

OPPIMATERIAALEJA

PUHEENVUOROJA

RAPORTTEJA 160

TUTKIMUKSIA

Piia Leskinen, Hannamaria Yliruusi, Anne Hemmi,
Mikko Jokinen & Juha Kääriä

RAVINNESIEPPAUSLAITOS ITÄMEREN FOSFORIKUORMITUKSEN VÄHENTÄJÄNÄ

Toteutusmahdollisuudet Varsinais-Suomessa



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPPIMATERIAALEJA

PUHEENVUOROJA

RAPORTTEJA 160

TUTKIMUKSIA

Piia Leskinen, Hannamaria Yliruusi, Anne Hemmi,
Mikko Jokinen & Juha Kääriä

RAVINNESIEPPAUSLAITOS ITÄMEREN FOSFORIKUORMITUKSEN VÄHENTÄJÄNÄ

Toteutusmahdollisuudet Varsinais-Suomessa



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TURUN AMMATTIKORKEAKOULUN
RAPORTTEJA 160

Turun ammattikorkeakoulu
Turku 2013

ISBN 978-952-216-369-1 (painettu)

ISSN 1457-7925 (painettu)

Painopaikka: Suomen Yliopistopaino – Juvenes Print Oy, Tampere 2013

ISBN 978-952-216-370-7 (PDF)

ISSN 1459-7764 (elektroninen)

Jakelu: <http://loki.turkuamk.fi>



TIIVISTELMÄ

Leskinen, Piia; Yliruusi, Hannamaria; Hemmi, Anne; Jokinen, Mikko;
Kääriä, Juha

*Ravinnesiippauslaitos Itämeren fosforikuormituksen vähentäjänä –
toteutusmahdollisuudet Varsinais-Suomessa*

Turun ammattikorkeakoulun raportteja 160

31 s.

Turku: Turun ammattikorkeakoulu, 2013

ISBN 978-952-216-369-1 (painettu)

ISSN 1457-7925 (painettu)

ISBN 978-952-216-370-7(PDF)

ISSN 1459-7764 (elektroninen)

Ravinnesiippari-hankkeen päämääränä oli selvittää käytöstä poistettujen pintavesilaitosten, jätevedenpuhdistamoiden, vesistöissä olevien patoalaiden sekä muiden vesihuoltoon kuuluvien olemassa olevien rakenteiden soveltuvuutta fosforin poistamiseen ja siten pintavesien laadun parantamiseen. Parhaimmillaan ravinnesiippaus voisi olla nopeasti vaikuttava ja kustannustehokas ensiaputoimenpide vesistöjen tilan parantamiseksi. Tavoitteena oli, että ravinnesiippauksella voitaisiin vahvistaa mm. maatalouden piirissä tehtyä vesiensuojelutyötä ja nopeuttaa positiivisten vesistövaikutusten aikaansaamista.

Saksassa vastaavia ravinnesiippauslaitoksia on useita. Niiden tarkoituksena on estää levien kasvua joissa ja raakavesialtaissa ennen veden johtamista vesilaitoksille.

Hankkeen ensimmäisessä vaiheessa selvitettiin ravinnesiippauksen mahdollisuudet Kaarinan Littoistenjärven, Paimion, Raision-Naantalin, Paraisten ja Turun Halisten puhdistamoilla. Näistä vaikutuksiltaan ja kustannuksiltaan potentiaalisiksi kohteeksi osoittautui vain Halisiin saneerattava varavesilaitos.

Syksyn 2011 aikana Pöyry Finland Oy selvitti mitkä ovat tekniset mahdollisuudet sijoittaa fosforinsiippauslaitos Halisten varavesilaitoksen alueelle ja arvioi kustannukset poistettua fosforikiloa kohden. Selvityksen pohjalta tehtiin esisuunnitelma ravinnesiippauksen toteuttamisesta Halisten varavesilaitoksella.

Kustannusteholtaan parhaaksi vaihtoehdoksi osoittautui fosforinpoiston toteuttaminen johtamalla vuorokaudessa 75 000 m³ jokivettä varavesilaitoksen esikäsittelyprosessien, eli kemikaloinnin, lamelliselkeytyksen ja flotaation kautta, minkä jälkeen puhdistettu vesi johdettaisiin takaisin jokeen. Vaihtoehdossa liete tiivistettäisiin ja kuivattaisiin laitoksella, minkä jälkeen se kuljetettaisiin jatkokäsitteltäväksi jätteenä Topinojalle.

Fosforia laskettiin poistuvan virtaamasta riippuen vuosittain noin neljä tonnia (3,1 - 4,3 t) ja poistetun fosforikilon hinnaksi yllä kuvatulla prosessilla saatiin noin 1300 euroa (1260 - 1480 €). Tästä hinnasta n. 4 % on investointikustannuksia (jaettuna 15 vuodelle), 35 % käyttökustannuksia ja noin 60 % lietteen kuljetukseen, rejektivesimaksuihin ja Topinojan porttimaksuun liittyviä kustannuksia. Ilman rejektiveden ja lietteen jatkokäsittelykustannuksia fosforikilon poistaminen jokivedestä maksaisi noin 500 €, eli 0,5 miljoonaa euroa tonnilta.

Kustannusten tarkentamiseksi olisi tärkeää selvittää lietteen jatkokäsittelyn vaihtoehdot muualla kuin Topinojalla ja arvioida, voidaanko kaikki syntyvät lietteet johtaa putkessa Kakolan jätevedenpuhdistamolle. Mikäli liete saataisiin käsiteltyä kustannustehokkaasti, olisi ravinnesieppaus osana Halisten varavesilaitoksen toimintaa kustannustehokas, toimintavarma ja helposti todennettava tapa vähentää Saaristomeren ravinnekuormitusta.

Valtioneuvoston hyväksymän vesienhoitosuunnitelman tavoitteiden mukaan Aurajoen fosforikuormitus tulisi puolittaa nykyisestä noin 63 tonnista vuoteen 2021 mennessä. Jos fosfori joudutaan poistamaan jokivedestä, maksaisi koko kuormitusvähennys tässä selvityksessä tutkitulla tekniikalla noin 15 miljoonaa euroa vuodessa, mikä antaa hyvän vertailupohjan valuma-alueella tehtävien muiden vähennystoimenpiteiden kustannusten arvioinnille.

KIITOKSET

Vesilaitoksilla haastatteluihin osallistuivat Joni Holmroos, Pekka Salo, Sinikka Koponen-Laiho, Jouni Saario, Olli Ojala, Carl-Sture Österman, Kimmo Liianmaa, Matias Jensen ja Mika Laaksonen. Kiitämme kaikkia tiedoista ja näkemyksistä, jotka olivat olennaisen tärkeitä tutkimuksessamme.

Halisten vesilaitoksen toimitusjohtaja Irina Nordmanilta ja Turun Seudun Veden toimitusjohtaja Jyrki Valtoselta saimme arvokkaita kommentteja, jotka olivat suureksi avuksi työn eteenpäin viemisessä. Työn ohjaukseen osallistuivat myös Olli Madekivi ja Osmo Purhonen Varsinais-Suomen Elystä. Janne Suomela ja Asko Sydänoja VS ELY-keskuksesta arvioivat ravinnesieppauksen vaikutuksia Aurajoen alajuoksulle ja merialueelle. Myös Halisten ravinnesieppauslaitoksen esisuunnitelman tekijöitä Tapio Ala-Peijaria ja Karoliina Kotaniemeä kiitämme laadukkaasta työstä.

Tutkimuksen ovat rahoittaneet Saaristomeren Suojelurahasto, Maa- ja Vesitekniikan tuki ry., Turun kaupungin ympäristönsuojelutoimisto ja Turun ammattikorkeakoulu.

SISÄLTÖ

I	JOHDANTO	8
	1.1 Hankkeen tarkoitus	8
	1.2 Ravinnesieppauksen perusteet	8
2	KOKEMUKSIA SAKSASTA	10
	2.1 Berliini	10
	2.2 Wahnbach-Verbandin fosforinpoistolaitos	10
3	KÄYTÖSTÄ POISTUVIEN VESILAITOSTEN RAVINNESIEPPAUSPOTENTIALI	13
	3.1 Esiselvitys Turun alueen vedenpuhdistamoilla	13
	3.2 Raision-Naantalin vesilaitos	13
	3.3 Paimion jätevedenpuhdistuslaitos	15
	3.4 Kaarinan Littoistenjärven vesilaitos	17
	3.5 Paraisten vesilaitos	18
	3.6 Turun Halisten vesilaitos	20
	3.7 Yhteenveto tutkittujen laitosten fosforinpoistomahdollisuuksista	21
4	HALISTEN TULEVAN VARAVESILAITOKSEN KÄYTTÖ FOSFORINSIEPPAUKSEEN	23
	4.1 Suunnitelman taustaa	23
	4.2 Esisuunnitelman pääpiirteet: prosessi ja tekninen toteutus	24
	4.3 Esisuunnitelman pääpiirteet: kustannus-tehokkuuslaskelmat	25
	4.4 Ravinnesieppauksen vaikutukset alajuoksulla ja merialueella	28
5	LOPUKSI	30
	LÄHTEET	31

I JOHDANTO

1.1 HANKKEEN TARKOITUS

EU:n sekä Suomen kansallisten suuntalinjojen mukaisesti pintavesien tulee saavuttaa hyvä ekologinen taso vuoteen 2015 mennessä. On kuitenkin todennäköistä, että tämä tavoite ei tule toteutumaan määräajassa ilman lisätoimenpiteitä. Erityisesti hajakuormituksen vähentäminen on haasteellista, ja se vaatii perinteisten toimien lisäksi uusia innovatiivisia lähestymistapoja ja toimenpiteitä.

Ravinneseppari-hankkeen päämääränä oli selvittää käytöstä poistettujen pintavesilaitosten, jätevedenpuhdistamoiden, vesistöissä olevien patoaltaiden sekä muiden vesihuoltoon kuuluvien olemassa olevien rakenteiden soveltuvuutta fosforin poistamiseen ja siten pintavesien laadun parantamiseen. Parhaimmillaan ravinneseppäus voisi olla nopeasti vaikuttava sekä kustannustehokas ensiaputoimenpide vesistöjen tilan parantamiseksi. Ajatuksena on, että ravinneseppäyksellä voidaan vahvistaa mm. maatalouden piirissä tehtyä vesiensuojelutyötä ja nopeuttaa positiivisten vesistövaikutusten aikaansaamista.

