman toisistaan, mutta koska tulokset ovat samansuuntaiset, voisi niiden päätellä olevan myös lähellä todellisia arvoja.

Ominaiskuormitusarvoilla lasketut kuormitukset olivat systemaattisesti suurempia kuin laskennalliset mittauksiin perustuvat kuormitukset. Erot olivat suuremmat fosforin määrissä kuin typen.

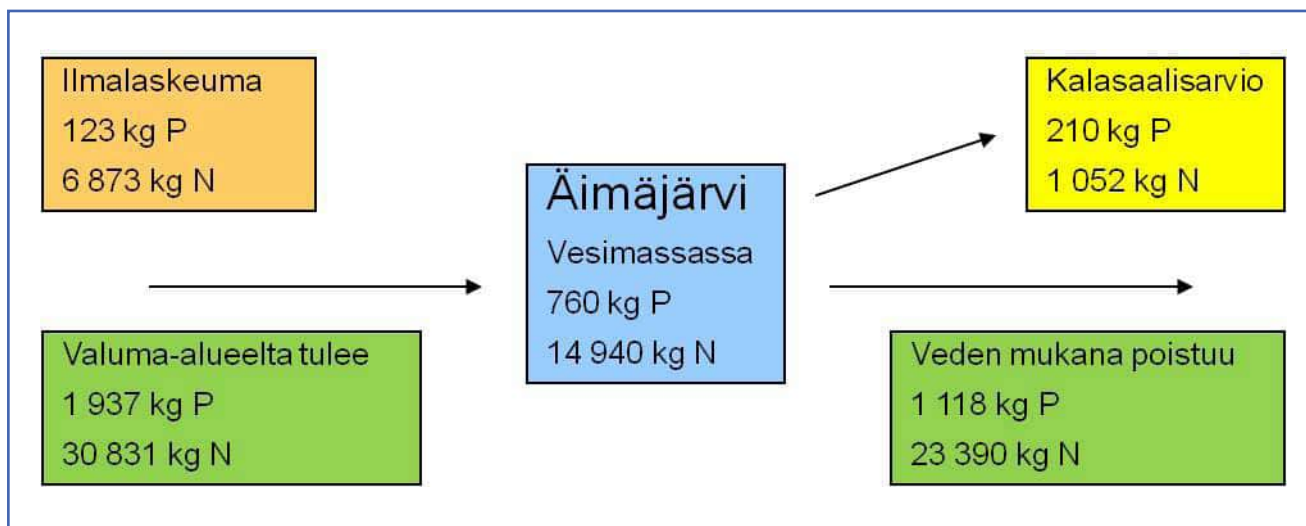
4.3 Sallittava ja vaarallinen pintakuormitus

Ojien yhteenlasketuksi pintakuormitusarvoksi fosforille saatiin 0,106 g P/m²/a eli isoimpia oja tarkastellessa kuormitus ei ylitä raja-arvoja. Sallittava kuormitus kuitenkin ylittyy, kun tarkasteluun lisätään muu lähivaluma-alue ja pienet ojat. Jutila (2006) kirjoitti raportissaan, että kuormituslaskelmien hajonta on sen verran suurta, että Vollenweiderin sietorajat joko ylittyvät tai eivät ylity Äimjärven tapauksessa. Oravaisen (1996) laskelmat vuonna 1996 kertoivat fosforin pintakuorman olevan vaarallisella tasolla hajakuormituksen vuoksi.

4.4 Pidättäytymisprosentti ja ainetaseet

Tulevien ja poistuvien ainemäärien avulla (kuva 15.) arvioitiin ravinteiden pidättäytymisprosentti. Vuosien 1998–2001 keskiarvoilla laskettuna Oikolanjoen kautta poistuu noin 43 % järveen tulevasta fosforimäärästä ja 24 % tpeestä.

Äimjärven ainetasekaavio esitetään kuvassa 15. Kuvaan on koottu Äimjärveen valuma-alueelta ja ilmalaskeuman kautta tuleva kuormitus, järven vesimassassa olevat ravinnemäärät sekä veden että kalasaaliin mukana poistuva kuormitus.



Kuva 15. Äimjärven ainetasekaavio. Kalasaalisarvio on poimittu Lehmuksen (2003) lopputyöstä.

4.5 Tulosten luotettavuus

Tässä raportissa oli tavoitteena myös arvioida Äimäjärvestä tehtyjen hydrologisten mittausten ja niiden antamien tulosten luotettavuutta. Totunojan valumia [(l/s)/km²] verrattiin suunnilleen samankokoisen valuma-alueen omaavan, Tarvasjoella sijaitsevan Savijoen (28.002) valumiin (Korhonen, 2007). Totunojan vuosien 2004–2007 vedenkorkeuksien keskiarvoilla laskettu keskimääräinen valuma oli 7 (l/s)/km² ja Savijoen 10 (l/s)/km². Totunojasta myös arvioitiin, paljonko sen kautta kulkee vettä kuutiometreinä vuodessa neliökilometriä kohti. Las-kuissa käytettiin Totunojasta mitattujen vedenkorkeuksien keskiarvoja vuosilta 2004–2007 ja nämä muutettiin virtaama-arvoiksi. Totunojan kautta virtaa Äimäjärveen keskimäärin vuodessa 62 882 m³/km²/a eli 2 (l/s)/km². Teoreettiset kuormituslaskut vastasivat muissa raporteissa ilmoitettuja arvoja, joskin niiden voi olettaa olevan hieman yläkanttiin, jos tuloksia vertaa laskennallisiin arvoihin. Ne ovat kuitenkin tärkeä apuväline arvioitaessa kuormitusta järville, joista ei ole saatavilla tarpeeksi mittaustuloksia.

