

Ravinteiden kierron taloudellinen arvo ja mahdollisuudet Suomelle

Maija Aho, Tiina Pursula, Mari Saario, Tea Miller, Anna Kumpulainen,
Minna Päällysaho, Venla Kontiokari, Miikka Autio, Anna Hillgren,
Laura Descombes, Gaia Consulting
Syyskuu 2015



© Sitra 2015

Sitran selvityksiä 99

ISBN 978-951-563-937-0 (PDF) www.sitra.fi

ISSN 1796-7112 (PDF) www.sitra.fi

Julkaisua koskevat tiedustelut: julkaisut@sitra.fi

Kuvat: Joanna Moorhouse

Multiprint Oy, Helsinki 2015

Sitran selvityksiä -sarjassa julkaistaan
Sitran tulevaisuustyön ja kokeilujen tuloksia.

Esipuhe

KIERTOTALOUS ON NOUSSUT viime aikoina vahvasti esille Suomessa. Keskustelussa korostuu usein jätteiden kierrätys, vaikka arvokkaampia mahdollisuuksia sisältyy tuotteiden ja materiaalien kestävämpään valmistamiseen, uudelleen käyttöön ja uudelleenvalmistukseen sekä huoltoliiketoimintaan. Kiertotaloudessa materiaalit ja arvo kierrätävät yhteiskunnassa ja tuotteille luodaan lisäarvoa muun muassa palveluilla ja esimerkiksi älykkyydellä. Tavoitteen on vähentää jätteen määrää ja luoda järjestelmä, missä hukkaa ei synny.

Sitran ja McKinseyn Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle – selvityksessä (2015) laskettiin, että kiertotalous tarjoaa Suomen kansantaloudelle varovaisesti arvioiden 1,5–2,5 miljardin euron arvopotentialin vuoteen 2030 mennessä viidellä tutkitulla sektorilla; metsä-, konepaja- ja elintarviketeollisuus sekä yksityinen kulutus ja kiinteistöjen käyttötarkoituksen muutos. Kokonaisuudessaan arvopotentiali kansantaloudelle on moninkertainen.

Ravinteet ovat yhteiskunnalle välttämätön resurssi. Ravinteiden kiertojen kehittämisellä, sekä ravinnerukan ja siitä aiheutuvien ympäristöä vahingoittavien päästöjen vähentämisellä on merkittävä taloudellinen arvo.

Sitra on nyt ensimmäistä kertaa arvioinut yhdessä Gaia Consulting Oy:n kanssa ravinteiden kierron taloudellisen potentiaalin Suomelle: Ravinteiden kierron potentiaali tutkituilla alueilla on 0,5 miljardia euroa vuoteen 2030 mennessä. Tämä taloudellinen lisäarvo syntyy neljästä liiketoiminnan esimerkistä, joita ovat lannoitevuokraus, härkäpavut tuontisoijan korvaajana, poistokala rehun lähteenä ja biokaasutus ravinnekierron moottorina sekä Itämeren rehevöitymisen vähentämisen hyödyistä.. Lisäksi selvityksessä on kuvattu myös muita mahdollisia esimerkkejä liiketoiminnasta. Osana työtä on alan toimijoiden kanssa laadittu tiekartta kansantaloudellisten hyötyjen toteuttamiseksi, tuloksiksi muotoiltu kolme keskeistä tavoitetta: 1) Kierrätysravinteiden ensisijaisuus, 2) Ravinnekiertojen kokeilut käytännössä ja 3) Ravinnekiertojen rakentajien yhteistyö. Tämä raportti ja tiekartta avaavat konkreettisia mahdollisuuksia yrityksille, kuluttajille ja Suomelle kokonaisuudessaan.

Kiertotalous on vahvasti mukana Juha Sipilän hallituksen strategisessa ohjelmassa yhtenä kärkihankkeena. Hallituksen ohjelmassa on hyvin tunnistettu myös ravinteiden kierrätyksen potentiaali. Ravinteiden kierrätys on kiertotalouden ytimessä. Tärkeitä ravinteita, kuten fosforia ja tyypeä hukataan globaalisti kestäättömästi, myös Suomessa. Hallituksen ohjelmassa painottuu Itämeren hyvän

ekologisen tilan edistäminen, vesistöihin huuhtoutuvien ravinteiden määrän vähentäminen sekä maatalouden ravinne- ja energiaomavaraisuuden lisääminen.

Näiden selvitysten perusteella Sitra, Baltic Sea Action Group ja Lappeenrannan teknillinen yliopisto ehdottavat Suomelle kolmea tavoitetta maamme talouskasvun ja Itämeren tilan parantamiseksi:

- Vuonna 2020 Suomessa syntyvästä lannasta 10 % jalostetaan räätälöidyiksi kierrätyslannoitteiksi. Suomessa panostetaan ravinteiden talteenottoteknologioihin.
- Vuonna 2023 biojätteistä 100 % otetaan talteen ja hyödynnetään.
- Vuonna 2035 kunnallisia jätevesien puhdistusprosesseja on uudistettu siten, että kierrätystä varten talteen saadaan fosforin lisäksi tyyppiä ja hiiliä.

Tavoitteet voidaan toteuttaa edelläkävijämarkkinoiden luomisella. Valtion on luotava kannusteita ja muokattava sääntelyä, jotka ohjaavat ravinteiden kierrätykseen tuontiravinteiden käytön sijaan. Tutkimus- ja kehityspanostuksia pitää suunnata uusiin ravinnekierrätysteknologioihin ja -kokeiluihin. Suomen tulee vaikuttaa yhdessä muiden Itämeren maiden kanssa, että EU:hun saadaan ravinnepolitiikka ja ravinteiden kierrätys on otettava keskeiseksi osaksi Jyrki Kataisen vastuulla olevaa EU-komission kiertotalouspakettia.

Ravinnekiertojen kansantaloudellisia mahdollisuuksia selvittävän työn johtoryhmään kuuluivat Sitran ja Gaian lisäksi BSAG ja Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Puheenjohtajana johtoryhmässä toimi Sitran johtava asiantuntija Kari Herlevi. Haluamme lämpimästi kiittää Gaian asiantuntijoiden lisäksi työhön osallistuneita yhteistyökumppaneitamme: Ilkka Herlin, Mathias Bergman, Marja Koljonen, Riku Venhola ja Pieta Jarva Baltic Sea Action Groupista, Lassi Linnanen ja Mirja Mikkilä Lappeenrannan teknillisestä yliopistosta sekä Hannele Pokka ympäristöministeriöstä.

Helsingissä 1.9.2015

Mari Pantsar

Resurssiviisas ja hiilineutraali yhteiskunta – teeman johtaja

Kari Herlevi

Kiertotalous – Johtava asiantuntija,

Sitra



Sisällys

1 Johdanto	4
2 Ravinnetalous	6
2.1 Ravinnetalouden käsitteet	6
2.2 Ravinnetalous Suomessa	8
2.3 Hyvän ravinnetalouden visio	9
2.4 Ravinteiden kierrättämisen lisäarvon logiikka	10
2.5 Kierrätysravinteiden kestävyysedut ja –riskit	10
3 Ravinnetalouden mahdollisuudet	13
3.1 Esimerkkien valinta	13
3.2 Maatalouden ravinnekierron tehostaminen	15
3.3 Uudet rehunlähteet	17
3.4 Kotitaloudet ravinnekiertojen edistäjinä	25
3.5 Ravinteiden talteenotto ja kierrätys	29
3.6 Ravinteiden kierron mahdollisuudet Suomelle	35
4 Ravinteiden kuluttamisesta ravinnetalouteen	38
4.1 Paradigman muutos	38
4.2 Ravinteiden kierron pullonkaulat	39
4.3 Tiekartta ravinteiden kiertotalouteen	40

1 Johdanto



Fosfori ja typpi ovat kaikelle elävälle välttämättömiä ravinteita. Luonnossa kiertävän fosforin lähteenä on maaperän rapautuminen. Kasvit taas sitovat typpeä ilmasta maaperään. Maaperästä ravinteet sitoutuvat kasveihin ja vapautuvat jälleen kiertoon eloperäisen aineksen hajotessa.

Ihmisten toiminta voi häiritä luonnon ravinnekiertoa monilla tavoin, kuten katkaisemalla luonnollisia kiertoja, siirtämällä ravinteita väriin paikkoihin tai köyhdyttämällä maaperää. Ruoka- ja rehuksien tai puun korjaaminen poistaa ravinteita, joiden korvaamista tehdään teollisesti valmistetuilla lannoitteilla. Ravinteiden palauttaminen käytön jälkeen takaisin osaksi ravinnekiertoa tapahtuu esimerkiksi ruokaketjun ravinnepitoisten jätteiden tai jäteveden käsittelyn lietteiden hyödyntämisen kautta. Kierätysravinteiden käytöllä voidaan korvata mineraalisia lannoitteita ja tehostaa niukkenevien ravinnevarojen käyttöä. Kun ravinnekiertoa suljetaan, vähenevät myös hukasta ja ravinteiden kertymisestä syntyvien valumien aiheuttamat ympäristöhaitat, kuten vesistöjen rehevöityminen.

Ravinnekierron kokonaisvaikutuksia talouteen on selvitetty hyvin vähän. Ravinteiden hukkaamisen taloudelli-

nen arvo on pääsääntöisesti varsin vähäinen, mikäli asiaa tarkastellaan vain nykyisellä ravinteiden kustannustasolla, fosforin ja typen kilohintana. Merkittävä osa ravinnekierron kehittämisen positiivisista taloudellisista vaikutuksista muodostuu terveys- ja ympäristöongelmien vähentämisen ja korjaamisen kautta.

Esimerkki terveyshaitoista ovat ilmakehään päästetyt typpiyhdisteet. Suuri osa typpiyhdisteistä tulee kaukokulkeutumana muun muassa energiantuotannon ja liikenteen kautta. Kuormituksen lähteenä ovat kuitenkin myös lannoitteiden käyttäjät ja ravinnepitoisten massojen käsittelijät. EU:n alueella ilmakehän reaktiivisen typen aikaansaamien terveys- ja ympäristöhaittojen on arvioitu aiheuttavan yli 70 miljardin euron kustannukset¹.

Ravinnekierron taloudellista arvoa voidaan määrittää monesta näkökulmasta. Itämeren rantavaltioiden asukkaat ovat valmiit maksamaan jopa 3 800 miljoonaa euroa vuodessa ravinnevalumien aiheuttaman rehevöitymisen vähentämiseksi². Itämeren merellisen ympäristön suojelukomission tavoitteiden mukainen veden laatu voitaisiin saavuttaa 2 300 miljoonan kustannuksilla³.

