



Lahden kaupunki
Tekninen ja ympäristötoimiala
Lahden ympäristöpalvelut

VESIJÄRVEN MIXOX-HAPETUS VUONNA 2018

Kuopio 3.1.2019
Erkki Saarijärvi

Vesi-Eko Oy Water-Eco Ltd
Yrittäjätie 12, 70150 KUOPIO
Puh. 017 279 8600
Kotipaikka: Kuopio, Y-2000596-8

tiedustelut@vesieko.fi
www.vesieko.fi

1. Johdanto

Vesijärven rehevöityminen alkoi jo 1800-luvulla, tilanteen heikentyessä 1970-luvulle asti. Tuolloin "maamme saastunein järvi" alkoi toipua, sillä 1975 alkoi Lahden kaupungin jätevesien biologiskemiallinen puhdistaminen, ja puhdistetut jätevedet purettiin Vesijärven sijaan Porvoonjokeen. Ilmeisesti typpikuormituksen loppumisen seurauksena sinilevät saivat kilpailuedun ja vaikka rehevyystaso laskikin, järven käyttökelpoisuus (ja virkistysarvo) heikentyi massiivisten kukintojen seurauksena 1980-luvun alussa. 1980-luvun lopulla järvi oli intensiivisen hoidon ja tutkimuksen kohteena, erityisesti hoitokalastuksen osalta.

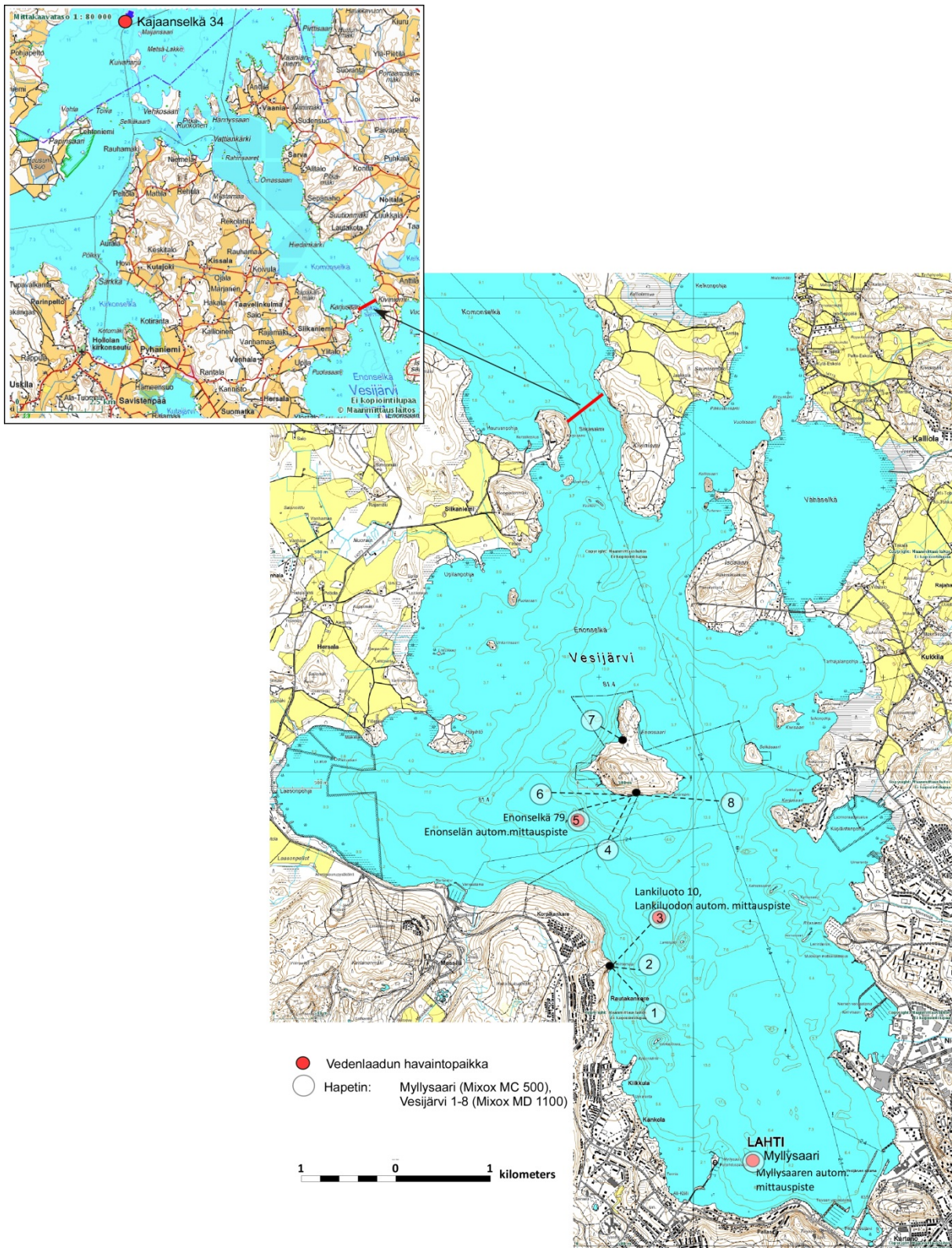
Kunnostushankkeen ansiosta järven tila parantui ja leväkukinnoista päästiin käytännössä eroon. Vuosituhannen lopulla tilanne alkoi kuitenkin heikentyä uudelleen ja näin ollen kunnostustyöt jatkuivat tehostetummin muutaman vuoden hoitajakson jälkeen vuonna 1997. Kyseinen Vesijärvi II -hanke päättyi vuonna 2006, jonka jälkeen toimintaa on jatkettu Vesijärvi-säätiön koordinoimana.