Nykyisen valtakunnallisen trendin mukaan niin jätevesien käsittelyssä kuin talousveden valmistuksessa suositaan suurempiin yksiköihin siirtymistä. Pintaveden käytöstä raakavesilähteenä pyritään mahdollisuuksien mukaan luopumaan ja siirtymään pohjaveden tai tekopohjaveden käyttöön. Monet pienemmät puhdistuslaitokset ympäri Suomea ovat viime vuosien aikana lopettaneet toimintansa, tai ne tulevat lopettamaan toimintansa lähivuosina. Turun Kakolan jätevedenpuhdistamon avaamisen sekä Virttaankankaan tekopohjavesihankkeen myötä Varsinais-Suomessa on lukuisia toiminnasta poistettuja tai poistettavia vedenpuhdistamoja. Altaat ja tekniikka ovat kuitenkin monilla laitoksilla edelleen käyttökunnossa ja niille on kunnissa yritetty pohtia hyötykäyttömahdollisuuksia varsinaisen puhdistamotoiminnan loputtua. Puhdistamotoiminnan jatkaminen ravinneseppäuksen muodossa voisi olla yksi vaihtoehto.

1.2 RAVINNESIEPPAUKSEN PERUSTEET

Kasvit tarvitsevat kasvuunsa ravinteita, fosforia (P) ja typpeä (N), ja vesistöstä riippuen jompikumpi näistä on kasvua hillitsevä minimitekijä. Vesistö rehevöityy, mikäli siihen päätyy ulkoisen kuormituksen takia luonnollisia ravinnemääriä huomattavasti enemmän ravinteita. Ulkoisen kuormituksen vähentäminen on aina ensisijainen vesiensuojelukeino. Monissa tapauksissa ulkoisen, erityisesti

hajakuormituksen vähentäminen on kuitenkin vaikeaa ja hidasta, eikä vähennystoimilla saada vesistön ravinnepitoisuutta alennettua riittävästi. Tällaisissa tapauksissa vesistöön jo joutuneiden ravinteiden poisto jokivedestä voi toimia ensiapuna vesistön tilan pysyvässä parantamisessa.

Typpi ja fosfori voivat esiintyä vedessä joko liukoisessa, kasveille helposti saatavassa muodossa, tai orgaaniseen ainekseen sitoutuneena. Fosfori voi esiintyä myös epäorgaaniseen kiintoaineeseen sitoutuneena.

Fosforia voidaan saostaa vedestä kemiallisesti. Fosforin saostukseen voidaan käyttää muun muassa alumiiniin ja rautaan perustuvia kemikaaleja. Rautaa voidaan käyttää sekä 3- että 2-arvoisina suoloina, joista 2-arvoinen ferrosulfaatti on teollisuuden sivutuote ja edullisuutensa takia paljon käytetty. Fosforin kemiallinen saostaminen on vedenpuhdistuslaitoksilla yleisesti käytetty ja hyvin tunnettu varmatoiminen menetelmä. Ravinnesieppauksen ideana on, että fosforin kemiallisella saostuksella ja sakan erotuksella jokivedestä saadaan poistettua merkittävä määrä fosforia ja kiintoainesta.

Tyypin liukoisia muotoja voidaan poistaa vedestä vain biologisen prosessin kautta. Biologisen tyypinpoiston toimivuus edellyttää tarkasti säädeltyjä olosuhteita sekä luonnonvesien pitoisuuksissa ja lämpötiloissa erittäin pitkää viipymää, eikä prosessin toteuttaminen ravinnesieppauslaitoksella olisi käytännössä mahdollista.

Saksassa on ollut jo pitkään toiminnassa fosforinpoistolaitoksia. Näistä kaksi esitellään seuraavassa luvussa. On mahdollista, että vastaavia laitoksia löytyy myös muualta, mutta niistä on niukasti tietoa saatavilla. Suomessa ei ole aikaisempaa kokemusta ravinnesieppauslaitoksen käytöstä jokiveden puhdistuksessa.

2 KOKEMUKSIA SAKSASTA

2.1 BERLIINI

Berliinin lähistöllä on jo vuodesta 1981 lähtien menestyksellisesti poistettu fosforia suuressa mittakaavassa kahdesta raakavedenhankintaan käytetystä järvestä (Schauser ja Heinzmann 2011). Järviin laskevien jokien koko vesimäärä on pysytty käsittelemään fosforinpoistolaitoksissa.

Beelitzhofin fosforinpoistolaitos valmistui Havel-jokeen vuonna 1981, ja se pysyy käsittelemään koko joen vesimäärän (0,35 m²/s). Myös Tegel-järveen laskevaan jokeen rakennettiin vuonna 1985 fosforinpoistolaitos, jonka kapasiteetti on 6 m²/s. Joen virtaaman ylittäessä laitoksen maksimikapasiteetin vesi ohijuoksetetaan siten, ettei se kuormita Tegel-järveä. Fosforinpoisto molemmissa laitoksissa on ollut hyvin tehokasta. Fosforipitoisuudet vähenivät jopa 800 mikrogrammasta litrassa aina 18 mikrogrammaan litrassa.

Fosforinpoistokustannukset ovat vaihdelleen 0,09 - 0,18 €/m³ sisältäen laitosten investointikustannukset. Fosforinpoistolaitosten toimintaa on seurattu jatkuva-toimisesti. Molemmissa tapauksissa järvien vedenlaatu on pysyvästi parantunut ja vielä ennen laitosten rakentamista yleiset sinileväkukinnat ovat vähentyneet olennaisesti molemmissa tutkituissa järvissä.

2.2 WAHNBACH-VERBANDIN FOSFORINPOISTOLAITOS

Ravennesieppari-hankkeen henkilöstöä vieraili Bonnin lähellä toimivassa Wahn-bach-Verbandin vesilaitoksessa elokuussa 2010. Laitoksen käyttämä raakavesi varastoidaan 41,3 milj. m³ altaaseen, josta vesi johdetaan talousveden puhdistusprosessiin. 1960-luvulla varastoaltaaseen ilmestyi massiivisia leväsiintymiä, ja veden laadun parantamiseksi oli kehitettävä ratkaisu. 1970-luvulla talousvedenpuhdistamon rinnalle rakennettiin veden esikäsittelylaitos, jossa varastoaltaaseen tuleva raakavesi puhdistetaan fosforista (noin 95 %), leväbiomassasta (99 %) ja orgaanisesta aineksestä (yli 50 %).

Puhdistusprosessissa vesi pumpataan ensin esiselkeytysaltaaseen (kuva 4a). Pumpkauksen yhteydessä veteen sekoitetaan rautapohjaista saostuskemikaalia (FeClSO₄). Tämän jälkeen vesi johdetaan selkeytysaltaan seinämän ritilöiden kautta (kuva 4b) hiekkapikasuodatukseen (kuva 4c). Ennen pikasuodatusta veteen sekoitetaan vielä saostumista tehostava polymeeri.





KUVA 4A, 4B & 4C. *Wahnbach-Verbandin fosforinpoistolaitoksen prosessi on yksikertainen. Veteen sekoitetaan saostuskemikaali, jonka jälkeen orgaanisen aineksen ja fosforin saostuminen alkaa selkeytyskanaalissa. Saostuvia flokkeja vahvistetaan polymeerillä ja ne suodatetaan vedestä pikahiekkasuodattimessa. (Kuvat: Juha Kääriä)*

Saostuksessa syntyvä vesipitoinen liete laskeutetaan, minkä jälkeen liete kuivataan sentrifugilla. Lietettä ei lainsäädännön takia voida käyttää hyödyksi, joten se kuljetetaan kaatopaikalle.

Wahnbach-Verbandin vesilaitoksella fosforin poistamisesta aiheutuvat lisäkustannukset on saatu hyvin pieniksi osin laitoksen valtavan koon ansiosta (kapasiteetti 18 000 m³/h). Tuotetun juomaveden kuutiohintaan sillä kerrottiin olevan vain 5 sentin lisäys. Fosforin poistaminen on erittäin tehokasta ja sillä on saatu aiemmin eutrofisessa tilassa ollut raakaveden varastointiallas muuttumaan oligotrofiseksi, kun fosforipitoisuudet pintavedessä ovat laskeneet yli 100 mikrogrammasta jopa alle 5 mikrogrammaan litrassa. Vesistöä rehevöittää maataloudesta peräisin oleva hajakuormitus.

Wahnbach-Verbandin laitoksen toiminta on kokonaisuudessaan erittäin tehokasta ja laitoksen käyttöä on optimoitu jatkuvasti sen kolmenkymmenen toimintavuoden aikana. Fosforinsieppauksen hinta on saatu hyvin pieneksi, mutta hintaa ei kuitenkaan voida suoraan verrata Varsinais-Suomeen suunniteltavaan sieppaukseen.

3 KÄYTÖSTÄ POISTUVIEN VESILAITOSTEN RAVINNESIEPPAUSPOTENTIAALI

3.1 ESISELVITYS TURUN ALUEEN VEDENPUHDISTAMOILLA

Esiselvitysvaiheessa selvitettiin käytöstä poistuvien pintavesilaitosten ja jätevedenpuhdistuslaitosten soveltuvuutta pintaveden fosforin kemialliseen poistamiseen. Esiselvitys tehtiin Kaarinan Littoistenjärven, Paimion, Raision-Naantalın, Paraisten ja Turun Halisten puhdistamoilla. Laitoksilla vierailtiin kevään 2010 aikana. Käyntien aikana laitosten käytöstä vastaaville henkilöille esiteltiin selvityshankkeen tausta ja tavoitteet. Kolmessa laitoksessa tehtiin myös tutustumiskierros laitoksen tiloihin. Vierailujen aikana keskusteltiin laitosten nykytilanteesta ja tulevaisuuden suunnitelmista, teknisistä edellytyksistä, vedenpuhdistuksen nykycostannuksista, lietteenkäsittelystä, mahdollisista viranomaismääräyksistä, veden laadun velvoitetarkkailujen tuloksista ja muista fosforinpoistolaitokseksi muuttamisen kannalta olennaisiksi katsotuista kysymyksistä.

Kirjallisuustietokannoista tehtiin hakuja fosforinpoistolaitoksista käyttökokeusten ja jo olemassa olevan tiedon löytämiseksi. Esimerkkejä laitoksista ei kuitenkaan löytynyt joko siksi, ettei vastaavista kokeiluista tai toiminnasta ole raportoitu tieteellisillä foorumeilla tai siksi, ettei tällaista toimintaa juuri harjoiteta. Sisäisten verkostojen kautta löydettiin kaksi Saksassa toimivaa fosforinpoistolaitosta (luku 2). Lisäksi Kemira Oyj:n ja Pöyry Finland Oy:n asiantuntijoiden kanssa keskusteltiin syksyn 2010 aikana siitä, millaiset mahdollisuudet käytännössä on muuntaa käytöstä poistuva tai jo poistettu vesihuoltolaitos fosforinsieppauslaitokseksi.