¹ Yale, environment 360. With too much of a good thing, Europe tackles excess nitrogen, 2014.

² Ericsson, S., Nekoro, M., Scharin, H. 2013 The Baltic Sea - Our Common Treasure. Economics of saving the Sea. BalticSTERN Secretariat, Stockholm Resilience Centre, Stockholm University.

³ Costanza et al. (1997), The value of the world's ecosystem services and natural capital.

Ympäristön tilaa ylläpitävien ekosysteemipalveluiden taloudellisesta arvosta ravinteiden kierron on arvioitu muodostavan jopa puolet. Vaihtotaseen näkökulmasta taas EU:n alueelle tuodaan fosforia yli kahden miljardin euron arvosta vuosittain. Tämän tuontifosforin korvaamisen kierätysravinteilla on arvioitu luovan suoraan 66 000 työpaikkaa⁴.

Kierrätysravinneratkaisuille on myös kasvava globaali markkina. Kotimarkkinoilla kehitettyjen ja pilotoitujen teknologia- ja palveluratkaisujen vienti vaikuttaa edullisesti vaihtotaseeseen.

Tämän hankkeen tavoitteena oli tunnistaa ravinteiden kiertoon liittyvä taloudellinen arvo Suomelle sekä laatia tiekartta tämän lisäarvon saavuttamiseksi. Selvityksessä keskitytään fosforin ja typen tehokkaan kierron arvoon ja mahdollisuuksiin Suomelle ruokaketjussa kattaen alkutuotannon (maanviljely, tuotantoeläimet) elintarviketeollisuuden, kotitaloudet, jätehuollon ja loppusijoitukseen / kierätysravinneruotannon. Vaikka tässä selvityksessä asiaa tarkastellaan erillisenä rajattuna kokonaisuutena keskittyen ruokaketjuun, todellisuudessa ravinnekierrolla on vahva synergia kestävään biotalouteen, maa- ja metsätalouden tuottavuuteen, jätehuoltoon ja jätevesihuoltoon, ilmanlaatuun, kansanterveyteen sekä ilmastonmuutokseen varautumiseen ja ruokaturvaan.

Työ on toteutettu kuvaamalla erilaisia ravinteiden kiertoa edistäviä käytännön esimerkkejä ja arvioimalla niiden liiketoimintapotentiaalia Gaian kehittämällä kassavirtapohjaisella kansantaloudellisen lisäarvon mallilla. Yhdessä hankkeen johtoryhmän kanssa valitut esimerkit tarjoavat kukin erilaisen näkökulman ravinteiden kierron tehostamiseen. Ravinnekierron uusia mahdollisuuksia on kuvattu korostaen muun muassa uuden liiketoiminnan ja liiketoimintakonseptien mahdollisuuksia, mahdollisuuksia ravinneruotteiden jalostusarvon nostoon, ravinnekierron infrastruktuurin uudistumiseen sekä kansainvälisten hyvien käytäntöjen soveltamiseen. Luvussa 2 kuvatut ravinnekierron visio ja lisäarvon logiikka on laadittu asiantuntijatyönä ja hyväksytetty hankkeen johtoryhmässä.

Ravinteiden kierron vuosittaiseksi lisäarvoksi Suomelle on tämän raportin pohjalta arvioitu yhteensä 510 miljoonaa euroa eli noin **puoli miljardia**. Suomen taloudellinen kokonaispotentiaali esitetään vuoden 2030 ja nykytilanteen vuosittaisen nettomuutoksen arvona. Potentiaali perustuu sekä hankkeessa kansantalousmallilla laskettuihin esimerkkeihin että Itämeren rehevöitymi-

sen vähentämisen hyötyihin. Ravinnekierron laskennallisten esimerkkien, joita ovat lannoitevuokraus, härkäpavut tuontisoijan korvaajana, poistokala rehun lähteenä sekä biokaasutus ravinnekierron moottorina, taloudellinen arvo Suomelle vuonna 2030 on yhteensä 310 miljoonaa euroa vuosittain. Vastaava hyöty Itämeren rehevöitymisen vähentämisestä on noin 200 M€².

Muita tehokkaan ravinnekierron oheishyötyjä ovat synergiaedut muille toimialoille, riskien pienentyminen, huoltovarmuuden parantuminen sekä terveys- ja ympäristöhaittojen vähentyminen. Jälkimmäisten taloudellista arvoa ei ole hankkeessa arvioitu.

Jotta ravinnekierron parantamisen hyödyt saadaan toteutumaan, tarvitaan toimenpiteitä sekä julkisella että yksityisellä sektorilla. Hankkeessa laadittiin tiekartta kansantaloudellisten hyötyjen toteuttamiseksi. Tiekartan pääteemoiksi muotoiltiin kolme tavoitetta:

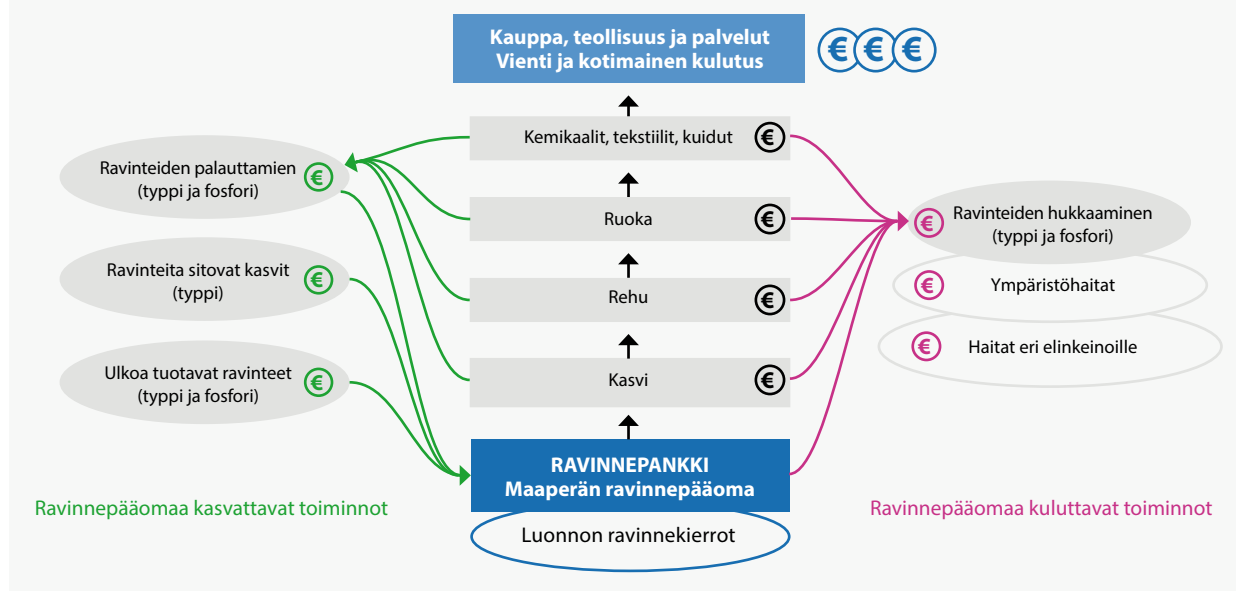
1. **Kierrätysravinteiden ensisijaisuus,**
2. **Ravinnekiertojen kokeilut käytännössä ja**
3. **Ravinnekiertojen rakentajien yhteistyö.**

⁴ European Sustainable Phosphorus Platform (ESPC), 2013

2 Ravinnetalous

Kuva 1. Ravinnetalous

Gaia Consulting 2015



2.1 Ravinnetalouden käsitteet

Ravinnetaloudessa maaperä on kaiken uusiutuvan materiaalin tuottamisen mahdollistava ravinnepankki, jossa hyödynnettävissä olevat ravinteet ajatellaan ravinnetalouden pääomana. Esimerkiksi ruokaketju ja metsätalous ovat aloja, joissa maaperän ravinnepääomasta tuotetaan taloudellista arvoa. Pääomaa voidaan lainata kasvien kasvattamiseen ja jalostaa sitten tuottoa edelleen esimerkiksi rehuksi, ruoaksi, kuiduiksi, kemikaaleiksi, tekstiileiksi tai puutuotteiksi.

Pankin pääoma kuitenkin köyhtyy joka kerta, kun siitä korjataan satoa, eli poistetaan ravinteita. Jotta tuotto ei alenisi, täytyy nostot korvata. Eri ravinteiden tase maaperässä voi poiketa toisistaan, Suomessa esimerkiksi fosforia voi olla tarpeeseen nähden liikaa ja typpeä liian vähän. Ravinteet voivat esiintyä monissa erilaisissa muodoissa, joiden käytettävyys vaihtelee.

Kun tarkastellaan erityisesti fosforia ja typpeä, maaperän ravinnehuoltoa voidaan tehdä joko luonnollisilla pro-

sesseilla (esimerkiksi typpeä sitovilla kasveilla), ulkoisella panoksella (tuontilannoitteet) tai ravinteiden palauttamisella. Tätä vuorovaikutusta on havainnollistettu kuvassa 1.

Mitä enemmän biomassan tuottoa maaperästä halutaan, sitä tarkemmin on huolehdittava ravinnepääomasta ja sen käytettävyydestä. Jos käytettyjä ravinteita ei palauteta, on ulkoista panosta oltava enemmän. Tästä aiheutuu kustannuksia, jotka rasittavat koko jalostusketjun kulurakennetta. Ensinnäkin, mikäli menetettyjä ravinteita ei korvata, toiminta ei ole aidosti kestävää vaan vähentää hiljalleen ravinnepääomaa. Huonon maaperän hoidon maksajaksi joutuvat maaperän tulevat käyttäjät, kun tuotto heikkenee. Toisaalta, mikäli maaperästä huolehditaan, voidaan myös tuotantoa lisätä kestävästi.

Mitä paremmin kierto toimii, sitä tehokkaammin maaperä saadaan käyttöön. Maaperän köyhtyminen on globaali ongelma⁵, joka johtaa tuotannon siirtymiseen uusille alueille ja esimerkiksi metsien raivaamiseen uusiksi pelloiksi. Ravinnepääomasta huolehtiminen mahdollistaa saman maan hyödyntämisen jatkuvasti, jolloin koskemattomia luonnontilaisia ekosysteemejä ei tarvitse ottaa käyttöön.

