

LOPPURAPORTTI

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Tekniikka, ympäristö ja talous

Innovaatioakatemia

Anne Hemmi, Hannamaria Yliruusi 16.12.2010

RAVINNESIEPPARI

– käytöstä poistuvien vesilaitosrakenteiden
hyödyntämisen mahdollisuudet pintavesien
fosforinpoistossa

ESISELVITYSVAIHEEN
LOPPURAPORTTI



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

RAVINNESIEPPARI

– käytöstä poistuvien vesilaitosrakenteiden hyödyntämisen mahdollisuudet pintavesien fosforinpoistossa

Projektin tarkoituksena on ollut löytää uusia innovatiivisia keinoja vähentää Saaristomeren rehevöitymistä ja toisaalta estää kuormituksen kasvua tilanteessa, jossa vesihuoltoa keskitetään suuriin yksiköihin. Monien pienempien vesihuoltolaitosten toimintaa ollaan lopettamassa lähitulevaisuudessa ja siten niiden ravinnekuormitusta vähentävä vaikutus laitosten lähivesistöissä on poistumassa. Ellei mitään tehdä, muutoksilla tulee olemaan myös suoria, negatiivisia vaikutuksia Saaristomeren tilaan.

Ravennesiepparihankkeen esiselvitysvaiheessa selvitettiin käytöstä poistuvien pintavesilaitosten sekä jätevedenpuhdistuslaitosten soveltuvuutta fosforin kemialliseen poistamiseen pintavedestä. Esiselvitys tehtiin Kaarinan Littoistenjärven, Paimion, Raisio-Naantalin, Paraisten ja Turun Halisten laitoksilla. Tämän lisäksi vierailtiin Saksassa Wahnbach-Verbandin pintavesilaitoksessa.

Kustannustehokkaan fosforinpoiston toteutusmahdollisuuksiin vaikuttavat ensisijaisesti olemassa olevan tekniikan hyödynnettävyys, osaava henkilöstö, laitoksen kapasiteetti, puhdistettavan vesistön virtaama ja pintaveden fosforipitoisuus, fosforinsaostuslietteen käsittely- ja hyötykäyttömahdollisuudet, asianosaisten kuntien vesihuoltosuunnitelmat sekä muut viranomaisten vaatimat toimenpiteet. Jokaisen laitoksen kohdalla mahdollisuudet tutkittiin yksilöllisesti, sillä yleispäteviä ratkaisuja ei ole.

Esiselvityksessä mukana olleiden pienten laitosten toimintaedellytykset fosforinpoistossa näyttävät heikolta. Kustannukset nousevat niin korkeiksi, ettei jatkoselvitysten tekeminen niissä ole mielekästä. Selvityksiä sen sijaan jatketaan edelleen Turun Halisten vesilaitoksella yhdessä Turun Seudun Vesi Oy:n kanssa.

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	4
1.1 Esiselvityksen tarkoitus	4
1.2 Vesihuollon trendit	4
2 ESISELVITYKSEN TOTEUTTAMINEN	5
3 TULOKSET	6
3.1 Raision-Naantalin vesilaitos	6
3.2 Paimion jätevedenpuhdistuslaitos	8
3.3 Kaarinan Littoistenjärven vesilaitos	9
3.4 Länsi-Turunmaan Paraisten vesilaitos	10
3.5 Turun Halisten vesilaitos	12
3.8 Saksan Wahnbach-Verband fosforinpoistolaitos	14
3.9 Patoaltaat sedimentin kerääjinä	15
4 JOHTOPÄÄTÖKSET	16
4.1 Eri laitoksien fosforinpoistomahdollisuudet	16
4.2 Halisten varavesilaitoksen valjastaminen fosforinsieppaukseen	17
KIITOKSET	20
LÄHTEET	21
LIITTEET	22

1 JOHDANTO

1.1 Esiselvityksen 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. Eri-tyisesti hajakuormituksen vähentäminen on haasteellista ja se vaatii perinteisten toimien lisäksi uusia innovatiivisia lähestymistapoja ja toimenpiteitä.

Ravinneseppäri –hankkeen esiselvitysaiheessa tutkittiin käytöstä poistettujen pintavesilaitosten, jätevedenpuhdistamoiden, vesistöissä olevien patoaltaiden sekä muiden vesihuoltoon kuuluvien olemassa olevien rakenteiden soveltuvuutta fosforin poistamiseen ja siten pintavesien laadun parantamiseen. Selvitys oli ajankoh- tainen, sillä nykytrendin mukaan talousveden valmistamisessa ja jätevesien käsit- telyssä suositaan suurempiin yksikköihin siirtymistä ja lähitulevaisuudessa pienempiä laitoksia poistuu niiden alkuperäisestä käytöstä. Onkin ollut mielekästä selvittää kuinka aikoinaan näihin laitoksiin tehdyt investoinnit voisivat palvella yh- dyskuntia myös alkuperäisen toiminnan loputtua.

Esiselvityksen päämääränä oli kartoittaa innovatiivisia, nopeasti vaikuttavia sekä kustannustehokkaita ensiaputoimenpiteitä vesistöjen tilan parantamiseksi. Ajatuk- sena oli, että nämä toimenpiteet tulisivat tukemaan muun muassa maatalouden piirissä tehtyä vesiensuojelutyötä ja että ne nopeuttaisivat positiivisten vesistövai- kutusten aikaansaamista.

