



RAKI RAVITA

Hankkeen loppuraportti

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä

Opastinsilta 6 A
00520 Helsinki
puhelin 09 156 11
faksi 09 1561 2011
www.hsy.fi

Lisätietoja

Mari Heinonen, 050 320 3909, mari.heinonen@hsy.fi
Tommi Fred, 050 348 4841, tommi.fred@hsy.fi
Laura Rossi, 050 4123 159, laura.rossi@hsy.fi

Copyright

Kartat, graafit, ja muut kuvat: HSY
Kansikuva: HSY

Tiivistelmä

RAVITA-prosessi on Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymän (HSY) kehittämä fosforin ja typen talteenottoon perustuva prosessi. Prosessissa fosfori erotetaan jätevesivirrasta jälkisaostamalla ja typpi lietteen kuivauksessa syntyvästä erotusvedestä strippaamalla. Fosforin jälkisaostuksessa muodostunutta kemiallista sakkaa (RAVITA-lietettä) prosessoidaan eteenpäin, jolloin saadaan tuotettua fosforihappoa, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi lannoiteteollisuuden raaka-aineena. Typpi talteenotetaan ammoniumfosfaattina.

RAKI RAVITA -hankkeen tavoitteena oli rakentaa pilottilaitteisto, jossa testattiin RAVITA-lietteen tuottoa 1000 asukasvastineluvun mittakaavassa. Prosessioptimoinneilla pyrittiin löytämään sopivat kemikaaliannostelut, viipymät sekä sekoitustehot jälkisaostukseen. Tavoitteena oli muodostaa mahdollisimman fosforipitoista ja sakeaa RAVITA-lietettä. Pilotoinneissa huomattiin, että saostus on kriittisin vaihe, jotta erotus toimii hyvin ja saadaan tuotettua hyvä laatuista lietettä. Hankkeen aikana tehtiin yhteistyötä Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen kanssa, missä tutkittiin ja optimoitiin RAVITA-lietteen liuotus- ja uuttoprosesseja. Hankkeen aikana ei tutkittu typen talteenottoa vaan yhteistyötä aiotaan tehdä Aalto Yliopiston RAKI -rahoitteen NP Harvest -hankkeen kanssa.

Hankkeen aikaan teetätettiin RAVITA-prosessilla tuotettujen ravinteiden markkina- ja käyttöpotentiaaliselvitys Luonnonvarakeskukselta (Luke). Luken tekemän selvityksen mukaan RAVITA-prosessilla tuotetuilla kierrätysravinteilla on potentiaalia markkinoilla. Tuotteen laadusta tarvitaan kuitenkin lisätietoja, kuten haitta-ainepitoisuuksista ja fosforipitoisuudesta.

Sekä pilottimittakaavan, että laboratoriomittakaavan optimointien avulla saatiin mitoitustietoja prosessin seuraavia vaiheita varten. Projektia jatketaan RAVITA DEMO -hankkeessa, jossa pilottiin lisätään puuttuvat prosessivaiheet, jolloin saadaan paremmin tietoa tuotetun fosforihapon määrästä sekä laadusta.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Hankkeen tausta ja tavoitteet	1
3	RAVITA-prosessi	2
3.1	Pilot-mittakaavan kokeet	4
3.2	Laboratoriomittakaavan tutkimus	5
3.3	Kierrätysravinteiden markkina- ja käyttöpotentiaalitutkimus	5
4	Tulokset	5
4.1	Kemiallisen lietteen tuotto	5
4.2	Liutuskokeiden tulokset	7
4.3	Uuttokokeiden tulokset	7
4.4	RAVITA-tuotteiden markkina- ja käyttöpotentiaali	7
5	Hankkeen vaikutukset	8
6	Viestinnän toteutuminen ja tulokset	8
7	Tulosten hyödyntäminen	9
8	Talousraportti	9
9	Yhteenveto ja jatkotoimet	9
10	Lähteet	10

Liite 1 RAVITA-lietteestä määritetyt orgaaniset haitta-aineet

1 Johdanto

RAKI RAVITA -hankkeessa tutkittiin Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymän (HSY) kehittämää ravinteiden talteenottoa (fosfori ja typpi). Hanke on jatkoa RAKI rejektityppi- ja RAKI jälkifosforihankkeille.

Hankkeen aikana on suunniteltu, kilpailutettu, hankittu ja rakennettu toimiva pilotlaitteisto kemiallisen lietteen (=RAVITA-liete) tuotantoon. Lisäksi hankkeessa on tehty RAVITA-lietteen käsittelyyn liittyvää tilaustutkimusta Jyväskylän yliopiston kemian laitoksella ja tutkimuksen koonti on raportoitu yhdeksi kokonaisuudeksi. Aineistosta syntyy aikanaan väitöskirja Jyväskylän Yliopiston rahoituksella. Yliopistotutkimuksen lisäksi HSY on tehnyt RAVITA-lietteen käsittelyyn liittyvää omaa tutkimusta, josta on erillinen raportti. LUKE on tuottanut markkinaselvityksen RAVITA-lopputuotteisiin liittyen.