Fosfori ja typpi ja niiden hyödynnettävyys kytkeytyy

⁵FAO fertilizer and plant nutrition bulletin #14, Assessment of soil nutrient balance, 2003

myös muihin maaperän ominaisuuksiin, kuten pH-arvoon ja hiilensidontaan. Maatalousmaat ovat yleensä hiilidioksidin lähteitä, mutta maatalouden kehittäminen hiiltä sitovaan suuntaan voisi olla taloudellisesti kannattavaa ja sillä olisi suuri potentiaali hillitä ilmastonmuutosta.⁶ Maatalousmaan hiilipitoisuuden laskiessa maaperä köyhtyy ja pellon tuottavuus laskee. Samalla sen sietokyky tulvia ja kuivuutta vastaan heikkenee.⁷ Tutkimuksissa on havaittu, että hiilitasoltaan hedelmällinen maaperä tuottaa 40–70 % paremmin kuin köyhtynyt tai ravinneköyhä maaperä.⁸ Maaperän pH puolestaan vaikuttaa muun muassa pieneliöstöön ja mururakenteeseen, joka määrittää kasvien juuristojen kuntoa ja sitä kautta ravinteiden käyttökykyä. Suomessa hapanta maaperää parannetaan kalkitsemalla.

Ravinteita voi palauttaa takaisin käyttöön monesta eri paikasta. Jalostusketjun sivuvirtoja voidaan palauttaa takaisin ravinnekiertoon. Ravinteita sisältävän tuotteen, kuten ruoan, ravinteiden pitäisi palautua jätehuollon ja jätevesihuollon kautta taas käytettäväksi. Ravinteita ei välttämättä tarvitse palauttaa aina maaperään asti, ne voivat kiertää myös ylempänä jalostusketjussa. Tällöin esimer-

kiksi jalostetaan jätteistä ja sivuvirroista suoraan rehua tai teollisuuskemikaaleja, eikä yksinomaan kierrätysravinteita. Jalostus tehostaa ravinteiden palauttamista, esimerkiksi laadultaan tasainen kierrätysravinne mahdollistaa täsmällisemmän lannoituksen kuin lannan suoralevitys.

Tuotantoon käytetyltä maa-alueelta poistuu ravinteita pois vietävien tuotteiden mukana. Vastaavasti ravinnepitoisten tuotteiden käytön jälkeen alueelle jäävät ravinteet pitää hyödyntää kestävästi. Biojätteiden, lannan ja muiden käytettyjen ravinteiden kautta ravinteiden liiallinen kertyminen tietyn alueen maaperään voi myös olla ongelma. Tällöin ravinnepääomaa ei hyödynnetä tehokkaasti ja valumien aiheuttaman hukan määrä kasvaa.

Ravinteita menee hukkaan kasvatuksen ja jalostuksen aikana. Tällöin ne päätyvät paikkoihin, joista ne eivät enää palaudu kiertoon palauttamisen korkean kustannuksen vuoksi. Pahimpia hukkavirtoja ovat ravinteiden valumat vesistöön, jossa ne aiheuttavat ympäristöhaittoja ja sitä kautta vaikuttavat negatiivisesti paitsi ihmisten ja eläinten hyvinvointiin, niin myös useisiin elinkeinoihin, kuten kalastukseen ja matkailuun. Hukkavirtojen minimointi on

Taulukko 1. Ravinnetalouden käsitteitä

Gaia Consulting 2015

Kierrätyslannoite	Kierrätysravinteista valmistettu lannoite, jota voidaan hyödyntää samalla tavalla kuin vastaavaa mineraalilannoitetta.
Kierrätysravinne	Tuote, jota voidaan hyödyntää ravinteena eri tarkoituksikohteissa. Määritelmälle ei vielä ole standardeja eikä kierrätysravinne välttämättä vastaa suoraan fossiilista mineraaliravinnetuotetta.
Ravinnehuolto	Ravinteiden palautus maaperään, millä korvataan sadonkorjuun aiheuttamat ravinnehäviöt.
Ravinnekierto	Ravinteiden kulku ekosysteemissä, yhdyskunnissa ja tuotteiden jalostusketjuissa palaten jälleen ekosysteemiin.
Ravinnepankki	Maaperän ravinnepääoma eli maaperän ravinteet, jotka mahdollistavat uusiutuvan materiaalin (biomassan) tuottamisen.
Ravinnepääoma	Maaperässä hyödynnettävissä olevat ravinteet, jotka ovat käytettävissä uusiutuvan materiaalin (biomassa) tuottamiseen.
Ravinteiden hukkaaminen	Ravinteiden joutuminen sellaisiin paikkoihin, joista niitä on vaikea tai mahdotonta palauttaa takaisin ravinnekiertoon, esimerkiksi valumat vesistöön.
Ravinteiden palauttaminen	Käytöstä poistuneiden, poistettujen tai hukattujen ravinteiden talteenotto ja tuominen takaisin osaksi ravinnekiertoa.

⁶SYKE: Ilmasto-opas, hiilinieluista huolehtiminen.

⁷Yale, environment 360. Soil as Carbon Storehouse. New Weapon in Climate Fight?

⁸Berazneva et al. (2014), Agricultural productivity and soil carbon dynamics: a bioeconomic model.

tehokas tapa pitää sekä ravinteet että niihin liittyvät ravainnukset hyödyllisessä käytössä, koska silloin ei myöskään jouduta maksamaan ympäristöhaittojen seurauksista ja korjaamisesta.

2.2 Ravinnetalous Suomessa

Suomalaisessa ruokaketjussa liikkuu vuositasolla kymmenien miljoonien arvosta fosforia ja typpeä. Nämä virrat esitetään kuvassa 2, joista myös käy ilmi, miten ruoka- ja rehu-kasvien korjaaminen kuluttaa näitä ravinteita maaperästä. Käytettyjä ravinteita korvataan tällä hetkellä Suomessa sekä teollisesti valmistetuilla lannoitteilla että kierrätysravinteilla. Ruokaketjussa etenevissä kasveissa olevat ravinteet siirtyvät edelleen rehuna, viljana, marjoina, hedelminä, vihanneksina ja juureksina eläinten ja ihmisten ruoksi joko suoraan alkutuotannosta tai elintarviketeollisuuden kautta.

Kun ravinteet on hyödynnetty, ne kootaan jäte- tai sivu-

virtoina tai jätevesinä käsittelyyn. Osa ravinteista on muodossa, josta niitä ei pystytä teknis-taloudellisesti hyödyntämään ja massa päättyy loppusijoitukseen esimerkiksi kaatopaikalle. Osa sivuvirroista hyödynnetään lannoitteena tai viherrakentamisessa, esimerkiksi lannan suoralevityksen kautta. Selkeyden vuoksi kuvaan 2 ei ole sisällytetty esimerkiksi metsäteollisuutta eikä energiantuotantoa, vaikka nekin tuottavat ravinnepitoisia sivuvirtoja ja jätteitä.

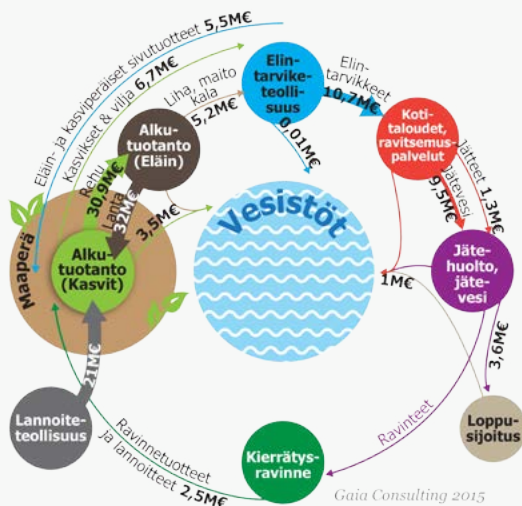
Käytön, kokoamisen ja käsittelyn eri vaiheissa menetetään kuitenkin merkittäviä määriä ravinteita, jotka päätyvät valumien mukana vesistöihin. Tyypeä myös haihtuu tai haihdutetaan ilmaan. Ravinneylijäämää väärässä paikassa on sekä kustannus- että ympäristöongelma. Koska kierrossa hukataan ravinteita, on niitä ravinnehuollon kautta lisättävä jatkuvasti ulkopuolelta lisää, jotta ruokaa voidaan tuottaa.

Kuvan 2 kaavioista näkyy, että ruokaketjussa kulkevat ravinteet ovat edelleen suhteellisen edullisia, kun lasketaan ainoastaan materiaalikustannuksia fosforille ja tyypelle. Kaavioissa eivät näy lainkaan ne kustannukset, joita syntyy esimerkiksi vesistöjen laadun heikkenemisestä ravinnepäästöjen seurauksena, eikä maaperän ravinnepankin köyhtymistä.

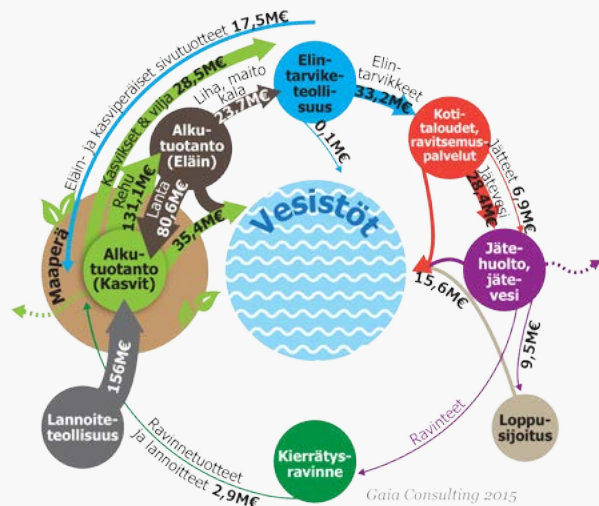
Kuva 2. Ruokaketjussa vuosittain kiertävän fosforin ja typen arvo määriteltynä vuoden 2015 raaka-aineiden hinnoilla.⁹