1.2 Vesihuollon trendit

Nykyisen trendin mukaan jätevesien käsittelyssä sekä talousveden valmistukses- sa suositaan suurempiin yksiköihin siirtymistä. Lisäksi pintaveden käytöstä raaka- vesilähteenä pyritään siirtymään pohjaveden tai tekopohjaveden käyttöön (esi- merkkinä Varsinais-Suomen alueen Turun Kakolan jätevedenpuhdistamon avaaminen sekä Virttaankankaan tekopohjavesihanke) (Isomäki ym. 2007). Tämä tarkoittaa muun muassa sitä, että lähitulevaisuudessa puhdistuslaitoksia poistuu niiden alkuperäisestä käytöstä. Vesilaitosten lisäksi vesistöalueilla esiintyy vaihte- levan kokoisia patoaltaita, joiden tiedetään keräävän sedimenttiä, johon maatalo- usvaltaisilla alueilla on sitoutuneena fosforia (Komulainen ym. 2008). Varsinais- Suomessa onkin ajateltu, että alkuperäisestä käytöstä poistetuilla vedenpuhdis-

tamoilla sekä olemassa olevilla patoaltailla voisi tulevaisuudessa olla paikallisesti tärkeä rooli pintavesien fosforinpoistossa ja sitä kautta vedenlaadun paranemisessa.

Rehevöitymistä aiheuttavat vesistöissä ravinteet fosfori (P) ja typpi (N), ja vesistöistä riippuen jompikumpi näistä on kasvua hillitsevä minimitekijä. Fosforinpoisto eroaa typenpoistosta siten, että fosforia voidaan saostaa vedestä kemiallisesti. Typenpoisto vedestä vaatii biologisen prosessin, jonka hallitseminen on huomattavasti haasteellisempaa.

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 hyvin yleisesti käytetty. Saostamiseen voidaan käyttää myös erilaisia polymeerejä, jotka ovat varta vasten räätälöityjä käyttötarkoitukseensa. (Viitasaari ym. 1994)

2 ESISELVITYKSEN TOTEUTTAMINEN

Esiselvitysvaiheessa selvitettiin käytöstä poistuvien pintavesilaitosten ja jätevedenpuhdistuslaitosten soveltuvuutta pintaveden fosforin kemialliseen poistamiseen. Esiselvitys tehtiin Kaarinan Littoistenjärven, Paimion, Raisio-Naantalin ja Paraisten ja Turun Halisten puhdistamoilla. Laitoksilla vierailtiin kevään 2010 aikana. Käynnin 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 nykykustannuksista, lietteenkäsittelystä, mahdollisista viranomais määräyksistä, vedenlaadun velvoitetarkkailujen tuloksista ja muista fosforinpoistolaitokseksi muuttamisen kannalta olennaisiksi katsotuista kysymyksistä.

Kirjallisuustietokannoista tehtiin hakuja fosforinpoistolaitoksista käyttökokemusten ja jo olemassa olevaa tiedon löytämiseksi. Esimerkkejä laitoksista ei kuitenkaan löytynyt joko siksi, ettei vastaavista kokeiluista tai toiminnasta ole raportoitu tiedellisillä foorumeilla tai siksi, ettei tällaista toimintaa juuri harjoiteta.

Kemira Oyj:n ja Pöyry Finland Oy:n asiantuntijoita tavattiin syksyn 2010 aikana. Kemianteollisuuden ja vesilaitostekniikan alan ammattilaisten kanssa keskusteltiin siitä, millaiset mahdollisuudet käytännössä on muuntaa käytöstä poistuva tai jo poistettu vesihuoltolaitos fosforinsieppauslaitokseksi.

Elokuussa 2010 tehtiin ekskursio Saksaan Bonnin lähellä toimivaan Wahnbach-Verband ravinnesiepparilaitokseen. Käynnin aikana haastateltiin laitoksen johtajaa Oluf Hoyeria ja selvitettiin millaisia kokemuksia laitoksella on ravinnesieppauksesta.

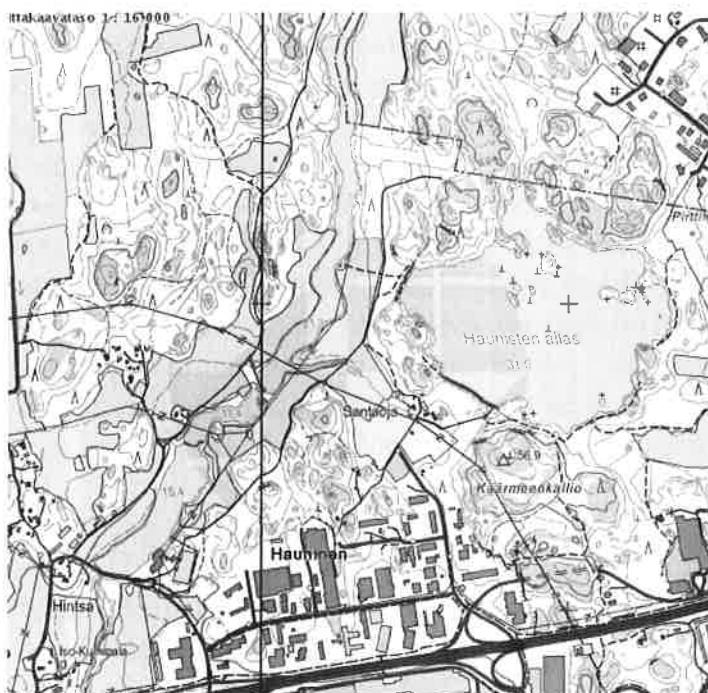
3 TULOKSET

3.1 Rasion-Naantalin vesilaitos

Rasion-Naantalin vesilaitoksella vierailtiin 11.3.2010. Vesilaitoksen johtaja Joni Holmroos esitteli laitoksen toimintaa ja sen tulevaisuudennäkymiä.

Rasion-Naantalin vesilaitoksen vedenpuhdistusprosessiin kuuluu tällä hetkellä raakaveden koagulointi ja flokkaus alumiini- tai rautapohjaisella kemikaalilla, pysytelkeytys, otsonointi sekä veden hidassuodatus.

Laitoksen omistaa Raisio-Naantalin kuntayhtymä. Suunnitelmat laitoksen osalta ovat osittain kesken, mutta kaupunki on tehnyt päätöksen muun muassa laitoksessa tällä hetkellä työskentelevän henkilökunnan osalta. Henkilökunnasta osa tulee siirtymään eläkkeelle ja osalle tarjotaan kaupungilta muuta työtä. Osa saattaa kuitenkin jäädä vaille kaupungin tarjoamaa työtä. Töitä mahdollisesti vaille



jäävän henkilöstön mukana kahtoisesti Holmroosin mukaan osaaminen mm. runkovesiputkistosta.

