

Jätevesien fosfori hyötykäyttöön - uusia ohjauskeinoja tarvitaan

Kati Berninger tutkimusjohtaja, Tyrsky-Konsultointi Oy
Pirkko Kasanen toimitusjohtaja, Tyrsky-Konsultointi Oy
Anna Mikola tutkijatohtori, Aalto-yliopisto

Fosforin kierrätystä jätevesistä voidaan vauhdittaa tukien ja vapaaehtoisten sopimusten yhdistelmällä

Jätevesien sisältämä fosfori päätyy nykyisin pääasiassa puhdistamolietteen mukana viherrakentamiseen, missä se ei korvaa arvokasta ja niukkaa kaivannaisfosforia. Puhdistamolietteen suoraa maatalouskäyttöä rajoittaa huoli ruuan puhtaudesta erityisesti puhdistamolietteen mahdollisesti sisältämien orgaanisten haitta-aineiden takia. Ratkaisuna voisi olla fosforin talteenotto ja talteenotetun fosforin lannoituskäyttö, mutta teknologioiden kehittymättömyys ja talteenotetun fosforin korkea hinta muodostavat esteitä.

Tässä selvityksessä etsittiin keinoja jäteveden fosforin kierrättämisen edistämiseksi. Ensinnäkin vertailtiin eri teknologioita teknis-taloudellisesta näkökulmasta. Toiseksi selvitettiin Euroopassa käytössä olevia ohjauskeinoja ja arvioitiin eri ohjauskeinoja asian vauhdittamiseksi.

Fosforin talteenottomenetelmistä osa sopisi Suomen oloihin kohtalaisilla muutoksilla nykyiseen infrastruktuuriin ja prosesseihin. Osa menetelmistä taas vaatisi suuria muutoksia. Tällä hetkellä mikään menetelmä ei ole vielä täysin kilpailukykyinen kustannuksiltaan, ja niistä meille parhaiten soveltuvatkin edellyttävät vielä kehitystyötä.

Suosittelava ohjauskeinopaletti:

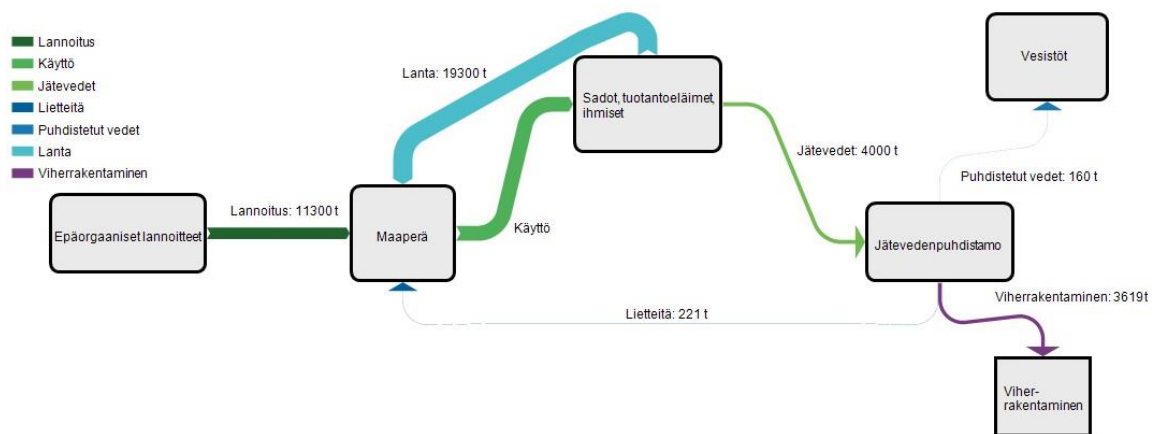
- *Kansallinen vuoropuhelu* luo yhteisymmärrystä suunnasta, hyväksyntää ohjauskeinoille ja kasvattaa luottamusta eri toimijoiden välillä.
- Vaikuttavasti kohdennettua *julkista rahoitusta* tarvitaan uusien ratkaisujen kehittämiseen ja käyttöönottoon.
- Kierrätyslannoitteille tarvitaan *kansallinen laatujärjestelmä* takaamaan tuotteiden puhtaus ja turvallisuus
- Julkishallinnon on syytä neuvotella lannoitevalmistealan kanssa *vapaaehtoinen sopimus* kierrätysravinteiden käytön edistämiseksi
- Sopimusta täydentämään *talteenoton ja käytön velvoitteita* tai kannusteita

MILLÄ OHJAUSKEINOILLA JÄTEVESIEN FOSFORIN KIERRÄTYS KUNTOON?

