

Prizztech Oy

SATA-Ravinne Puhdistamopohjaisen jätevesiliet- teen modifiointi laadukkaaksi lan- noitetuotteeksi 1.1.2021 – 31.03.2023

Pirjo Taube

LOPPURAPORTTI

Diaarinumero VN/24373/2020

TIIVISTELMÄ

Hankkeessa suunniteltiin ja pilotoitiin jätevesilietepohjaisen biokaasulaitoksen mädätteen ja jätevesilaitoksen lietteen jatkojalostus viljelijöiden tarpeet täyttäväksi, laadukkaaksi lannoitetuotteeksi. Kokeiluihin valikoitui satakuntalaisia yrityksiä, joilla oli tarvetta ja kiinnostusta selvittää sivuvirtojen hyötykäyttöä peltoravinteena. Hankkeessa toteutettiin kokeiluja eri sivuvirtojen ja jätevesilietteiden sekoituksille ja prosessoinnille.

Prosessointiyrityksiksi valikoitui yrityksiä, joilla oli erikoistumista uusiin teknologioihin. Hankkeessa kokeiltiin struviitin valmistusta jätevesilietteestä, mädätteen kuivausta infrapunakuivauksella ja met-säteollisuuden yhteispuhdistamon jätevesilietteen käsittelyä mikrobikäsittelyllä. Kokeilujen tuloksena saatiin erilaisia lannoitetuotteita, joiden ravinnepitoisuus ja haitta-ainepitoisuus analysoitiin. Hankkeessa kokeiluissa saaduissa lannoitetuotteissa oli erittäin vähäisiä määriä haitta-aineita. Laki-sääteiset metallipitoisuudet alittivat sallitut raja-arvot kaikissa tapauksissa. Haitta-aineet analysoitiin laajasti, mm. palontorjunta-aineiden, lääkeaineiden ja hormonien osalta. Analysoidut pitoisuudet olivat hyvin vähäisiä, jotkut jopa alle määritysrajojen. Muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta kaikki prosessointi- ja valmistusmenetelmät tuottivat kierrätyslannoitetuotteen, jossa haitta-aineiden pitoisuus aleni prosessoinnin seurauksena.

Hankkeen aikana koronapandemia ja maailman poliittinen tilanne ovat muuttuneet ja vaikuttaneet myös lannoitteiden hintoihin ja saatavuuteen. Lannoitteiden hintakehitykseen vaikuttaa suurelta osin energian hinta. Vuosien 2021-2022 aikana väkilannoitteiden hinnat kaksinkertaistuivat. Hintojen nousun myötä kierrätyslannoitteet ovat tulleet houkuttelevammaksi vaihtoehdoksi käyttäjille. Ukrainan sota on aiheuttanut paineita myös Suomelle olla omavaraisempi lannoitteiden suhteen ja kierrätyslannoitteiden lisääminen lisäisi lannoitteiden huoltovarmuutta.

Viestintä toteutettiin työpajoissa ja webinaareissa pitkin hanketta. Viestinnän kautta saatiin lisää toimijoita ja toimenpiteitä hankkeeseen. Maanviljelijäkuntaa informoitiin kierrätyslannoitteista ja uudesta seudulla syntyvästä biokaasulaitoksen mädätteestä. Viljelijäkuntaa haastateltiin hankkeen alussa ja loppupuolella kierrätyslannoitteiden käytön kokemuksista. Suhtautuminen kierrätyslannoitteisiin on muuttunut positiivisemmaksi käyttäjäkunnassa. Markkinalähtöiset käytön esteet sen sijaan aiheuttavat edelleenkin haastetta kierrätyslannoitteiden saamiseksi markkinoille.

Sisällysluettelo

1.	Hankkeen tausta	3
2.	Hankkeen toteutus.....	3
2.1	Hankkeen toimenpiteet ja aikataulu	3
2.2	Hankkeen kokeilut.....	5
2.2.1	Struviitin saostus	5
2.2.2	Yhteispuhdistamon jätevesilietteen käsittely	7
2.2.3	Tyypirejektin kuivaus ja rikastaminen	9
2.2.4	Mädätteen prosessointi ja rikastaminen	10
2.2.5	Magnesiumtuotteiden käyttökohteiden kartoitus.....	11
3.	Hankkeen tulokset	12
3.1	Kokeilut.....	12
3.2	Yhteenveto ja raportti	14
4.	Tulosten hyödyntäminen	14
5.	Hankkeen vaikutukset	15
6.	Viestinnän toteutuminen ja tulokset	16
7.	Talousraportti	16
8.	Johtopäätökset / Yhteenveto hankkeesta ja päätuloksista.....	17

1. Hankkeen tausta ja tavoitteet

Hankkeen nimi on Puhdistamolietepohjaisen kierrätysravinteiden modifiointi laadukkaaksi lannoite-tuotteeksi - SATA-Ravinne (2021-2023). Hanke sai rahoitusta ympäristöministeriön Ravinteiden kierrätyksen ja jätevesien käsittelyn energiatehokkuutta edistävästä rahoitusohjelmasta.

Toteuttajana oli Prizztech Oy ja projektipäällikkönä toimi Pirjo Taube. Asiantuntijoina toimivat Iiris Puhakka (lannoitteet), Heikki Perko (maatalousyhteydet) ja Minna Haavisto (ohjausryhmä). Yritysrähoittäjinä hankkeessa olivat Berner Chemicals Oy, Envor Pori Oy, Gasum Oy, Huittisten Puhdistamo Oy ja UPM Rauma.

Ravinteiden kierrätyksen lisäämiseksi puhdistamolietteiden tai puhdistamolietepohjaisten mädät-teiden käyttöä lannoitteena tulisi edistää. Lainsäädännön mukaan puhdistamolietepohjaisia lan-noite- ja maanparannustuotteita saa käyttää vilja- ja palkokasveille, mutta imagohaitan vuoksi nii-den käyttö on rajoittunutta. Hankkeen tavoitteena oli tuottaa puhdistamopohjaisista lietteistä jat-kojalostamalla laadukkaita kierrätyslannoitetuotteita, joissa yhdistyvät viljelykasvien ravinnetarpeita vastaava ravinnesisältö, mahdollisimman vähäinen haitta-ainepitoisuus ja laadukkaan lannoitteen imago.

Poriin valmistui vuoden 2021 aikana biokaasulaitos, joka käsittelee Porin seudun jätevesilietteet. Satakunnan alueella syntyy myös metsäteollisuuden ja yhdyskuntajätteiden yhteispuhdistamojen tuotteena kuitulietteitä, joiden potentiaali maanparannusaineena on tunnustettu. Myös muun sata-kuntalaisen teollisuuden sivuvirtoina syntyy lannoitekäyttöön hyväksytyjä tuotteita, joita voidaan sekoittaa puhdistamolietepohjaisiin mädätysjäännöksiin rikastamaan niiden ravinnesisältöä. Pro-cessoimalla rikastettua mädätettä, esimerkiksi termisellä kuivauksella, on mahdollista vähentää sen sisältämiä orgaanisia haitta-aineita sekä saattaa se helpommin levitettävään muotoon.