Lähde ja grafiikka: Gaia Consulting 2015

FOSFORI



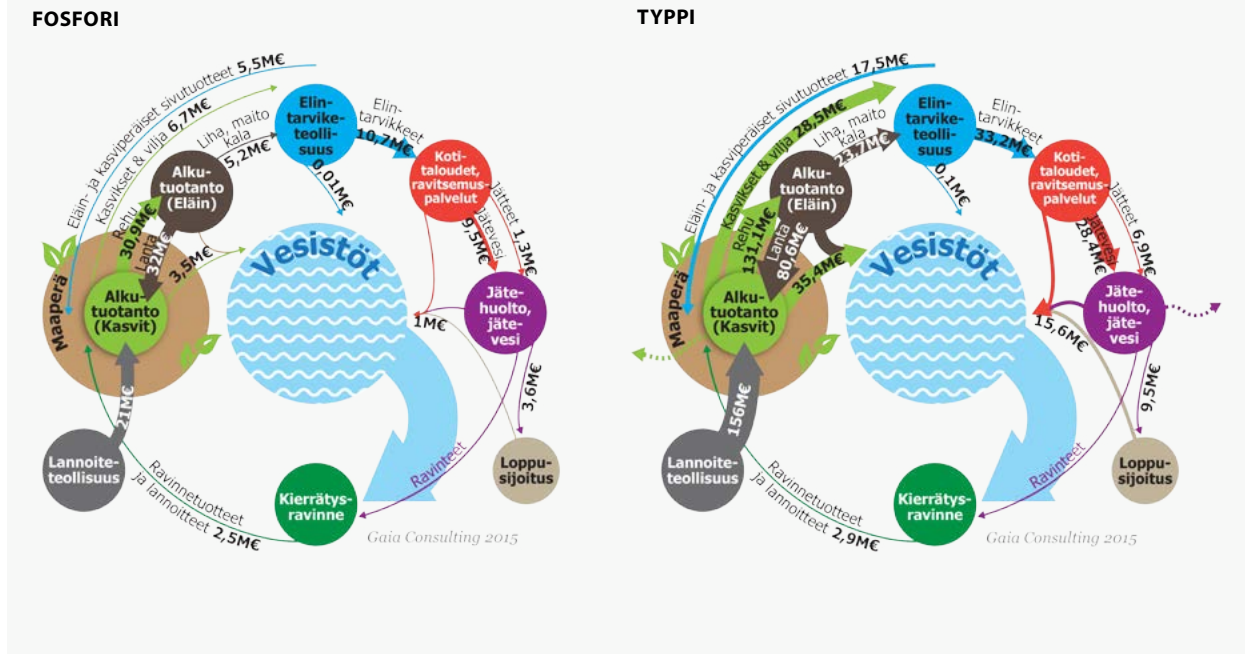
TYYPPI



⁹Lähde: Gaia Consulting Oy

Kuva 3. Ravinnehukan käyttöön palauttamisen kustannushaaste.

Lähde ja grafiikka: Gaia Consulting 2015



Kuva 3 on esitetty sama asia hahmottaen ravinteiden hukan mahdollista taloudellista merkitystä. Mikäli vesistöön menetetyt ravinteet jouduttaisiin palauttamaan suoraan vedestä kiertoon sopiviksi käyttökelpoisiksi kierrätysravinteiksi, prosessin kustannus olisi kalliimpi kuin mikään muu toiminto koko ravinteiden talouskierrossa. Ravinteiden menettämisen todellinen kustannus muodostuukin vasta ympäristöongelman korjaamisen kautta.

Ravinteiden menettämisen todellinen kustannus muodostuu vasta ympäristöongelman korjaamisen kautta.

2.3 Hyvän ravinnetalouden visio

Hyvän ravinnetalouden visiossa Suomi on omavarainen ruokaketjunsä vaatimien ravinteiden suhteen. Maaperän ravinnepääoma on hyvällä tasolla ja siitä pidetään huolta. Vesistöihin valuvien ravinteiden määrä on minimoitu ja eri prosesseissa syntyvät ravinnepitoiset jätteet ja sivuvirrat hyödynnetään. Alkutuotannossa käytetyt kierrätysravinteet palaavat lopulta uudelleen jalostusketjun käyttöön. Tulevaisuuden visio hyvästä ravinteiden kiertotaloudesta on esitetty kuvassa 4.

Tässäkään kaaviossa ei ole kuvattu metsäteollisuutta ja muita liitännäisaloja, jotka myös hyötyvät infrastruktuurista ja kierrätysratkaisuista. Lisäksi jätteistä ja sivuvirroista on mahdollista jalostaa tuotteita, jotka sopivat esimerkiksi teollisuuskemikaaleiksi ja tuottavat korkeaa lisäarvoa.

2.4 Ravinteiden kierrättämisen lisäarvon logiikka

Ravinteiden menetys ravinnehukkana ei ole pelkästään terveyteen ja ympäristöön vaikuttava ongelma ja kustannuserä. Sen sijaan ravinteiden tehokkaaseen käyttöön, kierrättämiseen, palauttamiseen ja jalostamiseen liittyvät ratkaisut voivat tarjota liiketoiminnallisesti järkevää lisäarvoa Suomelle.

Ravinteiden kierrätyksen kansantaloudellinen lisäarvo muodostuu usean näkökulman yhteisvaikutuksena. Näkökulmat on laadittu asiantuntijatyönä ja kuvattu taulukossa 2. Neljälle ensimmäiselle näkökulmalle voidaan suhteellisen helposti arvioida talousvaikutuksia. Kolmen viimeisimmän näkökulman talousvaikutusten arviointi on vaikeampaa, mutta juuri niillä vaikutus on todennäköisesti merkittävästi ensimmäisiä suurempi.

2.5 Kierrätysravinteiden kestävyysedut ja –riskit

Sekä typpi että fosfori ovat ravinteina välttämättömiä, mutta väärässä paikassa molemmat aiheuttavat myös vakavia kestävyysriskejä ympäristölle. Mikäli kierrätysravinteita käytetään korvaamaan perinteisiä teollisia lannoitteita, vähentää kierrätys tarvetta louhia uutta fosforia tai koota tyyppiä ilmakehästä.

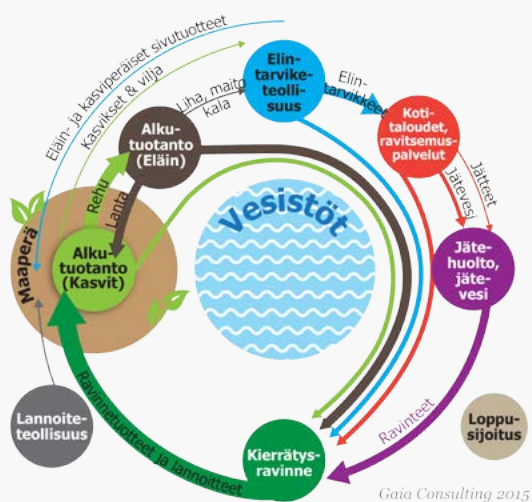
Kierrätysravinteita on jo tuotettu ja niitä voidaan käyttää sekä perinteisen viljelyn ja metsien lannoituksen, että myös luomuviljelyn täydennyslannoitteeksi. Typpipitoiset nesteet puolestaan voivat korvata esimerkiksi teollisuuden käyttämää ureaa. Ravinteiden kierrättämisen yhteydessä syntyvää biokaasua jalostetaan liikennepolttoaineeksi tai sillä voidaan korvata teollisuuden käyttämää butaania esimerkiksi rakennuseristeiden valmistamisessa.

Kierrätysravinteista valmistetun typpifosforikonsentraatin tuotanto vaatii vähemmän energiaa ja vettä.

Kuva 4. Fosforin ja typen kiertotalous ¹¹

Lähde ja grafiikka: Gaia Consulting 2015

Fosfori
 tulevaisuuden visio










Typpi
 tulevaisuuden visio



¹¹Lähde: Gaia Consulting Oy

Taulukko 2. Ravinteiden kierron kansantaloudellisen lisäarvon logiikka.

Lähde: Gaia Consulting 2015

 <p>1. Liiketoiminnan kasvu ja uusi liiketoiminta</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Kierrätysravinteiden tuotanto · Teknologia- ja palveluratkaisut tehokkaan ravinnekierron arvoketjussa · Olemassa olevan liiketoiminnan volyymin kasvattaminen tehokkaan ravinnekierron kautta (esim. lupaehtojen rajoittaessa toiminnan kasvua)
 <p>2. Kannattavampi liiketoiminta</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Kustannussäästöt ravinnepitoisista · Kustannussäästöt ravinnepitoisen jätteen käsittelyssä · Maaperän ravinnepääoman ja tuottopotentialin lisääntyminen
 <p>3. Vaihtotaseen parantaminen</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Tuontiravinteiden korvaaminen kotimaisilla kierrätysravinteilla tai tehokkaammalla ravinteiden käytöllä · Tuontiproteiinin korvaaminen kotimaisella proteiinintuotannolla · Ravinnekierron ratkaisujen viennin kasvu
 <p>4. Tehokkaampi pääomien käyttö</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Siirtyminen pääomaintensiivisistä keskitytyistä ratkaisuista hajautettuihin, ketteriin ratkaisuihin · Jätevesien käsittelyn infrastruktuurin tehostaminen ja uudistaminen
 <p>5. Synergiaedut</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Vesistöjen ammattikäyttö esim. kalastus · Vesistöjen virkistyskäyttö esim. matkailu · Kotimaisen ruoantuotannon toimintaedellytysten parantaminen
 <p>6. Kustannussäästöt riskienhallinnassa</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Ruokaturvan ja huoltovarmuuden paraneminen · Tulvariskien pieneneminen oheishyötynä hulevesien paikalliselle käsittelylle
 <p>7. Terveys- ja ympäristöhaittojen vähentyminen</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Vesistöjen rehevöitymisen ja pilaantumisen vähentyminen · Haitallisten tyyppiyhdisteiden terveys- ja ympäristöhaittojen vähentyminen · Kasvihuonekaasupäästöjen vähentyminen päästökauppasektorin ulkopuolella · Maaperän ravinnepäästöjen vähentyminen ja pilaantumisen väheneminen · Maaperän hiilensidonnin parantuminen

Vaikka ravinteiden kierrätys aiheuttaa päästöjä, kierrätysravinne on seuraavaksi tarkastellun esimerkin mukaan mineraalista ravinnetta kestävämpi.

Esimerkki: Biokaasulaitoksessa tuotetun kierrätysravinteiden kestävyys ja –riskit¹²

Gaia analysoi Biovakan biokaasulaitoksen mädätteestä tuotetun kierrätysravinteiden (typpi-fosforikonsentraatti) kestävyys- ja –riskit verrattuna vastaavaan ravinteeseen joka on tuotettu perinteisin menetelmin (fosforikivestä ja ilman tyyppiä). Tarkastelussa typpifosforikonsentraatti käytettiin paperi- ja selluteollisuuden jätteenpuhdistamolla.

Kestävyysarviointi suoritettiin Gaia Biorefiner –työkalulla, jonka avulla voidaan arvioida eri tuotteiden ja tuotantoketjujen kestävyyttä. Työkalu koostuu indikaattoreista, jotka mittaavat tuotteen kestävyyttä eri näkökulmista. Arvioinnissa otetaan huomioon globaalit haasteet, kuten ilmastonmuutos sekä raaka-aineiden kulutus sekä

niiden prosessoinnista aiheutuvat ympäristöhaitat. Tämän lisäksi arvioinnissa otetaan huomioon paikalliset tekijät, kuten esimerkiksi veden alueellinen niukkuus sekä kestävä maankäyttö.