Jätevesien fosforiresurssia ei hyödynnetä tehokkaasti

Fosfori on tärkeä ravinne, jonka louhittavat varannot ovat rajalliset. Nykyteknologialla käytävissä olevien fosforivarantojen arvioidaan riittävän seuraaviksi 60-400 vuodeksi nykyisellä kulutuksella. Jätevesissä fosforia on kokonaisuudessaan vähemmän kuin lannassa, mutta se keskittyy pääasiassa suurille jätevedenpuhdistamoille ja on siksi tärkeä resurssi.

Kuva 1. Fosforin ihmisestä johtuvat virrat yksinkertaistettuna¹



Nykyisin valtaosa jätevesien sisältämästä fosforista päätyy käsitellyn puhdistamolietteen mukana viherrakentamiseen, jolloin se ei korvaa mineraalifosforia. Puhdistamolietettä ja siitä jalostettuja lannoitevalmisteita käytetään myös maataloudessa, mutta niiden käyttö on viime aikoina vähentynyt mm. orgaanisiin haitta-aineisiin ja ruuan turvallisuuteen liittyvien huolten takia. Nyt on tarpeen etsiä uudenlaisia ratkaisuja, kuten fosforin talteenotto jätevesistä tai puhdistamolietteistä.

Ohjauskeinoja tukemaan teknologioiden käyttöönottoa ja markkinoiden syntymistä

Fosfori kiertää siis olemassa olevilla lietteenkäsittelymenetelmillä lietteen mukana tai se voidaan ottaa talteen varsinaisilla fosforin talteenottomenetelmillä eri osista jätevesi- ja liete-prosessia. Jotta uudenlaiset ratkaisut saadaan käyttöön, teknologioiden tulee olla tarpeeksi kehittyneitä ja tuotettavien kierrätyslannoitevalmisteiden hinnaltaan kohtuullisia.

Hanke pyrki arvioimaan erilaisia ohjauskeinoja jätevesien sisältämän fosforin talteenoton ja kierrätyksen edistämiseksi. Tavoitteena oli löytää ohjauskeinoja, joiden avulla voidaan tukea uuden teknologian käyttöönottoa ja mahdollistaa kierrätyslannoitevalmisteiden markkinoiden kehittyminen. Lisäksi hankkeessa vertailtiin vaihtoehtoisia tapoja fosforin kierrättämiseksi teknis-taloudellisesta näkökulmasta.

Tutkimuksen aineisto ja menetelmät

Hankkeen aluksi selvitettiin kirjallisuuskatsauksella fosforivirrat globaalisti ja Suomessa.

Ohjauskeinojen kansainvälinen katsaus tehtiin pääosin kirjallisuuskatsauksena, jossa lähtökohtana olivat kokoomaraportit ja Euroopan fosforifoorumin aineisto. Lisäksi käytiin läpi maa-kohtaisia tietoja, jotka koostuivat internetsivuista, raporteista ja lainsäädännöstä sekä niitä selittävästä katsauksista. Kirjallisuuskatsausta täydennettiin ottamalla henkilökohtaisesti yhteyttä alan kansainvälisiin asiantuntijoihin.

Tekniikkakartoitus tehtiin pääosin kirjallisuuskatsauksena, jossa lähtökohtana olivat fosforin talteenottoa ja kierrätystä käsittelevät tutkimusraportit ja erityisesti EU:n P-REX –hankkeen aineistot. Tekniikoita arvioitiin SWOT-analyysin avulla, jossa käytettiin puhelinhaastattelulla kerättyjä näkemyksiä suomalaisten vesilaitosten edustajilta

Fosforin talteenoton ja kierrättämisen teknologioiden ja ohjauskeinojen arvioinnin tueksi toteutettiin sidosryhmäkysely, johon saatiin 32 vastausta mm. vesilaitoksilta, biokaasulaitoksilta, lannoitevalmistajilta, teknologian kehittäjiltä, viljelijöiltä ja etujärjestöiltä.