Vesijärven Enonselän seurannoissa on havaittu, että hapettomien alueiden pinta-alat kasvoivat 2000-luvulle tultaessa. Näin ollen myös hapettomuuden vaikutukset (ravinteiden vapautuminen ja eliöyhteisömuutokset) lisääntyivät. Vesijärven hapetus aloitettiin talvella 2007-2008 Myllysaaren syvänteessä (kuva 2, kartta). Syksyllä 2009 pääsyvännealueelle asennettiin kaikkiaan 8 kpl Mixox MD 1100-hapetinta, joista yksi poistettiin lokakuussa 2015. Kesäaikaisesta hapetuksesta luovuttiin kesäksi 2018.

Tässä raportissa tarkastellaan hapetuksen vaikutuksia Vesijärven happitilanteeseen ja vedenlaatuun. Raportti perustuu aiempien vuosien osalta ympäristöhallinnon Hertta-vedenlaatujärjestelmästä (Oiva - ympäristö- ja paikkatietopalvelu) haettuihin vedenlaatutietoihin. Vuoden 2018 tarkastelu perustuu Vesijärvitarkkailun tuloksiin (näytteenotto ja analysointi Ramboll Analytics). Lisäksi käytössä olivat Myllysaaren ja Enonselän automaattisten mittausasemien havaintoaineistot (Luode Consulting Oy).

2. Hapetinlaitteiden toiminta

Vesijärven hapetinlaitteet 1-7 pysäytettiin syystäyskierron ajaksi 25.8.2017. Myllysaaren laitteen tilasta ei ole kirjattuja valvontatietoja. Hapetinlaitteet #1, #3, #5 ja #7 sekä Myllysaari käynnistettiin uudelleen talvikaudelle 14.-16.2.2018. Pääaltaan laitteet pysäytettiin 4.5.2018 ja Myllysaari 14.5.2018 kesän ajaksi. Kaukovalvontatietojen perusteella laitteet olivat pysähdyksissä koko avovesikauden.