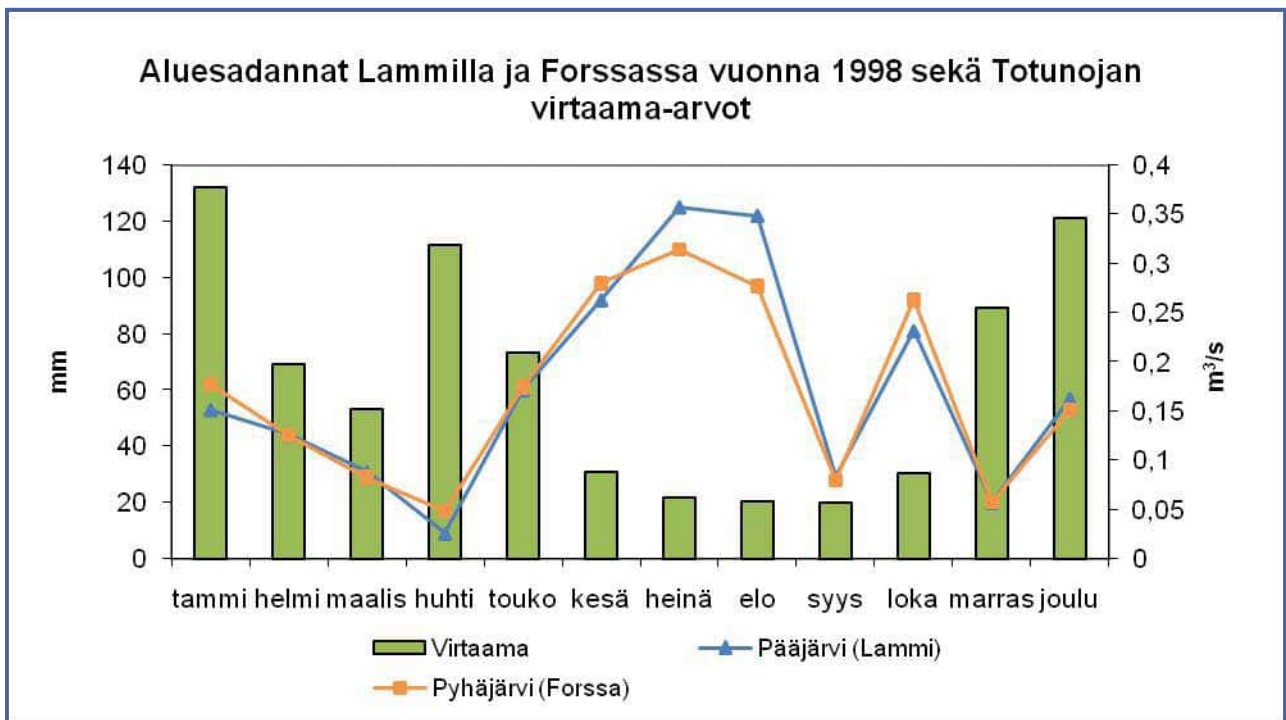
Näiden tietojen lisäksi tässä työssä selvitettiin näytteenottokertojen tiheyden vaikutusta tuloksiin. Vedenlaatu-tietoja varten tehtyjä näytteenottoja tarkasteltiin vuosilta 1998–2000, koska näytteenotto oli tällöin hyvin tihe-ää. Kesäkuukausilta saattoi olla jopa neljä näytteenottotulosta kuukaudessa ja jokaiselta talvikuukaudeltakin oli tuloksia. Näytteenottokertojen vaikutusta tarkkailtiin Totunojan ja Saviojan osalta niin, että vedenlaatutietoja jätettiin ottamatta mukaan vuosittaista fosfori- ja typpikuormitusta laskettaessa ja seurattiin, kuinka kuormitusar-vot muuttuvat. Esimerkiksi fosforin osalta vuonna 1998 alkuperäinen arvo 213 kg/a muuttui vain hieman kun näytteenottokertoja vähennettiin kahteen (205 kg P/a) tai yhteen per kuukausi (190 kg P/a). Vuosina 1999 ja 2000 tulokset vaihtelivat rajummin, sillä osa näytteenottokerroista osui poikkeavan korkeiden ravinnepitoisuuksien kohdalle. Esimerkiksi vuonna 1999 alkuperäinen kuormitusarvo oli fosforilla Totunojassa 297 kg/a, kahdella näytteenotolla 304 kg/a ja yhdellä jopa 411 kg/a. Ja koska poikkeavat arvot olivat talvikuukausilta ja talven to-dettiin aikaisemmin olevan huomattava kuormituksen lähde vuodenaikojä tarkastellessa, voisi oikeansuuntaiset tulokset saavuttaa kaksi kertaa kuukaudessa tehtävillä näytteenotoilla talvikuukausia unohtamatta. Totuuden-mukaisuutta lisäisi myös näytteenoton ajoittaminen huippuvirtaamien aikoihin, jolloin lyhyessä ajassa kulkee paljon ravinteita.

5 Tulosten tarkastelu

Osion aluksi tarkastellaan vuosittaisia sääoloja ja niiden vaikutusta Äimjärveen tulevaan kuormitukseen. Tämän jälkeen keskitytään kuormitustulosten tarkasteluun.