Raisio-Naantalin vesilaitoskonaisuuteen kuuluvat kaksi patoa ja Haunisten tekoallas jäisivät suunnitelmien mukaan Rasion kaupungille. Osa rakenteista sijaitsee vuokramaille ja aiheuttavat siten kaupungille kustannuksia.

Kuva 1. Raisio-Naantalin vesilaitosalueeseen kuuluu Ruskojoen kaksi patoa, sekä Haunisten allas, jota on käytetty raakaveden esiselkeyttämiseen.

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 hel-

pointa poistaa. Kaikki Haunisten altaaseen tuleva vesi pumpataan tällä hetkellä Ruskonjoesta.

Kun Turun Seudun Vesi Oy (TSV Oy) alkaa aikanaan toimittaa vettä alueelle, veden puhdistus laitoksella loppuu. Alustavan aikatauluarvion mukaan tämä tapahtuisi koekäytöstä noin vuoden kuluttua, eli toiminnan voidaan olettaa jatkuvan vielä ainakin vuoden 2011 loppupuolelle asti.

Vuositasolla laitoksen puhdistuskapasiteetti on 4,6 milj. m³. Tällä hetkellä laitokselle otetaan vettä noin 10 % (13 000 m³/vrk) joen virtaamasta 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. Toiminnan jatkumiseen ei ole varauduttu joten uusia investointeja ei ole tehty, ja laitoksen tekniikka on nykyisellään vanhentunutta.

Holmroosin mukaan pelkkä fosforin saostaminen Ruskonjoen vedestä ei olisi mielekästä, vaan samalla toiminnan jatkamisen vaivalla kannattaisi tehdä juomaveden laatukriteerit 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 pois, mutta kemikaalikustannukset säilyisivät kutakuinkin ennallaan. Tällä hetkellä juomaveden tuotannon kustannukset ovat noin 0,25 € / m³.

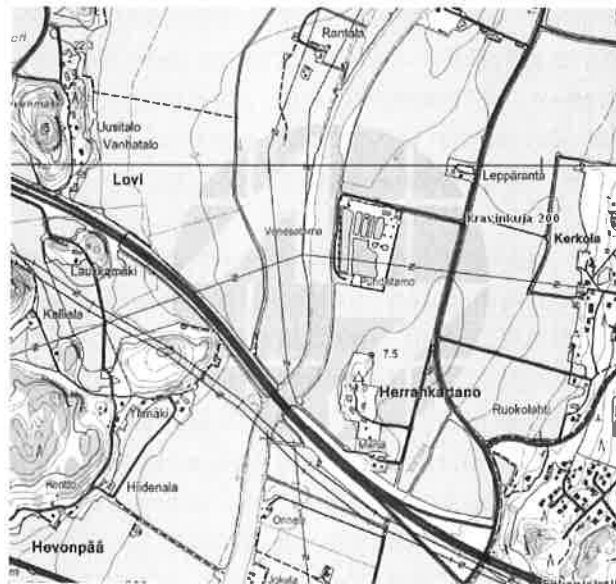
Suurimpia haasteita Raison-Naantalin vesilaitoksen muuntamisessa fosforisieppariksi on lietteenkäsittelyn puuttuminen sekä investointitarve uuteen laitostekniikkaan. Lisäksi laitoksen kapasiteetti on nykyisellään pieni, jolloin myös mahdollisesti poistettavan fosforin määrä jää vähäiseksi. Esiselvitysvaiheessa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

3.2 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. Mitoitusvirtaamapasiteetti on 3 500 m³/vrk. Nykyisellään sen toiminta keskittyy alueen jätevesien siirtämiseen Turun Kakolan jätevedenpuhdistamolle. Laitos on Salon mukaan alasajettu ja tekniikka vanhentunutta.

Aiemmin laitokselta tullut liete (2 000 - 2 500 m³; kiintoainepitoisuus noin 20 %) kalkkistabiloitiin, varastoitiin ja se päättyi syksyllä peltolevitykseen. Liete 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 Kakolaan.



Kuva 2. Paimion suljettu jätevedenpuhdistuslaitos sijaitsee Paimiojoen rannalla. Paimiojoen korkea fosforipitoisuus ja laitoksen hyvä sijainti kannustaisivat fosforinsieppaukseen.

Laitoksella työskentelee 3 henkilöä. Vuotuiset käyttökulut ovat noin 300 000 € ilman investointeja. Keväällä 2010 jäteveden siirtämisestä aiheutuvat sähkökulut olivat noin 2 000 €/kk. Alueen hyödyntämisestä ovat ilmaisseet kiinnostuksensa aiemmin muun muassa kalankasvattajat (istutussiikaa) ja lintuharrastajat, jotka pelkäävät alueen umpeenkasvua.