Kestävyysarviointien tulokset on esitetty kuvassa 5. Arvioinnin tuloksien mukaan kierrätysravinteiden suurin kestävyys on jätteiden hyödyntäminen tuotteen raaka-aineena. Analysoinnin tuloksien mukaan kierrätysravinteista valmistetun typpifosforikonsentraatin tuotanto vaatii vähemmän energiaa ja vettä. Tämän lisäksi energian ja veden tuotanto sekä maankäyttö oli toteutettu kestävämmän kuin vastaavan primääraaka-aineista valmistetun ravinteiden tuotantoketjussa. Kierrätysravinteista valmistetun konsentraatin tuotantoketju kuluttaa myös vähemmän mineraalisia luonnonvaroja. Kierrätysravinteella on pienemmät kemikaalien aiheuttamat terveysturvallisuus- ja ympäristöriskit sekä alhaisemmat jätteenkäsittelyvaatimukset. Maankäytön, jätteen tuottamisen sekä fossiilisten raaka-aineiden käytön osalta molemmat tuotantoketjut

¹²Gaia Biorefiner Biovaka, 2014

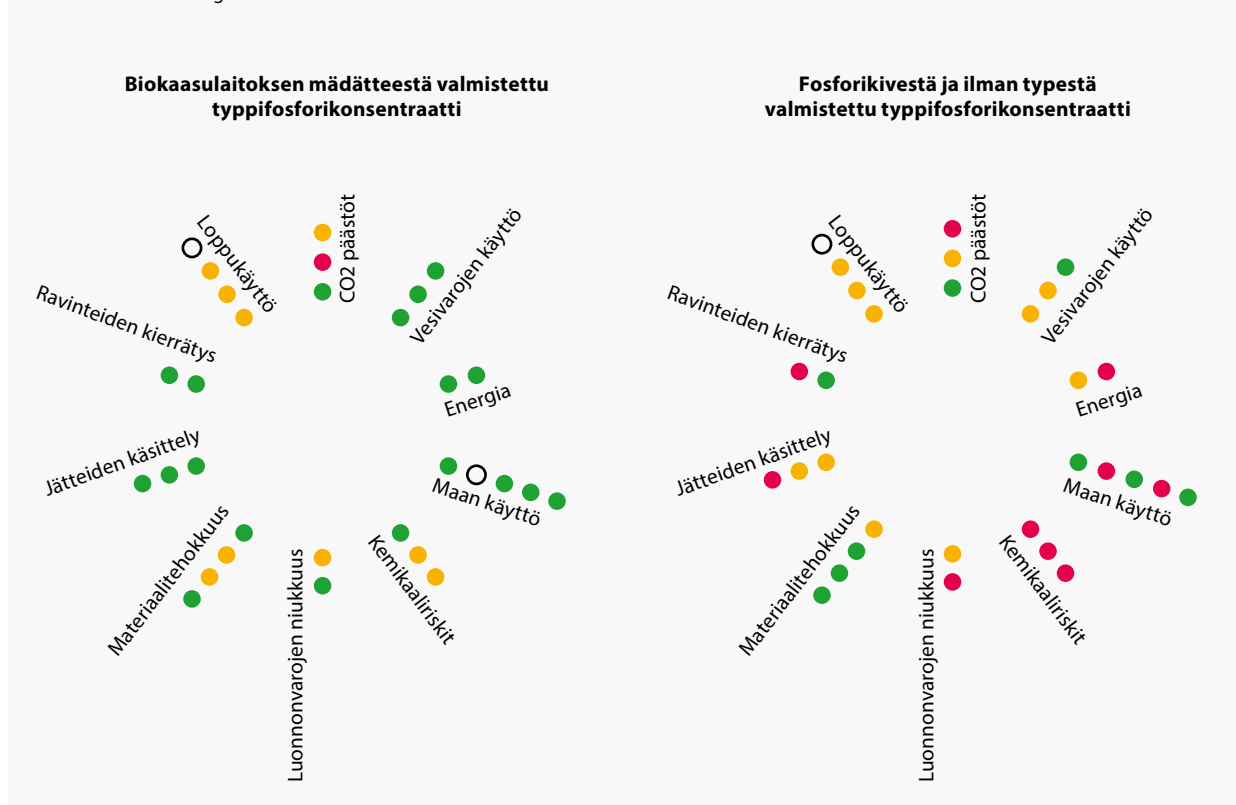
saivat samankaltaisia tuloksia. Maankäytön kannalta kierrätysravinnevalmisteen kestävyyssetuna oli jätevirtojen hyödyntäminen raaka-aineena. Primääriraaka-aineista valmistetun tuotteen etuna oli tehokas maankäyttö raaka-aineen tuotannossa, mutta maankäytön osalta havaittiin myös riskejä. Nämä riskit olivat fosfaattikiven louhinnan haitallinen vaikutus biodiversiteettiin sekä se ettei kaivos-toiminta tue luonnon ekosysteemipalveluita.

Fossiilisten raaka-aineiden käyttö oli molemmilla tuotantoketjuilla keskitasoa verrattuna kilpaileviin ravinteisiin. Kierrätysravinteiden osalta tämä johtui kuljetuksessa käytettävistä polttoaineista ja primääriraaka-aineista valmistetun tuotteen osalta fossiilisten raaka-aineiden käytöstä. Molemmissa tuotantoketjuissa jätettä syntyi vähemmän kuin keskimäärin peruskemikaalien tuotannossa.

Kierrätysravinnevalmisteen on myös kestävyysriskejä materiaalitehokkuuden ja ilmastonmuutoksen kannalta verrattuna kilpailevaan tuotteeseen. Kierrätysravinnevalmisteen kuljetuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt olivat huomattavasti suuremmat kuin vastaavalla primääriraaka-aineista valmistetulla tuotteella. Tämä johtuu tuotteen alhaisesta kuiva-ainepitoisuudesta, jonka vuoksi myös vaadittu kuljetuskapasiteetti on suurempi. Myös raaka-aineiden hyödyntäminen tuotteeseen on alhaisempaa kuin kilpailevalla tuotteella.

Kuva 5. Kierrätysraaka-aineista valmistetun typpifosforikonsentraatin (vasemmalla) ja primääriraaka-aineista valmistetun typpifosforilannoitteen (oikealla) kestävyysvertailun tulokset.¹³

Lähde: Gaia Consulting 2015

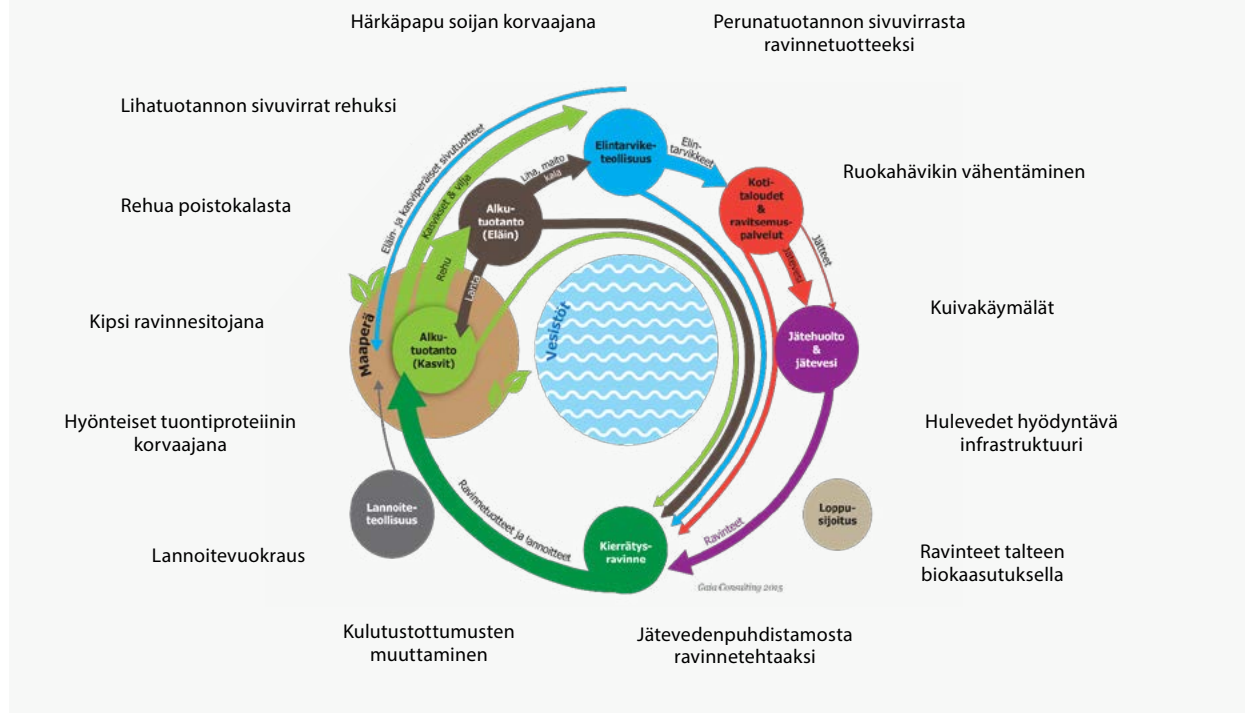


¹³Kuvassa kukin pallo kuvaa yhtä indikaattoria ja pallon väri kertoo indikaattorin saaman tuloksen. Vihreä väri tarkoittaa, että arvioidulla tuotteella on tuoteryhmäänsä verrattuna kestävyyssetu. Keltainen väri tarkoittaa ettei tuotteeseen liity varsinaisia etuja, mutta ei myöskään merkittäviä riskejä. Punainen väri sen sijaan tarkoittaa, että tuotteeseen liittyy indikaattorin osalta kestävyysriski.

3 Ravinnetalouden mahdollisuudet

Kuva 6. Ravinnekierron mahdollisuuksia kuvaavat esimerkit.