Kuva 2. Vesijärven hapetinlaitteiden, hapetinlaitteiden sähkökeskusten ja havaintopaikkojen (Huom! kuvassa ei ole esitetty kaikkia olemassa olevia havaintopaikkoja) sijainnit. Pohjakartta © Maanmittauslaitos.. Huom! Laite nro 8 poistettu käytöstä lokakuussa 2015.

3. Tulokset

Tarkastelu perustuu Vesijärven velvoitetarkkailun havaintopaikkojen Lankiluoto 10, Enonselkä 79 ja Kajaanselkä 34 tuloksiin (Ympäristöhallinto, Avoin tieto, ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta), sekä Lahden ympäristöpalvelujen teettämiin tarkkailutuloksiin havaintopaikoilta (taulukko 1). Näistä etenkin Kajaanselkä on hapetussyvänteiden vertailupiste.

Taulukko 1. Vesijärven velvoitetarkkailun mittausajankohdat 2018.

Laaja	Runko	Suppea
31.1.	8.6.	30.5.
23.3.	25.6.	15.6.
25.5.	13.7.	3.7.
9.8.		25.7.
		23.8.

Avovesikauden aikana Vesijärven tilaa seurattiin lisäksi automaattisten mittalaitteiden avulla Enonselän ja Myllysaaren syvänteissä huhtikuun lopulta alkaen. Mittalaitteet seuraavat vesipatsaan syvyyssuuntaista lämpötilaa, happipitoisuutta sekä päällysveden klorofylli-a -pitoisuutta. Automaattimittauslautan tuloksia on tarkasteltu päiväkeskiarvoina.

3.1. Talvi 2018

Tulokset

Hapettimet käynnistettiin helmikuun puolivälissä, joten ensimmäinen näytteenotto oli ennen hapettimien käynnistämistä. Toinen taasen on reilu kuukausi käynnistämisestä.

Tammikuun lopussa (31.1.2018) happipitoisuus oli hyvä (yli 6 mg/l) kaikilla havaintopaikoilla kaikilla syvyyksillä. Syvänteiden pohjille oli kuitenkin alkanut kertyä ammoniumia tavanomaiseen tapaan hajotustoiminnan ja raskaampien vesien kertymisen takia. Lankiluodossa pohjanläheisveden kokonaisfosfori- ja fosfaattipitoisuudet olivat noin kaksinkertaisia päällysveteen verrattuna. Hapetuspelkistystilan laskiessa rautaa ja mangaania oli alkanut vapautumaan pohjanläheisveteen. Syvänteissä ei ollut jätevesiin viittaavaa vaikutusta sähköjohtavuuksien perusteella.

Loppupalvinen (23.3.-18) happitilanne oli hyvä syvänteen pohjaan asti Lankiluodossa ja Isosaassa. Isosaassa pohjanläheisveden happi oli 5,4 mg/l ja Lankiluodossa 8,3 mg/l. Kajaanselällä pohjanläheisveden happipitoisuus oli alentunut tasolle 5 mg/l tai hieman alle. Isosaassa pohjanläheisveden kokonaisfosfori oli kaksinkertainen pintaan verrattuna (21 ja 42 µg/l), Lankiluodossa ero oli pienempi (21 ja 28 µg/l). Isosaassa pohjanläheisveden typpipitoisuus oli selvästi kohonnut, viitaten ammoniumin kertymiseen. Ammoniumia ei kuitenkaan ollut analysoitu. Kiikkulan (Vasikkasaari) ja sataman havaintopaikoilla mittaustulokset vastasivat Lankiluotoa.

Talven yhteenveto

Hapetusyvänteissä happitilanne oli erinomainen eikä pelkistyneitä yhdisteitä ollut kertynyt syvänteisiin kuten muualle. Hapettomuutta ei havaittu myöskään hapetusasemien ulkopuolella vuonna 2018. Hapellisuus kuitenkin oli ”hiipimässä”, sillä Lankiluodon tammikuun lopun tulosten perusteella tilanne olisi ollut heikohko loppupalvella ilman hapettimien toimintaa.