2. Hankkeen toteutus

2.1 Hankkeen toimenpiteet ja aikataulu

Hankkeen toteutus jaettiin kahteen työpakettiin. Työpaketissa 1 tehtiin kirjallisuuskatsaus, kartoitet-tiin Satakunnan alueen peltojen ravinnetarpeita, koottiin tietoja lannoitekäyttöön soveltuvista sivu-virroista sekä koottiin toimijoita yhteen työpajoihin. Saatujen palautteiden ja tietojen avulla kartoit-tettiin prosessointimenetelmiä sekä suunniteltiin mitä prosessointimenetelmiä ja sivuvirtoja käytet-tiin kokeiluissa. Lisäksi kartoitettiin maanviljelijöiden kokemuksia kierrätyslannoitteista ja informoi-tiin alueella syntyvistä maanparannukseen soveltuvista lannoitetuotteista. Työpaketissa 2 hankittiin asiantuntija haitta-aineanalyysiin, hankittiin ja tehtiin prosessointikokeilut sekä analysoitiin tuot-teet. Lannoitteen prosessoinnin kokeilut toteutettiin Suomessa jo toimivien yritysten avulla. Kokeilujen pohjalta arvioitiin myös sopivaa liiketoimintakonseptia lannoitetuotteen kaupallista-miseksi. Kokeilulla tuotettiin julkista tietoa prosessointi- ja liiketoimintamahdollisuuksista ja luotiin valmiuksia puhdistamolietepohjaisen, viljelijöitä houkuttelevan ja yleistä hyväksyntää nauttivan kier-rätyslannoitteen kaupalliselle tuotannolle.

Hankkeen työpakettien tarkemmat toimenpiteet ja hankkeen muutoshakemuksen mukainen aikataulu on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Hankkeen toimenpiteet ja aikataulu.

AIKATAULU & TOIMENPITEET	2021												2022												2023											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TP1: Jatkojalostuskokeilun suunnittelu																																				
Ravinnetarpeiden koonti	■	■																																		
Lannoitekäyttöön soveltuvien sivuvirtojen tietojen koonti																																				
Toimijoiden kokoaminen työpajoihin			◆				◆				◆																									
Lannoitevalmisteen sekoitus-reseptin suunnittelu																																				
Sekoittamistavan suunnittelu																																				
Valmistusmenetelmien kartoitus																																				
Maanviljelijöiden kartoitus Porin seudulla Envorin mädätteen käyttöön																																				
Maanviljelijöiden kartoitus Rauma UPM:n käsitellyn lietteen käyttöön																																				
Maanviljelijöiden info ja viestintää viljelijäsidosryhmille																																				
Parhaat/parhaiden menetelmien valinta																																				
TP2: Kokeilun toteutus																																				
Struvittikokeet																																				
Struvitiin/fosfaattisakan ravinneanalyysit																																				
Struvitiin toistokoe																																				
Struvitiin/fosfaattisakan ravinne- ja haitta-aineanalyysit																																				
Mädätteen ja Mg-sakan Infrapunakuivaus																																				
Infrapuna kuivatun lannoitevalmisteen ravinne- ja haitta-aineanalyysit																																				
Jätevesilietteen anaerobinen mikrobikäsittely																																				
Mikrobikäsittelyn ravinne- ja haitta-aineanalyysit																																				
Toimijoiden kokoaminen pientyöpajoihin ja tulosten läpikäynti																																				
Teollisen mittakaavan tuotannon kustannuslaskenta eri menetelmistä																																				
Väliraportointi ja ohjausryhmän kokous																																				
Raportointi ja julkinen esittely																																				

Hankkeen yhteistyötahoja hankkeen alkuvaiheessa olivat muut kehitys- ja tutkimusyhtiöt, kuten Pyhäjärvi-instituutti, LUKE ja LUT. Hankkeesta informoitiin Satakunnan alueella toimivia jäteveden puhdistamoja, biokaasulaitoksia sekä metsäteollisuutta ja osin muuta teollisuutta. Satakunnan alueella toimiviin viljelijöihin otettiin yhteyttä, samoin liettelannoitteen prosessointiin sopivia teknologia- ja suunnittelu yrityksiä otettiin mukaan yhteistyöhön.

Hankkeeseen yhteistyöyrityksiksi tuli mukaan yrityksiä, joiden kanssa hankkeessa suunniteltiin ja selviteltiin hankkeeseen soveltuvia ratkaisuja heidän liiketoiminnassaan. Yritykset olivat Berner Chemicals Oy, Envor Oy, Gasum Oy, Huittisten Puhdistamo Oy ja UPM Oy.

Työpajoja järjestettiin vuoden 2021 aikana useita pienimuotoisia, joihin osallistuivat hankkeessa mukana olleet yhteistyötahot. Työpajoissa pohdittiin ja kartoitettiin yritysten ravinnerikkaita sivuvirtoja, joiden lannoitepotentiaalia selvitettiin.

SATA-ravinne webinaari järjestettiin 8/2021. Webinaarissa kuultiin esityksiä lannoitelainsäädännön uudistuksesta, puhdistamolietteiden haitta-aineista, lannoitteiden vaikutuksesta toimitusketjun riskienhallintaan elintarviketeollisuuden näkökulmasta sekä esityksiä ravinteiden kierrätyksestä ja yhteistyöyritysten näkemyksiä ravinteiden kierrätyksestä.

Hankkeen ohjausryhmä on muodostettu rahoittajan ja valvojan lisäksi yhteistyöyrityksistä ja mukana keskusteluissa olleista muista tutkimustahoista.

Tulokset esiteltiin hankkeen päätösseminaarissa 3/2023. Webinaarissa kuultiin lisäksi tietoa tulevista RaKi-hankkeista, uusitusta lainsäädännöstä, puhdistamolietteiden haitta-aineista, metsäteollisuuden sivuvirtojen hyötykäytöstä sekä erilaisista prosessointimenetelmistä ja struviitin valmistuksesta.