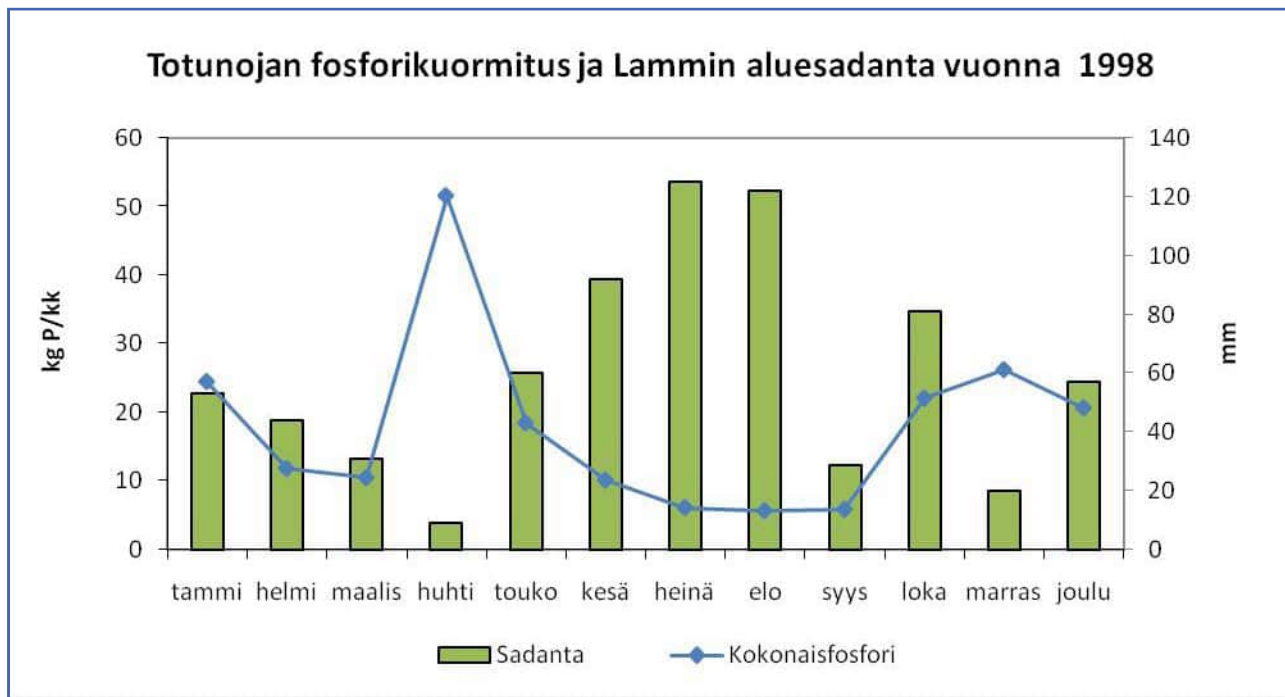
5.1 Sadanta ja kuormitus

Sadannan vaikutuksia kuormitukseen tarkasteltiin aluesadantatietojen avulla. Tiedot saatiin Hertta-järjestelmästä ja tarkastelussa käytettiin Lammin Pääjärvellä sijaitsevan Jokelankosken ja Forssan Pyhäjärvellä sijaitsevan Kuhalankosken mittauspisteiden arvoja. Lammin ja Forssan aluesadannat vastasivat melkein identtisesti toisiinsa (kuva 16.) ja näin ollen kuviin 17, 18, 19 ja 20 on valittu Lammin aluesadanta-arvot. Kuvassa 16 on esitetty myös Totunojan virtaamakeskiarvot vuodelta 1998, joiden mukaista trendiä Totunojan eri vuosien fosforikuormitus seuraa pääpiirteittäin.



Kuva 16. Lammin Pääjärven ja Forssan Pyhäjärven aluesadannat vuonna 1998 sekä Totunojan virtaamakeskiarvot. Sadannat on esitetty ensimmäisellä y-akselilla (mm) ja virtaama (m³/s) toisella y-akselilla.

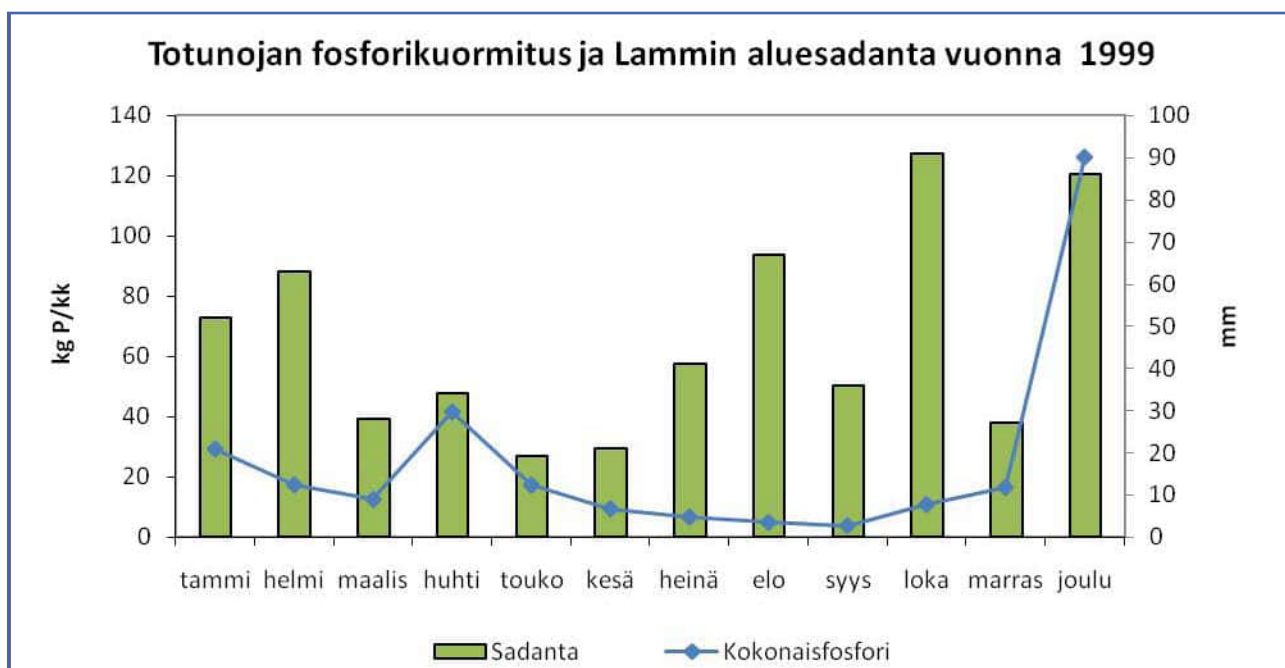
Kuvissa 17, 18, 19 ja 20 on esitetty Totunojan laskennallinen fosforikuormitus verrattuna aluesadantoihin vuosina 1998–2001. Koska muidenkin ojien laskuissa on käytetty Totunojan virtaamatietoja, jäljittelee niiden vuosittaisen kuormituksen vaihtelu Totunojan trendiä. Totunojan mukainen vaihtelu ei kuitenkaan välttämättä anna realistista kuvaa pienempien ojien kuormituksesta, sillä niistä järveen tuleva kuormitus tapahtuu pääasiassa kevät- ja syysylivalunnan aikaan (Mallén, 2006). Toisin sanoen tässä työssä lasketut kuormitusarvot voivat olla näiden ojien osalta todellista suurempia.