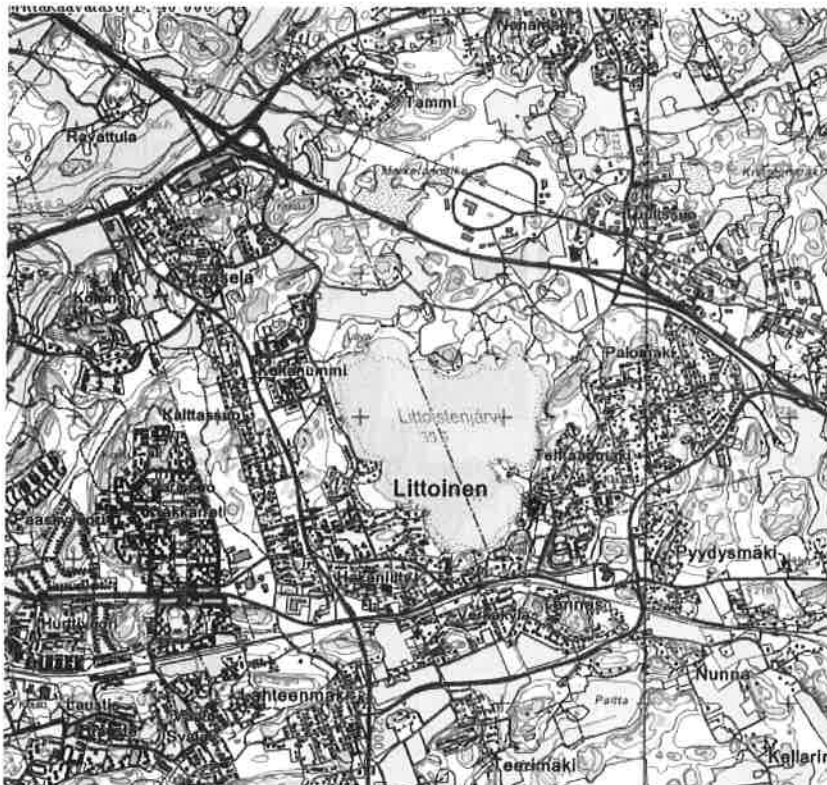
Laitoksen toiminnan jatkumisen ja tulevan toiminnan luonteen kannalta on olennaista, mitä ympäristöviranomaiset tulevat laitokselta edellyttämään tulevaisuudessa. Jos ympäristöviranomaiset edellyttävät, että laitoksen allastilavuuksia hyödynnetään tulvahuippujen tasaamisessa, fosforin saostaminen ei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

Pekka Salo oli skeptinen sen suhteen, että laitosta voisi tai kannattaisi hyödyntää fosforinsiippauksessa. 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 fosforinsiippaus olisi täällä mielekästä, mutta fosforin saostamista Paimiojoesta jätevedenpuhdistuslaitoksella ei nähdä kustannustehokkaana. Täysin vanhentunut tekniikka tarvitsisi uusia kokonaisuudessaan.

3.3 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 hetken vuokraaja Olli Ojala. Laitoksen omistaa Kaarinan kaupungin Littoistenjärven säännöstely-yhtiö.



Kuva 3. Littoistenjärven vedenlaadun parantamisesta ei ole päästy Kaarinassa yhteisymmärrykseen. Konsensuksen puute vaatii teknisten ja taloudellisten satsauksien lisäksi myös yhteisen tahtotilan aikaansaamista.

1998. Investointeja laitokseen ei ole tehty sen käynnissä ollessa toiminnan lopettamispäätöksen johdosta. Kaupunki on myynyt laitoksen käyttökelpoisesta tekni-

kasta suuren osan ja jäljelle jääneet pumput, sähkölaitteet ja muu tekniikka ovat olleet käyttämättä 12 vuoden ajan ja loppuun kulutettuja. Jos laitoksen toimintaa ryhdyttäisiin uudelleen käynnistämään, tulisi koko tekniikka uusiksi, mistä koituisi korkeita kustannuksia.

Johtopäätöksenä voidaan sanoa, että toiminnan minkäänlainen uudelleen käynnistäminen vaatii paljon investointeja tekniikkaan ja toisaalta panostusta taustatyöhön liittyen Littoistenjärven vedenlaadun parantamiseen. Esiselvityksen perusteella fosforin saostamiseen tähtäävät toimet olisivat laitoksella kohtuuttoman kalliita ja mahdollisesti jopa tehottomiakin kokonaistilanteen huomioon ottaen: Kaarinan kaupungissa ja Liedon kunnassa ei ole toistaiseksi saavutettu kovin vankkaa poliittista tahtotilaa ja konsensusta Littoistenjärven tilan parantamiseen tähtäävien, kevyempien ja edullisempienkaan toimenpiteiden tehokkaaksi toteuttamiseksi.

3.4 Länsi-Turunmaan Paraisten vesilaitos

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

Paraisten vesilaitos lopettaa toimintansa arviolta vuonna 2011, kun Virttaankankaan tekopohjavettä saadaan alueelle. Se ei tule jatkossa toimimaan varalaitoksena, eikä muista jatkosuunnitelmista ollut tietoa. Laitos työllistää Laaksosen 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. Makeanveden altaaseen tullaan avaamaan meriyhteys luonnontieteellisiin arvoihin perustuen. Laaksosella ei ollut tietoa siitä, edellyttääkö ympäristöviranomaisen mahdollisesti joitakin toimia kaupungilta altaan tilan ylläpitämiseksi tai parantamiseksi laitoksen sulkemisen jälkeen, mutta ainakaan vesihuoltolaitosta se ei velvoita mihinkään.

Eri lähteistä altaaseen tuleva fosforin kokonaiskuormitus on 1 030 kg P/vuosi, typen kokonaiskuormitus 12 147 kg N/vuosi. Kriittiseksi fosforikuormituksen rajaksi

on ilmoitettu 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 $\mu\text{g/l}$, sekä raakaveden minimi- ja maksimiarvoja 2 000 m^3 ja 2 500 m^3). Laitoksen maksimikapasiteetin (4 000 m^3) ja korkeimman mitatun kokonaisfosforipitoisuuden (80 $\mu\text{g/l}$; 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 muun raakaveden laatua kuvaavien parametrien lisäksi myös fosforinäytteitä (fosfaattifosfori PO_4 , sekä kokonaisfosfori P_{tot}). Kuluttajille lähtevän veden laadusta otetaan myös näytteitä säännöllisesti, mutta ilmeisesti fosforipitoisuuksia ei ole ollut syytä tutkia, sillä tuloksia tällaisista analyyseistä ei Laaksosella ollut. Laitokselta lähtevän veden tyyppiyhdisteiden (ammoniumtyypin $\text{NH}_4\text{-N}$, nitriittityypin $\text{NO}_2\text{-N}$, nitraattityypin $\text{NO}_3\text{-N}$) määrät ovat olleet hyvin alhaisia eli lähellä määrittystasoa.