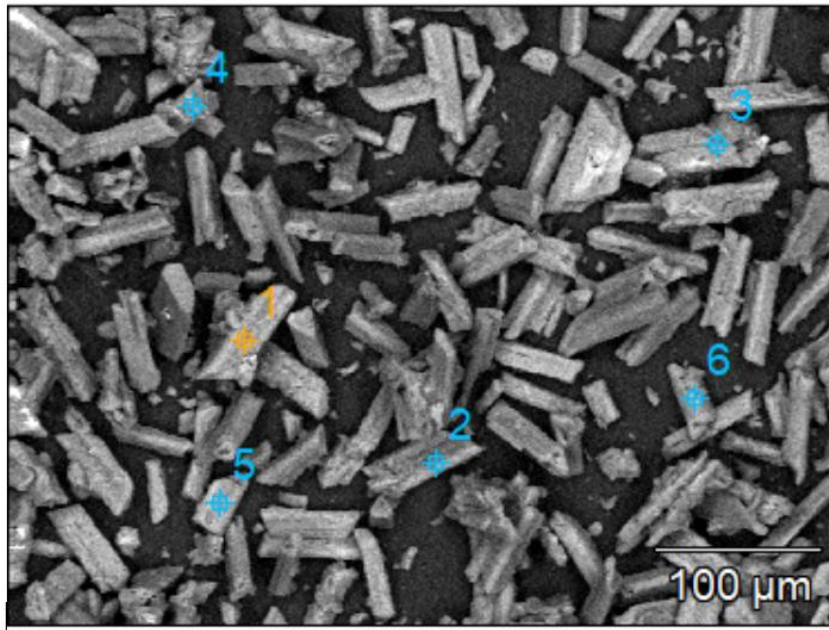
2.2 Hankkeen kokeilut

2.2.1 Struviitin saostus

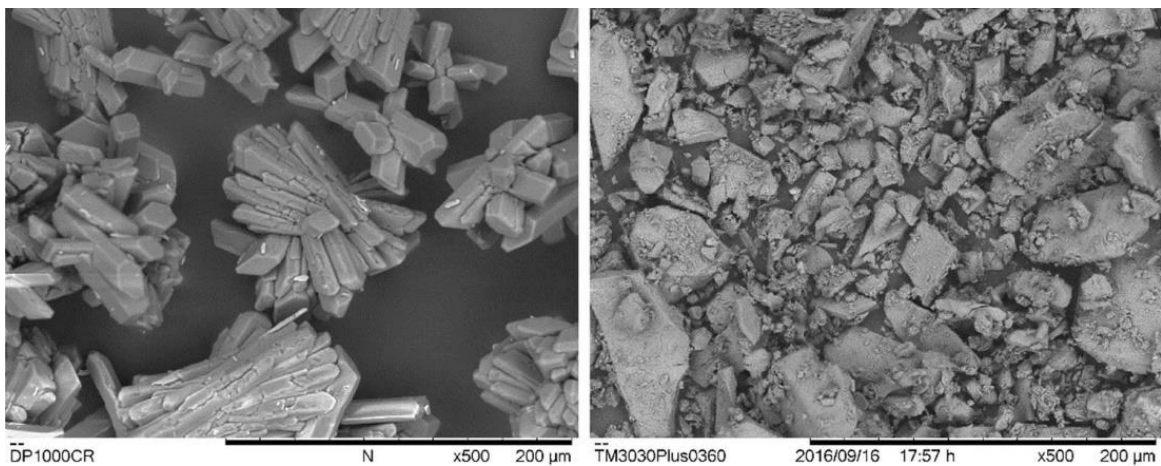
Huittisten jätevedenpuhdistamon prosessia ajetaan osan vuodesta BioP-prosessina, jolloin fosfori sitoutuu biologisesti jätevesilietteeseen puhdistamon biologisessa prosessissa ja kemikaalin käyttö vältetään ajoittain lähes kokonaan. Kun fosfori on sitoutunut lietteeseen biologisesti, se on paremmin erotettavissa ja hyödynnettävissä myöhemmässä vaiheessa esimerkiksi jatkojalostamalla lietteestä struviitti. BioP-prosessin aikana havaittiin puhdistamon tiivistämöllä fosforin vapautumista rejektivedeen viiveen seurauksena. Ilmiö on haitallinen, koska fosfori vapautuu rejektivedeen ja kulkeutuu eteenpäin prosessissa edelleen purkuveteen. Tällöin on lisättävä kemikaalia jälkisaostukseen, jolla varmistetaan laitokselta lähtevän purkuveden lupamääräysten mukainen fosforipitoisuus. Fosforin vapautumista voitaisiin kuitenkin hyödyntää laitoksella, mikäli se voitaisiin saostaa liukoisesta muodosta suoraan tiivistämön rejektivedestä struviitiksi.

Ensimmäiset koeajot fosforin vapauttamiseksi vähähappisissa olosuhteissa ja kokeesta saadun runsasfosforisen kirkasteen kokeilu struviitin saostamiseksi tehtiin 10/2021–2/2022. Syksyllä 2022 aloitettiin struviitin valmistuksen toistokoe, koska edellisestä koeajosta ei saatu tarpeeksi analysoitavaa materiaalia haitta-aineanalyysiin. Toistokokeissa struviittia saatiin vapautettua lietteestä ja saostettua struviitiksi enemmän kuin ensimmäisessä kokeessa. Tässä kokeessa fosforipitoisesta nestejakeesta erotettiin liete hiekkasuodatuksen avulla tavoitteena saada puhtaampaa struviittia. Saatu kide analysoitiin SEM-EDS määrittelyllä.

SEM-EDS (pyyhkäisyelektronimikroskopia-energiadiispersiivinen röntgenspektroskopia) -määrittelyistä (kuvat alla) on nähtävissä saatujen kiteiden ulkonäkö. Kuvissa on nähtävissä hyvin vastaavanlaisia kiteitä kuin kirjallisuudessa on esitetty puhtaalle struviitille (esim. Bianchi et al. 2020, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 142, 1303–1314). Mukana on silti nähtävissä myös hieman epäpuhtauksia.



Kuva1. Struviittisakkaa Huittisten puhdistamon jätevedestä, $MgSO_4$:llä saostettu, SEM-kuva, 250-kertainen suurennos.



Kuva 2. Kirjallisuudesta (Bianchi et al. 2020) löytyneet kuvat puhtaasta VWR:ltä ostetusta struviitista (vasen) ja jätevesiprosessin rejektivesikäsittelystä (Severn Trent Water Ltd) tehdystä struviitista (oikea).

Puhtaasta struviitista otetusta kuvasta nähdään, että yksittäinen struviittikide on samanmuotoinen mitä hankkeen kokeiluissa saadussa struviitissa, mutta kiteet ovat kasvaneet yhteen, mikä on tyypillistä struviitin muodostumiselle. Struviitin kidekoko saadaan sopivissa olosuhteissa kasvatettua. Suurempi kidekoko on helpommin käsiteltävää kiteytyksen jälkeen pesussa ja suodatuksessa. Myös lannoitekäytössä suurempi kidekoko on eduksi.

Kokeissa saatu struviitti tai fosfaattisakka alitti selvästi haitta-aineiden osalta Ruokaviraston asettamat raja-arvot (Taulukko2).

Taulukko2. Haitta-aineiden pitoisuus fosfaattisakoissa (MgSO₄:llä saostettu ja Mg(OH)₂:lla saostettu sakka) ja lainsäädännön raja-arvot (mg/kg ka).

	MgSO ₄	Mg(OH) ₂	Ruokaviraston raja-arvot
Cu	23	6	600
Zn	38	17	1500
Cr	6	9	300
Ni	1	1	100
Pb	9	40	100
Cd	<0,01	0	1,5
As	1	3	25
Hg	<0,1	<0,1	1

2.2.2. Yhteispuhdistamon jätevesilietteen käsittely

UPM:n Rauman tehtaiden jätevesilietteet käsitellään Rauman yhteispuhdistamolla, jossa käsitellään UPM:n paperintuotannon lisäksi Metsä Fibren yksiköiden ja Rauman kaupungin yhdyskuntajätevedet.

Puhdistamon ns. biolietteen osuus on viime vuosina kasvanut, mikä on lisännyt lietejakeiden loppukäsittelyn kustannuksia. Lietteet poltetaan osakkaiden omistaman Biovoima Oy:n energialaitoksella. Kiinnostus on saada ravinnerikkaan alhaisen kiintoainepitoisuuden omaavan biolietteen osuutta vähennettyä prosessissa ja saada se hyödynnettyä maanparannusaineena.

Koeajot jakaantuivat kahteen osaan, biolietteen kalkkistabilointiin ja biolietteen mikrotermiseen käsittelyyn.

UPM on suorittanut omilla resursseillaan kalkkistabilointikokeet. UPM on tehnyt Kaukaan tutkimuskeskuksella kalkkistabilointikokeen Rauman puhdistamon sekalietteelle käyttäen stabilointikemikaalina Ca(OH)₂ ja CaO:ta. Stabiloinnin tuloksena liete kuivui hieman ja hygienisoitui. Kadmiumpitoisuus kokeiden jälkeen oli 1,2–1,4 mg/kg ka, joten stabiloinnin, hygienisoinnin ja lain mukaisten raja-arvojen suhteen tuote on sopiva maanparannusaineeksi.