Ohjauskeinoja arvioitiin vaikuttavuuden, kustannustehokkuuden, hallinnon tehokkuuden ja poliittisen toteuttamiskelpoisuuden kannalta

Keskeisille sidosryhmille järjestettiin asiantuntijatyöpaja, jossa arvioitiin esitettyjä ohjauskeinoja ensin yksilötyönä lomakkeella vaikuttavuuden, kustannustehokkuuden, julkishallinnon tehokkuuden, yritysten transaktiokustannusten ja poliittisen toteuttamiskelpoisuuden kannalta sekä sen jälkeen ryhmätyönä. Aineistoa täydennettiin haastatteluin.

Tulokset ja johtopäätökset

Fosforin talteenotto- ja kierrätysmenetelmät

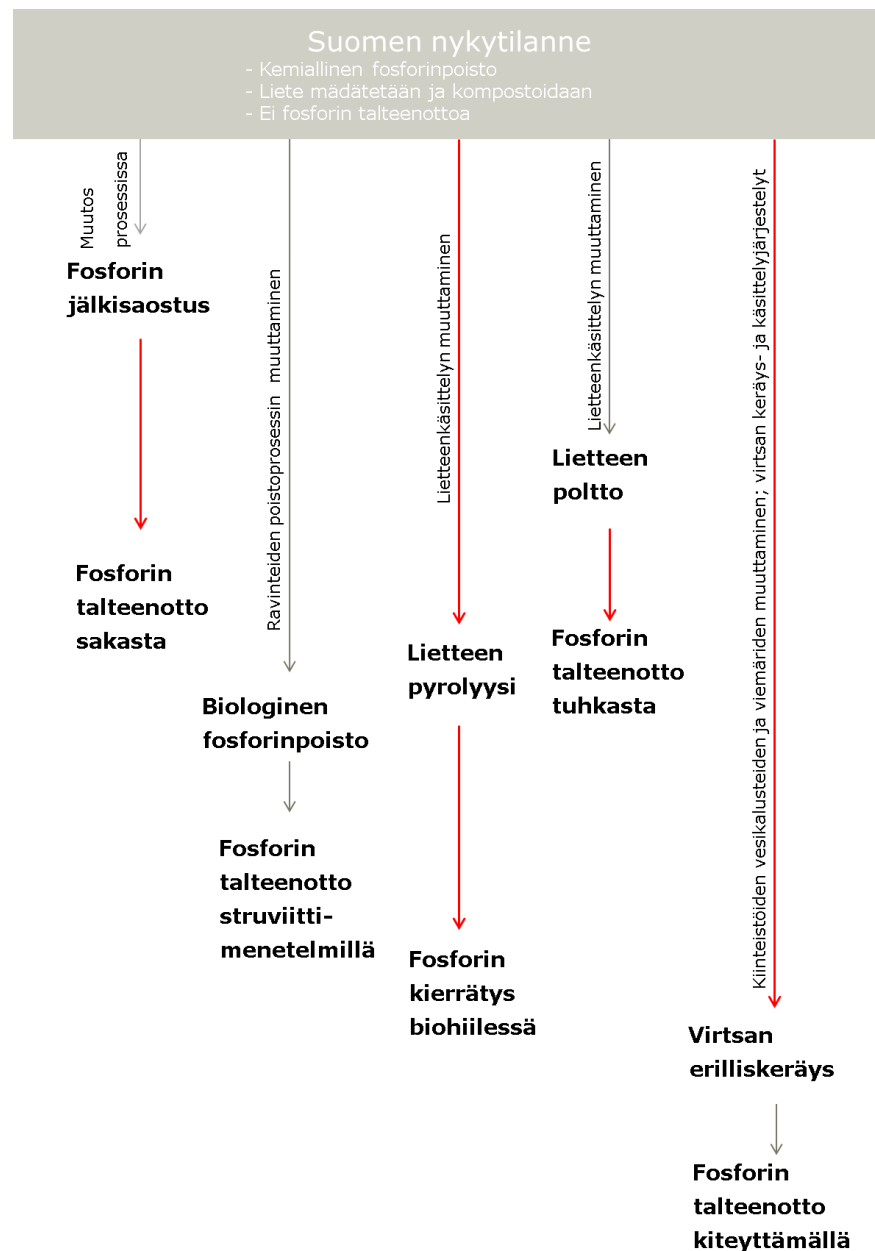
Suomessa fosfori saostetaan nykyään jätevedenpuhdistamoilla suurimmaksi osaksi kemiallisesti rauta- tai alumiinisuoloilla, ja suurin osa fosforista päätyy lietteeseen ja käsitellyn lietteen seassa maisemointiin tai viherrakentamiseen. Suomessa ei kerätä suuressa mitassa erillään virtsaa, ja suurin osa käymälöistä on yhdistetty vesiviemäriin ja sitä kautta suuriin puhdistamoyksiköihin. Mitään fosforin talteenottomenetelmää ei käytetä laitosmittakaavassa. Tällä hetkellä mikään menetelmä ei ole vielä täysin kilpailukykyinen kustannuksiltaan, ja meil- le niistä parhaiten soveltuvat ovat vielä varsin kehittymättömiä.