Laitos ottaa tällä hetkellä raakavettä 2 000 - 2 500 m^3/vrk , maksimikapasiteetin ollessa 4 000 m^3/vrk . Saostuskemikaalina käytetään polyalumiinikloridia. Vesipitoinen rejektivesi (116 000 m^3 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.

Juomaveden veroton tuotantohinta on ollut 0,71 €/m³ vuonna 2009. Hinta muun muassa sisältää yllämainitut rejektiveden käsittelystä aiheutuvat kustannukset.

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

Laitoksella jatkuu juomaveden tuotanto vielä ainakin vuoden ajan. Mikäli tarpeelliseksi katsotaan, nykyisen puhdistusprosessin fosforinpoistotehokkuutta pystyttäisiin kartoittamaan näytteenotolla. Analyysitulosten avulla voitaisiin arvioida tarkemmin nykyisessä puhdistustoiminnassa 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 laitoksessa 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.

3.5 Turun Halisten vesilaitos

Turun Halisten vesilaitoksella vierailtiin 12.5.2010 ja laitoksen toimintaa ja tiloja esitteli vesilaitosjohtaja Irina Nordman. Halisten vesilaitos tulee poistumaan nykyisestä käytöstä Virttaankankaan tekopohjavesilaitoksen aloitettua toimintansa. Laitoksen ympäristöluvassa Halisten vesilaitos on kuitenkin jätettävä varalaitokseksi. Nykyisen laitoksen muuntaminen varalaitokseksi vaatii laitoksen lähes täydellisen uudelleenrakentamisen. 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 2 500 kg/v. Teoriassa fosforia voitaisiin saada talteen vuositasolla noin 5 000 kg, jos laitos toimisi varavesilaitoksen mitoituskapasiteetilla 75 000 m³/vrk. Tällä hetkellä ei ole tietoa siitä, kuinka nykyisen prosessin eri osat poistavat fosforia. Asiaa tulisi selvittää näytteenotolla.

Tällä hetkellä osa Halisten rakennuksista on huonossa kunnossa ja niiden käyttöönotto tulevaisuudessa vaatisi perusteellista saneerausta.

Halisten nykyisessä puhdistusprosessissa syntyvä liete toimitetaan Turun Kakolan jätevedenpuhdistamolle eikä lietteenkäsittelyä ole varalaitoksenkaan suhteen suunniteltu itse laitokselle. Vesipitoista ja helposti hajoavaa lietettä (kiintoainepitoisuus noin 3 %) syntyy vuosittain yli 600 000 m³. Halisten laitokselta tuleva liete

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

Esiselvitysvaiheen aikana pohdittiin muun muassa mahdollisuutta kerätä liete Halisten altaaseen. Käytännössä tämä ei kuitenkaan toimi, sillä kun Halisten altaan patoluukut avataan, vesi imaisee mukanaan altaan pohjalle kerääntyneen lietteen ja kuljettaa sen alajuoksulle.

Näyttäkin siltä, että ravinteiden sieppaus vaatii Halisten laitoksella toteutettuna täysin uuden lietteenkäsittelyn järjestämisen joko Halisiin tai muualle, johon liete voidaan johtaa esimerkiksi pumppaamalla.

Halisten vesilaitos tulee toimimaan ainakin vuoden samanaikaisesti Virttaankankaan vesilaitoksen kanssa. Varsinainen vesilaitoskäyttö loppuu ja muuttuu varalaitostoiminnaksi vasta sitten, kun Virttaankankaan vedentoimituksesta on saatu täysi varmuus. Vanha laitos ajetaan tällöin alas vähittäin Virtaan kankaan laitoksen koekäyttö- ja tuotantovaiheiden edistyessä.

Esiselvityksen perusteella vaikuttaa 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. 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 vesisuojeellisia etuja. Toiseksi varavesilaitos tulee sitomaan joka tapauksessa henkilökuntaa. Ravinnesieppauslaitoksen toimintaa voitaisiinkin ohjata jo olemassa olevalla, koulutetulla henkilökunnalla. Kolmanneksi varavesilaitoksen kapasiteetti on tarpeeksi suuri, jolloin poistettava fosforimäärä on muihin laitoksiin verrattuna merkittävä. Koska varavesilaitos on vasta suunnitteilla, olisi mahdollista jo suunnitteluvaiheessa huomioida fosforinsieppausmahdollisuus ja optimoida fosforinsieppauksen prosessi ja kustannukset.

3.8 Saksan Wahnbach-Verband fosforinpoistolaitos

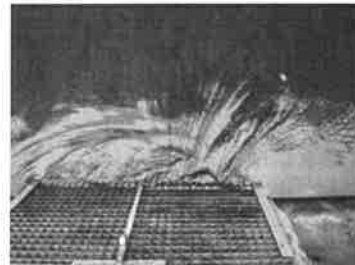
Bonnin lähellä toimivassa Wahnbach-Verband vesilaitoksessa vierailtiin elokuussa 2010. Laitoksen käyttämä raakavesi varastoidaan 41,3 M m³ altaaseen, josta vesi johdetaan talousveden puhdistusprosessiin. 1960-luvulla varastoaltaaseen ilmestyi massiivisia leväesiintymiä, ja veden laadun parantamiseksi oli kehitettävä ratkaisu. 1970 luvulla talousvedenpuhdistamon rinnalle rakennettiin veden esikäsitteilylaitos, jossa varastoaltaaseen tuleva raakavesi puhdistetaan fosforista (noin 95 %), leväbiomassasta (99 %) ja orgaanisesta aineksesta (yli 50 %).

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



4 a.

4 b.



4 c.

Kuva. 4a, 4b, 4c. Wahnbach-Verband 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.

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

Wahnbach-Verband 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 /m³. 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. 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 voida suoraan verrata Varsinais-Suomeen suunniteltavaan sieppaukseen.