Heinäkuussa 2022 tehtiin lietteelle aerobinen mikrobikäsittely Biopallo Oy:n reaktorilla Kuopiossa. Käsittelyä kutsutaan myös Biopallo-käsittelyksi. Käsittelyssä kasvatettiin mikrobijuuri, joka lisättiin reaktoriin. Samoin mikrobitoiminnan herättämiseksi lisättiin kananlantaa. Jotta liete pysyi käsittelyn aikana ilmavana, siihen lisättiin myös haketta, joka lopussa seulottiin pois. Käsittely onnistui hyvin ja saatiin hygieenistä maanparannusainetta. Lisäaineiden myötä ravinnesuhteet hieman muuttuivat. Tuotteelle tehtiin ravinne- ja haitta-aineanalyysi.



Kuva 3. Vasaramyllyllä käsitelty UPM-Biopallokäsitelty liete (vasen). Rakeistuksen läpikäynyt UPM-Biopallokäsitelty liete (oikea).

Taulukosta 3 nähdään, että käsittelemätönkään liete ei ylittänyt kansallisen lannoitelainsäädännön haitallisten aineiden enimmäispitoisuuksia. Kadmiumin määrä UPM:n lietteessä oli alun perin alle Ruokaviraston raja-arvon. Kadmiumin määrä ei lisääntynyt koeajossa, vaan lisäaineiden myötä kadmiumpitoisuus puoliintui ja oli käsittelyn jälkeen 0,7 mg/kg ka.

Taulukko 3. UPM-liete ennen Biopallo-käsittelyä, Biopallo-käsittelyn jälkeen, sekä vahvennetulla Ruokaviraston kansallisen lannoitelainsäädännön raja-arvot.

	Ennen	Biopallo-käsittelyn jälkeen	Raja-arvo*	Yksikkö
arseeni	1,8	1,1	25	mg/kg ka
kadmium	1,2	0,71	1,5	mg/kg ka
kromi	61	94	300	mg/kg ka
kupari	19	17	600	mg/kg ka
lyijy	6,7	4,1	100	mg/kg ka
nikkeli	38	50	100	mg/kg ka
sinkki	180	140	1500	mg/kg ka

*<https://www.ruokavirasto.fi/kasvit/lannoitevalmisteet/laatuvaatimukset/haitalliset-aineet-ja-hygienia/>

Biopallo-käsitellystä UPM:n jätevesilietteestä tehtiin laaja haitta-aineanalyysi käsittäen lakisäätteisten metallipitoisuuksien lisäksi yleisimmät jätevesissä esiintyvät lääkeaineet, hormonit, orgaaniset haitta-aineet, palonestoaineet, POP-yhdisteet (pysyvät orgaaniset ympäristömyrkyt -persistent or-

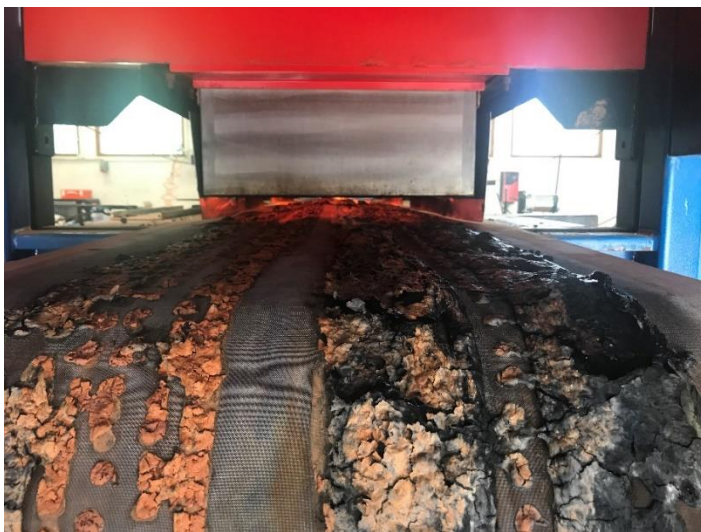
ganic pollutant), PAH16-yhdisteet (polysykliset aromaattiset hiilivedyt), PFAS-yhdisteet (per- ja polyfluoratut alkyyliryhdykset), AOX-yhdisteet (orgaaniset klooriyhdisteet), PCB-yhdisteet (polyklooratut bifenyylit), ftalaatit sekä alkyylifenolit ja niiden etoksylaatit. Analyysitulosten tulkintaan hankittiin ostopalveluna asiantuntijalausunto.

Hygieenisyyden osalta näyte täytti lainsäädännössä asetetut raja-arvot. Haitta-aineiden pitoisuudet alittivat Laatulannoite-järjestelmän raja-arvot. POP-aineista: POP-asetuksen (2019/1021) jäteraja-arvot alittuivat selvästi. Kun verrattiin yhdyskuntajätevesilietteestä valmistettujen lannoitustuotteiden sisältämät haitta-aineita Biopallo-käsitelty lietteeseen, Biopallo-käsitelty liete sisälsi selvästi vähemmän haitta-aineita. Esimerkiksi kaikkien hormonien ja lääkeaineiden pitoisuudet olivat Biopallo-käsitellyssä UPM:n lietteessä alle analyysimenetelmien määrittämissä raja-arvojen. AOX:n pitoisuus oli korkeampi kuin mitä on Suomessa raportoitu biokaasulaitosten mädätteistä. Lainsäädännössä ei ole käytössä raja-arvoa AOX:lle, mutta useissa Euroopan maissa sovelletaan AOX:n raja-arvoa yhdyskuntajätevesilietteiden käytölle maataloudessa. Nämä raja-arvot ylittyivät Biopallo-käsitellyssä UPM:n lietteessä selvästi.

2.2.3 Typpirejektin kuivaus ja rikastaminen

Gasumin Huittisten biokaasulaitoksella syntyy sivuvirtana typpipitoista rejektikonsentraattia, joka olisi hyvä saada takaisin järkevällä tavalla ravinnekiertoon.

Suunnitelmana oli tehdä kokeilu ja rikastaa typpivesi Berner Chemicalsin magnesiumtuotteella ja mahdollisilla muilla lisäravinteilla. Tavoitteena oli saada aikaan tuote, jota lainsäädännön puitteissa mahdollisesti voidaan käyttää laadukkaana lannoitetuotteena. Suunnitelmana oli kuivata Gasumin Turun biokaasulaitoksen typpikonsentraattia infrapunakuivauksella. Typpikonsentraattiin pyrittiin lisäämään joko ennen tai jälkeen kuivauksen rikastetta, esim. Mg-sivuvirtaa. Alustavat koeajot tehtiin keväällä ja kesällä 2022. Konsentraatin koostumus vaikutti aiheuttavan ongelmia laitteiston kuivausosalla tukkimalla viiran ja kuivauksessa palamalla (kuva 4).



Kuva 4. Infrapunakuivauksessa palanutta konsentraattia.

2.2.4 Mädatteen prosessointi ja rikastaminen

Envor Porin biokaasulaitos käynnistyi loppuvuonna 2021. Hankkeen alkupuolella tehtiin viljelijäkar-toitus mädätysjäännöksen potentiaalisten vastaanottajien ja käyttäjien verkoston luomiseen. Lähi-alueen kuljetusyrittäjiä ja viljelijöitä on kontaktoitiin ja informoitiin Envorin Porin laitoksen käynnis-tymisestä sekä haastateltiin kiinnostuksesta käyttää Envorin tuotetta maatalouskäyttöön. Kartoitus valmistui 2022.

Hankkeen toimenpiteinä tehtiin Envorin laitoksen mädätysjäännöksen rikastus- ja prosessointiko-keita infrapunakuivauksella Nanopar Oy:llä. Envorin mädätettä kuivattiin Nanoparin infrapu-nakuivaimella ja sekoitettiin Berner Chemicalsin Mg-sakalla ja $MgSO_4$ pölyllä, jotka molemmat ovat Mg-yhdisteiden valmistuksessa syntyvää sivuvirtaa.