Eri menetelmien SWOT-analyysin pohjalta voidaan todeta, että nykyisin käytössä oleviin menetelmiin, joissa fosfori kiertää lietteen mukana, liittyy paljon heikkouksia lopputuotteen imagon ja kysynnän osalta. Lisäksi riskinä nähdään, että kysyntä tyrehtyy kokonaan ja että lainsäädännön kiristykset edelleen vähentävät mahdollisia käyttökohteita. Fosforin talteenottomenetelmistä suurin osa on vielä teknisesti kypsyttämättömiä. Erityisesti meidän kemialliseen lietteeseen soveltuviin menetelmiimme liittyy vielä epävarmuuksia toteutettavuuden ja kus-

tannustehokkuuden osalta. Lähimpänä kustannustehokkuutta ovat lietteen tuhkasta fosforia erottelevat menetelmät, mutta niiden käyttö edellyttäisi siirtymistä lietteen polttoon. Nestejakeista tapahtuvan talteenoton heikkoutena on talteenotetun osuuden vähäisyys, jolloin iso osa fosforista jää yhä hyödyntämättä.

Jotkin talteenottomenetelmät vaativat pienemmän muutoksen nykytilaan, kun taas muut, esimerkiksi virtsan erilliskeräys, vaativat jo suurempia muutoksia yhdyskuntien infrastruktuurissa (Kuva 2).

Kuva 2. Fosforin nykytilaa tehokkaamman kierrätyksen mahdollistavat muutokset.



*=Nuolen pituus kuvaa tarvittavan muutoksen suuruutta. Punaiset nuolet osoittavat niitä vaihtoehtoja, joissa tarvitaan teknistä kehitystä ennen laitosmittakaavan sovelluksia.

Ohjaukeinoja edistämään fosforin talteenottoa ja kierrätysfosforin markkinoita

Puhdistamolietteen ja siitä jalostettujen lannoitevalmisteiden sijaan tulevaisuudessa käytetään yhä enemmän jätevesien puhdistusprosessin eri vaiheissa talteenotettua fosforia. Nykyjärjestelmä kuitenkin tuottaa puhdistamolietettä, jonka fosfori olisi järkevää saada hyötykäyttöön. Siksi tarvitaan sekä ohjaukeinoja, jotka tukevat puhdistamolietteen ja siitä jalostettujen lannoitevalmisteiden turvallista käyttöä, että ohjaukeinoja, jotka edistävät fosforin talteenottoa ja talteenotetun fosforin käyttöä.

Euroopassa **lainsäädännöllisenä ohjaukeinona** nouseva ilmiö on fosforin talteenottovelvoite lietteestä tai jätevedestä. Se on jo käytössä Sveitsissä ja Saksassa ja on valmisteilla Itävallassa. Talteenotetun fosforin tuleva käyttö on vielä ratkaisematta. Velvoite kannustaa kuitenkin kehittämään uusia menetelmiä sekä talteenottoon että käyttöön, ja säädösten sallima pitkä siirtymäaika antaa teknologian kehitykselle aikaa. Talteenottovelvoitteen soveltuvuus Suomeen riippuu mm. siitä, löytyykö fosforin talteenottoon varten otettava teknologia. Sveitsin ja Saksan talteenottovelvoite parantaa lietteen polton ja tuhkasta tehtävän talteenoton tilannetta, sillä näissä maissa poltto on hyvin tärkeä lietteen käsittelymuoto. Tällöin voidaan myös olettaa, että tuhkan ja tuhkasta jalostettujen tuotteiden lannoitekäyttö tulee ajan myötä mahdolliseksi.

Taulukko 1. Ohjaukeinoja kohdistuvat eri tavoin eri tahoihin.