Kuva 17. Totunojan fosforikuormitus verrattuna Lammin aluesadantaan vuonna 1998. Y-akseleilla on esitetty fosforin määrä (kg/kk) ja sadanta (mm).

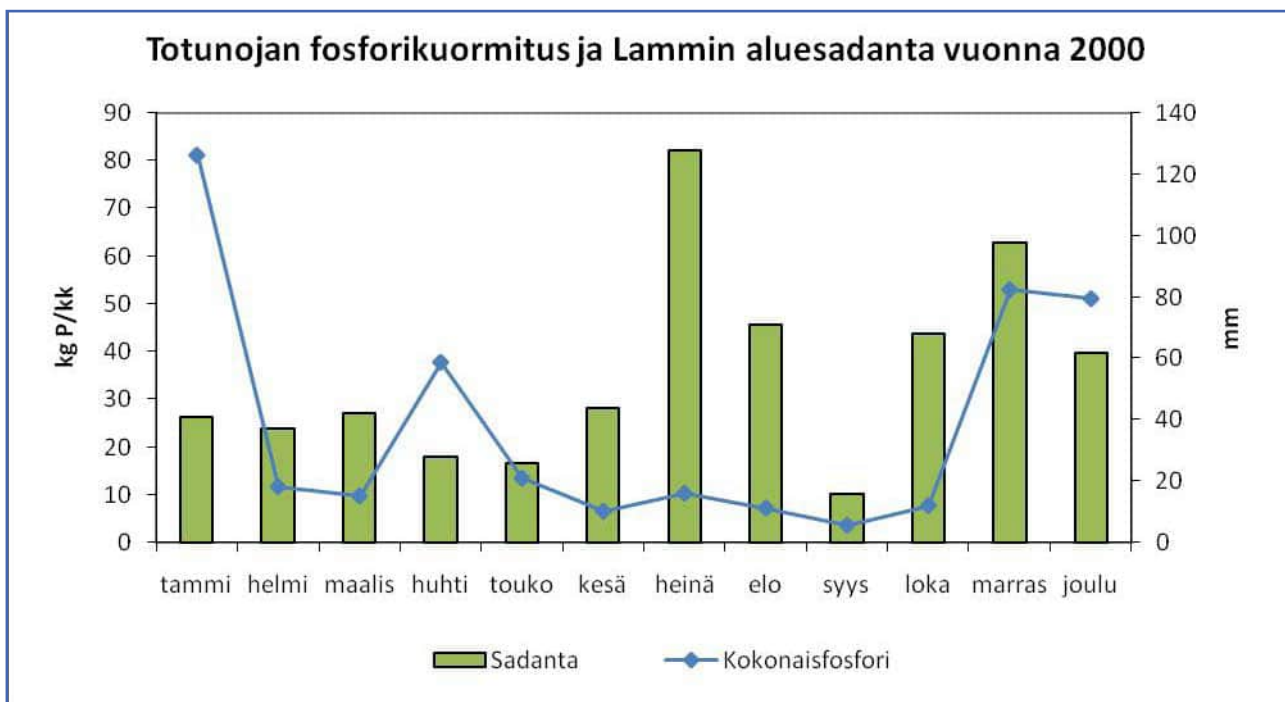
Hydrologisessa vuosikirjassa (Hyvärinen & Korhonen, 2003) kerrottiin vuoden 1998 olleen runsasvetinen etenkin kesällä ja loppusyksystä. Lumipeite oli maaliskuussa paksuimmillaan, jonka jälkeen se sulii nopeasti aiheuttaen ojaveden fosforipitoisuuden nousun ja kuormituspiikin huhtikuun tienoille. Melko runsaasta sadannasta huolimatta kesäajan fosforikuormitus on pieniä. Samanlainen korrelaatio on havaittavissa muinakin vuosina. Selityksenä voi olla peltojen ravinteita sitova kasvipeitteisyys ja haihdunta (H. Mäkelä, suul. tiedonanto).

Myös vuosi 1999 alkoi runsassateisena, mutta loppukesästä vettä oli ennätysellisen vähän. Vesivarojen voimakas väheneminen johtui kuitenkin kuumen ilman aiheuttamasta haihdunnasta eikä sateiden vähydestä. Loppu-



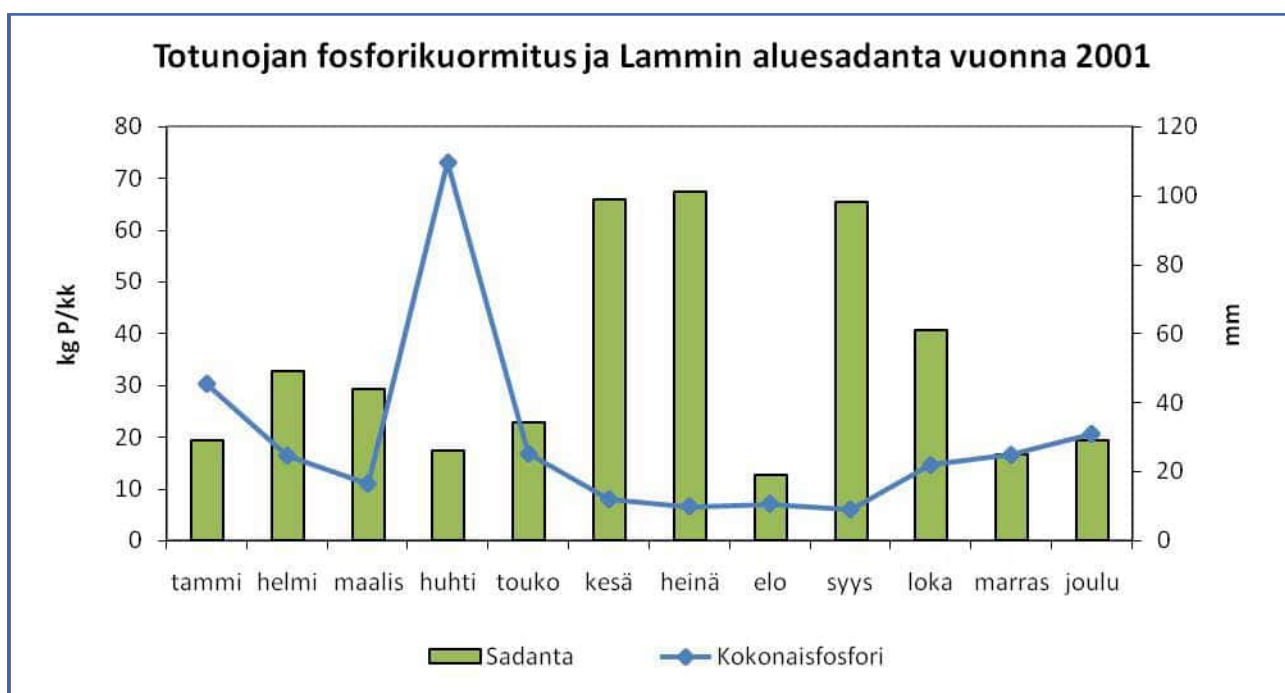
Kuva 18. Totunojan fosforikuormitus verrattuna Lammin aluesadantaan vuonna 1999. Y-akseleilla on esitetty fosforin määrä (kg/kk) ja sadanta (mm).