3.9 Patoaltaat sedimentin kerääjinä

Turun yliopiston geologian laitoksen maaperägeologian osasto teki sedimenttitutkimuksen Turun Halistenaltaalla keväällä 2010. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kuinka paljon sedimenttiainesta lähtee kyseisestä altaasta liikkeelle keväisin jäidenlähdön aikaan. Samassa yhteydessä saatiin selville myös fosforin kulkeutuminen. (Turun yliopisto 2010)

Tutkimuksen mukaan jäidenlähdön aikaan Halisten altaasta lähti liikkeelle noin 2 200 m³ löyhää sedimenttiä. Kun tämä luku kerrottiin sedimentistä tutkitulla keskimääräisellä fosforipitoisuudella, voitiin arvioida Halisten patoaltaan aiheuttaman fosforikuormituksen olevan n. 900 kg kokonaisfosforia, josta n. 550 kg on herkkäliikkeistä fosforia ja alle 2 kg suoraan leville käyttökelpoista fosforia. Tutkimustavastajohtuen tulos on vain suuntaa-antava. (Turun yliopisto 2010)

Tutkimuksen perusteella voidaan kuitenkin sanoa, että sedimentin poistomahdollisuutta altaasta kannattaisi tutkia lisää. Olisikin syytä kartoittaa millaisia menetelmiä sedimentinpoistoon voitaisiin käyttää, ja mitä nämä tekniikat maksaisivat.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

4.1 Eri laitoksien fosforinpoistomahdollisuudet

Yleisesti hankkeeseen suhtauduttiin eri laitoksissa varovaisen uteliaasti. Talousvesilaitosten edustajat olivat lähes yksimielisiä siitä, että vedenpuhdistus kannattaisi tehdä loppuun asti juomavedeksi. Heidän mukaansa kustannukset eivät juuri muutu, käytetään laitosta sitten fosforinpoistoon tai juomaveden tuottamiseen.

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

Fosforinsaostamiseen liittyy olennaisesti saostuslietteen jatkokäsittely. Saostuslietteen jatkokäsittely on sekä teknisesti että kustannuksiltaan yhtä vaativa prosessi kuin veden puhdistaminenkin. 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. Käsitteilyn 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.

Yhteenvedona voidaan todeta, että fosforinsieppaus pintavedestä tulee tällä hetkellä kyseeseen silloin, kun laitoksen kapasiteetti on tarpeeksi suuri ja saostaminen onnistuu erityisesti tulvapiikkien aikana. Laitoksen tulisi myös sijaita mahdollisimman raskaasti kuormitetussa vesistöissä. Tällöin fosforinsieppauksella saavutetaan paras hyöty veden laadun kannalta. Kustannuksiltaan fosforinsieppausta voidaan verrata talousvedenpuhdistukseen.

Taulukko 1. Laskennallinen yhteenveto esiselvityksessä mukana olleiden laitosten fosforinpoistomääristä.

Laitos	Laitoksen kapasiteetti (m ³ /vrk)	Vesistön keskimääräinen P-pitoisuus µg/l	Laskennallinen poistettu P-määrä kg/v
Raisio-Naantali	16 000	180 ¹⁾	1000
Kaarina Littoistenjärvi	ei tiedossa	ei tiedossa	
Paimio	3 500	170 ²⁾	200
Parainen	4 000	65-80 ³⁾ (73)	100
Turku Halinen	40 000	150 ²⁾	2 100
Halisten varavesilaitos	75 000	150 ²⁾	4 000

1) Lounais-Suomen ympäristökeskus (2009).

2) Sjöblom (2008).

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

Esiselvityksessä mukana olleiden pienten laitosten toimintaedellytykset fosforinpoistossa näyttävät olevan heikot. Kustannukset nousevat muun muassa tarvittavien investointia takia niin korkeiksi, ettei jatkoselvitysten tekeminen niiden kohdalla ole mielekästä. Selvityksiä sen sijaan kannattaisi jatkaa edelleen Turun Halisten vesilaitoksella yhdessä Turun Seudun Vesi Oy:n kanssa sinne suunniteltavan varavesilaitoksen yhteyteen.

4.2 Halisten varavesilaitoksen valjastaminen fosforinsieppaukseen

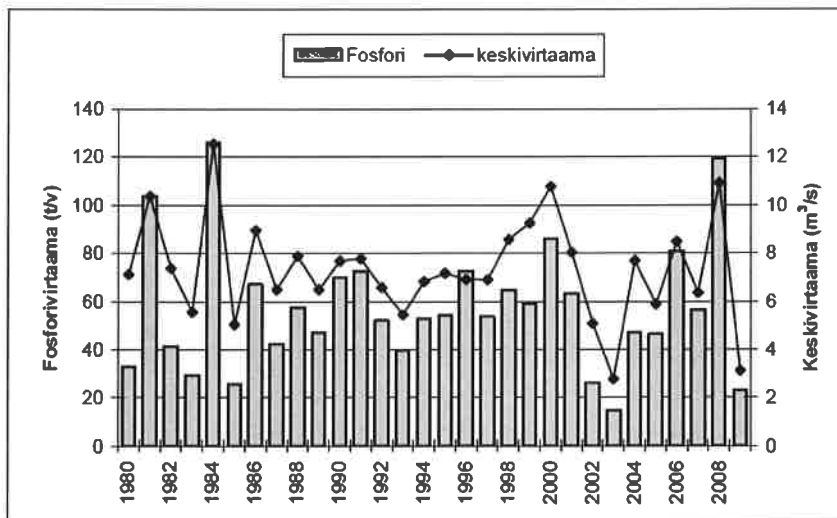
Syksyn 2010 aikana selvitettiin millaiset tekniset mahdollisuudet on sijoittaa fosforinsieppauslaitos nykyisen Halisten vesilaitoksen alueelle. Varavesilaitosta suunnittelee TSV Oy:n toimeksiannosta Pöyry Finland Oy. Selvityksen perusteella seuraavaksi kannattaisi tarkastella sekä teknisten, että taloudellisten mahdollisuuksien kannalta seuraavia prosessivaihtoehtoja:

- I. Toteuttaa fosforinsieppaus hyödyntämällä varalaitokseksi muunnettavaa Halisten vesilaitosta.
- II. Tekemällä tulevan varalaitoksen alueelle jäävään tyhjään tilaan täysin erillinen fosforinsieppauslaitos.