3.2. Avovesikausi 2018

Kesällä 2018 järvellä ei käytetty hapettimia.

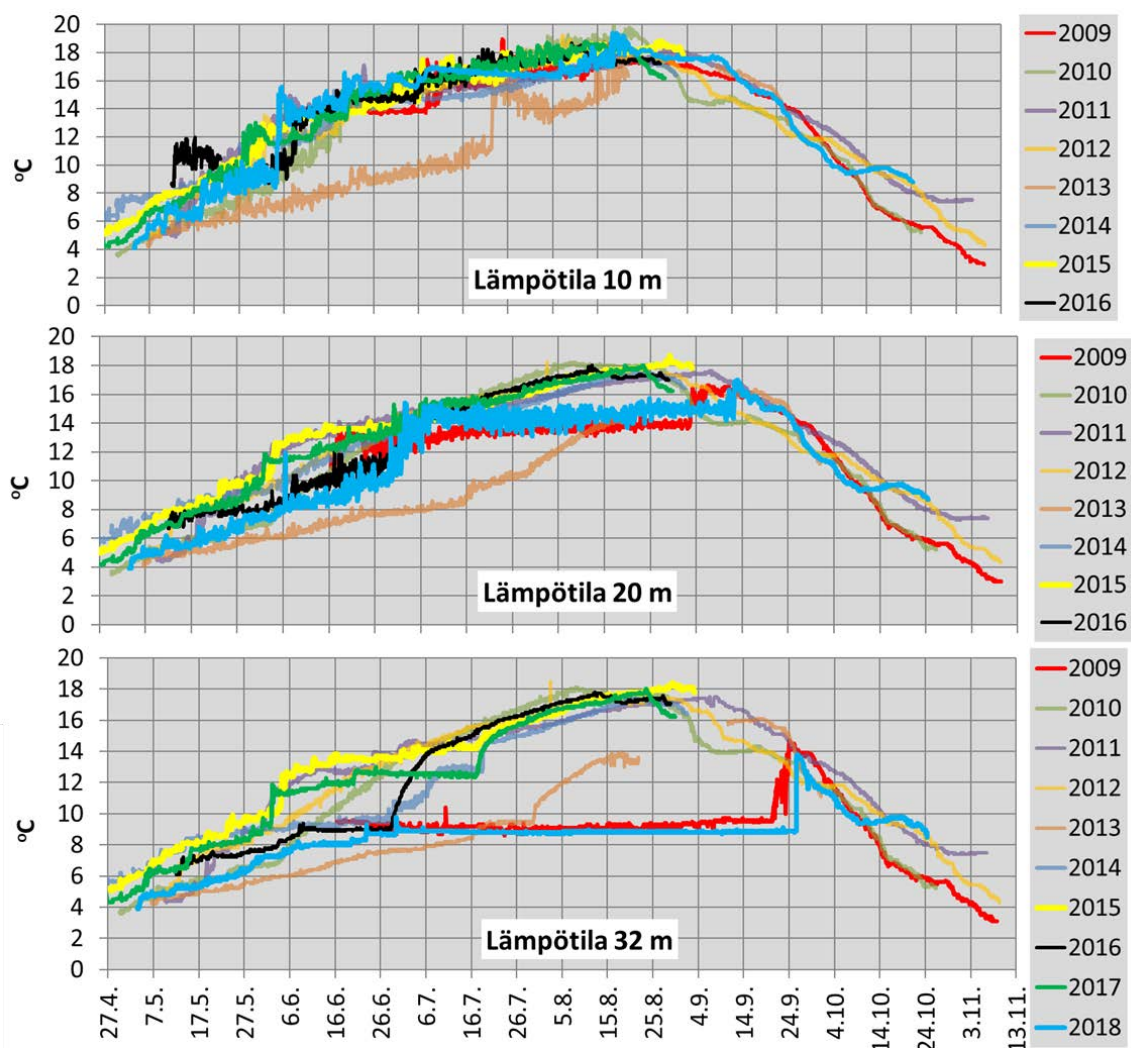
3.3. Hapetuksen vaikutus Vesijärven happi- ja kerrostuneisuusolosuhteisiin