Mädäte kuivui hyvin infrapunakuivauksella. Kuivatusta mädatteestä, Mg-sivuvirroista sekä seoksista eli rikastetuista mädatteista tehtiin analyysit. Kuvassa 5 on esitetty infrapunakuivattua ja Mg-rikas-tettua mädatettä.



Kuva 5. ENVOR-mädäte kuivattuna (alareuna) ja taustalla kuivattuna ja jauhattuna.

Taulukosta 4 nähdään, että kromin määrä on kuivatussa ja Mg-pölyyn sekoitetussa suurempi kuin tuoreessa mädatteessä ja kuivatussa mädatteessä. Tämä johtuu lisäystä Mg-kemikaalista. Taulu-kosta 4 nähdään myös, että mikään mädattejae, ei tuore, ei kuivattu, eikä kuivattu ja mg-sekoiteltu, ei ylittänyt kansallisen lannoitelainsäädännön haitallisten aineiden enimmäispitoisuuksia.

Taulukko 4. Envor-mädätteen analyysituloksia ennen (ENmä-t) ja jälkeen (ENmä-k) kuivauksen ja sekoituksen magnesiumkemikaalin kanssa jälkeen (ENmä-Mg-k).

	ENmä-t	ENmä-k	ENmä-Mg-k	Raja-arvo*	Yksikkö
arseeni	5,6	<5,2	<5,3	25	mg/kg ka
kadmium	1,4	0,65	0,77	1,5	mg/kg ka
kromi	28	28	44	300	mg/kg ka
kupari	430	570	580	600	mg/kg ka
elohopea	0,52	0,38	0,35	1,0	mg/kg ka
nikkeli	87	43	53	100	mg/kg ka
lyijy	13	16	16	100	mg/kg ka
sinkki	650	630	670	1500	mg/kg ka

*<https://www.ruokavirasto.fi/kasvit/lannoitevalmisteet/laatuvaatimukset/haitalliset-aineet-ja-hygienia/>

Tuorelle Envor-mädätteelle ja kuivatulle Envor-mädätteelle tehtiin laaja haitta-aineanalyysi ja ostopalveluna hankittiin asiantuntijalausunto. Lainsäädännön raja-arvot: metallipitoisuudet täyttivät lietedirektiivissä ja MMMa 24/11:ssä esitetyt raja-arvot. Hygienenisyyden osalta näytteet täyttivät lainsäädännössä asetetut raja-arvot. Laatulannoite-järjestelmään verrattuna kaikki muut pitoisuudet täyttivät Laatulannoite-järjestelmän raja-arvot, mutta kadmiumin, kuparin ja nikkelin osalta raja-arvot ylittyivät osalla näytteistä. POP-aineet: POP-asetuksen (2019/1021) jäteraja-arvot alittuivat selvästi. PAH16-yhdisteet: PAH16-yhdisteiden summa alitti selvästi lainsäädännön ja Laatulannoite-raja-arvon. PCB-yhdisteet, palonestoaineet ja ftalaatit: mahdollisesti esiintyi, olivat määritysrajaa alemmissa pitoisuuksissa. Orgaaniset haitta-aineet: pääosin samalla tasolla kuin aiemmin on Suomessa mitattu yhdyskuntajätevesilietteistä ja biokaasulaitosten mädätteissä. PAH-yhdisteet, PFAS-yhdisteet (summapitoisuudet) ja lääkeaineet: pääasiassa aiemmin raportoituja matalampia. PFOS- ja PFOA-yhdisteet: pitoisuudet olivat samalla tasolla kuin aiemmin on mitattu lietteissä. Alkyylifenolit ja niiden etoksylaatit: pitoisuudet olivat jonkin verran aiemmin raportoituja korkeampia.

2.2.5 Magnesiumtuotteiden käyttökohteiden kartoitus

Berner Chemicals tuottaa magnesiumsulfaattia ($MgSO_4$) ja magnesiumhydroksidia ($Mg(OH)_2$). $MgSO_4$:a käytetään lannoitteena ja tuotteella on ruokaviraston hyväksyntä. Hankkeessa tehtiin magnesiumtuotteiden uusien käyttökohteiden kartoitus hankkeen kokeiluissa.

- $Mg(OH)_2$:a voidaan käyttää laajalti pH:n säätöön, alkaliniteetin nostoon ja tehostamaan mikrobien toimintaa mikrobiologisissa prosesseissa. Magnesiumhydroksidia käytetään voimalaitosten savukaasupesureissa, jätevesilaitoksilla ja biokaasuprosesseissa.
- $Mg(OH)_2$:in hyödyntäminen savukaasupesureissa mm. lipeän sijaan on järkevää, jolloin se reagoi savukaasujen rikin kanssa ja muodostuu $MgSO_4$:a (lannoitetuote).
- $Mg(OH)_2$:a ja $MgSO_4$:a voidaan hyödyntää struviitin saostuksessa, jolloin saadaan suoraan lannoitetuote.

Struviitin kiteytyskokeissa sekä mädätteen rikastuskokeissa on hyödynnetty Mg-tuotteiden valmistuksessa syntyviä sivuvirtoja.

Jätevesiprosessissa voitaisiin mahdollisesti käyttää $MgSO_4$:a tai $Mg(OH)_2$:a fosforin saostusaineena. Suomessa on perinteisesti käytetty ferro- tai ferrisulfaattia, joka on ollut sivutuote titaanidioksidin valmistuksessa. Sen saatavuus on vaikeutunut ja hinta noussut, joten muut vaihtoehdot olisivat tervetulleita vesihuollon toimintavarmuuden parantamiseksi. Ensi vaiheessa kiinnostavaa olisi selvittää $MgSO_4$:n käytettävyys viljelykasvien kannalta.

Berner Chemicalsin Mg-tuotteiden sopivuutta kokeiltiin fosforin saostuskemikaaleina. Hyvin todennäköisesti Mg-yhdisteet eivät voi toimia niin tehokkaina fosforinsaostajina kuin Fe tai Al. Jotta voitaisiin vetää tarkempia johtopäätöksiä, tulisi tehdä lisäkokeita etenkin magnesiumhydroksidilla. Jatkoaostuskokeita on suunniteltu tehtävän BioP-Rec hankkeen puitteissa.

3. Hankkeen tulosten yhteenveto

3.1 Kokeilut

Hankkeessa tehtiin erilaisia prosessointi- ja rikastuskokeiluja jätevesilietteillä ja mädätteillä tavoitteena saada laadukas lannoitetuote. Kokeilujen prosessoinnit onnistuivat teknisesti hyvin ja tuloksena saatiin kuivattuja lannoitetuotteita, joiden ravinnepitoisuudet ja haitta-ainepitoisuudet analysoitiin. Poikkeuksena tutkituista jakeista ainoastaan infrapunakuivauksen kokeilut, joissa lisättiin typpikonsentraattia, eivät onnistuneet typpikonsentraatin viskositeetin ja koostumuksen vuoksi.

Struviittikokeilut poikkesivat muista kokeiluista siinä mielessä, että tuote valmistettiin kemiallisesti eikä prosessoimalla. Tulokseksi saatiin fosfaattisakkaa, josta noin puolet oli struviittia eli magnesiumammoniumfosfaattia ja loput magnesium- ja kaliumfosfaatteja, jotka kaikki ovat lannoitetuotteita. Fosforia saatiin talteen 500 l kontissa olevasta jätevedestä yli 90 % ja siitä saatiin valmistettua struviittia sisältävää fosfaattisakkaa noin 1 kg. Kokeilujen perusteella sakasta on noin puolet struviittia ja polet muita lannoitekelpoisia fosfaatteja. Koska tässä hankkeessa valmistettiin vain pieni määrä struviittia, ei sen teollisia valmistuskustannuksia voida vielä tämän kokeilun perusteella tarkasti laskea.