Ohjaukeino	Kohdistuminen	Vaikutus
Tavoitteena luoda markkinoita lietepohjaisille lannoitevalmisteille		
Kierrätysravinteiden sekoitevelvoite	Lannoiteteollisuus, lannoitteiden käyttäjät	Aiheuttaa kustannuksia yrityksille, mutta toisaalta kannustaa edelläkävijöitä. Saattaa nostaa lannoitteiden hintoja.
Investointituki lietteen prosessoinnille ja lannoitevalmisteiden valmistukselle tai suurten koehankkeiden rahoitus	Lietettä prosessoivat tahot, lannoitevalmisteiden valmistajat, teknologian kehittäjät	Kompensoi prosessoinnin aiheuttamia lisäkustannuksia, tukee uuden teknologian testausta
Puhdistamolietteen tai lietepohjaisien lannoitevalmisteiden sertifiointijärjestelmä	Suuret kunnalliset jätevedenpuhdistamot, lietettä prosessoivat tahot, lannoitevalmisteiden valmistajat	Onnistuessaan lisää luottamusta lietepohjaisiin lannoitevalmisteisiin ja niiden menekkiä
Lannoitevalmistealan vapaaehtoinen sopimus kierrätysravinteiden käytöstä ja osuuden vähittäisestä lisäämisestä	Lannoitevalmistealan toimijat	Luo alalle yhtenäisiä käytäntöjä, mikä parantaa ennustettavuutta. Saattaa nostaa lannoitteiden hintoja.
Tavoitteena edistää fosforin talteenottoa puhdistamolietteestä ja jätevesistä		
Fosforin talteenottovelvoite puhdistamolietteestä tai jätevesistä	Suuret kunnalliset jätevedenpuhdistamot	Lisää kustannuksia, osa kustannuksista siirtyy kuluttajille
Investointituki tai suurten koehankkeiden rahoitus	Suuret kunnalliset jätevedenpuhdistamot, teknologian kehittäjät	Kompensoi talteenoton aiheuttamia lisäkustannuksia
Tavoitteena luoda markkinoita talteenotetulle fosforille ja/tai parantaa talteenotetun fosforin kilpailuasemaa mineraalifosforiin verrattuna		
Kierrätysravinteiden sekoitevelvoite	Lannoiteteollisuus, lannoitteiden käyttäjät	Muuttaa lannoitevalmistuksen raaka-ainepohjaa. Aiheuttaa kustannuksia yrityksille, mutta toisaalta kannustaa edelläkävijöitä. Saattaa nostaa lannoitteiden hintoja.
Lannoitevalmistealan vapaaehtoinen sopimus kierrätysravinteiden käytöstä ja osuuden vähittäisestä lisäämisestä	Lannoitevalmistealan toimijat	Luo alalle yhtenäisiä käytäntöjä, mikä parantaa ennustettavuutta. Saattaa nostaa lannoitteiden hintoja.

Taloudellisia ohjaukeinoja fosforin kierrätyksen kannustamiseksi on käytössä hyvin vähän. Ainoita esimerkkejä ovat Baden-Württembergin EAKR-tuki. Tutkimus-, kehitys- ja inves-

tointituilla on myös merkitystä, mutta nyt olisi suuri tarve kehittää kierrätysfosforin markkinoiden luomista tukevia instrumentteja.

Informaatio-ohjauksesta mielenkiintoinen esimerkki on Ruotsin jätevesilietteen sertifiointijärjestelmä, joka mm. tähtää jätevedenpuhdistamoille tulevien haitallisten aineiden määrän vähentämiseen. Tällainen järjestelmä voisi olla yksi keino lisätä turvallista puhdistamolietteen ravinteiden kierrätystä ja lietteen maatalouskäytön hyväksyttävyyttä.

Alankomaiden fosforin arvoketjua koskeva **vapaaehtoinen sopimus** on kannustava esimerkki alan omasta toiminnasta kierrätysfosforin käytön edistämiseksi. Lannoitteiden myyjät ja viejät sitoutuvat mm. käyttämään tietyn kasvavan osuuden kierrätettyä fosforia. Tämänkaltaisen sopimusmenettely voisi hyvin olla mahdollinen myös Suomessa.

Ohjauskeinojen arvioinnin perusteella voidaan todeta, ettei mikään yksittäinen ohjauskeino ole riittävä tukemaan fosforin talteenottoa ja kierrätystä jätevesistä tai puhdistamolietteestä. Tarvitaan useiden erilaisten ohjauskeinojen yhdistelmää osittain eri tavoitteiden edistämiseksi ja osittain kehityskaaren eri vaiheissa.