Varalaitoksen suunnittelijatiimin mukaan varalaitoksen esikäsitteilyosuutta voitaisiin hyödyntää fosforisieppaukseen. Esikäsitteilyosuus tulee muodostumaan lamellisielkeytyksestä sekä tätä seuraavasta flotaatiosta. Kohdan I vaihtoehtotarkastelu tulisikin sisältää kaksi eri vaihtoehtoa. Fosforinsieppaamiseen käytetään varalaitoksen esikäsitteilyprosesseja peräkkäin (lamellisielkeytys + flotaatio), jolloin fosforinsieppauksen mitoituskapasiteetti olisi 75 000 m³/d. Toisena tarkasteluvaihtoehtona tulisi selvittää tilannetta, jossa fosforinsieppaamiseen käytetään varalaitoksen esikäsitteilyprosesseja (lamellisielkeytintä sekä flotaatiota) rinnan, jolloin fosforinsieppauksen mitoituskapasiteetti olisi 150 000 m³/d. Pintavedestä poistuva fosforimäärä olisi tällöin n. 8 000 kg/v.

Näiden lisäksi tarkasteluun tulisi sisällyttää lietteenkäsittelyn järjestäminen ja sen tulisi koostua kahdesta vaihtoehdosta. Ensimmäisessä vaihtoehdossa saostusliete käsiteltäisiin Halisiin suunniteltavassa lietteenkäsittelylaitoksessa. Toisessa vaihtoehdossa liete pumpattaisiin Topinojan kaatopaikalle, jossa liete käsiteltäisiin vastaavassa käsittelylaitoksessa.

Myös fosforinpoiston vesistövaikutukset vaativat tarkastelua. Esimerkiksi Aurajoen vuoden 2004 fosforivirtaama oli noin 48 000 kg (Koivunen, 2009). Jos tästä määrästä saataisiin poistettua 10 000 kg, tarkoittaa se noin 20 % fosforikuorman vähenemistä vuodessa. Aurajoen fosforikuorma kuitenkin muuttuu vuosittain seuraavan joen virtaamaa (kuva 5.), joten fosforinpoistotehokkuus tulisi vaihtelevaan. Poistetun fosforin lisäksi saostus kirkastaisi Aurajoen vettä Halisten kosken alapuolella. Tällä saattaisi olla suuri merkitys esimerkiksi joen virkistyskäyttöarvolle. Saostuksen yhteydessä vedestä poistettu kiintoainees taas ei kulkeudu virtauksen mukana satamaan, jolloin satama-altaan ruoppauksen tarve vähenee.



Kuva 5. Aurajoen mereen kuljettama fosforin määrä sekä vuosittainen keskivirtaama Halistenkoskella vuosina 1980 – 2009.

(Lähde: Koivunen 2009, S.11)

Laatimalla yllä mainitut tarkastelut saadaan selville eri vaihtoehtojen tekniset toteuttamismahdollisuudet sekä arvio niiden kustannuksista. Kun laaditaan myös vesistövaikutusarviointi, saadaan tarkka kuva ravinnesieppauksen hyödyistä. Tarkastelun tuloksena saatu hinta-arvio poistettua fosforikiloa kohden antaa mahdollisuuden verrata ravinnesieppauksen kustannustehokkuutta muihin vesiensuojelutoimenpiteisiin.

KIITOKSET

Hanketta ovat rahoittaneet Centrum Balticum –säätiön Saaristomeren suojelurahasto, Turun ammattikorkeakoulu, Turun kaupungin ympäristönsuojelutoimisto ja Maa- ja vesitekniikan tuki ry. Henkilöresursseilla ovat olleet mukana myös, Kaarinan kaupungin ympäristönsuojelu, Lounais-Suomen ympäristökeskus (ELY-keskus), Turun yliopiston Saaristomeren tutkimuslaitos sekä Helsingin yliopisto.

Hankkeen ohjausryhmässä ovat toimineet seuraavat organisaatiot ja henkilöt:

Saaristomeren suojelurahasto
Harri Ekebon, asiamies

Turun kaupungin ympäristönsuojelutoimisto
Mikko Jokinen, ympäristötoimen johtaja

Varsinais-Suomen Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
Osmo Purhonen, apulaisjohtaja

Turun yliopisto, Saaristomeren tutkimuslaitos
Ilppo Vuorinen, johtaja

Helsingin yliopisto, agroteknologian laitos
Laura Alakukku, professori

Turun ammattikorkeakoulu
Juha Kääriä, tutkimus- ja kehityspäällikkö

LÄHTEET

E. Isomäki, R. Britschgi, J. Gustafsson, E. Kuusisto, K. Munsterhjelm, E. Santala, T. Suokko & M. Valve (2007). Yhdyskuntien vedenhankinnan tulevaisuuden vaihtoehdot. Suomen ympäristö 27 | 2007.