Lähde: Gaia Consulting 2015



3.1 Esimerkkien valinta

Hankkeessa tunnistettiin useita ravinteiden kiertoa edistäviä esimerkkejä. Esimerkit kuvaavat tapoja, joilla voidaan tehostaa ja sulkea ruokaketjun ravinnekiertoa: korvata mineraalisia lannoitteita kierrätysravinteilla, vähentää ravinnehukkaa ja valumia, palauttaa ravinteita käyttöön ja kehittää uusia ravinnejalosteita. Jokainen esimerkki ryhmiteltiin johonkin seuraavista neljästä teemasta: **Maatalouden ravinnekierron tehostaminen, uudet rehunlähteet, kotitaloudet ravinnekiertojen edistäjinä sekä ravinteiden talteenotto ja kierrätys.** Esimerkeistä valittiin raportissa tarkasteltavaksi 13 kappaletta yhteistyössä hankkeen johtoryhmän kanssa. Tarkasteluun valitut esimerkit on kuvattu alla edellä esitetyn ravinnevision syklisen kuvan kehälle hahmoteltuna (Kuva 6). Kuvaus havainnollistaa esimerkkien kattavuuden alkutuotantoon, elintarviketeollisuuteen,

kotitalouksiin, jätehuoltoon ja kierrätysravinteiden jalostamiseen nähden.

Tarkasteltavat esimerkit valittiin siten, että ravinnekierron mahdollisuuksista saadaan mahdollisimman monipuolinen ja kattava käsitys. Esimerkkien valintakriteereissä korostuivat taloudellisen arvon potentiaalin lisäksi Sitran kiertotalouden avainalueen kannalta tärkeät näkökulmat: uudet liiketoimintamallit, vientipotentiaali, kuluttajaratkaisut, teolliset symbioosit sekä korkean jalostusarvon mahdollisuudet. Myös uusiutuvan infrastruktuurin sekä ravinnepääoman kasvattamisen näkökulmat ja kansainvälisten esimerkkien soveltaminen huomioitiin esimerkkien valinnassa. Valitut esimerkit tarjoavat kukin erilaisen näkökulman ravinteiden kierron tehostamiseen.

Valitut esimerkit ja esimerkkikuvauksissa painotettavat näkökulmat on esitetty taulukossa 3¹⁴. Jokaisesta tarkasteluun valitusta esimerkistä on seuraavissa luvuissa nostettu

¹⁴Esimerkkien valinta ei tarkoita sitä, ettei mahdollisuuksia ja arvoa Suomelle olisi muissakin ravinnekierron liiketoimintamalleissa tai esimerkeissä.

Taulukko 3. Valitut esimerkit ja esimerkkikuvauksissa painotettavat näkökulmat.

Lähde: Gaia Consulting 2015

Teema	Esimerkki	Kansantaloudellinen arvo	Vienti-potentiaali	Uusi liike-toimintamalli	Kuluttaja-ratkaisut	Teolliset symbioosit	Korkea jalostusarvo	Uusiutuva infrastruktuuri	Ravinne-pääoma	Kv esimerkki
Maatalouden ravinnekierron tehostuminen	Lannoitevuokraus	✓		✓					✓	✓
	Teollisuuden jätekipsi ravinteiden sitojana	*				✓			✓	
Uudet rehunlähteet	Härkäpapu rehusoijan korvaajana	✓							✓	
	Rehua poistokalasta	✓		✓						
	Lihatuoannon sivuvirrat rehuksi	**				✓				
	Hyönteiset tuonti-proteiinin korvaajana	**								✓
	Perunantuotannon sivuvirrasta ravinnetuotteeksi					✓	✓			✓
Kotitalouden ravinnekiertojen edistäjinä	Kuivakäymälä-konseptit		✓		✓			✓		
	Kulutustottumusten muuttaminen	***			✓				✓	
	Ruokahävikin vähentäminen	****			✓				✓	
Ravinteiden talteenotto ja kierrätys	Hulevedet hyödyntävä infrastruktuuri							✓		✓
	Jätevedenpuhdistamosta ravinnetehtaaksi			✓			✓	✓		
	Ravinteet talteen biokaasutuksesta	✓		✓		✓		✓		

*ympäristöhaitan vähentäminen **tuontirehun korvaaminen ***vaihtotasevaikutus ****hukan vähentäminen

valitut näkökulmat esiin mielenkiintoisin luvuin, konkreettisin keinoin ja esimerkein.

Taloudellista lisäarvoa Suomelle laskettaessa näistä esimerkeistä on huomioitu neljä: lannoitevuokraus, härkäpavut tuontisoijan korvaajana, poistokala rehun lähteenä sekä biokaasutus ravinnekierron moottorina. Kansantaloudellisen arvon kokonaisarvioon on otettu mukaan kaikki relevantit osa-alueet esimerkeistä huomioiden taulukossa 2 esitetyt kansantaloudellisen lisäarvon logiikan 7 näkökulmaa. Valittujen esimerkkien liiketoimintalogiikkaa kuvataan tarkemmin kustakin esimerkistä kertovassa

kappaleessa ja niiden taloudellinen potentiaali esitetään vuoden 2030 ja nykytilanteen vuosittaisen nettomuutoksen arvona. Edellä mainittujen neljän esimerkin taloudellinen arvo on laskettu Gaian kehittämällä kasvavirtapohjaisella kansantaloudellisen lisäarvon mallilla¹⁵. Malli arvioi liiketoimintaketjujen kokonaisvaikutusta muuttaen toiminnan taloudellisten vaikutusten tunnusluvuiksi. Laskennallisten esimerkkien lisäksi, myös muut esitetyt esimerkit tukevat ravinteiden kiertoa Suomessa.

¹⁵Gaia on kehittänyt käytetyn laskentamallin kansantaloudellisen vaikutusten arviointiin. Lisätietoa mallista löytyy mm. seuraavista Sitran julkaisuista: "Energiasektorin cleantech-teknologioiden vaikutus ja mahdollisuudet" sekä "Energiainvestointien alue- ja kansantaloudellinen kannattavuustarkastelu".

3.2 Maatalouden ravinnekierron tehostaminen

Suomessa maatalous on suurin vesistöjen ravinnekuormituksen lähde. Vuonna 2013 maatalouden aiheuttama vesistöjen fosforikuormitus oli 1 800 tonnia vuodessa, joka vastaa lähes 60 % Suomen vesistöjen fosforin kokonaiskuormituksesta. Maatalouden aiheuttama typpekuormitus oli vastaavasti 30 200 tonnia vuodessa, joka puolestaan vastaa melkein 50 % koko Suomen vesistöjen typen kokonaiskuormituksesta.¹⁶ Ravinteita päätyy vesistöihin myös eroosion kuluttaman maa-aineksen, sadevesien ja sulavan lumen mukana.

3.2.1 Lannoitevuokraus

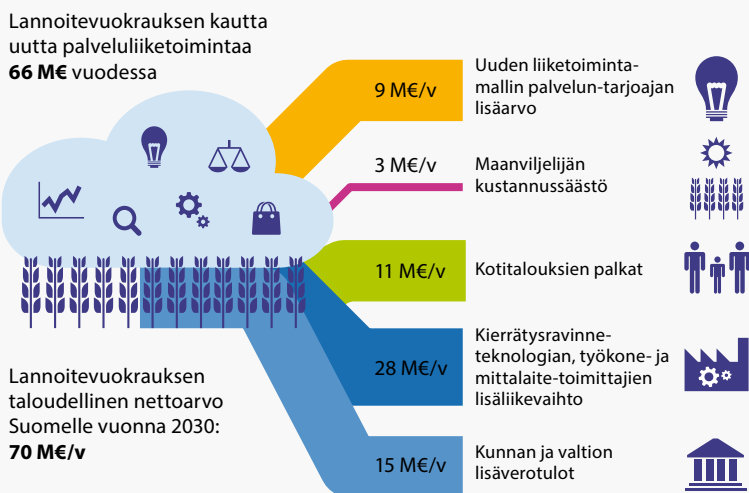
Chemical leasing on resurssitehokkuutta parantava ja maailmalla yleistynyt liiketoimintamalli. Siinä kemikaalin myyjä uudistaa liiketoimintamallinsa niin, että liiketoiminta muodostuu kemikaalinkäytön vaikutuksen kautta. Mallia voidaan soveltaa myös lannoitteissa, jolloin lannoitekilojen tai -litrojen sijaan myydään niiden ravinnevaikutusta satoon tai maaperään. Tarkoituksena on säilyttää tai parantaa maan laatua tuoton ohella, eli parantaa maan ravinne-pääomaa.

Lannoitevuokraajalla on mahdollisuus hyödyntää parasta mahdollista tietoa, osaamista ja teknologiaa lannoitteen annostelussa ja peltolohkoista voidaankin piirtää tarkkoja, lannoitekohtaisia karttoja lannoitemäärien optimoimista varten. Lannoitevuokrauksen palveluntarjoaja analysoi ravinnetarpeen, optimoi lannoitemäärän ja laadun sekä levittämisen ja seuraa lannoittamisen vaikutusta.

Kuva 7. Lannoitevuokrauksen tuoma lisäarvo.

Lähde: SYKE, JÄRKI, MAVI ja Gaia consulting

Lannoitevuokraus avain kierrätysravinteiden käyttöönottoon



Lannoitevuokraus

- **Chemical leasing** on resurssitehokkuutta parantava liiketoimintamalli kemikaalien myyjille. Siinä liiketoiminta muodostuu kemikaalinkäytön vaikutuksen kautta.
- Mallia voidaan soveltaa myös lannoitteissa, jolloin lannoitemäärän sijaan **myydään ravinnevaikutusta satoon tai maaperään**.
- Palvelun tarjoaja analysoi ravinnetarpeen, optimoi määrät ja laadut sekä levittämisen ja seuraa vaikutusta. Tarkoituksena on säilyttää tai parantaa maan laatua tuoton ohella.

Lannoitevuokraus on maailmalla yleistynyt liiketoimintamalli ja sitä on sovellettu useissa maissa. Saksassa pelkästään tyyppilannoituksen optimoinnilla on saavutettu **6 % saannon parannus**.

Tärkeimmät lähtökohdat ja oletukset:

Taloudellisissa potentiaalisissa esitetään vuoden 2030 ja nykytilanteen nettomuutoksen taloudellista arvoa vuositasolla.

Lannoitevuokrauksen yhteydessä siirrytään käyttämään kotimaisia kierrätyslannoitteita.

¹⁶SYKE, Vesistöjen ravinnekuormitus vuonna 2013

Palveluntarjoaja voi myös vuokrata mittaustekniikkaa sekä omaa osaamistaan viljelijälle. Näin on mahdollista vähentää käytettyjen lannoitteiden määrää ja lisätä peltojen tuottoa. Palveluntarjoajan oma liiketoiminta syntyy saavutettujen lannoitesäästöjen kautta. Lannoitevuokituksen liiketoimintamallia voitaisiin Suomessa käyttää vauhdittamaan kierrätysravinteiden käyttöönottoa.