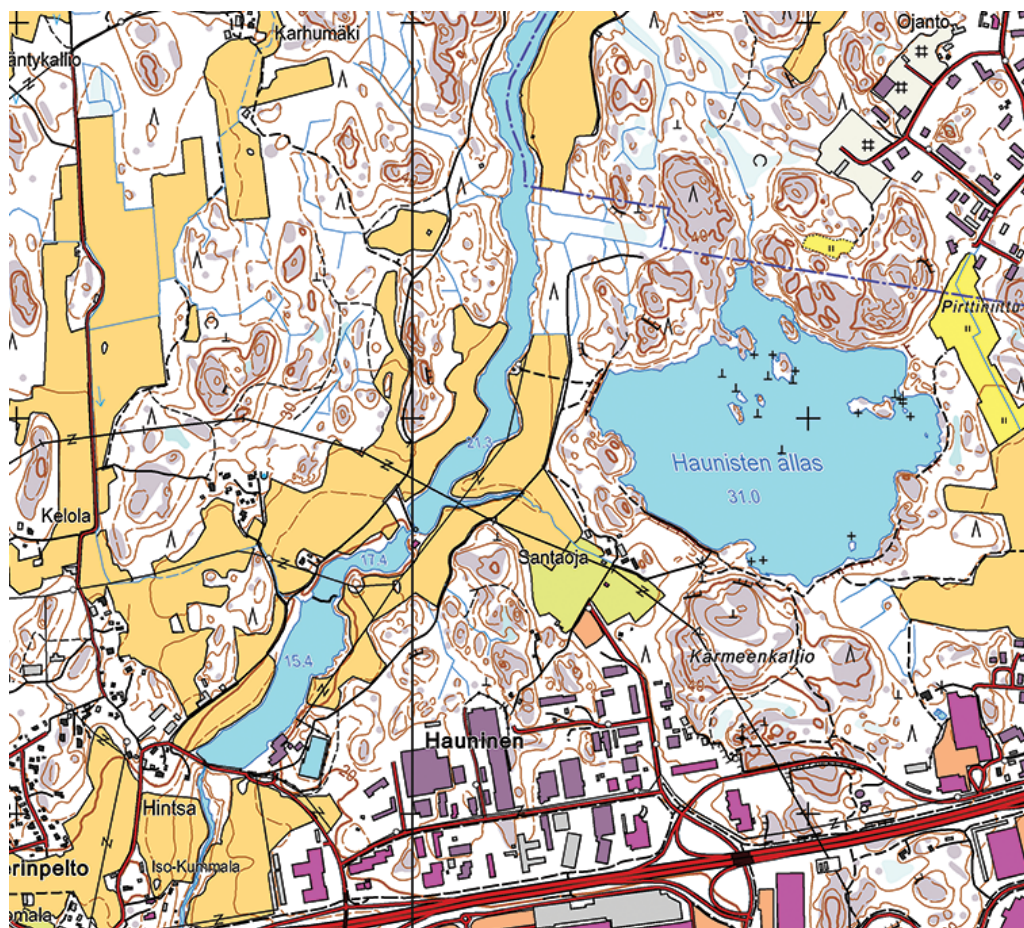
3.2 RAISION-NAANTALIN VESILAITOS

Raision-Naantalın vesilaitoksella vierailtiin 11.3.2010. Vesilaitoksen johtaja Joni Holmroos esitteli laitoksen toimintaa ja sen tulevaisuudennäkymiä.

Raision-Naantalın vesilaitoksen vedenpuhdistusprosessiin kuului raakaveden koagulointi ja flokkaukset alumiinipohjaisella kemikaalilla, pystyselkeytys, otsonointi sekä veden hidassuodatus.

Laitoksen omistaa Raision-Naantalın kuntayhtymä. Suunnitelmat laitoksen tulevaisuuden osalta olivat osittain kesken, mutta kaupunki on tehnyt päätöksen muun muassa laitoksessa tällä hetkellä työskentelevän henkilökunnan osalta.

Raision-Naantalın vesilaitoskokonaisuuteen kuuluu kolme maapatoa, yksi betoninen ylivirtauspato ja Haunisten tekoallas patoineen. Nämä jäisivät suunnitelmien mukaan Raision kaupungille. Osa rakenteista sijaitsee vuokramaille ja aiheuttavat siten kaupungille kustannuksia.



KUVA 1. Raisio-Naantalın vesilaitokselle kuuluu useita patoja, sekä Haunisten allas, jota on käytetty raakaveden esiselkeyttämiseen. (Lähde: Maanmittauslaitoksen avoimien aineistojen tiedostopalvelu)

Holmroosin mukaan kaupunki haluaa ottaa Haunisten altaan virkistyskäyttöön. Altaaseen on kerääntynyt sedimenttiä 30 vuoden ajan. Sitä ei ole koskaan poistettu, eikä altaaseen ole tehty erityisiä pohjan muotoiluja, joista sedimenttiä olisi helpointa poistaa. Kaikki Haunisten altaaseen tuleva vesi pumpataan tällä hetkellä Ruskonjoesta.

Kun Turun Seudun Vesi Oy (TSV Oy) alkaa toimittaa vettä alueelle, veden puhdistus laitoksella loppuu. Vuositasolla laitoksen puhdistuskapasiteetti on 4,6 milj. m³. Laitokselle otetaan vettä noin 10 % (13 000 m³/vrk) joen virtaamas-

ta kapasiteetin ollessa noin 15 - 20 % (16 000 m³/vrk). Ruskonjoen virtaaman vaihtelut ovat ajoittain suuria, ja maksimivirtaaman aikana laitoksen ohi pääsee huomattava osuus vuotuisesta, maatalousalueilta peräisin olevasta kiintoaineksesta ja fosforista.

Laitoksen puhdistusprosessissa syntyvä liete johdetaan takaisin jokeen, eli laitoksesta ei tällä hetkellä ole vesiensuojelullista hyötyä. Jotta laitos saataisiin valjastettua pienentämään omalta osaltaan lähivesistöjen ja saaristomeren ravinnekuormaa, tulisi sinne tehdä investointeja lietteen keräämiseksi ja käsittelemiseksi. Toiminnan mahdollinen jatkuminen fosforinsieppauslaitoksena TSV Oy:n veden toimituksen alettua edellyttäisi myös uutta ympäristölupaa, jossa siinäkin todennäköisesti vaadittaisiin lietteenkäsittelyn järjestämistä asianmukaisella tavalla.

Holmroosin mukaan pelkkä fosforin saostaminen Ruskonjoen vedestä ei olisi mielekästä, vaan samalla toiminnan jatkamisen vaivalla kannattaisi tehdä juomaveden laatuksittaita täyttävää vettä. Jos laitoksella haluttaisiin poistaa vain fosforia, tämänhetkisestä vedenpuhdistusprosessista voitaisiin poistaa otsonointi ja viimeinen hidassuodatus. Pois jätettävien prosessien tuomat kustannussäästöt olisivat Holmroosin mukaan kuitenkin vain pieni osa kokonaisuudesta. Laitoksen käyttökulut ovat kokonaisuudessaan nyt noin 1 200 000 € vuodessa, joista henkilöstökulut ovat noin puolet. Kemikaalikustannukset ovat yli 400 000 € vuodessa. Jos laitoksella ei tehtäisi enää juomavettä vaan jatkettaisiin fosforinsieppauksella, henkilöstökuluista karsiutuisi Holmroosin arvion mukaan noin puolet (300 000 €) pois ja kemikaalikustannuksista noin 20 - 30 % eli noin 100 000 €. Tällä hetkellä juomaveden tuotannon kustannukset ovat noin 0,25 €/m³, joten pelkän fosforinpoiston kulut olisivat noin 0,16 €/m³.

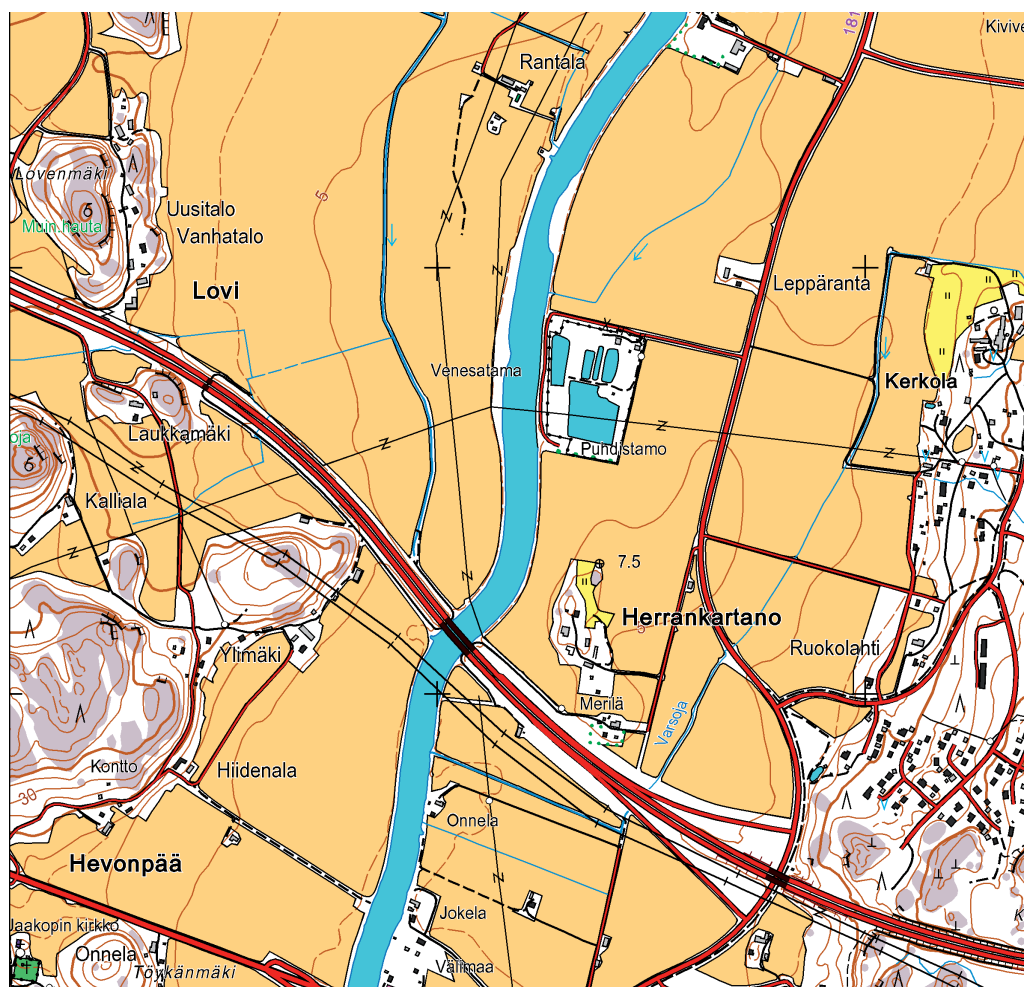
Suurimpia haasteita Raision-Naantalin vesilaitoksen muuntamisessa fosforisieppariksi on lietteenkäsittelyn puuttuminen sekä investointitarve uuteen laitostekniikkaan. Lisäksi laitoksen kapasiteetti on nykyisellään pieni, jolloin myös mahdollisesti poistettavan fosforin määrä jää vähäiseksi. Esiselvitysvaiheessa katsottiinkin, ettei laitoksen muuntaminen ole tästä syystä fosforinsieppaukseen mielekästä.