Hapetuksen myötä Vesijärven Enonselän alueen kerrostuneisuusolosuhteet muuttuivat, vaikuttaen myös happitilanteeseen (kuvat 8 ja 9). Koko vesirunko oli 2010-2017 avovesikausina aiempaa tasalämpöisempää Mixox - hapetuspumppauksesta johtuen. Erot 10, 20 ja 32 metrin välillä olivat pieniä ajoittain myös hapen osalta. Hapetusvuosina alusvesi (32 m) on ollut pääsääntöisesti lämpimämpää kuin vertailuvuotena 2009.

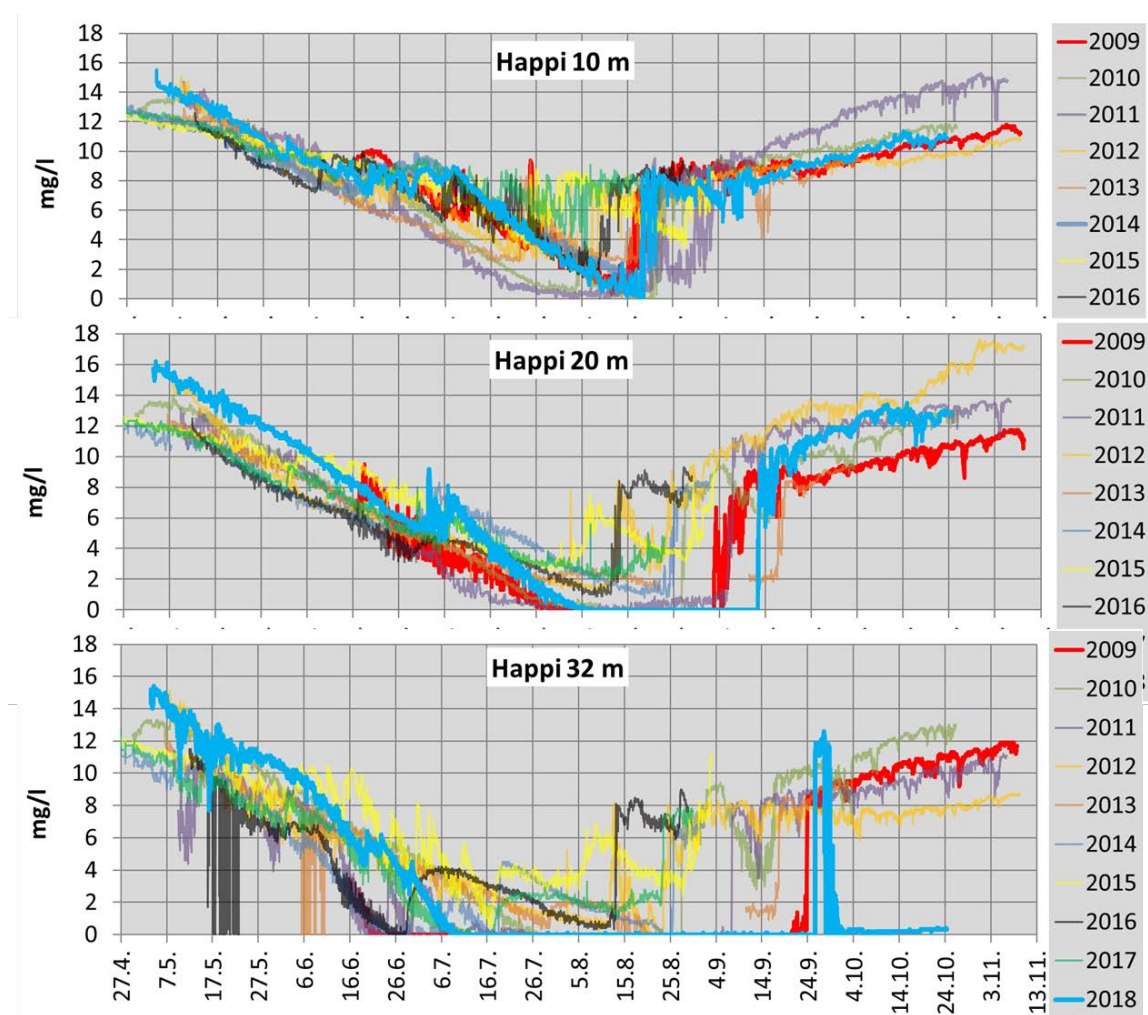
Vuoden 2018 tilanne vastasi kerrostumis- ja happitilanteen osalta pitkälti hapetusta edeltänyttä vuotta 2009. Vesijärvi kerrostui kevätkesällä siten, että syvänteen pohjanläheisvesikerroksen lämpötila oli noin yhdeksän astetta. Kerrostuneisuus purkautui syyskuun lopulla.