Kansainväliset esimerkit

UNIDO (United Nations Industrial Development Organization) on vienyt chemical leasing -liiketoimintamallia ja sitä kautta myös lannoitevuokituksen konseptia maailmalle. Sri Lankassa tehdyissä piloteissa lannoitevuokituksella on saavutettu jopa 40-50 % säästöjä perunan viljelyn lannoitekustannuksissa (110-160 €/ha)¹⁷. Mallia on pilotoitu myös Serbiassa jossa sillä on saavutettu 5 % säästöt vehnän viljelyn lannoitekuluissa ja parannettu samalla saantoa 2 %¹⁷. Saksassa pelkästään typpilannoituksen optimoinnilla on saatu aikaan 18 % parannus maanviljelijän tulokseen¹⁸. Tässä tapauksessa parannus on koostunut sekä vähemmästä lannoituksesta että korkeammasta saannosta. Myös tässä esimerkissä on kyse vehnästä.

Säästöprosentit liittyvät aina tietyn tyyppiseen viljeltävään tuotteeseen ja niihin vaikuttaa merkittävästi muun muassa viljan hinta ja viljeltävä maaperä. Esimerkit antavat kuitenkin mittaluokkaa siitä, millaisia säästöjä lannoitevuokituksen avulla voidaan saavuttaa.

Lannoitevuokituksen taloudellinen arvo

Tämän esimerkin laskelmien toteutuksen lähtökohtana on, että lannoitevuokituspalvelun kautta otetaan käyttöön kierrätysravinteita. Lannoitteiden tuottajalle ei laskennassa oleteta aiheutuvan menetyksiä, koska lannoitteiden markkinat ovat globaalit ja kierrätysravinteiden käyttö vielä toistaiseksi vähäistä¹⁹. Lannoitteiden tuottajat siis säilyttävät laskennassa saman tuotantotason lannoitteissa koko laskennan tarkastelujakson ajan, vuoteen 2030 asti. Palveluntarjoajan katteeksi on oletettu 15 %.

Laskennassa on oletettu että lannoitevuokituksen palvelumalli otetaan vuoteen 2030 mennessä käyttöön 50 % viljan kasvatuksessa käytettävästä peltopinta-alasta. Suomessa oli maa-talousmaata yhteensä lähes 2,3 miljoonaa hehtaaria vuonna 2014. Viljaa kasvoi lähes 1,2 miljoonaa hehtaaria²⁰ eli yli puolet peltoalasta, joten 50 % tästä vastaa noin 600 000 hehtaaria.

Vuonna 2014 peltopinta-alasta 95 % oli entisen ympäristötuen²¹ piirissä.²² Laskennan oletuksena on, että valtio maksaa vuonna 2030 saman määrän ympäristökorvausta kuin 2015, mutta tuki kohdennetaan jatkossa siten että 100 % lannoitevuokituspalvelua ja kierrätysravinteita käyttä-

vistä saa ympäristökorvauksen täysmääräisenä ja muiden osalta tuen saajien osuus vähenee (40 % saa täyden tuen).

Lannoitevuokituksen taloudellinen arvo Suomelle on vuosittain 69 miljoonaa euroa. Lannoitevuokituksen palveluntarjoajat saavat uutta liiketoimintaa 66 miljoonan euron edestä ja palveluntarjoajille jäävä taloudellinen lisäarvo on 9 miljoonaa euroa. Lisäarvoa palvelusta saavat myös maanviljelijät, joilla lannoitteiden käytön vähentämisen sekä viljelysaannon parantuminen tuottaa lisäarvoa 3 miljoonaa euroa vuosittain.

Valtio ja kunta hyötyvät muutoksesta noin 15 miljoonaa euroa vuosittain kasvaneiden verotulojen ansiosta. Kotitalouksien tulot kasvavat lisääntyneiden palkkatulojen myötä 11 miljoonaa euroa vuosittain. Ravinteiden kierrätysteknologioiden, työkonetta- ja mittalaitetoimittajien liikevaihdot kasvavat yhteensä 28 miljoonaa euroa.

Lisäpotentiaalia muodostuu palvelun ja siihen liittyvän teknologiaviennin kautta, mutta niitä ei ole sisällytetty laskentaan. Lisäksi konsepti on hyvä tapa estää ravinnevalumia vesistöihin.

3.2.2 Kipsi ravinnesitojana

Kipsi on monipuolinen maanparannusaine, joka parantaa maan rakennetta sekä sitoo liukoista fosforia maaperässä. Kipsin käyttämisellä pelloilla voidaan sekä vähentää eroosiota että vähentää veteen liunneen fosforin huuhtoutumista vesistöihin. Tällöin fosforin huuhtoutumisriski pienenee, mutta se pysyy edelleen kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Kipsiä ei voida kuitenkaan käyttää järvien lähellä eikä niiden valuma-alueilla kipsin sisältämän sulfaatin huuhtoutumisen vuoksi.

Kipsin käyttö ravinnesitojana edistää myös teollisia symbiooseja, sillä jätekipsiä syntyy merkittäviä määriä lannoiteteollisuuden sivutuotteena. Suomessa jätekipsiä on varastoituna suuria määriä muun muassa Yaran Siilinjärven lannoite- ja fosforihappotehtaalla. Jätekipsiä voidaan levittää maanviljelyssä käytettävillä koneilla, joten uusia koneinvestointeja ei tarvita.²³

Konsepti jossa kipsiä hyödynnetään ravinnesitojana, on kohtuullisen uusi eikä sen pitkäaikaisia vaikutuksia ole vielä tutkittu.

Esimerkki: Nurmijärvi

TRAP-hankkeessa kipsin käyttöä kokeiltiin Nummenpään kylän savipelloilla Nurmijärvellä. Kipsiä levitettiin pelloille neljä tonnia hehtaarille, jolloin kipsin käytön seurauksena maahiukkasiin sitoutuneen fosforin kulkeuma vesistöihin pieneni 57 %. Lisäksi liunneen fosforin kulkeuma pieneni 33 % ja kokonaisfosforin kulkeuma 54 %.²⁴

Kipsin käyttö ravinnesitojana on kustannustehokasta,

¹⁷ UNIDO

¹⁸ Yara

¹⁹ Mineraalisten ja fossiilisten tuotteiden käyttöön liittyvät kestävyysasteet ja liiketoimintariskit pidemmällä aikavälillä eivät kuulu tämän selvityksen piiriin.

²⁰ Luonnonvarakeskus, maataloustilastot, käytössä oleva maatalousmaa, 2015.

²¹ MAVI, Ympäristötuki muuttui vuodesta 2015 alkaen

ympäristökorvausjärjestelmäksi.

²² JÄRKI, Maatalouden vesiensuojelun ja luonnon monimuotoisuuden järkevää edistämistä, ympäristökorvaukset, 2015

²³ Yara: Kipsipohjaiset ratkaisut Itämeren fosforikuorman vähentämiseksi

²⁴ Syke: Vesikirje 22.3.2011

Kuva 8. Jätekipsi ravinteiden sitojana.

Lähteet: Gaia Consulting, LUKE, Helsingin yliopisto, Yara. Grafiikat: Gaia Consulting

TEOLLISUUDEN SIVUTUOTEKIPSI RAVINTEIDEN SITOJANA EDISTÄÄ TEOLLISIA SYMBIOOSEJA



Etelä-Suomen peltojen kipsikäsittelyllä voidaan estää **150 000 tonnin fosforihuuhtouma** Itämereen. Määrä vastaa noin puolta Itämeren fosforin Suomelle asetetusta BSAP päästövähennystavoitteesta.

Kipsille ei ole löytynyt muuta laajamittaista uusiokäyttöä. Peltojen kipsikäsittely maksaisi 55 miljoonaa euroa ja sen vaikutukset kestäisivät 5 vuotta.

Teollisuuden kipsi hyötykäytössä

- Lannoiteteollisuuden **sivutuotteena** syntyvän kipsin levitys pelloille vähentää fosforin huuhtoumaa vesistöihin
- **Vesistön fosforikuormitus vähenee** kolmanneksella kun kipsiä levitetään 4 tonnia hehtaarille.

Kipsin käyttöä kokeiltiin TRAP-hankkeessa Nurmijärvellä. Kipsiä levitettiin pelloille 4 tonnia hehtaarille, jolloin kipsin käytön seurauksena maahiukkasiin sitoutuneen fosforin kulkeuma vesistöihin pieneni 57 %. Lisäksi liunneen fosforin kulkeuma pieneni 33 % ja kokonaisfosforin kulkeuma 54 %.

sillä neljä tonnia kipsiä hehtaarille maksaa noin 230 euroa. Tämä tarkoittaa, että Saaristomeren ja Suomenlahden valuma-alueen fosforihuuhtoumaa on mahdollisuus estää 55 miljoonalla eurolla 150 tonnia. Määrä vastaa noin puolta Itämeren suojelukomission Suomelle asettamasta fosforin päästövähennystavoitteesta.²⁵

3.3 Uudet rehunlähteet

Lihan ja kalan sekä muiden eläinperäisten elintarvikkeiden kysynnän kasvu on globaali trendi. Kysyntää kasvattavat sekä väestönkasvu että vaurauden lisääntyminen. Kuvassa 9 on esitetty YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestön (FAO) arvio rehun kysynnästä sekä hintakehityksestä kalanrehu esimerkkinä on esitetty kuvassa 9. Eläintalous vaatii rehua 2-30 kg lihakiloa kohden²⁶ tuotantoeläimestä riippuen.

3.3.1 Kotimainen härkähäpö tuontisoijan korvaajana

Suomalaisella härkähäpöllä voitaisiin korvata tuontisoijaa suurten volyymien rehuteollisuudessa. Härkähäpön muita etuja on se, että se sitoo kasvaessaan voimakkaasti typpeä (90-150 kg/ha/v^{29,30}) ja toimii siten luontaisena maanparantajana myös seuraaviin satokausiin. Härkähäpön viljelyssä typpilannoitusta ei juurikaan tarvita³¹.

Soijaa tuodaan Suomeen noin 156 000 tonnia vuodessa.³² Tästä valtaosa eli 95 %³³ käytetään rehuksi tuotantoeläimille. Geenimuunteluvapaata soijaa ei ole riittävästi tarjolla ja sen hinta on noussut, joten suomalaisen rehuteollisuuden kiinnostus härkähäpöä kohtaan on kasvanut. Suomessa härkähäpön viljely onkin lisääntynyt 2000-luvulla ja sitä tuotettiin Suomessa vuonna 2014 21 400 tonnia³⁴, jolloin sitä viljeltiin 8 700 hehtaarilla.