2 Hankkeen tausta ja tavoitteet

Hankkeen tarkoituksena oli selvittää mahdollisuutta kehittää RAKI -jälkifosforihankkeessa tutkitun jälkisaostetun kemiallisen fosforilietteen käsittelyä siten, että lopputuotteena syntyisi joko lannoiteteollisuuden raaka-aine tai valmiiksi lopputuotteeksi soveltuva tuote. Hankkeessa jatkokehitettiin RAKI -jälkifosfori- ja RAKI -rejektityppihankkeissa tutkittuja osaprosesseja niitä optimoimalla (kemikaalimäärien, kustannusten ja mahdollisten sivuvirtojen minimointi). Pyrkimyksenä oli tuottaa mahdollisuuksien mukaan myös prosessin alustavat mitoitusarvot pilotoinnin suunnittelua varten.

Tutkimusta on tehty sekä pilottimittakaavassa Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla (VKM), että laboratoriomittakaavassa Jyväskylän yliopiston kemian laitoksella.

Hankkeessa tehty työ sisälsi laboratoriomittakaavan prosessioptimointia ja laboratoriotyön ja -tulosten edistyessä suunnitellulla tavalla myös myöhemmän pilotoinnin edellyttämien mitoitusarvojen tuottamisen.

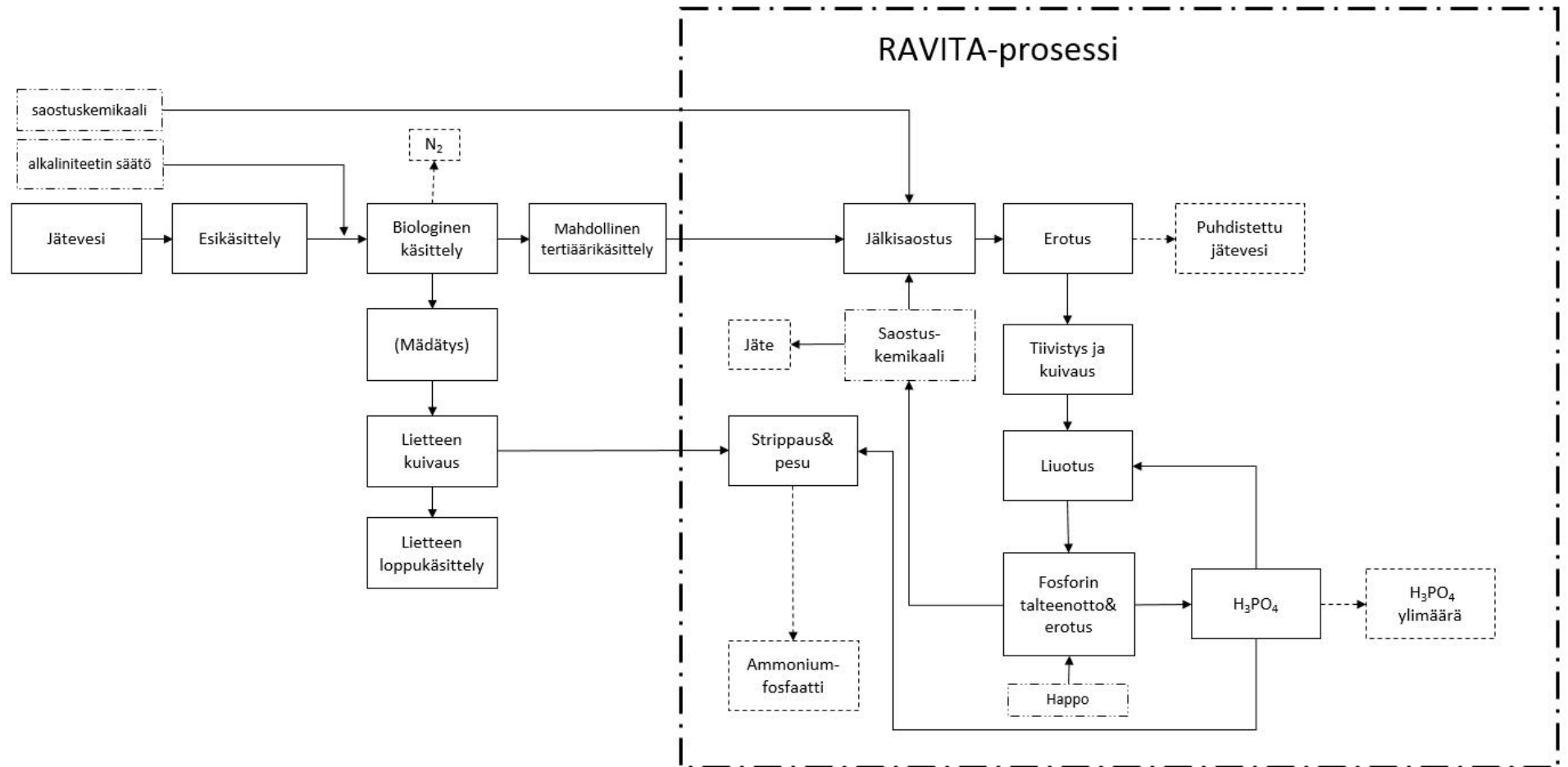
Hankkeessa selvitettiin:

- Jälkisaostuksessa syntyvän kemiallisen lietteen käsittelyn aikaisempaa optimaalisemmat osaprosessit sekä alustava tilantarve
- Rejektin sisältämän typpiravinteen talteenoton osaprosessit sekä alustava tilantarve
- Edellä kuvattujen ravinteiden talteenottoa prosessien yhteensovittaminen
- Mahdollisuuksien mukaan optimoitu kemikaalien laatu ja käyttömäärätieto sekä muodostuvien uusien sivuvirtojen määrän ja laadun minimointi
- Toteuttamispotentiaalien tarkennukset täyteen mittakaavaan
- Tarkentunut käyttökustannus- ja investointikustannusarvio

RAVITA -hankkeessa rejektivesien osalta tehtyä tutkimusta ei lähdetty laajentamaan RAKI -rejektityppi-hankkeessa tutkitusta tasosta, vaan päädyttiin tekemään yhteistyötä Aalto Yliopiston RAKI -rahoitteisen NP Harvest -hankkeen kanssa. HSY on ko. hankkeen yhteistyöpartneri ja mahdollisia koeajoja järjestetään aikanaan Viikinmäessä.