3.3 PAIMION JÄTEVEDENPUHDISTUSLAITOS

Paimion jätevedenpuhdistuslaitoksella vierailtiin 18.3.2010. Laitoksen tilanteesta ja tulevaisuudesta keskusteltiin yhdyskuntateknikko Pekka Salon ja ympäristönsuojelusihteri Sinikka Koponen-Laihon kanssa.

Laitoksen omistaa Paimion kaupunki ja se on suljettu kesällä 2009. Mitoitusvirtaamapotentiaali on 3500 m³/vrk. Nykyisellään sen toiminta keskittyy alueen jätevesien siirtämiseen Turun Kakolan jätevedenpuhdistamolle. Laitos on Salon mukaan alajattu ja tekniikka vanhentunut.

Aiemmin laitokselta tullut liete (2000 - 2500 m³; kiintoainepitoisuus noin 20 %) kalkkistabiloitiin, varastoitiin ja se päätyi syksyllä peltolevitykseen. Liette oli puhdasta ja siten peltolevitykseen sopivaa, sillä alueella ei ole raskasmetalleja tuottavaa teollisuutta. Laitoksen ei tarvinnut tuotteistaa lietteen lannoituskäyttöä (Evira), koska toiminta lopetettiin ennen näiden vaatimusten voimaantuloa. Nykyään jätevedet johdetaan siis Kakolan keskuspuhdistamoon Turkuun.



KUVA 2. Paimion suljettu jätevedenpuhdistuslaitos sijaitsee Paimiojoen rannalla. Paimiojoen korkea fosforipitoisuus ja laitoksen hyvä sijainti kannustaisivat fosforinsiippaukseen. (Lähde: Maanmittauslaitoksen avoimien aineistojen tiedostopalvelu)

Laitoksella työskentelee 3 henkilöä. Vuotuiset käyttökulut ovat noin 300 000 € ilman investointeja. Keväällä 2010 jäteveden siirtämisestä aiheutuvat sähkökulut olivat noin 2000 €/kk. Alueen hyödyntämisestä ovat ilmaisseet kiinnostuksensa aiemmin muun muassa kalankasvattajat (istutussiikaa) ja lintuharrastajat, jotka pelkäävät allasalueiden umpeenkasvua ja niitä nyt hyödyntävien lintujen elinolosuhteiden heikentymistä.

Laitoksen toiminnan jatkumisen ja tulevan toiminnan luonteen kannalta on olennaista, mitä ympäristöviranomaiset tulevat laitokselta edellyttämään tulevaisuudessa. Jos he edellyttävät, että laitoksen allastilavuuksia hyödynnetään viemäriveriesien tulvahuippujen tasaamisessa, fosforin saostaminen ei ole tulevaisuudessa mahdollista.

Pekka Salo oli skeptinen sen suhteen, että laitosta voisi tai kannattaisi hyödyntää fosforinsieppauksessa. Hänen näkemyksensä oli, että jos pintavedestä yleensä halutaan poistaa fosforia, prosessi kannattaisi viedä samalla loppuun asti ja tuottaa samasta pintavedestä juomakelpoista vettä.

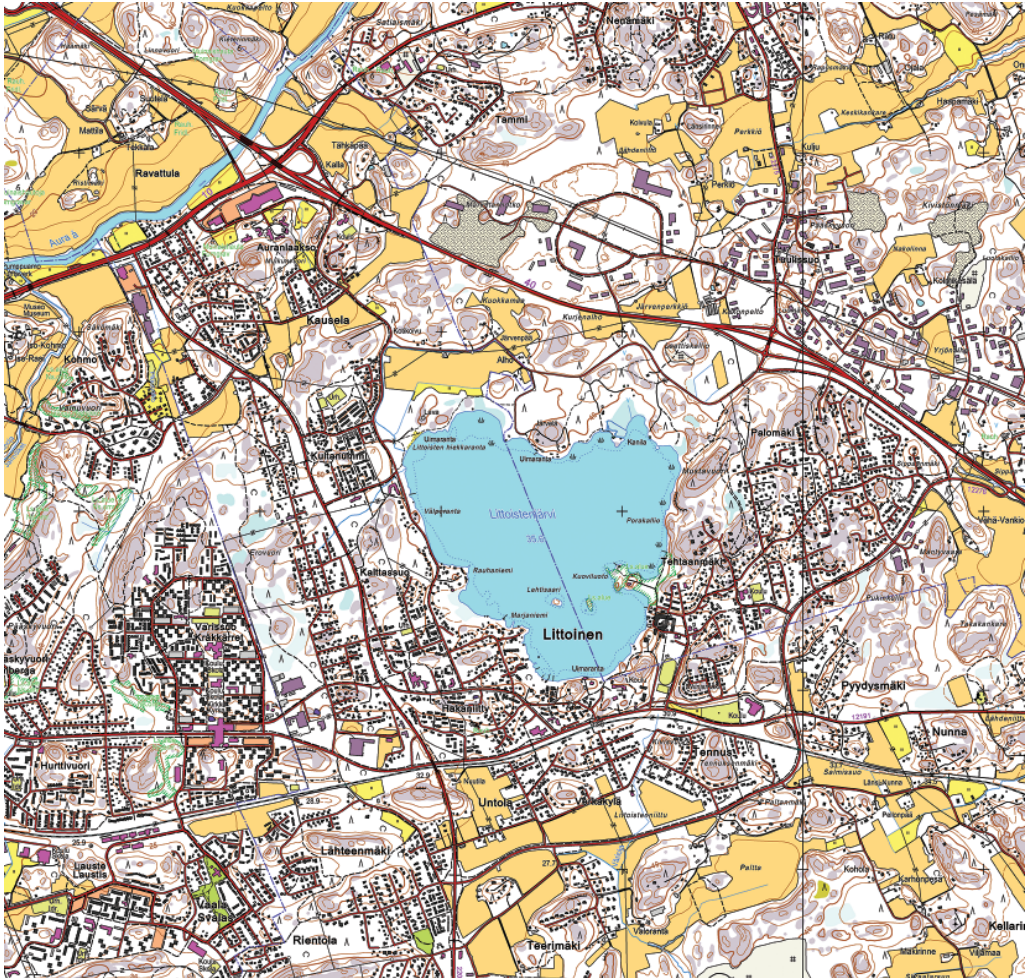
Paimionjoen veden fosforipitoisuudet ovat korkeita, minkä perusteella fosforinsieppaus olisi täällä mielekästä, mutta fosforin saostamista Paimiojoesta jätevedenpuhdistuslaitoksella ei nähdä kustannustehokkaana. Täysin vanhentunut tekniikka pitäisi uusida kokonaisuudessaan.

3.4 KAARINAN LITTOISTENJÄRVEN VESILAITOS

Kaarinassa Littoistenjärven käytöstä poistetulla vesilaitoksella vierailtiin 26.3.2010. Tilannetta ja laitoksen tiloja esittelivät Kaarinan kaupungin ympäristöpäällikkö Jouni Saario ja alueen tämän hetkinen vuokraaja Olli Ojala. Laitoksen omistaa Kaarinan kaupungin Littoistenjärven säännöstely-yhtiö.

Vesilaitoksen toiminta on päättynyt vuonna 1998. Kaupunki on myynyt laitoksen käyttökelpoisesta tekniikasta suuren osan ja jäljelle jääneet pumpput, sähkölaitteet ja muu tekniikka ovat olleet käyttämättä 12 vuoden ajan ja nyt loppuun kulutettuja. Jos laitoksen toimintaa ryhdyttäisiin uudelleen käynnistämään, tulisi koko tekniikka uusida, mistä koituisi korkeita kustannuksia.

Johtopäätöksenä voidaan sanoa, että toiminnan uudelleen käynnistäminen vaatisi suuria investointeja tekniikkaan ja toisaalta panostusta taustatyöhön liittyen Littoistenjärven vedenlaadun parantamiseen. Esiselvityksen perusteella fosforin saostamiseen tähtäävät toimet olisivat laitoksella kalliita, niiden teho vähäinen ja vaikutus parhaimmillaankin vain paikallinen. Itämeren kuormitukseen toimenpiteillä ei olisi vaikutusta.



KUVA 3. Kaarinan Littoistenjärven käytöstä poistettu vesilaitoskiinteistö sijaitsee Littoistenjärven rannalla. (Lähde: Maanmittauslaitoksen avoimien aineistojen tiedostopalvelu)

3.5 PARAISTEN VESILAITOS

Paraisten vesilaitoksen fosforinsiappausmahdollisuudesta keskusteltiin ympäristönsuojelupäällikkö Carl-Sture Östermanin ja kaupungininsinööri Kimmo Liinamaan sekä suunnitteluinsinööri Matias Jensenin kanssa. Vesihuoltolaitoksella vierailtiin 6.4.2010. Laitoksen toimintaa esitteli käyttöpäällikkö Mika Laaksonen.