Happi loppui syvänteen syvimmiltä osilta heinäkuun alussa ja 20 metrin syvyysvyöhykkeeltä noin kuukautta myöhemmin (kuva 4). Suurimmillaan elokuun lopulla noin 1/4-osa Enonselän pinta-alasta oli hapeton hapettomuuden alkaessa noin 10 metrin syvyydeltä.

Automaattimittausten ja 9.8.2018 toteutetun veloitettarkkailunäytteenoton välillä on pientä eroavaisuutta. Tarkkailunäytteenotossa Lankiluodossa havaittiin pohjanlähellä (29m) happea 0,9 mg/l, kun läheisen pääsyvänteen happimittaus näytti nollaa jo pitkän aikaa.



Kuva 3. Enonselän syvänteen vesimassa lämpötila avovesikaudella 2009-2018. Automaattinen mittausasema, Enonselkä (Luode Consulting Oy, aineisto sivulta lahti.fi). Vuonna 2009 Vesijärveä ei hapetettu.



Kuva 4. Vesijärven Enonselän syvännealueen happipitoisuudet eri syvyyksillä (10, 20 ja 32 m) vuosina 2009-2018. Enonselän automaattinen mittausasema (Luode Consulting Oy).

3.4. Hapetuksen vaikutus sisäiseen kuormitukseen ja rehevyyteen

Lankiluodon syvänteessä pohjanläheisveden kokonaisfosforipitoisuuden nousu oli maltillista, mutta Isosaaren havaintopaikalla selvempää. On mahdollista, että vedessä ollut nitraatti ja nitriitti (9.8.2018 yht. 24 µg/l) piti redox-potentiaalin riittävän korkealla estämään fosfaatin nopeaa vapautumista. Toisaalta ravinnäytteen ottamisen yhteydessä tehdyissä happinäytteenotoissa syvänealue oli selkeästi hapellinen (happea Lankiluodon 29 m syvyydellä 0,6 mg/l), joten jo yksistään hapellisuus on saattanut olla riittävää fosfaatin liukenemisen estämiseksi.

Hieman erikoinen tilanne elokuun laajan mittauskerran havainnoissa oli se, että Isosaaren syvänteessä selvästi suurimmat kokonaisfosforipitoisuudet havaittiin pohjanläheisessä vesikerroksessa (110 µg/l), mutta Lankiluodossa välivedessä (15m: 80 µg/l). Velvoitetarkkailun täydennyksenä Enonsaaren pääsyvänteestä 8.8.2018 otetuissa näytteissä tilanne oli vastaava: pohjanläheisveden fosforipitoisuus oli välivettä pienempi. Voi olla, että eri puolilla Enonselän aluetta fosforin vapautumisherkyys on erilaista. Kesällä 2018 suurimmat pitoisuudet havaittiin 15-20 m syvyysvyöhykkeellä, joka saattaa siten olla merkittävä alue fosforin sitoutumisen ja vapautumisen kannalta.