vuoden runsaat sateet tulivat lumena, mutta vaikuttivat selvästi vuodenvaihteen korkeaan fosforiipikkiin. Talvella 1999–2000 nimittäin ei ollut erityisen kovia pakkasia ja vuodenvaihteen molemmin puolin maan eteläosaan osui sulamisjaksoja (Hyvärinen & Korhonen, 2003).



Kuva 19. Totunojan fosforikuormitus verrattuna Lammin aluesadantaan vuonna 2000. Y-akseleilla on esitetty fosforin määrä (kg/kk) ja sadanta (mm).

Navakkojen tuulien voimistaman haihdunnan vuoksi ojien virtaamat olivat pieniä maan lounaisosissa touko-kuussa 2000 (Hyvärinen & Korhonen, 2003). Heinäkuun runsaat sateet aiheuttivat paikoin tulviakin, joka näkyi fosforin huuhtoutumisessa. Myös loppuvuonna satoi paljon ja maa vettyi, mikä voi selittää fosforin pitoisuuden nousua Totunojassa.



Kuva 20. Totunojan fosforikuormitus verrattuna Lammin aluesadantaan vuonna 2001. Y-akseleilla on esitetty fosforin määrä (kg/kk) ja sadanta (mm).

Hydrologisen vuosikirjan mukaan (Korhonen, 2007) vuosi 2001 alkoi runsasvetisenä ja lumi sulii huhtikuun alussa, mutta varastoja tavallisesti täydentävät kevätedet jäivät niukoiksi. Kuitenkin sulamisvesistä aiheutunut fosforiikki oli Totunojassa tavallista voimakkaampi. Tämä voi johtua mahdollisesti paikallisista olosuhteista kuten peltojen kynnöstä tai esimerkiksi veden laadun mittausvirheestä (H. Mäkelä, suul. tiedonanto). Syyskesällä virtaamat olivat pieniä ja syyssateet korjasivat tilannetta, josta johtui lievä nousu fosforipitoisuuksissa loppuvuotta kohden. Vuosi päättyi niukkavetisenä.

5.2 Kuormitustulosten tarkastelu

Jos tämän raportin ominaiskuormitusarvoilla laskettuja teoreettisia tuloksia vertaa laskennallisiin mittauksiin perustuviin tuloksiin, ovat teoreettiset arvot hieman korkeammat kuin mittauksiin perustuvat arvot. Myllyjojan valuma-alueen kuormitus oli mittausten perusteella laskettuna 262 kg fosforia ja 6512 kg typpeä vuodessa, kun taas teoreettisen ominaiskuormituslukuihin perustuvan arvion mukaan kuormituksen määräksi saatiin 400 kg fosforia ja 7 415 kg typpeä vuodessa. Jostain syystä erot eri arviointitapojen välillä ovat suuremmat fosforin kohdalla kuin typen. Mäkelän (H. Mäkelä, suul. tiedonanto) mukaan eroja voi selittää sillä, että mittausten tulokset kuvaavat todellista tilannetta ja malli taas käyttää keskimääräistä tilannetta, eikä huomioi todellisia paikallisia eroja mm. peltoviljelyssä. VEPS tulkitsee kaikki pellot samanlaisiksi, vaikka jollakin Äimäjärven osavaluma-alueella olisi esimerkiksi enemmän kasvipeitteistä peltoaluetta kuin VEPS olettaa ja tästä johtuen eroosio on osavaluma-alueella vähäistä ja fosforia ei kulkeudu järveen kiintoaineen mukana yhtä paljon kuin kynnetyltä pellolta. Typpi käyttäytyy eri tavalla, eikä kulkeudu kiintoaineen mukana samalla tavalla kuin fosfori, joka siis voi selittää typen ja fosforin välisiä eroja eri arviointitavoissa.

Tässä työssä laadittiin Äimäjärven ainetasekaavio (kuva 15.). Sedimentoituvaa osuutta ei kuitenkaan saatu määritettyä, sillä käytetty laskumenetelmä ei vaikuttanut sopivalta Äimäjärven tyyppiselle matalalle järvelle. Luotettavan tuloksen saamiseksi järvellä tulisi mitata sedimentaatiota paikan päällä, eikä soveltaa muualla mitattuja sedimentaatiolukuja. Tässä yhteydessä käytettävissä olevat lähtötiedot siis osoittautuivat puutteellisiksi, jotta Äimäjärven ainetasetta oltaisi voitu kunnolla arvioida. Tässä työssä ei ole myöskään arvioitu sisäisen kuormituksen osuutta, sillä järvestä ei ole tarpeeksi mittaustuloksia luotettavan arvion saamiseksi (S. Mäkelä, suul. tiedonanto). Lisäksi Äimäjärven kaltaisissa rehevissä ja matalissa järvissä denitrifikaatioprosessin merkitys typen kierrossa voi olla suuri ja jopa 30 % tulevasta typpikuormituksesta saattaa poistua mikrobitoiminnan seurauksena ilmakehään typpikaasuna (Mäkelä, 2007).