3 RAVITA-prosessi

Ravinteiden talteenotto prosessissa RAVITA:ssa jäteveden sisältämä fosfori otetaan talteen vesifaasista jälkisaostuksella. Typpi puolestaan talteenotetaan lietteen kuivauksessa syntyneestä erotusvedestä. Talteenotto prosessi on esitetty kuvassa 1.



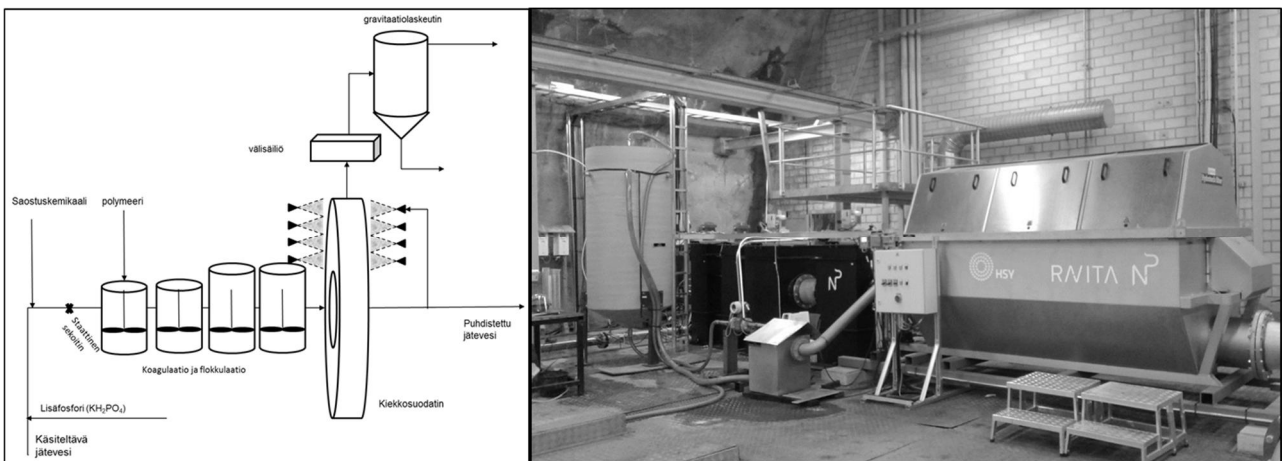
Kuva 1. RAVITA-prosessi liitettyinä tavalliseen jätevedenpuhdistusprosessiin.

Fosforin talteenotossa ensimmäisenä vaiheena on fosforin saostaminen joko alumiini- tai rautapohjaisella saostuskemikaalilla. Saostusta tehostetaan polymeerillä, jotta muodostuneista saostumista saadaan tarpeeksi suuria. Muodostunut sakka (=RAVITA-liete) erotetaan vesifaasista esimerkiksi laskeutuksella, flotaatiolla tai suodatuksella. Muodostunut RAVITA-liete kuivataan mahdollisimman kuivaksi. Tämän jälkeen kuivattu RAVITA-liete liuotetaan fosforihapolla, jolloin fosfori ja metalli saadaan liukoiseen muotoihin ja ne voidaan erottaa toisistaan. Erotuksen jälkeen saostusmetalli voidaan kierrättää takaisin jälkisaostusosioon. Fosfori erotetaan fosforihappona.

RAVITA-lietteen tuottoa tutkittiin Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla pilotmittakaavan laitteistolla. Fosforin liuotusta ja erotusprosesseja tutkittiin Jyväskylän yliopiston kemian laitoksella.

3.1 Pilot-mittakaavan kokeet

Pilot-laitteisto koostuu saostuksesta, kiekkosuodattimesta sekä sakeuttimesta (kuva 2) ja se sijaitsee Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla. Pilotin asukasvastineluku on noin 1000. Laitteistossa käsiteltiin Viikinmäen jätevedenpuhdistamon lähtevää jätevettä. Fosforikonsentraatio nostettiin 3–5 mg/l lisäämällä monokaliumfosfaattia (MKP). Kemikaalit syötettiin prosessiin kalvopumpuilla virtaamaperusteisesti. Saostusosion tilavuutta voitiin säätää säiliöiden määrällä (0,76–1,52 m³). Jokaisessa saostussäiliössä oli sekoitin (kahdessa ensimmäisessä nopeakierroksinen sekoitin ja kahdessa viimeisessä hidaskierroksinen). Saostuskemikaali syötettiin ennen staattista sekoitinta, jotta se saatiin kunnolla sekoitettua käsiteltävän veden joukkoon. Saostuksessa testattiin pääasiassa alumiinipohjaista kemikaalia (PAX-XL100), mutta myös rautapohjaista (PIX-105). Polymeereinä testattiin sekä kationista, että anionista polymeeriä. Saostusvaiheen jälkeen muodostettu RAVITA-liete erotettiin kiekkosuodattimella (Hydrotech HSF1708_1-1F), jonka kokonaissuodatuspinta-ala oli 2,8 m². RAVITA-liete kerättiin ensin välisäiliöön, josta se pumpattiin pintavipallisella uppopumpulla sakeuttimeen. Sakeuttimeen menevän lietteen virtaama mitattiin virtausmittarilla. Sakeuttimen tilavuus oli noin 1,5 m³.