Teoreettinen struviitin saantopotentiaali koko jätevesipuhdistamon tulovirtaamasta tämän kokeen perusteella olisi vuodessa 36 t. Struviitin valmistuksen taloudellisuutta rajoittava tekijä on lietteen vanhenemisen ja kiteiden muodostumisen vaatima aika, joista johtuen struviittia täytyy valmistaa panostyyppisesti. Struviitin valmistus vaatii jätevedenpuhdistamolta kiteytyslaitteiston, jonka hinnaksi on arvioitu 50 000–100 000 eur. Struviitin hinta maailmanmarkkinoilla on 0–500- eur/t (nollan minimiarvo liittyy paikalliseen tilanteeseen ilman sopivia markkinoita) (De Vrieze et al. 2019 Resource recovery from pig manure via an integrated approach: A technical and economic assessment for full-scale applications, *Bioresource Technology* 272, 582–593). Struviitin valmistusprosessia kehitetään toisessa RaKi-rahoitetussa BioP-Rec hankkeessa, jonka jälkeen voidaan arvioida paremmin prosessin kannattavuutta. Fosforin talteenoton kustannuksista struviittina on otettava myös huomioon kustannukset, jotka aiheutuvat jätevedenpuhdistamon siirtymisestä BioP-prosessiin ja toisaalta on otettava huomioon säästöt, joita saavutetaan kemikaalien vähentämisen ja liet-

teiden kuljetuskustannusten säästön myötä. Prosessin kehitys BioP-tyyppiseksi on vaatinut Huittisten Puhdistamolta tutkimusresursseja ja pieniä muutoksia prosessiin, mutta ei esimerkiksi suuria allas- tai laiteinvestointeja. Huittisten Puhdistamolla kemikaaleissa ja kuljetuksissa säästö verrattuna kemialliseen fosforin talteenottoon on ollut n. 25 000 eur vuodessa. Struviitille tehtiin haitta-aineanalyysi. Haitta-aineista analysoitiin sellaisia aineita, joita Huittisten puhdistamon jätevesistä on aiemminkin analysoitu. Analyysimenetelmät olivat SEM-EDS, LC-MS (nestekromatografia-massaspektrometria) ja GC-MS (kaasukromatografia-massaspektrometria). Kyseisiä haitta-aineita, joita analysoitiin näillä menetelmillä, löytyi vähäisiä pitoisuuksia. Magnesiumsulfaatilla saostetussa näytteessä haitta-aineita oli enemmän kuin magnesiumhydroksidilla saostetuissa tuotteissa. Tämä oli odotettavaa, koska silmämääräisesti magnesiumsulfaatilla saostetussa näytteessä oli enemmän lietettä. Tarkempia tuloksia esitellään seuraavassa BioP-Rec-hankkeessa.

Prosessoinnilla tuotetuissa lannoitetuotteissa ravinnepitoisuudet olivat pääravinteiden osalta normaalilla kierrätyslannoitetasolla. Lisäksi magnesiumtuotteiden lisäys luonnollisesti nosti tuotteiden magnesiumpitoisuutta. Haitta-ainepitoisuudet kaikissa kokeiluissa olivat matalalla tai hyvin matalalla tasolla. Mikrobikäsittelyssä lisättiin prosessiin apuaineiksi orgaanisia jakeita, jotka parantavat prosessoinnin suorittamista sekä nostavat lannoitetuotteen hiilipitoisuutta. Samalla metallipitoisuudet vähenivät verrattuna käsittelemättömään tuotteeseen.

Mikrobikäsittelyssä kustannuksia tulee mahdollisista orgaanisista apuaineista, mikäli niitä ei saa hyödynnettyä täysin sivutuotteena ilman kustannuksia. Biopallo-käsittely vaatii myös energiaa. Itse prosessi alkuvaiheen jälkeen on autoterminen. Teknologiatoimittajan mukaan esimerkiksi 53 000 t/vuosi tuottavan teollisen mittakaavan laitoksen käsittelyssä lopputuotteen omakustannushinta on n. 25 € - 35 €/t riippuen läpimenoajasta eli reseptistä. Kustannus sisältää energiankulutuksen kustannukset, 2 hlön palkkakustannukset, huollon ja varaosat, prosessin/reseptin tukiaineet (mm. hake). Tukiaineiden tarve ja määrä riippuu primäärijakeesta ja reseptistä, jolla prosessi saadaan käyntiin (C/N-suhde). Tonnihintaan ei ole sisällytetty laitosinvestointia. Lopputuotteen markkinahintaa ei ole arvioitu, koska siihen vaikuttaa moni asia. Prosessista syntyvä lopputuotetta voidaan esim. rakeistuksen yhteydessä vielä terästä esimerkiksi urealla tai ammoniumsulfaatilla AMS, mikä lisää kustannuksia, mutta myös lannoitteen arvoa. Lopputuote voi olla jo sellaisenaan maanparannusaine tai turpeen korvaava raaka-aine kasvualustoihin. Mitä lyhyempi läpimenoaika on, sitä edullisempi on tonnihinta. UPM Rauman sekalietteen koeajojen läpimenoaika oli 1½ vuorokautta, ja siitä voidaan hinnaksi arvioida 30 €/tn. Teknologiatoimittajan koeajojen perusteella on huomattu että, kun mikrobikanta vahvistuu, niin teollisen prosessin läpimenoaika lyhenee, ja sillä on suora vaikutus tonnihintaan. Arviolta UPM Rauman lietteen teollisen prosessin läpimenoaika lyhenemisen vaikutuksesta lopullisen tuotteen kustannukset voisivat olla 25 €/tonni.

Infrapunakuivatuissa tuotteissa tapahtui joitakin vähäisiä metallipitoisuuksien nousuja, jotka johtuivat todennäköisesti siitä, että infrapunakuivauksessa säteilylämpötila on niin korkea, että tapahtui joidenkin aineiden höyrystymistä ja orgaanisen aineksen solun sisäistä kuivumista. Tuote oli infrapunakuivauksen jälkeen kevyempää kuin märän tuotteen kuiva-ainepitoisuuden määrittämisen jälkeen. Kuivumisilmiö lisää haihtumattomien jakeiden painoprosenttiosuutta kuivapainossalinfrapunakuivauksen energia- ja henkilökustannukset ovat 40 eur/m³. Tällä hetkellä viljelijät maksavat käytännössä märän tai lingotun tuotteen kuljetuksesta ja mahdollisesti levityksestä ja itse tuotteen hinta on vähäinen. Infrapunakuivatun ja tuotteistetun lannoitteen hyödyt tulevat viljelijälle lannoit-

teen laadusta, helposta varastoinnista, kuljetuksesta ja levityksestä. Lisäksi tuotteesta saadaan hajutonta infrapunakuivauksen jälkeen. Mikäli taas jätevesiliete kuivattaisiin suoraan lannoitteeksi ilman mädätystä, se toisi säästöjä jätevesipuhdistamon kustannuksiin. Infrapunakuivauksen käyttökustannukset ovat 40 eur/m³ ilman investointikustannusta ja mädätyksen kustannukset kuljetuksineen n 80 eur/m³. Infrapunakuivatuista lietteistä laskettiin teollisen mittakaavan kustannusten eri skenaariot: 1) kun liete ainoastaan kuivataan 2) kun liete kuivataan ja myydään ja 3) liete tuotteistetaan lannoitteeksi ja myydään. Skenaarioita verrattiin nykyisiin mädätyskustannuksiin. Oletusarvoina oli, että lietemäärä olisi 1000 m³/a ja lietteen nykyinen käsittelykustannus olisi 80 eur/m³. Siten lietteen nykyinen käsittelykustannus olisi 80 000 eur/a. Skenaariolla 1 päästään 50 000 euron/a säästöihin, skenaariolla 2 säästöt olisivat 77 000 eur/a, skenaariolla 3 säästöt olisivat 132 000 euron/a säästöihin. Tällöin on kuitenkin huomattava, että lietteen sisältämä energia jää hyödyntämättä, kun lietettä ei mädätetä. (J. Kuntonen, Paskier feasibility study)