6 Äimäjärven tilan parantaminen

Kokonaiskuormitusta voidaan tarkastella joko kuormituslähteittäin tai määrittämällä eri ojien kautta tuleva kuormitus (Saura & Saukkonen, 1999). Kuormituslähteitä tarkastelemalla suunnilleen puolet Äimäjärven fosfori- ja typpikuormituksesta on peräisin maataloudesta. Myös ilmakuormituksen osuus on merkittävä ja sen vähentäminen on käytännössä mahdotonta. Kuten osiossa 2 kerrottiin, on haja-asutuksen kuormitusta mahdollista vähentää jätevesiverkostoa laajentamalla. Maatalouden päästöjä taas voidaan vähentää Äimäjärven alueella etenkin ojaviesien käsittelyllä ja suojavyyhykkeillä. Myös muut maatalouden vesiensuojelukeinot kuten kosteikot ja eroosioherkkien peltojen stabiloiminen kipsin avulla voivat tulla kyseeseen (H.-M. Hulkko, suul. tiedonanto).

Äimäjärveen laskevia oja tarkastelemalla eniten pinta-alayksikköä kohti kuormittavat Ihalahonoja, Tiirueenoja ja Halkorvenoja. Totunojan ja Saviojan kautta taas tulee eniten ravinteita järveen, koska niiden valuma-alueet ja näin ollen vesimäärätkin ovat suurimmat. JÄRKI-hankkeen aikana rakennettiin laskeutusallas Ihalahonojaan, mutta myös Tiirueenoja ja Halkorvenoja tulisi ottaa mukaan toimenpideohjelmaan. Jo rakennettujen altaiden vaikutuksista olisi myös mielenkiintoista saada ajankohtaista tietoa. Ihalahonojan laskeutusaltaan rakentamisen jälkeen vuonna 2004 sen tehoa tarkkailtiin ja rakentamisesta johtuvan kuormituksen hetkellisen lisääntymisen jälkeen se pidatti hyvin sekä kiintoainesta että ravinteita (Jokinen, 2005). Tässä työssä esitetyssä kuvassa 7 (osio 4.1) Ihalahonojan fosforipitoisuus oli laskenut vuonna 2005, mutta typpipitoisuus taas kasvoi. Allas siis näyttää pidättävän fosforia. Ja vaikka typen määrä lisääntyisi ojavedessä, ei sitä välttämättä kerry enemmän järveen, sillä typen kierrossa denitrifikaatiolla on suuri osuus ja näin ollen osa järveen tulevasta tpeestä vapautuu ilmakehään bakteerien toimesta. Lisäksi suuren virtaaman ojien osalta voisi selvittää perusteita valumavesien kemialliseen fosforinsidontaan. Menetelmää on jonkin verran kokeiltu muutamilla pienillä valuma-alueilla ja sitä kehitetään edelleen mm. MTT:n toimesta. Valumavesien fosforinsidonta edellyttää kuitenkin riittävää liukoisien fosforin pitoisuutta ojavedessä, jotta sovelluksesta saataisi haluttu hyöty leville käyttökelpoisen fosforin poistossa (H.-M. Hulkko, suul. tiedonanto).

Laskeutusaltaiden ja valumavesien fosforinsidonnan kaltaisilla ulkoisen kuormituksen vähentämismenetelmillä on tärkeä vaikutus Äimäjärven tilan paranemiseen, mutta sisäkuormitteisessa järvestä se ei yksin riitä. Sisäkuormitteisuus syntyy ulkoisesta, kestoajansa ja/tai määränsä ansiosta järven sietokyvyn ylittäneestä kuormituksesta (Ilmavirta, 1990). Ravinteet kerääntyvät pohjasedimenttiin ja alkavat hapettomissa oloissa liueta takaisin vesimassaan. Äimäjärven kaltaisen matalan järven ongelmana on myös tuulen aiheuttama sedimentin pölyäminen, jolloin fosforia voi liueta vedessä keijuvien sedimenttihiukkasten pinnoilta (Ilmavirta, 1990). Sisäkuormitteisuutta vähentääkseen Äimäjärven suojeluyhdistys suorittaa säännöllisiä hoitokalastuksia järvellä ja lisäksi sedimentoituvaa orgaanista ainesta on poistettu vesikasvien niiton muodossa.

Lähteet

- Alatalo, M. 2000: Metsätaloustoimenpiteistä aiheutunut ravinne- ja kiintoainekuormitus. Suomen ympäristö 381. Suomen ympäristökeskus.
- Ekholm, M. 1993: Suomen vesistöalueet. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 126. Vesi- ja ympäristöhallitus.
- Granberg, K. & Granberg, J. 2006: Yksinkertaiset vedenlaatumallit. Keski-Suomen ympäristökeskus.
- Hyvärinen, V. & Korhonen, J. (toim.) 2003: Hydrologinen vuosikirja 1996–2000. Suomen ympäristö 599. Suomen ympäristökeskus.
- Häyhä, T. & Jutila, H. 2006: Tammelan Liesjärven ja Kalvolan Äimäjärven vesikasvillisuus. Hämeenlinnan seudullisen ympäristötoimen julkaisuja 6. Hämeenlinnan seudullinen ympäristötoimi, JÄRKI-hanke.
- Ilmavirta, V. (toim.) 1990: Järven kunnostuksen ja hoidon perusteet. Yliopistopaino.
- Jokinen, A. 2005: Äimäjärven valumavesien ravinne- ja kiintoainepitoisuuksien vähentäminen. Hämeenlinnan seudullisen ympäristötoimen monisteita 4. Hämeenlinnan kaupunki.
- Jutila, H. 2006: JÄRKI-hankkeen järvien hoito- ja käyttösuunnitelmat. Hämeenlinnan seudullisen ympäristötoimen julkaisuja 10. Hämeenlinnan seudullinen ympäristötoimi, JÄRKI-hanke.
- Korhonen, J. (toim.) 2007: Hydrologinen vuosikirja 2001–2005. Suomen ympäristö 44. Suomen ympäristökeskus.
- Lehmus, K. 2003: Kalvolan Äimäjärven ravinnekuormituksen ja ainetaseiden laskeminen. Opinnäytetyö. Bioprosessitekniikan koulutusohjelma. Hämeen ammattikorkeakoulu.
- Lehtovuori, P. 2003: Jäteveden käsittelyn tarkennetut vaatimukset haja-asutusalueelle. Alueelliset ympäristöjulkaisut 320. Hämeen ympäristökeskus.
- Mallén, S. 2006: Kanajärven kuormitusselvitys ja hoitosuunnitelma. Opinnäytetyö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Hämeen ammattikorkeakoulu.
- Markkola, J.-M. & Huitu, H. 2003: Paikkatietojärjestelmä vesiensuojelussa – Lappajärvi Life –hankkeen paikkatietojärjestelmä ja paikkatietopohjainen selvitys ulkoisesta kuormituksesta. Alueelliset ympäristöjulkaisut 309. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
- Mykkänen, J. 2007: Ulkoinen ravinnekuormitus ja sedimentistä vapautuvat ravinteet Espoon Matalajärvässä. Diplomityö. Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto. Teknillinen korkeakoulu.
- Mäkelä, S. 2007: Tammelan Pyhäjärven, Kuivajärven ja Kaukjärven kuormitusselvitys. Tammelan Pyhäjärven, Kuivajärven ja Kaukjärven kunnostus ja virkistyskäytön lisääminen –hanke 2006-2008. Lammin biologinen asema. Helsingin yliopisto.