Kuva 2. Kiekkosuodatin pilotin prosessikaavio sekä valokuva laitteistosta.

Pilotoinneissa tutkittiin RAVITA-lietteen tuottoon vaikuttavia parametreja kuten saostuskemikaali- ja polymeeriannostusta, viipymää, sekoitusta ja lietteen kierrätystä prosessin sisällä. Koeajoissa seurattiin fosforin poistotehokkuutta, kiekkosuodattimen toimintaa sekä muodostuneen lietteen laatua ja määrää. Lisäksi tutkittiin RAVITA-lietteen sakeutusta ja kuivausta.

3.2 Laboratoriomittakaavan tutkimus

Jyväskylän yliopiston kemian laitoksella tutkittiin synteettisen ja Viikinmäen pilotilta saadun RAVITA-lietteen liukenemista fosforihappoon sekä lieteliuoksen jatkokäsittelyä neste-neste uuton avulla. Synteettisellä lietteellä tarkoitetaan lietettä, joka on tuotettu käyttämällä puhtaita kemiallisia reagensseja. Tulosten tulkintaan käytettiin tilastollisia menetelmiä, kuten faktorianalyysiä, varianssianalyysiä ja Studentin t-testiä. Liutuksessa sekä neste-neste uutossa tutkitut muuttujat on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Liutus ja neste-nesteuutossa tutkitut muuttujat.

Liutusprosessi	Neste-nesteuutto
Happo	Uuttokemikaali
Hapon määrä	Uuttokemikaalin konsentraatio
Hapon konsentraatio	Happo- ja vesifaasin suhde
Lämpötila	Orgaanisen faasin ja alumiinipitoisuuden suhde
Liutus aika	Uuttoaskelten määrä
Liutusaskelten määrä	
Lietteen ikä	

3.3 Kierrätysravinteiden markkina- ja käyttöpotentiaalitutkimus

HSY teetti Luonnonvarakeskuksella (Luke) selvityksen RAVITA-menetelmällä tuotettujen kierrätysravinteiden markkina- ja käyttöpotentiaalista. Tutkimusta varten kerättiin kirjallisuudesta tietoja sekä haastateltiin Yara Suomi Oyj:ltä tehtaanjohtaja Taisto Koivumäkeä liittyen fosforihapon käyttöön lannoiteteollisuudessa sekä Maa- ja metsätalousministeriön neuvotteleva virkamies Pirjo Salmista ja Elintarviketurvallisuusviraston ylitarkastaja Titta Suoniittyä koskien tuotteisiin liittyvää lainsäädäntöä.

4 Tulokset

Hankkeen tavoitteet toteutuivat hyvin. Hankkeessa on selvitetty laajasti kemiallisen lietteen tuotannon optimointia, lietteen laatua ja tehty tutkimusta lietteen jatkojalostukseen liittyen.

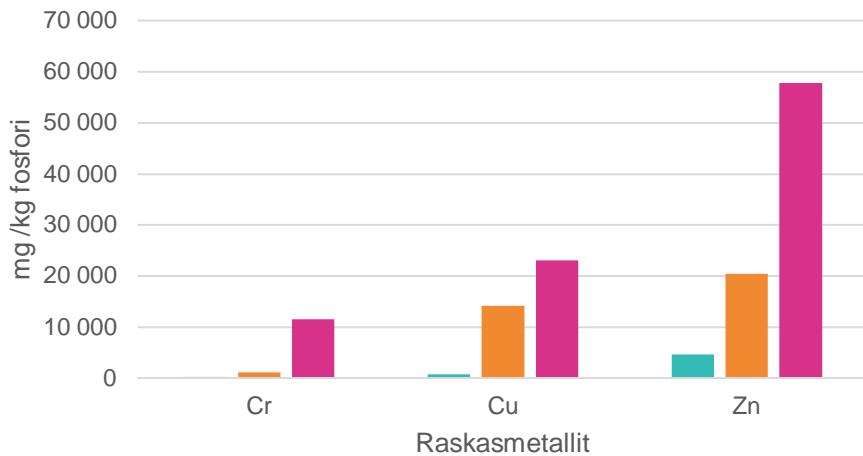
4.1 Kemiallisen lietteen tuotto

RAKI RAVITA kiekkosuodatinkoeajoissa optimoitiin ja tutkittiin saostukseen vaikuttavia parametreja. Flokin muodostus oli kriittisin piste, koska mikäli flokit jäävät liian pieniksi tai ovat isoja, ei päästä hyvään poistotehokkuuteen tai RAVITA-lietteen laatuun. Optimi saostuskemikaaliannos on 2,0–2,5 mol Al:mol P, jolloin päästään yli 80 % fosforireduktioihin. Saostuskemikaalin määrän nosto tehosti fosforin poistoa, mutta moolisuhde ei saa nousta RAVITA-lietteessä liian suureksi, jotta käsittely seuraavissa prosessivaiheissa ei vaikeudu. Polymeeripitoisuus on hyvä olla 1,0–1,5 mg/l, jotta flokit saadaan muodostettua tarpeeksi vahvoiksi. Flokin muodostusta tehostettiin kierrättämällä muodostunutta RAVITA-lietettä takaisin prosessiin. Viipymällä ei ollut vaikutusta fosforin poistoon, mutta kiekon kapasiteetti pieneni johtuen heikommasta flokin muodostumisesta