3.2 Yhteenveto ja raportti

Hankkeen tavoitteena oli tuottaa prosessoituja lannoitetuotteita sekä synnyttää yritysverkostoja ja edistää uutta liiketoimintaa kierrätyslannoitteiden valmistukseen ja käyttöön. Hankkeen pääasialliset tavoitteet saavutettiin ja kokeilujen tuloksena saatiin erilaisia lannoitetuotteita, jotka analysoitiin.

Hankkeessa syntyi paljon dataa, joka on koostettu erilliseksi, tuloksia tarkemmin esitteleväksi raportiksi. Hankkeen raportti tuloksineen ja liitteineen löytyy hankkeen nettisivuilta <https://www.prizz.fi/kehittamisteemat/bio-ja-kiertotalous/sata-ravinne.html>

4. Tulosten hyödyntäminen

Kaikki hankkeessa kokeillut prosessointitekniikat ovat valmista teknologiaa, joka voidaan ottaa heti käyttöön, eivätkä ne vaadi paljon tuotekehitystä. Poikkeuksena on struviitin valmistus, mikä edellyttää Suomessa jonkin verran kehitystyötä BioP-prosessin käyttöönotossa sekä struviitin valmistuksen integroinnissa BioP-jätevesiprosessiin. BioP-prosessi on suhteellisen helposti otettavissa käyttöön jätevedenpuhdistamoilla. Struviitin saostaminen BioP-prosessista vaatii kiteytyskokeilua ja prosessin kehitystä, koska teknologia ei ole Suomessa yleistä.

Termiset kuivausteknologiat ja mikrobikäsittelyteknologiat vaativat myös käyttäjältään laiteinvestointeja, koska käsittelylaitteiden vuokraus ei tällä hetkellä ole mahdollista. Infrapunakuivaus, kuten mikä tahansa termiäinen kuivaus, vaatii energiaa, mikä rajoittaa kannattavuutta. Prosessilla voisi kuitenkin olla suoraan taloudellisia etuja jätevedenpuhdistamolle, mikäli jätevesilietettä kuivattaisiin mädätyksen sijaan. Riippuen energian hinnasta, infrapunakuivaus on taloudellisesti varsin kilpailukykyinen vaihtoehto mädätyksen sijaan. On kuitenkin huomioitava, että tällöin lietteestä ei saada energiaa biokaasuna. Jos lannoitetuotteesta saataisiin vielä hinta maanviljelijöiltä, infrapunakuivauslaite voisi olla kannattava investointi jätevedenpuhdistamolle. Kiinnostava seikka olisi selvittää, mikä ero ympäristövaikutuksiltaan ja lannoitteen toimivuuden suhteen on infrapunakuivatulla lannoitetuotteella, mikäli jätevesiliete on ensin mädätetty tai jos liete kuivataan suoraan jätevedestä mädättämättä sitä ennen kuivausta.

Autoterminen mikrobikäsittely vaatii apuaineita, joten on huomioitava, että lietteen tuottajan läheisyydestä olisi saatava prosessointiin sopivia sivuvirtoja, kuten kananlantaa, järviruokoa tai muuta orgaanista sivuvirtaa.

Sekä autoterminen mikrobikäsittely että infrapunakuivaus vaativat joko jätevedenpuhdistamolta tai biokaasulaitokselta investoinnin ja laitteiston käyttökokemusta tai operointipalvelu tulisi toimittaa hankinnan yhteydessä. Laiteinvestoinnin voisi tehdä myös uusi toimija, joka toimisi lähellä prosessoitavia lietteitä ja sivuvirtoja.

5. Hankkeen vaikutukset

Hankkeen toimenpiteillä edistettiin ravinnekierrätystä sekä lannoitteiden ja saostuskemikaalien huoltovarmuutta. Ravinteiden talteenotolla ja kierrätysravinteiden käytön lisäämisellä voidaan vaikuttaa myös vesistöjen suojeluun, kun ravinteet otetaan talteen maaperään kasvien käyttöön ja maaperän vedenottoa lisäävät kierrätysravinteilla.

Koska yritykset näkevät kierrätyslannoitteiden potentiaalin markkinointi- ja imagomielessä ja yritysten kilpailukykyä lisäävänä tekijänä, ne ovat valmiita myös panostamaan kierrätyslannoitteiden tutkimus- ja kehitystyöhön. Hanke on vahvistanut yritysten vihreää siirtymää ja kestävä kehitystä. Työllisyysvaikutus on todennäköisesti tämän hankkeen vaikutuksen myötä positiivinen ja näkyy panostuksena yritysten tutkimus- ja kehityshankkeissa. Voidaan odottaa, että hankkeen kokeilujen positiiviset tulokset synnyttävät uutta liiketoimintaa ja uusia työpaikkoja lähitulevaisuudessa kierrätyslannoitteiden valmistuksessa.

Hankkeen lopulliset työllisyysvaikutukset selviävät tarkemmin lähitulevaisuudessa. Vähintään kolmessa yrityksessä on tehty hankkeen aikana aktiivisesti myös omia suunnitelmia ja kokeiluja hankkeen keskustelujen perusteella ja hankkeen toimenpiteisiin liittyen. Hankkeen toimenpiteet ovat herättäneet yritysten kiinnostuksen hyödyntää omia sivuvirtojaan ja enenevässä määrin nähdä kierrätyslannoitteiden tuotannon ja käytön kannattavana liiketoimintana.

Hankkeen aikana tehtiin huomio, että kierrätyslannoitetuotteen valmistukseen tarvittaisiin uutta liiketoimintaa ja uusia toimijoita. Tämän hankkeen jatkohankkeena voisi olla uusien kierrätyslannoiteyritysten syntymisen ja liiketoiminnan edistäminen tuomalla teknologia- ja prosessointimahdollisuuksia tunnetuksi sekä keräämällä ja kartoittamalla tietoa sivuvirroista. Selvitysten avulla saataisiin tietoa, joka digitalisoidaan ja visualisoidaan kiinnostuneille yrittäjille tai yritystoimintaan aikoville. Yrityksille voitaisiin tarjota myös tietoa rahoituksista ja synnyttää yritysverkostoja, jotka lähtisivät mukaan tarvittaviin investointeihin.

Uusien yritysten ja liiketoiminnan syntymisen haasteena voidaan pitää markkinoiden jäykkyyttä uusien lannoitetuotteiden saamisessa markkinoille. Hankkeen aikana viljelijöiden asenteet muuttuivat käyttökokemusten myötä positiivisemmaksi kierrätyslannoitteita kohtaan, kun taas samanaikaisesti saatiin viestiä viljelijäkentältä, että suurten elintarvikeyritysten asenteet kierrätyslannoitteiden käyttöä kohtaan ovat tulleet jyrkemmiksi ravintoketjun riskienhallinnan kannalta ja puhdistamoperäisiä kierrätyslannoitteita ei hyväksytä sopimusviljelijöiltä.