Puhdistamolietteen ja puhdistamolietepohjaisten lannoitevalmisteiden osalta tärkeintä on **luottamuksen rakentaminen** vuoropuhelun, lietteen laadun parantamisen ja laatujärjestelmän keinoin sekä sellaisten lietteen uusien käyttömuotojen etsiminen, joilla pystytään korvaamaan mineraalilannoitteita.

Vapaaehtoiset sopimukset on Suomessa todettu tehokkaaksi ja toimivaksi ohjauskeinoksi

Teknologioiden tai uusien toimintatapojen kehittämisessä on useita vaiheita, jotka pitää käydä läpi ennen laajamittaista käyttöönottoa. Useimmat fosforin talteenottotekniikat ovat vielä teknis-taloudellisen toteuttamiskelpoisuuden osoittamisen tai pilotoinnin ja demonstroinnin vaiheessa. Tällöin niitä voi parhaiten edistää **tukemalla suuria koehankkeita**. Seuraavassa vaiheessa olennaisinta olisi tukea markkinoiden luomista erilaisin ohjauskeinoin.

Vapaaehtoiset sopimukset on Suomessa todettu tehokkaaksi ja toimivaksi ohjauskeinoksi. Niissä ei määritellä käytettäviä menetelmiä, vaan sovitaan yhteisistä tavoitteista. Aluksi käydään ehkä vaikeitakin neuvotteluita, mutta kun on päästy yhteisymmärrykseen, saavutetaan parhaimmillaan keskinäinen luottamus ja osapuolet ovat vahvasti sitoutuneita tavoitteisiin. Lannoitevalmistealan vapaaehtoinen sopimus kierrätysravinteiden käytöstä voisi olla tehokas ohjauskeino, jos luodaan sopivan kunnianhimoiset tavoitteet alan kehittämisen tueksi.

Jos vapaaehtoinen sopimus ei riitä toimivien kierrätysravinteiden markkinoiden luomiseen, voidaan myöhemmin, teknologian ollessa riittävän kehittyneenä, harkita **fosforin talteenottovelvoitteen ja kierrätysravinteiden sekoitevelvoitteen** yhdistelmän käyttöönottoa. Vesilaitokset velvoitettaisiin ottamaan jätevesien sisältämä fosfori talteen ja lannoitevalmistajat käyttämään tietty määrä talteenotettua fosforia. Toinen vaihtoehto olisi ottaa käyttöön taloudellisia kannusteita, jotka ohjaisivat tähän suuntaan.

Yhteenveto toimenpide-ehdotuksista

- Fosforin talteenoton ja kierrätyksen edistämiseksi Suomessa on syytä ottaa käyttöön yhdistelmä erilaisia, toisiaan tukevia ohjauskeinoja.
- Kansallisen vuoropuhelun avulla luodaan yhteisymmärrys tarvittavasta suunnasta ja hyväksyntää harkittaville ohjauskeinoille. Samalla kasvatetaan luottamusta, mikä on olennaista, jotta kierrätysravinteiden käyttö ruuantuotannossa olisi hyväksyttävää.
- Julkishallinnon on syytä neuvotella alan toimijoiden kanssa vapaaehtoinen sopimus kierrätysravinteiden käytön edistämiseksi. Sopimus voi sisältää asteittain nousevia tavoitteita kierrätysravinteiden käytön lisäämiseksi ja tarkastuspisteet etenemisen arvioimiseksi. Jos tavoitteita ei saavuteta, tulee harkita muita ohjauskeinoja.
- Uusien ratkaisujen kehittämiseen ja käyttöönottoon on syytä ohjata julkista rahoitusta, erityisesti tukea koehankkeille ja uuden teknologian käyttöönotolle. Varat kannattaa kohdentaa vaikuttavimpaan osaan ketjusta. Rahoitettavat kohteet kannattaa kilpailuttaa vaikuttavuuden perusteella.
- Kierrätyslannoitteille tarvitaan kansallinen laatujärjestelmä, joka takaa tuotteiden puhtauden ja turvallisuuden tutkimustietoon perustuen. Laatu voidaan osoittaa valmistelle myönnettävällä sertifikaatilla.
- Muiden toimenpiteiden toteuduttua ja teknologian ollessa riittävän kehittyntä suositellaan harkittavaksi kierrätysravinteiden sekoitevelvoitetta, jolla lannoitteissa tulisi olla vaiheittain kasvava osuus kierrätysravinteita. Tämä edellyttää kierrätysravinteilta korkeaa laatua ja turvallisuutta. Myös velvoitteen sopivuus EU:n yhteismarkkinoille tulee ensin varmistaa.
- Tietopohjan vahvistaminen ja toimenpiteiden kohdentaminen edellyttävät myös lisää tutkimusta mm. kustannustehokkaista fosforin talteenottomenetelmistä.
- Vaikuttaminen EU:n suuntaan jotta myös sellaiset fosforin kierrätyksen muodot, jotka eivät vaadi biologista fosforin poistoa jätevesistä tai lietteen polttoa, tulevat huomioitua.