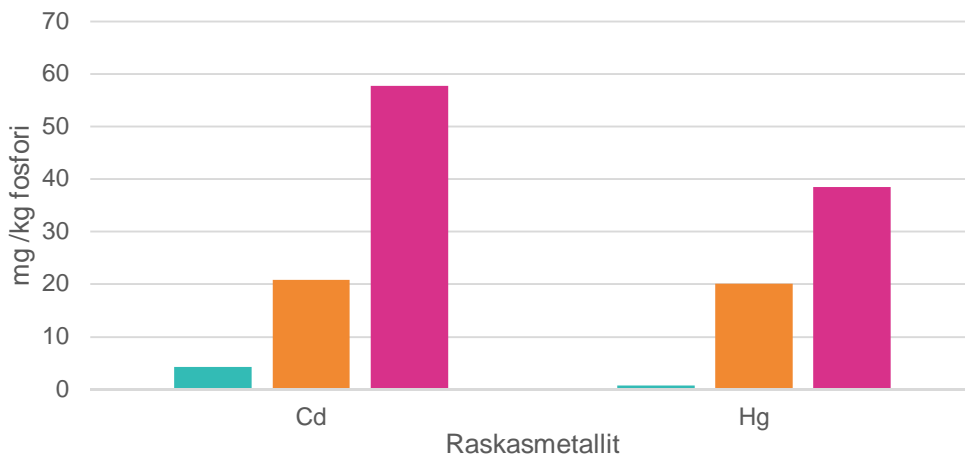
Laskeutetun lietteen kiintoainepitoisuuteen näyttäisi vaikuttavan pumpattavan veden kiintoainepitoisuus sekä syöttötaajuus. Tulevaisuudessa aiotaan testata sakeutetun lietteen sekoitusta sekä muuttaa lietteen syöttötapaa.

Koeajoissa testattiin enemmän alumiinipohjaista saostuskemikaalia, mutta myös rautapohjaista aiotaan testata. Tulokset raportoidaan RAVITA DEMO-hankkeen loppuraportissa.

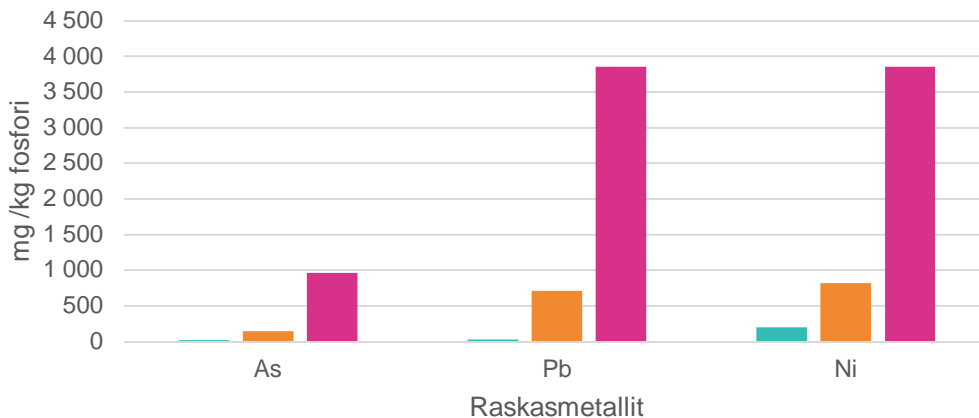
RAVITA- liete sisältää fosforia noin 85 g/kg SS ja alumiinia 150–260 g/kg SS, mutta lietteen kierrätyksellä kiintoainepitoisuutta voidaan kasvattaa. Koska haitalliset aineet ovat yksi suurimmista huolenaiheista kierrätysravinteissa, analysoitiin RAVITA-lietteestä raskasmetallipitoisuuksia sekä orgaanisia haitta-aineita. Raskasmetallipitoisuudet osoittautuivat hyvin alhaisiksi (kuvat 3–5).



Kuva 3. Kromin, kuparin ja sinkin pitoisuudet RAVITA-lietteessä fosforikiloa kohden (turkoosi= RAVITA-liete, oranssi=puhdistamoliete (VKM), pinkki=lainsäädännön raja-arvo).



Kuva 4. Kadmiumin ja elohopean pitoisuudet RAVITA-lietteessä fosforikiloa kohden. (turkoosi= RAVITA-liete, oranssi=puhdistamoliete (VKM), pinkki=lainsäädännön raja-arvo)



Kuva 5. Arseenin, lyijyn ja nikkelin pitoisuudet RAVITA-lietteessä fosforikiloa kohden. (turkoosi= RAVITA-liete, oranssi=puhdistamoliete (VKM), pinkki=lainsäädännön raja-arvo)

Orgaanisista haitta-aineista määritettiin liitteen 1 mukaiset aineet, jotka oli valittu Vesilaitosyhdistyksen teettämän raportin pohjalta (Vesilaitosyhdistys 2016). Oletuksena oli, että pitoisuudet ovat hyvin alhaisia, koska suurin osa aineista on hajonnut tai sitoutunut lietteeseen biologisen prosessin aikana. Jälkisaostus ei myöskään saosta näitä yhdisteitä, mutta on toki mahdollista, että osa niistä sitoutuu saostusvaiheessa flokkeihin ja päättyy RAVITA-lietteeseen.