Paraisten vesilaitos lopettaa toimintansa, kun Virttaankankaan tekopohjavettä saadaan alueelle. Se ei tule jatkossa toimimaan varalaitoksena, eikä muista jatkosuunnitelmista ollut tietoa. Laitos työllistää Laaksonen lisäksi viisi työntekijää, jotka kaikki toimivat myös jätevedenpuhdistuslaitoksen ja kaukolämpöyhtiön työtehtävissä. Kaupungilla on siten tarjota heille työtä vesilaitoksen alasajon jälkeenkin.

Raakavesi otetaan makean veden altaasta noin neljän metrin syvyydestä. Altaan tilavuus keskivedenkorkeudella on 9,4 milj. m³, pinta-ala 3,3 km² ja maksimisyvyys 10,2 m. Pääaltaan keskisyvyys on 2,8 m. Altaan vettä ilmastetaan nyt kolmessa paikassa raakaveden laadun parantamiseksi. Ilmastaminen tullaan lopettamaan laitoksen toiminnan loppuessa. Laaksosella ei ollut tietoa siitä, edellyttääkö ympäristöviranomaisen mahdollisesti joitakin toimia kaupungilta altaan tilan ylläpitämiseksi tai parantamiseksi laitoksen sulkemisen jälkeen, mutta ainaakaan vesihuoltolaitosta se ei velvoita mihinkään jatkotoimenpiteisiin.

Altaaseen tuleva fosforin kokonaiskuormitus on noin 1030 kg P/vuosi, typen kokonaiskuormitus 12 147 kg N/vuosi. Kriittiseksi fosforikuormituksen rajaksi on arvioitu 378 kg P/vuosi. Tällä hetkellä vesilaitoksen toimiessa nykyisellä teholla se vähentää makeanveden altaan ravinnekuormaa eli poistaa laskennallisesti noin 47 - 58 kg fosforia vuodessa (arvoina käytetty v. 2009 seurantatutkimusten kokonaisfosforin P_{tot} minimi- ja maksimitasoja noin 65 ja 80 µg/l sekä raakaveden minimi- ja maksimiarvoja 2000 m³ ja 2500 m³). Laitoksen maksimikapasiteetin (4000 m³) ja korkeimman mitatun kokonaisfosforipitoisuuden (80 µg/l; heinäkuu 2009) mukaan laskettu fosforipoistuma laitoksen kautta olisi 117 kg P vuodessa.

Seurantatutkimuksia tehdään Laaksosen mukaan altaan raakaveden laadusta joka toinen kuukausi. Näytteenottoaikoja on neljä, joista kahdesta on otettu muiden raakaveden laatua kuvaavien parametrien lisäksi myös fosforinäytteitä (fosfaattifosfori PO₄ sekä kokonaisfosfori P_{tot}). Kuluttajille lähtevän veden laadusta otetaan myös näytteitä säännöllisesti, mutta fosforipitoisuuksia ei ole ollut tarpeen tutkia, eikä siis tuloksia tällaisista analyyseistä ollut. Laitokselta lähtevän veden tyyppiyhdisteiden (ammoniumtypen NH₄-N, nitriittitypen NO₂-N, nitraattitypen NO₃-N) määrät ovat olleet hyvin alhaisia eli lähellä määrittystasoa.

Laitos ottaa tällä hetkellä raakavettä 2000 - 2500 m³/vrk, maksimikapasiteetin ollessa 4000 m³/vrk. Saostuskemikaalina käytetään polyalumiinikloridia. Vesipitoinen rejektivesi (116 000 m³ vuonna 2008; hinta laitokselle 0,95 €/m³) kuljetetaan viemäriverkostoa pitkin Paraisten jätevedenpuhdistamolle, jossa se käsitellään ja josta liete toimitetaan Turkuun Topinojalle Biovakka Oy:lle. Jätevedenpuhdistamo jatkaa toimintaansa normaalisti vesilaitoksen sulkemisen jälkeen.

Laaksosen näkemyksen mukaan prosesseista voitaisiin jättää pois kaikki muu paitsi kemiallinen saostus, eli pelkässä fosforinsieppauksessa tarpeettomia vaihteita olisivat lipeän ja hypokloriitin käyttö sekä aktiivihiili- ja hiekkasuodatukset. Prosessin valinta riippuu siitä, minkä tasoista puhdistustulosta tavoitellaan ja kuinka paljon sen saavuttamiseen ollaan valmiita investoimaan.

Laitoksella jatkuu juomaveden tuotanto siihen saakka kunnes tekopohjavesi korvaa oman vedentuotannon. Mikäli tarpeelliseksi katsotaan, nykyisen puhdistusprosessin fosforinpoistotehokkuutta pystyttäisiin kartoittamaan näytteenotolla. Analyysitulosten avulla voitaisiin arvioida tarkemmin nykyisessä puhdistustoi-

minnassa poistuvia fosforimääriä ja kun kustannusten jakautuminen eri prosesseihin olisi selvillä, pystyttäisiin tekemään arvioita myös pelkällä kemiallisella saostuksella aikaansaatavista puhdistustuloksista ja sen kustannuksista.

Fosforista puhdistetut vedet tulisi johtaa takaisin joko makean veden altaaseen tai mereen. Molemmissa tapauksissa matka olisi useita kilometrejä. Fosforinpoistolaitoksena jatkaminen edellyttäisi näiden putkilinjojen rakentamista ja toisi siten osaltaan lisäkustannuksia.

Alueella toimii useita suurehkoja yrityksiä, jotka saattaisivat pystyä hyödyntämään ei-juomakelpoista vettä esimerkiksi prosessivetenä ja osallistumaan näin mahdollisesti myös fosforinsiippauksen kustannuksiin. Toisaalta ei-juomakelpoisen veden toimittamisen yritysten tarpeisiin tulisi tässä tapauksessa olla jatkuvaa ja puhdistetun veden tasalaatuista, vaikkei tällaiseen varmuuteen varautumiseen olisi fosforinsiippauksessa muuten tarvetta. Toimitusvarmuuden ylläpito tulisi lisäämään laitoksen investointi- ja käyttökuluja.

Esiselvityksen perusteella voidaan todeta, että fosforinpoisto näin pienessä laitossa ei olisi kokonaisuudessaan kustannustehokasta – teoreettisesti arvioitu makean veden altaasta pois saatava maksimifosforimäärä, 117 kg vuodessa, ei olisi kustannuksiinsa nähden niin huomattava, että sen eteen kannattaisi tehdä suuria investointeja.

3.6 TURUN HALISTEN VESILAITOS

Turun Halisten vesilaitoksella vierailtiin 12.5.2010 ja laitoksen toimintaa ja tiloja esitteli toimitusjohtaja Irina Nordman. Halisten vesilaitos tulee poistumaan nykyisestä käytöstä Virttaankankaan tekopohjavesilaitoksen aloitettua toimintansa. Laitoksen ympäristöluvassa Halisten vesilaitos on kuitenkin jätettävä varalaitokseksi. Tällä hetkellä osa vesilaitoksen rakennuksista on huonossa kunnossa ja nykyisen laitoksen muuntaminen varalaitokseksi vaatii laitoksen täydellisen saneerauksen. Varalaitoksen suunnittelu on Turun Seudun Vesi Oy:n vastuulla.

Laitoksen käyttökapasiteetti on tällä hetkellä 40 000 m³/vrk. Halisten vesilaitoksen tilalle suunniteltavan varavesilaitoksen suunnittelukapasiteetti on 75 000 m³/vrk. Laitoksen kapasiteetti tulee siis kasvamaan nykyisestä. Fosforia poistuu nykyisessä toiminnassa noin 2500 kg vuodessa. Teoriassa fosforia voitaisiin siis saada talteen vuositasona noin 5000 kg, jos laitos toimisi varavesilaitoksen mitoituskapasiteetilla 75 000 m³/vrk.

Halisten nykyisessä puhdistusprosessissa syntyvä liete toimitetaan Turun Kakkolan jätevedenpuhdistamolle, eikä lietteenkäsittelyä ole varalaitoksenkaan suhteen suunniteltu itse laitokselle. Vesipitoista ja helposti hajoavaa lietettä (kiintoainepitoisuus noin 3 %) syntyy vuosittain yli 600 000 m³ eli noin 18 kiintoainestonnin. Halisten laitokselta tuleva liete on Nordmanin mukaan niin sanottua

huonoa lietettä: siinä on paljon savea, vähän orgaanista ainetta, se ei mätäne ja se tarttuu helposti kiinni altaisiin, joten se joudutaan poistamaan flotaatioaltaista säännöllisesti käsityönä. Kiintoaineksessa on myös runsaasti saostuskemikaalia ja tämä osaltaan vaikuttaa lietteen hyötykäyttömahdollisuuksiin. Fosforinsieppausta ajatellen lietteenkäsittely tulee lisäämään fosforinsieppaukseen tarvittavia investointeja, sillä Kakolan puhdistamo ei Nordmanin mukaan pysty ottamaan tällä hetkellä eikä tulevaisuudessa vastaan Halisten lietettä yhtään nykytilannetta enempää.

Esiselvityksen perusteella vaikutti siltä, että ravinnesieppauksen mahdollisuuksien tutkimista kannattaa jatkaa Halisten laitokselle rakennettavan varavesilaitoksen yhteyteen. Vaikka investoinnit ravinnesieppaukseen tulisivat olemaan korkeat, kuten myös muissa tutkituissa kohteissa, Halisten laitoksella on muihin laitoksiin verrattuna selviä etuja. Ensinnäkin ravinnesieppauksessa voitaisiin hyödyntää varavesilaitoksen prosesseja ja niistä vastaavaa henkilökuntaa. Varavesilaitoksen toimintavalmiutta joudutaan pitämään yllä johtamalla vettä prosessin läpi viikoittain. Jos laitoksen toimintaan yhdistettäisiin ravinnesieppaus, voitaisiin varavesilaitosta käyttää jatkuvasti, jolloin toimintavarmuuden ylläpidon lisäksi saavutettaisiin myös merkittäviä vesiensuojelullisia etuja. Koska varavesilaitos tulee sitomaan joka tapauksessa henkilökuntaa, ravinnesieppauslaitoksen toiminta voitaisiin järjestää olemassa olevan koulutetun henkilökunnan avulla. Suunniteltu varavesilaitoksen kapasiteetti on myös tarpeeksi suuri, jolloin poistettava fosforimäärä on muihin vaihtoehtoihin verrattuna merkittävä. Koska varavesilaitoksen suunnittelu on vasta käynnistymässä, olisi mahdollista jo suunnitteluvaiheessa huomioida laitoksen käyttö fosforinpoistoon ja siten optimoida fosforinsieppauksen prosessi ja kustannukset.