Myös fosfaattipitoisuudet nousivat, mutta kyseessä suodattamattomat näytteet, joten tarkkaa tulosta varsinaisen liukoisen fosforin osalta ei ole tiedossa.

Vesijärven laajemmin tarkastellen suurimmat pintaveden kokonaisfosforipitoisuudet havaittiin Enonselän eteläosissa loppukesällä. Tilanne kuitenkin vaihteli samallakin paikalla eri havaintokertojen välillä. Kesän kuluessa Vesijärven päällysveden kok.P-pitoisuuden noin kaksinkertaistuivat, myös Kajaanselällä.

	Kok.P 1m									
	22.5.2018	30.5.2018	8.6.2018	15.6.2018	25.6.2018	3.7.2018	13.7.2018	25.7.2018	9.8.2018	23.8.2018
Kajaa	14		17		17		21		27	
Vaanians.	12								25	
Pirttin.	15		22		20		22		31	
Siikasal.	18								40	
Isosaari	19								27	
Lankil	18	16	22	19	25	27	24	28	38	39
Kiikkula	18								29	
Satama	19								38	
Kaksoss.		22		32		32		32	35	41
Kahvis.		29		23		37		19	40	42

Kuva 5. Vesijärven pintaveden (1m) kokonaisfosforipitoisuudet kesällä 2018

4. Yhteenveto

Talvella 2017-2018 Enonselällä happitilanne pysyi pitkään hyvänä ja hapetinlaitteet 1,3,5 ja 7 sekä Myllysaari käynnistettiin vasta helmikuun puolivälissä. Velvoitetarkkailuhavaintojen perusteella happitilanne oli kuitenkin heikentymässä ja viitteitä kiihtyvistä mangaanin vapautumisesta oli ennen pumppauksen aloittamista. Hapetuksen käynnistämisen jälkeen tilanne kuitenkin parantui eikä ongelmia havaittu loppupalven havaintokerralla.

Kesäkaudella 2018 pääsyvänteen hapettimet olivat pysäytettynä. Erittäin lämpimistä ja kuivista olosuhteista huolimatta kerrostuminen vastasi vuoden 2009 (ennen hapetusta) tilannetta. Syvänteen pohjanläheisveden happi oli liki lopussa pitkäaikaisesti heinäkuun alusta syyskuun loppupuolelle. Heikko happitilanne vapautti pohjaan sitoutunutta fosforia etenkin Isosaaren syvänteellä. Enonsaaren eteläpuolen pääsyvänteellä sekä Lankiluodossa pohjanläheisveden pitoisuudet olivat merkittävästi välivettä pienemmät. Enonselällä vaikuttaisi kesän 2018 tulosten perusteella olevan merkittäviä alueellisia eroja pohjasedimentin fosforin vapautumisessa.

Vesijärven Enonselän fosforikiertojen osatekijöitä on pyritty selvittämään eri tutkimuksissa. Kokonaisuuden hallitsemiseksi tulisi tuloksia kerätä nykyistä laajemmin esimerkiksi johonkin soveltuvaan mallikokonaisuuteen. Kevätkesän 2015 tulosten perusteella hapellisissa olosuhteissa sopivien tuulten vallitessa alueen päällysvesikerroksen fosforisisältö kasvoi yli 200 kg päivässä kun ulkoinen kuormitus oli samaan aikaan luokkaa 10-15 kg päivässä. Toisaalta hapettomilta alueilta voi vapautua merkittäviä määriä liukoista fosfaattia, joka aiheuttaa rehevyyttä päästessään päällysvesikerrokseen. Lopputulos lienee osatekijöidensä summa, jossa eri tekijöiden merkittävyys vaihtelee vuodenaikojen ja vuosien välillä.