Orgaanisista haitta-ainesta ainoastaan kaksi aineryhmää ylitti laboratorion määritysrajan. Tulokset on esitetty taulukossa 2. Polybromatut difenyylietterit ovat palonestoaineita ja niitä on löydetty myös muista puhdistamolietteistä (SYKE, 2014). Alkyyli-fenoleihin kuuluvia (m+p)-kresolia käytetään hapettumisenesto- ja stabilointiaineiden ja muiden kemikaalien valmistuksessa. Viikinmäen puhdistamolietteestä p-kresolin pitoisuudeksi on määritetty 18 mg/kg ka (Vieno, 2015).

Taulukko 2. Määritysrajan ylittäneet orgaaniset haitta-aineet.

Tulokset	RAVITA- liete	mittauksen raja-arvo
Polybromatut difenyylietterit	ng/kg k.a	ng/kg k.a
TetraBDE#47	550	210
PentaBDE#99	540	210
DecaBDE#209	8 400	4 100
alkyyli-fenolit	mg/kg k.a	mg/kg k.a
(meta+para)-kresoli (3+4-etyyli-fenoli)	8,9	2

RAVITA DEMO-hankkeen aikana aiotaan tehdä lisää orgaanisten haitta-aineiden määrityksiä sekä RAVITA-lietteestä, että tuotetusta fosforihaposta. Alustava listaus tutkittavista aineista on koottu liitteen 1 taulukkoon 2.

4.2 Liuotuskokeiden tulokset

Projektissa tutkittiin synteettisen ja Viikinmäen pilotilta saadun RAVITA-lietteen liukenemistä fosforihappoon. Lietteen täydellistä liukenemistä ei missään vaiheessa saavutettu, mutta liuotusten jäännössaostumien analysoinnin perusteella optimiliuotusolosuhteissa 99 % lietteen alumiinista ja 95 % fosforista liukenee fosforihappoon.

4.3 Uuttokokeiden tulokset

Neste-neste uuttoa tutkittiin mahdollisena liuotetun lietteen jatkokäsittelymenetelmänä sekä synteettisellä alumiinifosfaattiliuoksella, että myöhemmin Viikinmäen pilotin RAVITA-lietteestä valmistetulla alumiinifosfaattiliuoksella. Optimoitujen prosessiparametrien avulla voitiin 97 % alumiinista siirtää orgaaniseen faasiin. Tämän jälkeen alumiini voidaan erottaa orgaanisesta faasista strippaamalla se rikkihappoon, jolloin voidaan tuottaa alumiinisulfaattia, joka voidaan kierrättää takaisin saostusvaiheeseen. Strippauksessa 91 % alumiinista on saatu siirrettyä orgaanisesta faasista.

4.4 RAVITA-tuotteiden markkina- ja käyttöpotentiaali

Luke:n tekemän kirjallisuuteen perustuvan tarkastelun mukaan RAVITA -menetelmässä valmistettava fosforihappo osoitti potentiaalia lannoitetuotannon raaka-aineena, kun taas strippaus- ja pesuprosessilla fosforihaposta ja rejektiveden tyyppistä valmistettava ammoniumfosfaatti on jo sellaisenaan potentiaalinen lannoite maataloudessa. Jätevesilietteen jalostamista erilaisin prosessein lannoitteiksi tai niiden raaka-aineeksi tukevat myös EU:n ja Suomen lainsäädännön suuntaviivat. Lisäksi on nähtävillä, että mädätetyt

jätevesilietteen jatkojalostamiseen maanparannusaineeksi tai kompostiksi, kohdistuu tulevaisuudessa imagollista painetta, joten tehokkaammille fosforinkierrätysprosesseille tulee olemaan kysyntää.

Koska RAVITA -menetelmässä jalostettavista tuotteista ei ollut vielä Luke:n selvityksen tekoheikellä saatavilla täysimääräisesti ominaisuustietoja ja raskasmetallipitoisuuksia, oli niiden käyttökelpoisuuden arviointi sekä lannoitteena että lannoiteteollisuuden raaka-aineena haasteellista. Raskasmetallien pitoisuuteen fosforihapossa vaikuttavat fosforisakan ja fosforihapon massa- ja tilavuussuhteet, jolloin pitoisuudet tuleekin vielä analysoida valmiista fosforihaposta sekä siitä valmistettavasta lopullisesta lannoitetuotteesta.

Lannoiteteollisuuden tarpeisiin tuotettava fosforihappo olisi 85 % väkevyydessä soveltuva tuote fosforilannoitteiden valmistusprosessiin, joskin myös laimeamman hapon jatkokäyttö on mahdollista. Fosforihapon muut ominaisuudet ja hapon kustannukset (myös kuljetuskustannukset) määrittelevät lannoiteteollisuuden kiinnostuksen tuotteeseen. Kaiken kaikkiaan sekä valmistettavasta fosforihaposta että ammoniumfosfaatista tarvitaan vielä lisäkokeita, jotta niiden käyttökelpoisuus ja markkina-arvo voidaan arvioida.

5 Hankkeen vaikutukset

Hanke on yksi HSY:n ja HSY:n vesihuollon päätutkimushankkeista. Hankkeen jatkohanke RAVITA DEMO on valittu toukokuussa 2017 myös hallituksen kiertotalouden kärkihankkeeksi yhdyskuntalietteiin liittyvän ravinnekierrätyksen teeman alle. Kansallisesti hanke on ollut mukana Baltic Sea Action Group BSAG:n ravinteiden kierrätyksen ekosysteemitöiminnassa ja HSY on tältä osin ekosysteemin pääyhteistyökumppaneita.