Ammattiviljelijöillä on kiinnostusta käyttää tuotetta sen hyvän maanrakennetta ja ravinnetaloutta parantavien ominaisuuksien vuoksi. Lisäksi mädätejäännös on hinnaltaan kilpailukykyinen. Tuotteen potentiaalin täysimääräinen hyödyntäminen vaatii kuitenkin ehdottomasti lisää monitieteellistä tutkimusta niin mädätejäännöksen ominaisuuksista ja koostumuksesta kuin myös markkinoiden toivuudesta.

6. Viestinnän toteutuminen ja tulokset

Toteutettujen hankesivujen, hankejulisteen, Prizztechin omien viestintäkanavien lisäksi järjestettiin seuraavia tapahtumia ja viestinnän toimenpiteitä:

- Infotilaisuus Porin alueen maanviljelijöille käynnistyneen biokaasulaitoksen kierrätysravinteesta. Viljelijäkuntaan oli tarkoitus kohdistaa viestintää myös pellonpiennarpäivillä. Niihin ei kuitenkaan ollut kiinnostusta koronarajoitusten takia.
- Työpaja/ohjausryhmän kokous, jossa vaihdettiin ajatuksia jo tehdyistä kokeiluista ja toimenpiteistä.
- Hankkeen ensimmäisenä vuotena järjestettiin webinaari, jossa käsiteltiin kierrätyslannoitteiden käyttöön liittyviä ajankohtaisia aiheita.
- Hankkeen puitteissa on osallistuttu aktiivisesti vesihuoltoalan konferenssiin, seminaareihin, ministeriön järjestämään pyöreän pöydän keskusteluun. Tilaisuuksissa on pyritty viestimään hankkeen kulusta ja toimenpiteistä sekä verkostoitumaan alan toimijoiden kanssa.
- Hankkeen tulokset esitettiin hankkeen loppuwebinaarissa. On mahdollista, että hankkeen tuloksia pyritään esittelemään laajalti myös asiantuntijapiireissä, esimerkiksi alan kansallisissa tai kansainvälisissä konferensseissa vielä hankkeen varsinaisen toteutuksen jälkeen.
- Hanke on saanut hyvää palautetta asiantuntijoilta ja toimijoilta hankkeen ajankohtaisuuden ja tärkeyden vuoksi. Hankkeen toimijat ja yhteistyöyritykset ovat verkostoituneet hyvin ja ideoita esimerkiksi sivuvirtojen hyödyntämiseksi ja ravinteiden parempaan hyödyntämiseen on löytynyt. Hankkeessa kiinnitettiin erityisesti huomiota fosforin kierrättämiseen hyödyllisessä muodossa sekä typen kierron parantamiseen eli rejektiveden hyötykäyttöön ja teollisuuden sivuvirtojen hyödyntämiseen lannoitekäytössä.

7. Talousraportti

Hankkeen kokonaisbudjetti oli 315 540 euroa, josta ympäristöministeriön avustuksen osuus oli 60 % eli 189 324 euroa. Alla olevassa taulukossa 5 on esitetty yhteenveto hankkeen toteutuneista kokonaiskustannuksista alkuperäiseen rahoitussuunnitelmaan nähden.

Taulukko 5. Yhteenveto hankkeen kustannusarvion toteutumisesta

	Budjetti (alkup.)	Toteutuma	Toteutuma (%)
Henkilöstökustannukset	231 840	172 339	74 %
Ulkopuoliset palvelut	52 200	68 531	131 %
Muut kustannukset	31 500	19 860	63 %
Yhteensä	315 540	260 730	83 %
YM:n avustus	189 324	156 438	83 %

Hankkeen toimenpiteissä jäätin hankkeen alussa 2021 hieman jälkeen, koska tapaamisia ja työpajoja ei voinut järjestää kokoontumisrajoitusten takia. Myös Prizztechillä tapahtui henkilömuutoksia ja resurssien uudelleenjärjestelyjä. Hankkeeseen palkattiin uusi asiantuntija vuoden 2022 alussa. Vuoden 2021 aikana tapahtui kuitenkin viivästyksiä hankkeen toimenpiteissä edellä mainittujen seikkojen vuoksi ja siksi hankkeen kokeilujen aikataulutus joiltain osin viivästyi. Vastaavasti hankkeen budjetissa jäätin hieman jälkeen ja palkkakustannuksissa jäätin suunnitellusta budjetista hieman jälkeen.

Ulkopuolisten palvelujen (koeajot ja analyysit) kustannuksia hankkeessa kertyi 68 531 euroa, kun budjetoitu ulkopuolisten palveluiden osuus oli 52 200 euroa. Hankkeen suunnitteluvaiheessa ei osattu tarkkaan eritellä koeajojen ja analyysien tarvetta, määrää ja kustannuksia ja ne todettiin hankkeen kuluessa arvioidun hieman liian alhaiseksi. Koeajoja ja analyyskejä suunniteltiin ja valmisteltiin hankkeen puolivälissä siten, että niiden osalta budjetti ylittyi alkuperäisestä budjetista. Muutoshakemuksessa lokakuussa 2022 esitettiin YM:lle käyttämättömien palkkakustannusten osalta siirtoa koeajoihin ja analyysihin ja se hyväksyttiin rahoittajan toimesta. Muutoksen avulla hankkeen toimenpiteet ja tavoitteet voitiin paremmin saavuttaa.

8. Johtopäätökset / Yhteenveto hankkeesta ja päätuloksista

Hankkeen aikana kierrätyslannoitteiden tarve ja niiden käytön selvittäminen osoittautui vieläkin ajankohtaisemmaksi kuin alun perin arveltiin. Tähän vaikutti sota Ukrainassa, lannoitteiden hintojen nousu ja Suomen huoltovarmuuden parantaminen lannoitemarkkinoilla.

Yrityksiltä tuli positiivista palautetta hankkeen aihetta kohtaan. Yritykset olivat hyvin valveutuneita omista mahdollisuuksistaan ja kiinnostuneita parantamaan omia prosessejaan ravinteita talteen ottaen suuntaan ja hyödyntämään nykyisiä sivuvirtojaan kierrätyslannoitetuotannossa. Monessa tapauksessa rajoittavana tekijänä yrityksillä on ajan ja resurssien puute asian tutkimiseen ja kehittämiseen. Hanke antoi apuja ja oli vetävänä tekijänä asioiden eteenpäin viemiseen. Kontaktoiduista satakuntalaisista yrityksistä suurin osa oli vähintään jossain määrin kiinnostunut asiasta. Viisi (5) yritystä lähti mukaan hankkeeseen rahoituserällä ja osallistumalla työpajoihin sekä antamalla omaa sivuvirtatuotantoaan jalostuksen kokeilukäyttöön.

Työpajojen yhteydessä löydettiin paljon yrityskohteita, joita voitaisiin lähteä tutkimaan. Valikoitujen toimenpiteiden tavoitteissa löydettiin synergiaa monen eri yrityksen kanssa. Työpajassa syntyi uusia työstettäviä ideoita sekä yhteistyömahdollisuuksia osallistuvien yritysten kesken. Hankkeessa mukana olleista yrityksistä ainakin kolme yritystä lähti suunnittelemaan kierrätyslannoitteiden jatkokehitystä hankkeen pohjalta.