Nikander, S. 1995: Äimäjärven vedenlaatu kesällä 1995. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu.

Olin, M. 2005: Fish communities in South-Finnish lakes and their responses to biomanipulation assessed by experimental gillnetting. Department of Biological and Environmental Sciences, Aquatic Sciences, University of Helsinki.

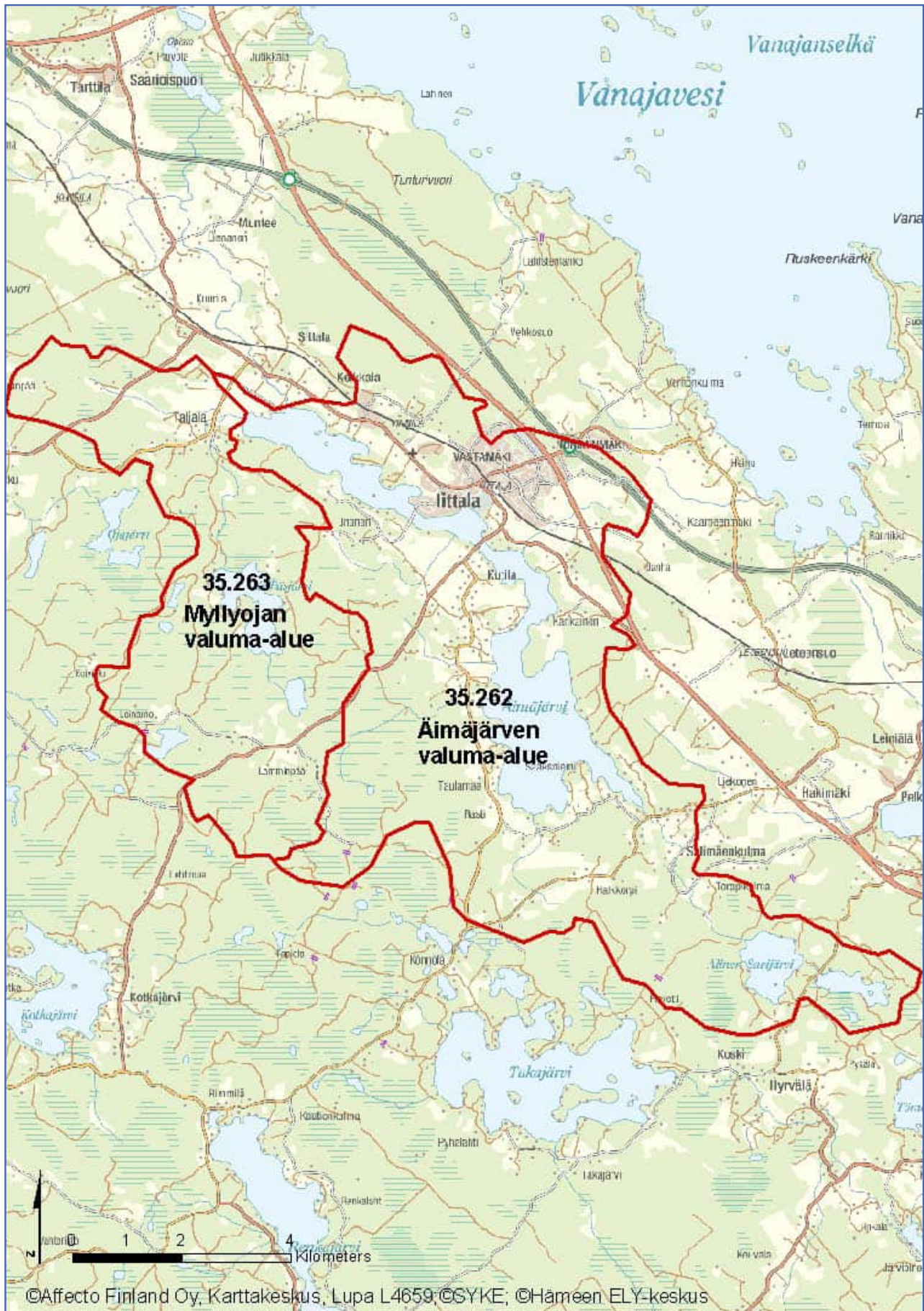
Oravainen, R. 1996: Äimäjärven nykytila, kuormituslaskelmat ja kunnostusmahdollisuuksien tarkastelua sekä alustava toimenpideohjelma. Kokemäen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.

Suulliset tiedonannot, Heini-Marja Hulkko, Harri Mäkelä ja Suvi Mäkelä, Hämeen ympäristökeskus.

Saura, M. & Saukkonen, S. 1999: Etelä-Päijänteen kuormitus ja veden laadun turvaaminen – tutkimushankkeen loppuraportti. Suomen ympäristö 296. Pirkanmaan ympäristökeskus.