3.7 YHTEENVETO TUTKITTUJEN LAITOSTEN FOSFORINPOISTOMAHDOLLISUUKSISTA

Jokainen selvityksessä mukana ollut laitos tarvitsisi suuria investointeja, mikäli niiden toimintaa haluttaisiin jatkaa fosforinpoistolaitoksina. Laitosten sulkeminen on ollut jo pitkään tiedossa, jolloin uusia investointeja tekniikkaan ei luonnollisesti ole tehty. Investointitarpeen suuruus vaihtelee erittäin paljon, eikä niitä esiselvitysvaiheessa kannattanut ryhtyä laskemaan tarkemmin laitoksittain.

Fosforinsaostamiseen liittyy olennaisesti saostuslietteen käsittely. Se on sekä teknisesti että kustannuksiltaan lähes yhtä vaativa prosessi kuin veden puhdistaminen. Mikäli lietteet voidaan toimittaa esimerkiksi jätevedenpuhdistuslaitokseen kohtuullisin kustannuksin, ei erillistä jatkokäsittelyä tarvitse suunnitella. Mikäli tämä ei ole mahdollista, tulee liete joko pumpata kauempana sijaitsevaan lietteenkäsittelylaitokseen tai kuivata paikan päällä. Käsittelyn jälkeen liete voidaan loppusijoittaa esimerkiksi kaatopaikalle tai peltoon. Loppusijoitukseen

vaikuttavat muun muassa lietteen kuiva-ainepitoisuus sekä saostuksessa käytetyt kemikaalit. Selvityskohteiden lietteenkäsittely tulisi kaikissa tapauksissa suunnitella erikseen. Tämä luonnollisesti lisää kustannuksia.

Yhteenvetona todettiin, että fosforinsieppaus pintavedestä voisi tulla kyseeseen silloin, kun laitoksen kapasiteetti on tarpeeksi suuri ja saostaminen onnistuu erityisesti tulvapiikkien aikana. Laitoksen tulisi myös sijaita mahdollisimman raskaasti kuormitetussa vesistössä. Tällöin fosforinsieppauksella saavutetaan paras hyöty veden laadun kannalta. Kustannuksiltaan fosforinsieppausta voidaan verrata talousvedenpuhdistukseen.

Esiselvityksessä mukana olleiden pienten laitosten toimintaedellytykset fosforinpoistossa näyttävät olevan heikot. Kustannukset nousevat muun muassa tarvittavien investointien takia niin korkeiksi, ettei jatkoselvitysten tekeminen niiden kohdalla ole mielekästä. Sen sijaan fosforinpoisto Turun Halisten vesilaitokselle suunniteltavan varavesilaitoksen yhteydessä vaikutti niin lupaavalta mahdollisuudelta, että sieppauslaitoksen tekniset ja taloudelliset toteutusedellytykset päätettiin selvittää tarkemmin.

TAULUKKO 1. *Laskennallinen yhteenveto esiselvityksessä mukana olleiden laitosten fosforinpoistomääristä.*

Laitos	Laitoksen kapasiteetti m ³ /vrk	Vesistön keskimääräinen fosforipitoisuus µg/l	Laskennallinen poistettu fosfori kg/a
Raisio-Naantali	16 000	180 ¹⁾	1000
Kaarinan Littoistenjärvi	ei tiedossa	ei tiedossa	
Paimio	3500	170 ²⁾	200
Parainen	4000	65 - 80 ³⁾ (73)	100
Halisten varavesilaitos	75 000	150 ²⁾	4000

1. Lounais-Suomen ympäristökeskus (2009).

2. Sjöblom (2008).

3. Paraisten vesilaitoksen raakaveden velvoitetarkkailu 2009 (Laaksonen 6.4.2010).

4 HALISTEN TULEVAN VARAVESILAITOKSEN KÄYTTÖ FOSFORINSIEPPAUKSEEN

4.1 SUUNNITELMAN TAUSTAA

Syksyn 2011 aikana selvitettiin, mitkä ovat tekniset mahdollisuudet sijoittaa fosforinsieppauslaitos nykyisen Halisten vesilaitoksen alueelle ja laskettiin arviot kustannuksista jyvitettyä poistettua fosforikiloa kohden. Selvitys tilattiin Pöyry Finland Oy:ltä (Pöyry Finland Oy 2011), joka vastaa myös Halisten varavesilaitoksen suunnittelusta TSV Oy:n toimeksiannosta.

Suunnitelman lähtökohtana oli, että Halisten varavesilaitosta voidaan käyttää ravinnesieppaukseen niinä aikoina, jolloin laitosta ei käytetä juomaveden puhdistukseen eikä juomaveden puhdistusprosessin testaukseen ja ylläpitoon.

Vedenpuhdistusprosessin toteutuksen osalta tarkasteltiin seuraavia vaihtoehtoja:

1. Varavesilaitoksen esikäsittelyprosesseja käytetään sarjassa (lamelliselkeytys + flotaatio), jolloin fosforinsieppauksen mitoituskapasiteetti olisi 75 000 m³/d.
2. Varavesilaitoksen esikäsittelyprosesseja (lamelliselkeytintä sekä floataatiota) käytetään rinnan, jolloin fosforinsieppauksen mitoituskapasiteetti olisi 150 000 m³/d.

Lietteenkäsittelyn toteutusvaihtoehtoina tarkasteltiin seuraavia:

1. lietteen tiivistys laitoksella, jonka jälkeen kuljetus muualle jatkokäsiteltäväksi
2. lietteen tiivistys ja kuivaus laitoksella, ja kuljetus muualle jatkokäsiteltäväksi
3. lietteen pumppaus sellaisenaan Topinojan kaatopaikalle.

Kaikille vaihtoehdoille laskettiin fosforinpoistopotentiali virtaamien, jokiveden ravinnepitoisuuksien ja puhdistusprosessin tehokkuuden avulla sekä laskettiin investointi- ja käyttökustannukset. Seuraavissa kappaleissa on esitetty suunnitelman pääpiirteet teknisen toteutuksen, fosforinpoistotehon ja kustannusten osalta. Tarkemmat perustelut prosessien valintaan sekä tiedot prosessien mitoituksesta, vaadittavista rakenteista ja kustannuslaskelmien perusteista löytyvät Pöyryn esisuunnitelmasta.

4.2 ESISUUNNITELMAN PÄÄPIIRTEET: PROSESSI JA TEKNINEN TOTEUTUS

4.2.1 Vedenpuhdistusprosessi

Varalaitoksen suunnittelijatiimin mukaan varalaitoksen esikäsitteilyosuutta voitaisiin hyödyntää fosforisieppaukseen. Esikäsitteilyosuus muodostuisi kemikaloinnista ja lamelliselkeytyksestä sekä tätä seuraavasta flotaatiosta. Esisuunnitelman mukaan näitä prosesseja voitaisiin käyttää joko sarjassa varavesilaitoksen tapaan kapasiteetilla 75 000 m³/d tai rinnan, jolloin laskennallinen kapasiteetti olisi 150 000 m³/d. Esisuunnitelmassa tehtiin laskelmat molemmille vaihtoehdoille. Laskelmissa on kuitenkin otettu huomioon, että mikäli prosessia ajettaisiin suuremmalla kapasiteetilla rinnan, olisi osa altaista jatkuvasti huoltotoimenpiteiden kohteena ja siksi maksimivirtaamaksi on laskelmissa oletettu 125 000 m³/d.

Suunnitelman mukaan raakavesi johdetaan aluksi pikasekoitukseen, jossa veteen syötetään saostuskemikaalia ja polymeeriä. Lisäksi syötetään tarpeen mukaan kalkkia. Koska varavesilaitoksen on oltava kaikkina aikoina käyttöönottovalmiudessa, on kaikki ravinnesieppausta koskevat laskelmat tehty juomavesilaitokselle sopivia kemikaaleja käyttäen. Kemikaloinnin jälkeen vesi johdetaan kapasiteetin ollessa 75 000 m³/d ensin lamelliselkeytykseen ja sitten flotaatioon. Jotta näitä prosessiyksiköjä voitaisiin ajaa rinnakkain ja saavuttaa 150 000 m³/d mitoituskapasiteetti, olisi lamelliselkeytyksen ja nostopumppaamon välinen putki varustettava sulkuventtiilillä, joka on pidettävä suljettuna ravinnesieppaustoiminnan aikana. Lisäksi pikasekoituksesta olisi rakennettava putki suoraan nostopumppaamoon, joka myös varustetaan sulkuventtiilillä.

Ravinnesieppauksen jälkeen vesi johdetaan takaisin Aurajokeen vesilaitoksen puoleiselle rannalle pitkin purkuputkea, jonka koko riippuu mitoitusvirtaamasta. Haluttaessa vesi voidaan ohjata kalaportaiden ylä- ja/tai alapäähän toiselle puolelle jokea rakentamalla joen pohjaan betoninen muuri, jonka takaa vesi ohjataan kulkemaan. Näin kalaportaisiin saadaan luotua niiden toiminnan kannalta riittävä virtaama sekä alapäähän saadaan lisäksi johdettua kalojen nousua lisäävää houkutusvettä.

4.2.2 Lietteen käsittely

Halisten nykyisessä puhdistusprosessissa syntyvä liete johdetaan putkessa Turun Kakolan jätevedenpuhdistamolle, eikä lietteenkäsittelyä ole varalaitoksenkaan suhteen tässä vaiheessa suunniteltu itse laitokselle. Halisissa ei siis ole tällä hetkellä omaa lietteenkäsittely-yksikköä.

Halisten vesilaitokselta tuleva liete on käsitelty jätevedenpuhdistamolla ja sen sisältämä saostuskemikaali on hyödynnetty Kakolan puhdistusprosessissa. Ravinnesieppauslaitoksella lietettä syntyisi suuremman vesimäärän takia merkittävästi nykyistä enemmän ja vain osa lietteestä voitaisiin jatkossa johtaa jätevedenpuh-

distamolle. Tämän vuoksi olisi koko lietemäärän käsittelyn mahdollisuus Kakolan puhdistamolla vielä tarkasteltava omana vaihtoehtonaan ennen ravinnesiepparilaitoksen rakentamista. Tätä puoltaisi myös se, että tulevan varalaitoksen käyttäminen täydellä kapasiteetillaan edellyttää lietteenkäsittelyn ratkaisemista.