Kansainvälisesti hanke on saanut huomiota ja herättänyt mielenkiintoa poiketessaan muista olemassa olevista ja kehitetyistä talteenottotekniikoista. Yhteydenottoja on tullut sekä muilta puhdistamoilta, että eri teollisuuden aloilta, joissa harkitaan kierrätysravinteiden käyttöönottoa prosesseissa. Lannoitevalmistaja Yara Oy seuraa hanketta omassa kierrätysravinteiden portfoliossaan. Pohjoismaisella tasolla hanke oli esillä NORDIWA:n seminaarissa kierrätysworkshopin osana ja sitä esiteltiin osana workshop:ia kahden välisissä keskusteluissa. Hanke on esitelty lisäksi European Sustainable Phosphorus Platform ESPP:n tutkimushankelistalla ja RAVITA valittiin yhdeksi esiteltävistä hankkeista Baselin ravinneseminaarissa lokakuussa 2017. Ravinneseminaarissa RAVITA:a esiteltiin myös eri toimijoiden kanssa käydyissä kahden välisissä keskusteluissa ja prosessi herätti mielenkiintoa sen avaamalla mahdollisuuksilla ravinteiden talteenotolle suoraan jätevedestä sekä lopputuotteen laajalle käyttöpotentiaalille erilaisissa prosesseissa lannoiteteollisuuden lisäksi.

6 Viestinnän toteutuminen ja tulokset

Hanke on herättänyt laajaa mielenkiintoa ja se on ollut esillä mm. vesihuoltopäivillä 2016, NORD IWA -konferenssissa Tanskassa lokakuussa 2017, YK:n SDG 6:n Ocean -konferenssissa New Yorkissa kesäkuussa 2017, erilaisissa BSAG:n ekosysteemitilaisuuksissa Suomessa ja IWA:n suurten puhdistamoiden ja ravinnekierrätyksen konferenssissa Kiinassa marraskuussa 2017. Konferenssien osalta hankkeesta on valmisteltu aina myös konferenssijulkaisuun soveltuva tieteellinen artikkeli. Konferenssijulkaisut ovat esillä RAVITA:n [hankesivuilla](#).

Valtioneuvoston TEAS:n tekemän tutkimuksen ”Jäteveden sisältämän fosforin talteenotto ja kierrättäminen” osalta RAVITA on ollut mukana ko. hankkeen viestintämateriaalissa ja aineistoa on jaettu Youtube:n kautta ([video](#)). Lisäksi hanke on esitetty laajasti Maaseudun Tulevaisuuden artikkelissa lokakuussa 2016. Hankkeen viestintä on ollut onnistunutta alan asiantuntijoiden parissa niin kotimaassa kuin kansainvälisestikin.

Hankkeelle luotiin nettisivut, joilla on tarkoituksena esittää uusimpia tuloksia. Sivujen teko englanniksi on aloitettu, jotta informaatiota saadaan jaettua kansainvälisestikin.

Laaja-alaiset ja sektorin ulkopuoliset kontaktit tuovat lisäarvoa, jota ei alun perin ollut edes tiedossa. Tätä pitää edelleen lisätä. Lisäksi yhteistyötä tulee lisätä jatkohankkeessa, jossa on paljon teknistä yksityiskohtien suunnittelua.

7 Tulosten hyödyntäminen

Hanke jatkuu ympäristöministeriön hallinnoimana hallituksen kiertotalouden kärkihankerahoituksella yhdyskuntalietteiin liittyvän ravinnekierrätyksen teeman alla RAVITA DEMO- nimellä ja nyt saatuja tuloksia hyödynnetään tulevan pilotin mitoituksessa. Tuloksien lopullinen arviointi suoritetaan vuoden 2019 aikana, jolloin RAVITA DEMO-laitteisto on saatu käynnistettyä ja lopputuotteen tuotanto on mahdollistunut. Tällöin saadaan tarkempaa kuvausta prosessikemikaalien kulutuksesta sekä sivuvirtojen määrästä ja laadusta. Tässä vaiheessa tarkentuu myös prosessin tuotantokustannukset ja ensimmäisiä investointikustannusarvioita on mielekästä tehdä,

Hankkeesta tuotetaan julkaisuja ja hanketta esitellään sidosryhmätilaisuuksissa. Materiaalit tuotetaan jatkossa valtaosin englannin kielellä

8 Talousraportti

RAVITA:n toteutuneet kustannukset olivat 298 956 euroa. Ympäristöministeriön osuus kustannuksista oli 147 725 euroa.

9 Yhteenveto ja jatkotoimet

RAKI RAVITA -hankkeen aikana rakennettiin toimiva pilotilaitteisto, jolla tutkittiin saostukseen ja kemiallisen lietteen erotukseen vaikuttavia muuttujia, kuten kemikaalien annostusta, viipymää ja sekoitustehoa. Optimointien perusteella alumiinipohjaisen saostuskemikaalin syöttö on 2-2,5 mol Al: mol P ja polymeeriannostelu välillä 1 ja 1,5 mg/l. Tällöin saavutetaan 80-90 % fosforin poistotehokkuus. Viipymällä ja sekoituksella ei ollut merkittävästi vaikutusta fosforinpoistoon. RAVITA-lietteen fosforipitoisuus on noin 85 g/kg kiintoaine. Haitta-ainepitoisuudet olivat hyvin alhaisia RAVITA-lietteessä ja haitta-ainetutkimuksia jatketaan RAVITA DEMO -hankkeen aikana. Toimivan pilotointilaitteiston hankintaan ja rakentamiseen kului suunniteltua pidempi aika, mutta hankkeen aikana päästiin optimoimaan toimintaa suunnitellusti. Optimointia on jatkettu hankkeen ulkopuolella toteutettavalla insinööriyöllä, joka valmistuu vuoden 2017 joulukuussa.