Vaittinen, E. 1998: Maatalouden vesiensuojelu Äimäjärven valuma-alueella. Opinnäytetyö. Maatilatalouden koulutusohjelma. Hämeen ammattikorkeakoulu.

Liite 1. Äimäjärven ja Myllyojan valuma-alueet



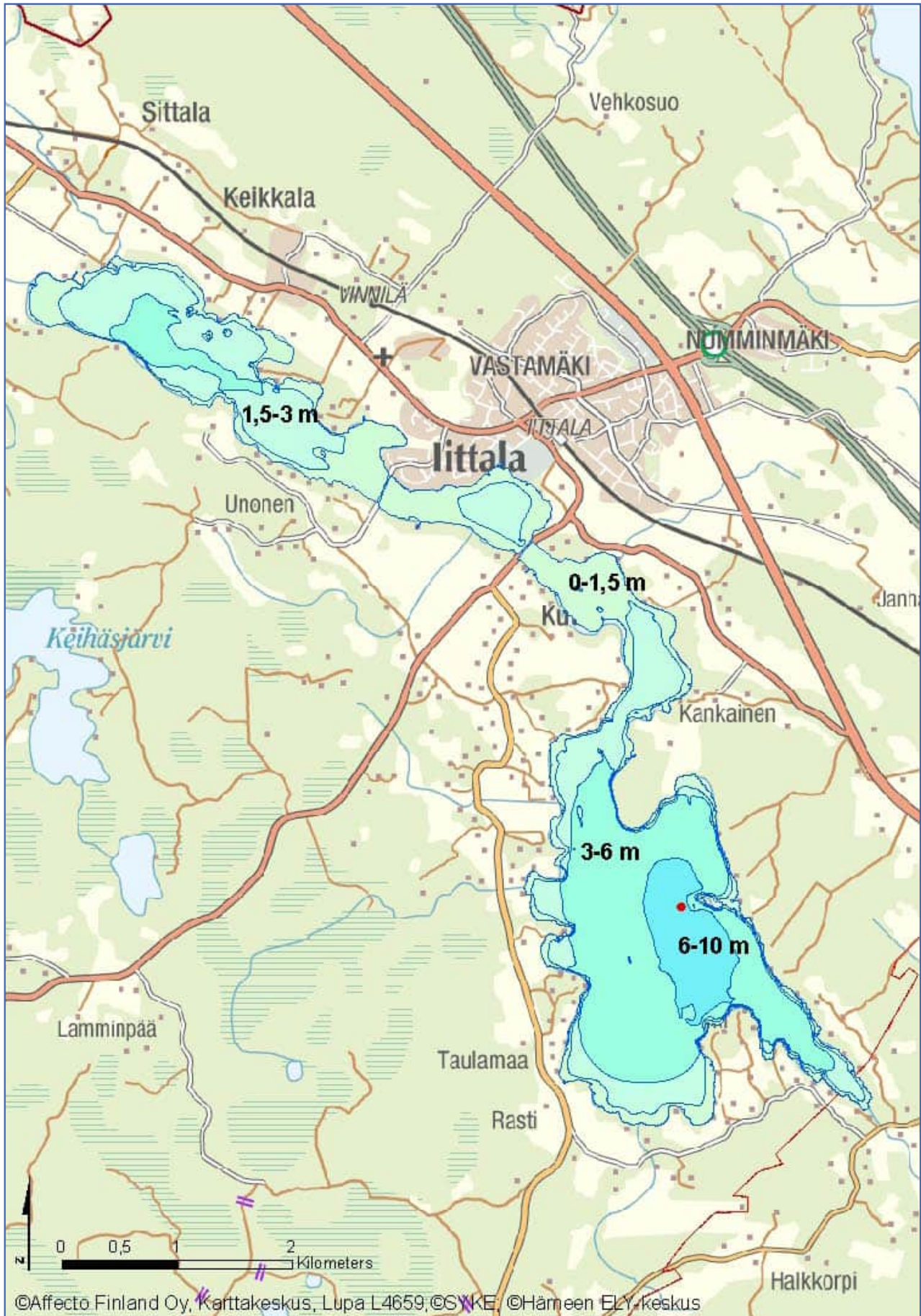
Äimäjärven valuma-alue ja Totuojan kautta Äimäjärveen laskevan Myllyojan valuma-alue.

Liite 2. Vedenlaadun seurantaapaikat



Vedenlaadun seurantaapaikat kahdeksalla Äimäjärveen laskevalla ojalla (sininen) ja lähteellä Oikolanjoella (punainen). Rastinselän näyteenottopiste on merkitty vihreällä.

Liite 3. Äimjärven syvyysalueet



Äimjärven syvyysalueet. Alueet on jaettu neljään ryhmään (0-1,5 m, 1,5-3 m, 3-6 m, 6-10 m). Punaisella pisteellä on merkitty järven syvin kohta.

Moni Suomen järvi on rehevöitynyt liiallisen ravinnekuormituksen seurauksena. Hämeenlinnassa Kalvolan kaupunginosassa sijaitseva Äimäjärvi on luonnostaan melko rehevä ja sen tila on ollut pitkään varsin huono eri lähteistä tulevan ravinnekuormituksen sekä sisäisen kuormituksen vuoksi. Äimäjärven vedenlaatu on välttävä ja leväkukinnat ovat olleet säännöllisiä etenkin aikaisempina vuosina. Äimäjärven tilaa on seurattu intensiivisesti ja siitä on paljon tutkimustietoa.

Tämän raportin tavoitteena oli selvittää Äimäjärveen kohdistuvan fosfori- ja typpikuormituksen määrä käyttäen hyväksi sekä järvestä ja siihen laskevista ojista mitattuja arvoja että teoreettisia ominaiskuormitusarvoja. Raportissa määritettiin myös järven fosfori- ja typpitaseet, tarkasteltiin järven hydrologiaa sekä arvioitiin kunnostustarvetta. Tavoitteena oli myös arvioida Äimäjärvestä saatujen hydrologisten tietojen ja laskettujen arvojen luotettavuutta sekä vedenlaadun näytteenototiheyden vaikutusta kuormitustuloksiin.