Esiselvityksen perusteella lietteen tiivistys ja kuivaus kannattaisi tehdä laitoksella, minkä jälkeen liete kuljetettaisiin Topinojalle jatkokäsiteltäväksi. Suunnitelman mukaan liete pumpattaisiin lietelinjaa pitkin varastoaltaasta hämmenninaltaisiin tiivistettäväksi. Hämmennimiltä liete pumpattaisiin kahdelle lingolle, joissa liete kuivataan noin 15 % kuiva-ainepitoisuuteen. Linkokuivattu liete kuljetettaisiin ruuvikuljettimilla kahteen lietesiiloon, josta se voitaisiin edelleen purkaa ruuvien avulla kuljetusautoon. Koska varavesilaitoksen lietteenkäsittelyä ei ole suunniteltu tehtävän Halisissa, tulisivat kaikki lietteenkäsittelyprosessin rakennus- ja käyttökustannukset kokonaan ravinnesieppauksen osaksi. Esisuunnitelman laskelmissa on oletettu että kaikki syntyvä liete käsitellään laitoksella. Saattaa kuitenkin olla mahdollista, että Kakolan jätevedenpuhdistamo voi edelleen ottaa vastaan nykyistä vastaavan tai jopa suuremman määrän Halisten lietteitä. Tämä laskisi sekä tarvittavien investointien määrää että käyttökustannuksia.

Suuren savipitoisuuden ja vähäisen orgaanisen aineksen määrän takia liete ei sovellu biokaasuntuotantoon, mutta vaatii kuitenkin huomattavasti tilaa, minkä vuoksi sen käsittelymaksu on jätevesilietteiden maksuja suurempi. Toisaalta, koska ravinnesieppauksen liete koostuu pääosin pelloilta peräisin olevasta kiintoaineesta, ravinteista ja saostuskemikaalista, saattaa olla mahdollista saada lupsua suoraan käyttöön maanparannusaineena ilman käsittelyä, mikäli sopiva vastaanottoaika löytyy.

4.3 ESISUUNNITELMAN PÄÄPIIRTEET: KUSTANNUS- TEHOKUUSLASKELMAT

4.3.1 Fosforinpoistoteho

Ravinnesieppauksella poistettavan fosforin määrään vaikuttaa toisaalta jokiveden virtaama ja ravinnepitoisuudet, toisaalta käsittelyprosessi ja käsiteltävän veden määrä.

Pöyryn selvityksessä käytettiin lähtötietoina Halisten padon kohdalta päivittäin mitattuja virtaamatietoja ajalta 1.1.1990 - 19.9.2011 sekä vesilaitoksen antamia tietoja, joiden mukaan Halisten vesilaitokseen vettä pumpattiin keskimäärin 1800 m³/h. Laskelmissa ei näy Aurajokeen näinä vuosina muualta pumpatun veden määrä, koska siitä ei ollut saatavissa tietoa. Joen ravinnepitoisuudet eri virtaamilla määritettiin aiemmin kehitetyllä empiirisellä regressiomallilla (Sjöblom, 2008), jonka mukaan fosforipitoisuus on suoraan verrannollinen virtaamaan ja kasvaa virtaaman kasvaessa. Regressiomallilla saatuja kuormitusarvioita verrattiin sekä mitattuihin fosforipitoisuuksiin että Varsinais-Suomen ELY-keskuksen

tekemiin laskelmiin ja todettiin, että eri tavoin lasketut kuormitusarviot vastasivat hyvin toisiaan. Aurajoen virtaama ja fosforikuorma vaihtelevat voimakkaasti vuodenaikojen suhteen ja huippuvirtaamat osuvat kevään sulamiskauteen ja syksyn sadekauteen. Myös eri vuosien välillä on suurta vaihtelua ja siksi esisuunnitelmaa varten laskettiin ensin päivittäiset fosforikuormat ja sen jälkeen vuosittainen keskimääräinen fosforikuorma päivittäisten kuormien keskiarvona.

Laskelmat perustuvat oletukseen, että kapasiteetilla 75 000 m³/d kiintoaineesta ja sen sisältämistä ravinteista saadaan suunnitelmassa esitetyllä prosessilla poistettua noin 90 %. Kapasiteetin ollessa 125 000 m³/d puolet käsiteltävästä vesimäärästä selkeytetään ja puolet johdetaan flotaatioon, joten kiintoaineen erotusasteen on oletettu olevan 70 %. Mikäli puhdistustehosta halutaan saada varmistus, on käsittelyprosessia testattava laboratoriolaitosmittakaavan testeillä.

Käsiteltävän veden määrä laskettiin joen virtaamatietojen ja mitoituskapasiteetin perusteella. Aurajoen virtaaman ollessa mitoitusvirtaamaa pienempi käsiteltävän veden määräksi oletettiin joen virtaama.

Näillä perusteilla esisuunnitelmassa esitettiin vuosille 1995 - 2006 lasketut keskimääräinen käsitellyn veden virtaama, poistuva fosforimäärä ja poistetun fosforin osuus koko Aurajoen fosforikuormasta (taulukko 2). Esisuunnitelmassa fosforinpoistotehokkuuden laskemisen pohjaksi on valittu kausi 1995 - 2006, sillä saatavilla olevat virtaamatiedot ja Sjöblomin malli kattavat tämän ajanjakson kokonaisuudessaan.

TAULUKKO 2. Vuosille 1995 - 2006 lasketut keskimääräinen käsitellyn veden virtaama, poistuva fosforimäärä ja poistetun fosforin osuus koko Aurajoen fosforikuormasta.

Vuosi	Mitoitusvirtaama 150 000 m ³ /d			Mitoitusvirtaama 75 000 m ³ /d		
	Käsitelty vesi keskimäärin (m ³ /s)	Poistuva fosfori (kg/a)	Osuus Aurajoen fosforikuormasta (%)	Käsitelty vesi keskimäärin (m ³ /s)	Poistuva fosfori (kg/a)	Osuus Aurajoen fosforikuormasta (%)
1995	1,34	5080	9,9	0,86	4120	8,1
1996	1,27	4800	8,9	0,86	4130	7,7
1997	1,38	5180	10,5	0,87	4160	8,5
1998	1,45	5550	9	0,87	4280	7
1999	1,39	5420	6,7	0,87	4330	5,3
2000	1,34	5430	6,5	0,84	4340	5,2
2001	1,4	5340	9,1	0,87	4240	7,3
2002	1,02	3810	9,3	0,73	3450	8,4
2003	0,91	3240	15,2	0,69	3080	14,4
2004	1,33	4910	9,3	0,84	3950	7,5
2005	1,19	4260	9,6	0,82	3730	8,4
2006	1,1	4220	6,2	0,78	3720	5,5

4.3.2 Ravinnesieppauksen kustannukset

Ravinnesieppauksen kustannukset jakaantuvat investointikustannuksiin, käyttökustannuksiin ja lietteen jatkokäsittelyn kustannuksiin. Investointikustannuksiksi saatiin mitoitusvirtaamalla 150 000 m³/d noin 3,9 miljoonaa euroa ja mitoitusvirtaamalla 75 000 m³/d noin 2,5 miljoonaa euroa. Nämä investointikustannukset on esisuunnitelmassa muutettu käyttökustannuksiksi käyttämällä takaisinmaksuaikana 15 vuotta ja laskentakorkona 3 %. Näin laskettuna investointikustannukset muodostaisivat vuotuisista kokonaiskustannuksista noin 4 %.

Investointilaskelmissa on oletettu, että ravinnesieppauslaitos rakennetaan samaan aikaan varavesilaitoksen kanssa. Mikäli ravinnesieppauslaitos halutaan rakentaa vasta myöhemmin, tulevat investointikustannukset olemaan huomattavasti suuremmat.

Käyttökustannukset muodostuvat kemikaali-, sähkö-, palkka- ja huoltokustannuksista. Palkkakustannukset muodostavat näistä Raision laitoksen tietojen perusteella yli 50 % (0,85 m €). Käyttökustannukset vaihtelevat eri vuosien välillä, koska ne riippuvat laitoksella käsitellyn veden määrästä ja sitä kautta joen virtaamasta. Vuotuisella keskimääräisellä virtaamalla 1,26 m³/s (mitoitusvirtaama 150 000 m³/d) käyttökustannukset olisivat noin 2,7 miljoonaa euroa, kun taas vuotuisella keskimääräisellä virtaamalla 0,82 m³/s (mitoitusvirtaama 75 000 m³/d) käyttökustannukset olisivat noin 1,9 miljoonaa euroa. Vuotuisista kokonaiskustannuksista käyttökustannukset muodostaisivat noin 35 %, mikä 75 000 m³:n mitoitusvirtaamalla tarkoittaisi noin 3 c/m³:n (0,03 €) yksikkökustannusta.

Ravinnesieppauslaitoksen ulkopuolella tehtävän lietteen ja rejektiveden jatkokäsittelyn sekä lietteen kuljetuksen kustannukset muodostivat tehdyssä selvityksessä vuotuisista kokonaiskustannuksista noin 60 %. Täysimääräisinä ja jätevesilietteeseen verrattavina lietteen porttimaksut muodostaisivat jo yksinään yli puolet ravinnesieppauksen vuotuisista kokonaiskustannuksista.

Nämä laskelmat on tehty olettaen, että Kakolanmäen puhdistamo ei aiemmasta tilanteesta poiketen ottaisi enää ollenkaan vastaan Halisissa syntyvää lietettä. Mikäli osa lietteestä voitaisiin edelleen johtaa Kakolanmäelle ja mikäli jäljelle jäävälle tiivistetylle ja kuivatulle lietteelle löydettäisiin kustannustehokas jatkokäsittelytapa, kuten esimerkiksi maankaatopaikkojen tai kaatopaikan verhoilu, olisivat ravinnesieppauksen kustannukset ratkaisevasti em. laskelmia pienemmät.

Yhteenvedo kustannuksista on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Arvio vuotuisista kustannuksista ravinnesieppauslaitoksella laskettuna keskimääräisen virtaaman mukaan.

Mitoitusvirtaama	150 000 m ³ /d		75 000 m ³ /d	
Kustannus	Vuosittaiset kustannukset k€/a	Osuus kustannuksista %	Vuosittaiset kustannukset k€/a	Osuus kustannuksista %
Investointi	320	4	210	4
Käyttö	2700	35	1930	36
Rejektivesimaksu	420	5	290	5
Lietteen kuljetus	170	2	120	2
Lietteen porttimaksu	4080	53	2810	52
Yhteensä	7690	100	5360	100

4.4 RAVINNESIEPPAUKSEN VAIKUTUKSET ALAJUOKSULLA JA MERIALUEELLA

Janne Suomela & Asko Sydänoja, Varsinais-Suomen ELY-keskus

Ravinnesieppausprosessin potentiaaliset vaikutukset ulottuisivat Aurajoen kuormittamaan merialueeseen sekä itse Aurajokeen sen lyhyessä Halisten alapuolisessa osassa. Fosforikuormituksen lisäksi myös joen mereen tuoman kiintoaineen määrä pienenisi sieppausprosessissa. Sen sijaan liukoisen typen määrään käsitellyllä ei olisi vaikutusta.