Koivunen, S. (2009). Aurajoen tarkkailututkimus. Vuosiraportti 2009. Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Nro 15-10-6103. 4.11.2010

Komulainen, M., Yliruusi, H., Kanerva-Lehto, H., Kääriä, J. & Pettay, E. (2008). Aurajoen vesitaloudellinen kunnostus hajakuormituksen vähentämiseksi. Turun ammattikorkeakoulun puheenvuoroja 44.
(<http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522160584.pdf>)

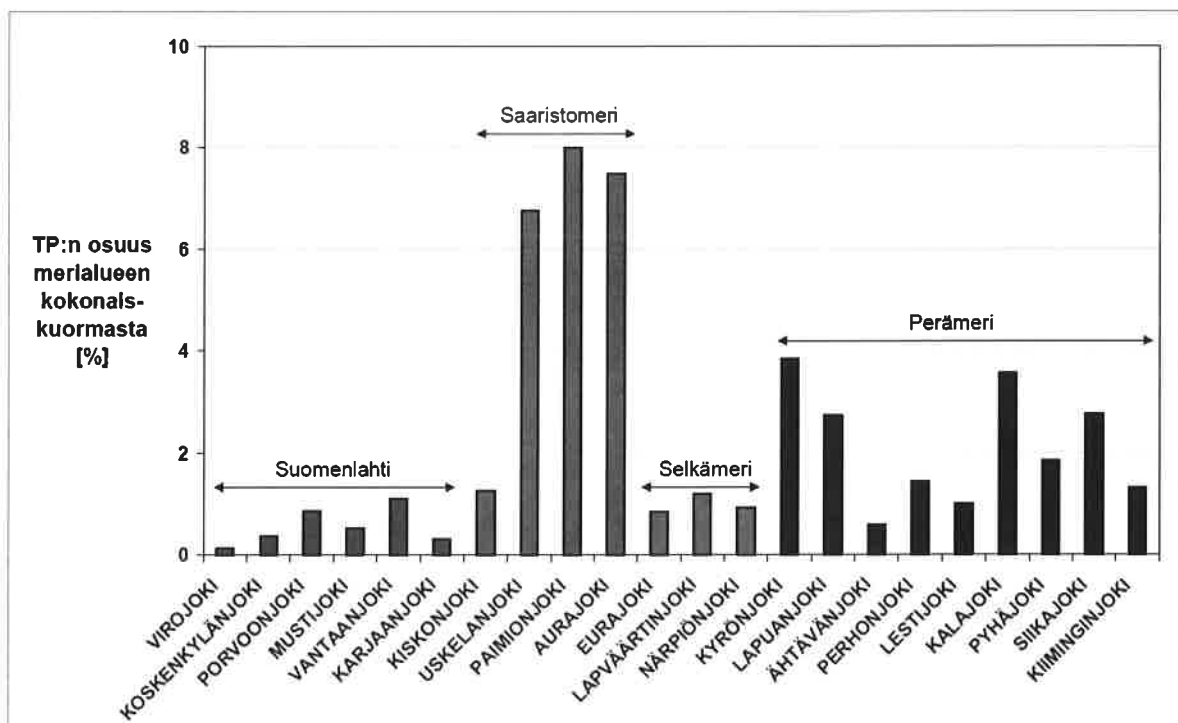
Turun yliopisto (2010). Halisten altaan sedimenttitutkimus sedimentti- ja ravinnekuormituksen selvittämiseksi -raportti. Geologian laitos. Maaperägeologian osasto.

LIITTEET

Liite 1.

Kaudelle 4 laskettujen jokien fosforikuormien TP osuus HELCOMin vuonna 2000 arvioimasta merialueen kokonaiskuormituksesta. Ilmalaskeuma ei ole mukana HELCOMin arvioissa.

Lähde: Sjöblom (2008). Suomesta Itämereen laskevien jokien fosfori- ja typpi-kuormat 1961-2006. – Arvio maatalouden kuormitusmuutoksista. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos.



Liite 2.

Fosforipitoisuuden (TP_C) keskiarvot (ka), minimit (min) ja maksimit (max) kausittain. (Sjöblom 2008).

TPC (mg / m ³)												
	1961 - 1970			1971 - 1982			1983 - 1994			1995 - 2006		
Joki	ka	min	max	ka	min	max	ka	min	max	ka	min	max
Virojoki	48	44	80	50	47	85	59	53	110	48	43	95
Koskenkylänjoki	97	72	190	90	90	90	101§	94	170	93	91	110
Porvoonjoki	-	-	-	230	180	580	130	110	440	110	95	310
Mustijoki	87	84	170	91	79	230	110	84	680	100	80	450
Vantaanjoki	230	190	360	160	140	340	110	94	420	95	73	340
Karjaanjoki	-	-	-	41	36	140	30	36	55	32	31	36
Kiskonjoki	34	32	66	47	44	220	56	50	85	65	62	740
Uskelanjoki	140	130	300	170	130	300	190	150	780	180	130	1200
Paimionjoki	120	110	280	160	130	650	200	170	660	210	180	400
Aurajoki	110	110	290	150	120	870	170	140	710	180	150	580

Liite 3.

Paimionjoen, Aurajoen ja Raisionjoen-Ruskonjoen tyypittely ja veden laadun tunnuslukuja.

Lähde: Varsinais-Suomen pintavesien toimenpideohjelma vuoteen 2015.
(<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=113601&lan=FI>)

Taulukko 20. Aurajoen-Paimionjoen osa-alueen tarkasteltavien jokien tyypittely ja veden laadun tunnuslukuja vuosilta 2000-2007. Pitoisuudet on esitetty kyseisen havaintojakson mediaanina (ellei toisin mainita) tai mediaanien mediaanina, jos on käytetty useampaa havaintopistettä.

Paikka	Tyyppi ¹	Kok-P µg/l (n)	Kok-N µg/l (n)	Sameus FNU	Väri mg Pt/l (n)	pH		
						min	max	md (n)
Paimionjoki ^a	Ssa/Ksa	180 (22)	2350 (22)	120 (22)	-	6,8	7,6	7,2 (22)
Aurajoki ^b	Ksa/Psa	160 (320)	2300 (305)	65 (147)	200 (26)	6,8	8,8	7,3 (217)
Raisionjoki- Ruskonjoki ^c	Psa	180 (54)	1825 (54)	45 (54)	-	6	7,7	7,1 (54)

n = havaintojen määrä ¹) Ssa = Suuret savimaiden joet, Ksa = Keskisuuret savimaiden joet, Psa = Pienet savimaiden joet

Näytteenottopisteet: ^a) Pajo 52 Tku-Hki valtatie ^b) Aura 54 ohikulku va6401 ^c) Rusk 13 Vahdon puhd yp, Rusk 14 vahto-Ullainen, Rusk 15 Peijerlä, Rusk 16 Merttilä