Kuopiossa 3.1.2019

Vesi-Eko Oy Water-Eco Ltd



Erkki Saarijärvi
Toimitusjohtaja, limnologi

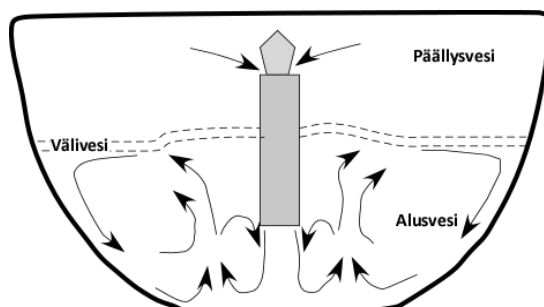
Mixox hapetusmenetelmä

Hapettamisen tarkoituksena on ylläpitää pohjanläheisen veden happipitoisuutta tarpeeksi korkeana, jotta hapettomuudesta johtuvan ns. sisäisen kuormituksen seurauksena sedimentistä veteen vapautuvien ravinteiden määrä vähenisi. Pohjan pysyessä hapellisena, viihtyvät siellä myös järven kannalta tärkeät pohjaeläimet, jotka pohjaa pöyhiessään kuljettavat happea syvemmälle sedimenttiin, parantaen siten edelleen pohjan tilaa. Hapetuksen avulla pyritään myös elvyttämään pohjan aerobista (hapellinen) hajotustoimintaa, ja sitä kautta estämään anaerobisissa prosesseissa syntyvien haitallisten aineiden syntymistä (rikkivety, metaani, ammonium). Sedimentin metaanin tuotannon vähentyessä kaasukuplien aiheuttama sedimentin resuspensio vähenee, vähentäen samalla sedimentistä veteen vapautuvien ravinteiden määrää.

Järvissä alusveden ja päällysveden lämpötilaerot aiheuttavat kesällä ja talvella voimakkaan tiheyseron vesikerrosten välille, estäen siten hapen luonnollisen siirtymisen pinnalta pohjalle. **Mixox-hapetusmenetelmä perustuu hapekkaan ja kevyemmän päällysveden pumppaamiseen pohjan lähelle kerrosteisuuskausien aikana.** Syksyllä ja keväällä, kun järven vesi on tasalämpöistä ja tuulet pääsevät sekoittamaan sitä, Mixox-hapetuspumppu voi olla pysähdyksissä.

Pohjalle pumpattavaan päällysveteen ei lisätä ilmaa tai happea kuten ilmastimissa, joten laitteen energiantarve on pieni. Menetelmän luonteesta johtuen Mixox-hapetus ei sovellu talviaikaiseen käyttöön sellaisissa järvissä, joista happi saattaa loppua kokonaan ennen kevättä.

Kun hapekasta päällysvettä johdetaan vähähappiseen tai hapettomaan alusveteen, happea siirtyy virtauksen ja päällysveden happipitoisuuden tulon mukainen määrä. Alusveteen pumpattu päällysvesi sekoittuu tiheyserojen vuoksi tehokkaasti (kuva 2). Kevyemmän ja raskaamman veden seos nousee väliveteen ja kääntyy horisontaalisesti aiheuttaen alusveden kiertovirtauksen. Lopputuloksena alusveden tilavuus kasvaa ja sen lämpötila laskee talvella ja nousee kesällä. Vesijärvellä olevien 8 kpl Mixox MD 1100 -laitteen yhteenlaskettu veden pumppausteho on noin 680 000 m³/päivä, lisäksi Myllysaaren syvänteessä oleva Mixox MC 500 -laite pumppaa noin 15 000 m³/päivä.



Kuva: Mixox -hapetusmenetelmä.