Tässä esitetty arvio kuormituksen vähenemisen vaikutuksista perustuu suunnitelmassa esitettyihin laskelmiin poistettavan fosforin määrästä. Arvio on tehty molemmille mitoitusvirtaamille, joita raportissa tarkastellaan (125 000 m³/d ja 75 000 m³/d). 125 000 m³/d (1,45 m³/s) on 21 % Aurajoen vuotuisesta keskivirtaamasta. 75 000 m³/d (0,87 m³/s) puolestaan muodostaa 12 % Aurajoen keskivirtaamasta.

Esimerkiksi vuonna 2010 päiviä, jolloin Aurajoen virtaama oli 0,1 - 1,4 m³/s, oli 133 kpl ja päiviä, jolloin virtaama oli 0,1 - 0,9 m³/s, oli 120 kpl.

Jos käsiteltävä vesimäärä olisi ollut 75 000 m³/d niin päiviä, jolloin 90 % virtaamasta olisi mennyt ohi laitoksen, olisi ollut 36 kpl ja päiviä, jolloin yli puolet virtaamasta olisi ohittanut laitoksen, olisi ollut 107 kpl. Päiviä, jolloin vettä ei virrannut Halistenkoskesta lainkaan (virtaama 0 m³/s), oli 103 kpl. Päiviä, joilta virtaamatietoja ei vuonna 2010 ollut saatavissa, oli 16 kpl. Fosforin poiston kannalta optimaalisia päiviä oli siis melko vähän.

Aurajoki toi fosforia Saaristomereen vuosittain keskimäärin 63 tonnia (21 - 119 t) vuosina 1994 - 2010. Esisuunnitelmassa tehtyjen laskelmien perusteella laitokseen johdettavalla 125 000 m³/d:n virtaamalla fosforia olisi poistunut vuosina 1995 - 2006 keskimäärin 3,2 - 5,6 t/a ja 75 000 m³/d:n virtaamalla 3,1 - 4,3 t/a.

Turun edustan merialueen vuosittaista fosforin kokonaiskuormitusta, joka vuosina 1994 - 2010 oli keskimäärin 145 tonnia (51 - 250 t), ravinnesieppari olisi vähentänyt keskimäärin 3,3 % (2,3 - 4,9 %). Aluetta kuormittavat Aurajoen lisäksi mm. Raisionjoki ja Hirvijoki sekä Turun Kakolan ja Paraisten jätevedenpuhdistamot. Turun salmialueilla, missä Aurajoki on keskeinen kuormittaja, ravinnesiepparin vaikutus olisi kuitenkin ollut suurempi.

Ravinnesiepparilla poistettavan fosforin määrä olisi samansuuruinen kuin Kaarinan ja Raision puhdistamojen keskimääräinen fosforikuormitus oli tai vähintään puolet siitä. Nykyään Raision ja Kaarinan jätevedet johdetaan Turun Kakolanmään puhdistamoon. Ravinnesiepparilla poistettavan fosforin määrä olisi kuitenkin pieni, jos sitä verrataan virtaamaltaan erilaisten ajanjaksojen veden laadun vaihteluun tai vuosien välisiin eroihin.

Koko Saaristomereen tulee paikallisista lähteistä, ilmalaskeumana ja luonnonhuuhtoumana fosforia 530 t/a. Tähän suhteutettuna sieppausprosessilla aikaansaatua vähennys olisi 125 000 m³/d:n virtaamalla 0,6 - 1 % ja 75 000 m³/d:n virtaamalla 0,6 - 0,8 %.

Fosforia poistui Aurajoen kuormituksesta myös Halisten vesilaitoksen toiminnan aikana. Vedenpuhdistusta varten Aurajoesta otettiin tällöin vettä n. 44 000 m³/d. Tähän verrattuna ravinnesiepparin vaikutus fosforin poistossa olisi 2 - 3 kertaa tehokkaampaa. Erona vesilaitoksen toimintaan olisi kuitenkin se, että silloin vesi johdettiin vesijohtoverkoston, kun taas siepparin puhdistama vesi palautettaisiin takaisin jokeen.

Kuormituksen väheneminen vaikuttaisi myös joen Halisten alapuoliseen osaan. Vaikutus vaihtelisi kuitenkin huomattavasti virtaaman määrästä riippuen. Tulva-aikoina vähenemän suhteellinen osuus olisi vain joitakin prosentteja. Sen sijaan pienemmillä virtaamilla ravinnesieppari poistaisi kaiken tai suurimman osan ravinteista. Puhdistetun veden palauttaminen jokeen parantaisi alaosan veden laatua todennäköisesti jonkin verran.

Rannikon läheisissä merivesissä ja sisäsaaristossa fosfori on yleensä minimiravinne, jonka puute rajoittaa levien kasvua. Ravinnesieppaus nostaisi hieman mereen tulevan jokiveden typpi-fosforisuhdetta, koska ravinnesieppari poistaisi vedestä fosforia ilman että typen määrä muuttuisi. Tämä voisi lisätä Turun lähivesien fosforirajoittuneisuutta entisestään. Seurauksena saattaisi myös olla ylimääräisen typen kulkeutuminen ulommas saaristoon, missä se lisäisi rehevyyttä, koska siellä taas typpi on useimmiten levien kasvua rajoittava ravinne.

5 LOPUKSI

Maapallon fosforivarantojen hupeneminen on laajalti tunnustettu tosiasia. Suomessa tärkeimpien apatiittikaivosten varantojen on laskettu riittävän noin 20 - 25 vuodeksi. Fosforin hinta on noussut viimeisten vuosien aikana, ja lannoitefosforin hinta on tällä hetkellä vajaa 2 euroa kilolta. Satona korjattavan fosforin osuus lannoitteena käytetystä fosforista on kuitenkin pieni, ja sadonkorjuun jälkeen pellolle jäänyt fosfori on vaarassa huuhtoutua vesistöön. Maatalouden ympäristötukijärjestelmästä (2000 - 2006) tehdyn analyysin mukaan pellolta pidätetyn partikkelifosforin kilohinnaksi muodostuu 40 - 5000 euroa, riippuen menetelmästä ja pellon kaltevuudesta (Grönroos ym. 2007). Edullisinta oli fosforin pidättäminen erittäin kaltevilla pelloilla, kun taas alle 3 % kaltevilla pelloilla pidätetyn fosforin kilohinnat olivat 400 eurosta ylöspäin.

Halisten ravinnesieppausprosessissa laskettiin poistuvan virtaamasta riippuen vuosittain noin neljä tonnia (3,1 - 4,3 t) fosforia ja poistetun fosforikilon hinnaksi saatiin noin 1300 euroa (1260 - 1480 €). Tästä hinnasta n. 4 % on investointikustannuksia (jaettuna 15 vuodelle), 35 % käyttökustannuksia ja noin 60 % lietteen kuljetukseen, rejektivesimaksuihin ja Topinojan porttimaksuun liittyviä kustannuksia. Ravinnesieppauksen liete koostuu joen kiintoaineesta, ravinteista ja saostuskemikaalista. Mikäli lietteen jatkokäsittelyyn löytyy kustannustehokas vaihtoehto – esimerkiksi sellainen, jossa kaikki tai osa lietteestä voitaisiin johtaa nykyiseen tapaan Kakolanmäelle ja loppu liete voitaisiin käyttää maanparannusaineena – laskisi poistetun fosforikilon hinta lähelle 500 euroa. Yllä esitetyt hinnat perustuvat oletukseen, että ravinnesieppauslaitos toteutetaan varavesilaitoksen saneeraus-yhteydessä. Myöhemmin toteutettuna ravinnesieppauslaitoksen investointikustannukset nousevat lähes kaksinkertaisiksi.

Suomi on sitoutunut parantamaan vesistöjensä tilaa. Valtioneuvoston hyväksymän vesienhoitosuunnitelman tavoitteiden mukaan esimerkiksi Aurajoen fosforikuormitus tulisi puolittaa nykyisestä noin 63 tonnista vuoteen 2021 mennessä. Ravinnesieppauksella poistetun fosforikilon hinta olisi samaa luokkaa kuin kauden 2000 - 2006 ympäristötukijärjestelmän toimenpiteillä poistetun fosforin hinta, mutta menetelmä olisi varmatoiminen ja poistetun fosforin määrä olisi helppo todentaa. Ravinnesieppauslaitoksen toteuttaminen Halisiin voisi tukea vesienhoitosuunnitelman vähennystavoitteiden toteutumista siirtymäaikana, jolloin valuma-alueella tehtäviä kuormituksen vähentämistoimia edelleen kehitetään ja toteutetaan.

LÄHTEET

Grönroos Juha, Hietala-Koivu Reija, Kuussaari Mikko, Laitinen Pirkko, Lankoski Jussi, Lemola Riitta, Miettinen Antti, Perälä Paula, Puustinen Markku, Schulman Anna, Salo Tapio, Siimes Katri ja Turtola Eila, 2007. SY19/2007 Analyysi maatalouden ympäristötukijärjestelmästä 2000 – 2006. Suomen ympäristö 19/2007, Ympäristönsuojelu, 168 s., Suomen ympäristökeskus. URN:ISBN:9789521127120. ISBN:978-952-11-2710-0 (PDF).

Pöyry Finland Oy, 2011. Turun Halisten vesilaitoksen käyttömahdollisuudet Aurajoen ravinnesieppauksessa. Esisuunnitelma. Turun ammattikorkeakoulu. Julkaisematon konsulttiselvitys 12.12.2011.

Schauser Inke ja Heinzmann Bernd 2011. Oligotrophication of Lake Tegel and Schlachtensee, Berlin. EDS: Chorus Ingrid and Schauser Inke. Federal Environment Agency 45/2011.1-197. ISSN 1861-4804.

Sjöblom Heidi, 2008. Suomesta Itämereen laskevien jokien fosfori- ja typpikuormat 1961-2006 – arvio maatalouden kuormitusmuutoksista. Teknillinen korkeakoulu, yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Diplomityö 129 s.