Luken tekemän selvityksen mukaan RAVITA-prosessilla tuotetuilla kierrätysravinteilla on potentiaalia markkinoilla. Tarvitaan kuitenkin vielä lisää tietoa RAVITA-prosessilla tuotetun fosforihapon laadusta.

HSY:n pääasiallinen yhteistyökumppani on ollut Jyväskylän Yliopiston kemian laitos ja yhteistyö on toiminut hyvin. Lisäksi yhteistyötä on tehty BSAG:n Ekosysteemin kautta esimerkiksi UPM Kymmenen ja Outotecin kanssa. Muita yhteistyötahoja ovat olleet esimerkiksi kansainvälinen lannoitevalmistaja Yara Oy. Tulevaisuudessa pyritään entistä enemmän luomaan toimialoja ylittäviä kontakteja eri toimijoiden kanssa.

Tutkimusta jatketaan kärkihankerahoituksella. Jatkohankkeessa rakennetaan RAVITA DEMO -laitos, jossa testataan lopputuotteen valmistusta. Pilotilaitteisto rakennetaan Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle ja tarkoituksena on optimoida kuivaus, liuotus ja neste-nesteuutto laboratorikokeiden perusteella. Kokeiden

avulla saadaan tarkempaa tietoa prosessikemikaalien kulutuksesta ja sivuvirtojen laadusta sekä määrästä. Lisäksi saadaan parempi kuva prosessikustannuksista. Lisäksi saadaan tuotettua RAVITA-fosforihappoa suuremmissa mittakaavassa, jolloin päästään tutkimaan tuotteen laatua.

10 Lähteet

Suomen ympäristökeskus (SYKE), Orgaaniset haitta-aineet puhdistamolieteteissä, 2014

Valtioneuvoston Selvitys- ja tutkimustoiminta, Jätevettä hyödyntämällä voitaisiin vähentää väkilannoitteiden käyttöä merkittävästi, saatavilla osoitteesta http://tietokayttoon.fi/artikkeli/-/asset_publisher/jatevetta-hyodyntamalla-voitaisiin-vahentaa-vakilannoitteiden-kayttoa-merkittavasti, 20.9.2017

Vesilaitosyhdistys, Jätevedenkäsittelyn teknis-taloudellinen selvitys, 2016

Vieno, Niina, Haitta-aineet puhdistamo- ja hajalieteteissä, 2015

Youtube, https://youtu.be/WnJIMMONh_o

Taulukko 1. RAVITA-lietteestä määritetyt orgaanisen haitta-aineet vuonna 2017.

Ryhmä	Aine
Polybromatut difenyylieetterit (PBDE)	triBDE#28
	tetraBDE#47
	PentaBDE#100
	PentaBDE#99
	HexaBDE#154
	HexaBDE#153
	HeptaBDE#183
	DecaBDE#209
Alkyyliifenolit	ortho-cresol (2-methylphenol)
	(meta+para)-cresol (3+4-methylphenol)
	ortho-ethylphenol
	(meta+para)-ethylphenol
	2,6-dimethylphenol
	(2,4)+(2,5)-dimethylphenol
	(2,3)+(3-5)-dimethylphenol
	3,4-dimethylphenol
	4-n-octylphenol
	4-t-octylphenol
	2,3,5-trimethylphenol
	3,4,5-trimethylphenol
	2-isopropylphenol
Perfluoratut yhdisteet (PFC)	PFBS
	PFHA
	PFHS
	PFOA
	PFOS
	FOSA
	PFHpA
	PFNA
	PFDA
	PFuDA
	PFDoA
	PFBA
	PFPeA
	PFHxDA
	PFOcDA
	PFDS
	PFTrDA
	6:2 FTS
	8:2 FTS

	10:2 FTS
Lääkeaineet	Diclofenac
	carbamazepine
	ibuprofen
	sulfamethoxazole
	B-estradiol
	17-alpha-ethinyl estradiol
epoksihartsien ja polykarbonaattimuovien rakennusaine	Bisfenol-A
biosidit	TBT
fenolihartsit	nonyylifenoli polyetoksylaatit
pesuaineet, kemianteollisuus	oktafenoli polyetoksylaatit
torjunta-aine	AMPA
muovien pehmentin, pintakäsittelyaine	DI-(2-ethylhexyl)Phthalate

Taulukko 2. RAVITA-lietteestä määritettävät haitta-aineet vuonna 2018 (alustava listaus).

Orgaaninen haitta-aine
Karbamatsepiini
diklofenaakki
Heksabromisyklododekaani (HBCD)
MCPA (4-kloori-2-metyylifenoksietikka-happo) (torjunta-aine)
Diuroni
tributyylitina
BDE
Dibutyyliftalaatti (DBP)
Di-2-etyyliheksyyliftalaatti (DEHP)
Oktyylifenolidietoksylaatti
Oktyylifenolimonoetoksylaatti
Oktyylifenoli
bentsyylibutyyliftalaatti (BBP)