Lisälukemista

Berninger, K., Pihl, T., Kasanen, P., Mikola, A., Tynkkynen, O. & Vahala, R. (2017) Jätevesien fosfori hyötykäyttöön – teknologioita ja ohjauskeinoja. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 62/2017.

Egle, L., Rechberger, H., Krampe, J. & Zessner, M. 2016. Phosphorus recovery from municipal wastewater: An integrated comparative technological, environmental and economic assessment of P recovery technologies. *Science of the Total Environment* 571, pp.522-542.

Marttinen, S., Venelampi, O., Iho, A., Koikkalainen, K., Lehtonen, E., Luostarinen, S., Rasa, K., Sarvi, M., Tampio, E., Turtola, E., Ylivainio, K., Grönroos, J., Kauppila, J., Koskiahho, J., Valve, H., Laine-Ylijoki, J., Lantto, R., Oasmaa, A. & zu Castell-Rüdenhausen, M. 2017. Kohti ravinteiden kierrätyksen läpimurtoa. Nykytila ja suositukset ohjauskeinojen kehittämiseksi ohjauskeinojen kehittämiseksi Suomessa. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 45/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki.

Vesilaitosyhdistys. (2016) Puhdistamolieteopas. Saatavilla osoitteessa: [https://www.vvy.fi/files/3870/Puhdistamolieteopas_2013\(20032014s\).pdf](https://www.vvy.fi/files/3870/Puhdistamolieteopas_2013(20032014s).pdf)

Viitteet

¹ Tiedot on kerätty seuraavista lähteistä:

Marttinen, S., Venelampi, O., Iho, A., Koikkalainen, K., Lehtonen, E., Luostarinen, S., Rasa, K., Sarvi, M., Tampio, E., Turtola, E. & Ylivainio, K., 2017. Kohti ravinteiden kierrätyksenläpimurtoa: Nykytila ja suositukset ohjauskeinojen kehittämiseksi Suomessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki.

Säylä, J. (2015), Yhdyskuntien jätevesien puhdistus 2013. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 34/2015.

Lisätietoja:

Tutkimusjohtaja Kati Berninger on Tyrsky-Konsultoinnin kokenut ympäristöasiantuntija, jonka erityisaloja ovat mm. ravinteiden kierrätys, kestävä maatalous sekä ilmastonmuutoksen hillintä ja sopeutuminen. Sähköposti: kati.berninger@tyrskyconsulting.fi
Lisätietoja: www.tyrskyconsulting.fi

Toimitusjohtaja Pirkko Kasanen on Tyrsky-Konsultoinnin kokenut asiantuntija, jonka erityisaloja ovat mm. kuluttajien ja organisaatioiden päätökset ja käyttäytyminen, erityisesti energia- ja ilmastokysymyksissä. Sähköposti: pirkko.kasanen@tyrskyconsulting.fi
Lisätietoja: www.tyrskyconsulting.fi

Tutkijatohtori Anna Mikola on Aalto-yliopiston Vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmän jätevesi- ja lietekysymyksiin perehtynyt asiantuntija. Sähköposti: anna.mikola@aalto.fi
Lisätietoja: builtenv.aalto.fi/fi/research/water_and_environmental_engineering/

”Jäteveden sisältämän fosforin talteenotto ja kierrättäminen: taloudelliset ja lainsäädännölliset ohjaukset eri maissa ja niiden soveltuminen Suomeen” on toteutettu osana valtioneuvoston vuoden 2017 selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa.

Hankkeen ohjausryhmän puheenjohtaja:

Ympäristöneuvos Jarmo Muurman
Ympäristöministeriö, jarmo.muurman@ym.fi



VALTIONEUVOSTON
SELVITYS- JA TUTKIMUSTOIMINTA
www.tietokayttoon.fi