Härkähäpön käyttöä eläinten rehuna rajoittavat sen

²⁵ Juha Nurminen: Vieraskynä Helsingin Sanomat 18.4.2015

²⁶ J. M. Wilkinson, Re-defining efficiency of feed use by livestock 2011

²⁷FAO: Insects for food and feed; FAO: The contribution of insects to food security, livelihoods and the environment; Wageningen UR: Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets; Business Insider UK: This Bill Gates-supported start-up is about to open the world's largest fly farm in South Africa; Agriprotein Technologies, website; FAO: Globefish

²⁸ J. M. Wilkinson, Re-defining efficiency of feed use by livestock 2011
 Luomuliitto 2007. Luomutilan valkuaiskasviopas.

³⁰ MTT, 2012. Typpi- ja valkuaisomavaraisuuden lisääminen palkokasveja tehokkaasti hyödyntämällä. MoniPalko-hankkeen loppuraportti.³¹ Maataloudessa käytetään keskimäärin väkilannoitetyppiä viljeltyä hehtaaria kohti noin 74 kg/ha/vuosi. (Tike 2011.)

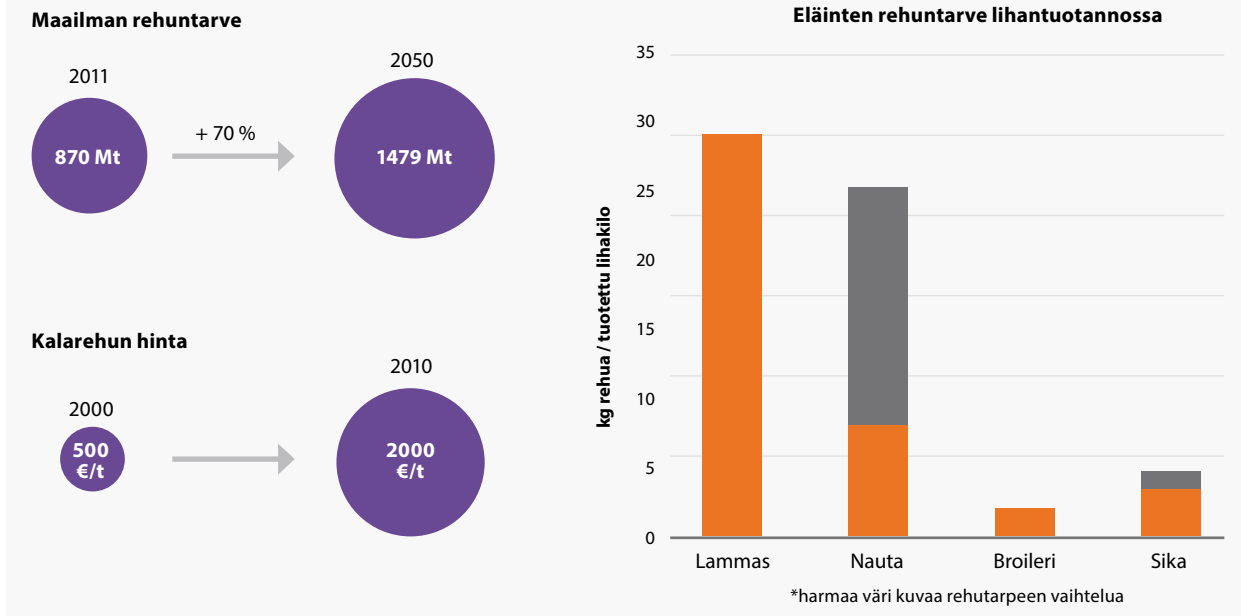
³² Tullin ULJAS-tilasto 2014.

³³ FAO, statistics (FAOSTAT)

³⁴ Luke, 2014. Satotilasto.

Kuva 9. Maailman rehuntarpeen sekä kalarehun hinnan kehittyminen.²⁷ Eläinten rehuntarve lihantuotannossa²⁸

Lähde: Gaia Consulting 2015



sisältämät haitta-aineet, kuten tanniini, josta on haittaa yksimahaisten eläinten³⁵ ruoansulatukselle. Naudoille härkäpapu sen sijaan sopii hyvin.³⁶ Jalostuksen tuloksena tuotetut valkokukkaiset lajikkeet sisältävät vähemmän tanniinia, mikä mahdollistaa käytön lisäämisen erityisesti sianrehussa. MTT suositaa härkäpavun käyttömääräksi porsasrehuun korkeintaan 10 % huonomman maittavuuden vuoksi³⁷, mutta aikuisen sian rehussa osuus voi olla jopa 30 %. Siipikarjanrehuun härkäpapu ei aminohappoprofiilinsa vuoksi sovi yhtä hyvin.

Härkäpapu sopii myös ihmisen ruokavalioon. Kotimaisten papujen tuotteistus on kuitenkin vielä niukkaa. Useiden härkäpapulajikkeiden sisältämät visiini ja konvisiini voivat aiheuttaa osalle ihmisistä anemiaa. Vatsavaivojen estämiseksi kuivia papuja on liotettava vuorokauden yli, mikä sopii heikosti nykyiseen ruokakulttuuriin. Pavun fermentointia elintarvikekelpoiseksi proteiiniksi on kuitenkin tutkittu myös Suomessa ja siitä on onnistuneesti jalostettu fermentoitua kauraa vastaavia tuotteita, kuten jugurtti-tyyppisiä valmisteita.

Härkäpavun viljelyn taloudellinen arvo

Laskennan oletuksena on, että tuontisoija³⁸ korvataan

kokonaisuudessaan härkäpavulla. Rehunvalmistaja hankkii tarpeisiinsa kilomääräisesti soijapapua vastaavan määrän härkäpapua vuosittain. Härkäpapu voidaan käyttää porsaiden ja sikojen rehussa 10-30 %. Myös soijaa käytetään sianrehuissa vain 10 %, joten sen korvautuvuus 100 % on perusteltua. Broilerin ravinnosta noin 25 % on soijarehua, mutta härkäpapu ei broilerille sovi. Sen sijaan nautojen rehuun härkäpapu sopii hyvin ja soijan korvautuvuuden oletetaan siellä olevan vastaavasti suurempi. Nautojen ruokinnassa palkoviljat voivat korvata myös nurmikasveista tehtyä säilörehua³⁹, kun koko kasvusto korjataan kokoviljasäilörehuna.

Härkäpavun satotaso Suomessa on noin 3000 kg/ha^{40,41} ja sen oletetaan sitovan tyyppiä 30 kg/ha⁴². Maan ravinnepääoman on oletettu kasvavan 25 €/ha⁴². Maan arvon muutos on laskettu perustuen härkäpavun kykyyn sitoa tyyppiä ilmasta maahan (~25 kg/ha tyypestä jää maaperään³⁰), mutta kiertoviljelyn⁴³ tuomaa lisäarvoa ei ole huomioitu.

Taloudellisen lisäarvon mallinnuksessa on oletettu, että härkäpavun viljelyyn voidaan valjastaa nykytilanteessa muuten käyttämätöntä maatalousmaata⁴⁴, jolloin vähentyneen sadon vaikutuksilta vältytään. Härkäpapua on oletettu viljeltävän vuonna 2030 tämän hetkisen rehukäyttöön

³⁵ Yksimahaisilla eläimillä (kuten kanat ja siat) tarkoitetaan eläimiä, joiden ruoansulatuselimistö koostuu yhdestä mahasta. Sen sijaan esimerkiksi märehtijät ovat monimahaisia ja niiden ruoansulatuselimistö koostuu useammasta mahasta.

³⁶ Lehtinen, Susanna, 2014. Härkäpavun viljely ja käyttö lypsylehmien ruokinnassa, opinnäytetyö, HAMK.

³⁷ Perttilä, Sini, 2014. Toimiva sikala – kotimaisen porsasrehuseoksen raaka-aineet.

³⁸ Tuontisoijan määrä 156 000 tonnia. Tullin ULJAS-tilasto 2014.

³⁹ Juutinen, E. 2011. Säilörehua herneestä ja härkäpavusta. Nauta 4: 34-35.

⁴⁰ Pennanen Anna-Maria, 2014. Härkäpapu, herne, virma ja lupiini säilörehussa.

⁴¹ Vuotuiset satovaihtelut ovat härkäpavulla suuria ja hehtaarisato vaihtelee välillä 2800–6000 kg/ha, erityisesti voimakas kuivuus- tai märkyyssstressi pienentävät satoa.

⁴² RaisioAgro

⁴³ Kiertoviljelyllä tarkoitetaan monivuotista viljelykiertoa, jossa eri kasvilajit vuorottelevat. Kiertoviljelyn tavoitteena on parantaa maan rakennetta ja viljavuutta (Lähde: MTK)

⁴⁴ Kaikesta maatalousmaasta vain 53 % on tällä hetkellä viljelykäytössä.

tuotua soijapapua vastaava määrä, jolloin Suomesta tulisi valkuaiskasvien suhteen täysin omavarainen rehunvalmistuksessa. Oletusta vastaava viljelyspinta-ala on noin 52 000 hehtaaria, joka vastaa 4 % kaikesta maatalousmaasta.

Maataloustuet on laskelmissa huomioitu siten, että härkäpavun viljelystä voi saada valkuaiskasvien peltokasvipalkkiota 90 euroa/hehtaari EU:n suorana tukena. Lisäksi viljelijä saa tilatukea⁴⁵, ympäristökorvausta ja luonnonhaittakorvausta yhteensä n. 518 euroa/hehtaari. Jälkimmäisiä tukia voi saada myös viljoille ja muille peltokasveille.

Härkäpavun viljelyn taloudelliset vaikutukset kohdistuvat jo olemassa oleviin toimijoihin. Maanviljelijöiden liikevaihto härkäpavun tuotannosta on noin 38 miljoonaa euroa. Vaihtaessaan soijan härkäpapuun, rehuntuottajat saavat säästöä alentuneista raaka-aineiden hankintakustannuksista yhteensä 16 miljoonaa euroa. Myös muut arvoketjussa toimivat yritykset saavat osuutensa kasvaneesta

liiketoiminnasta, joista merkittävimmin, noin 16 miljoonaa euroa, hyötyvät maatalouteen koneita ja polttoaineita toimittavat yritykset. Härkäpavun viljelyn seurauksena viljelysmaan arvo muuttuu, joka mallinnetulla viljelyspinta-alalla vastaisi noin 1,3 miljoonaa euroa. Valtio menettäisi 29 miljoonaa euroa maanviljelijälle maksettuna viljelystukina. Viljelystuet vastaavat 47 % maanviljelijän kasvaneesta liikevaihdosta. Valtion menetyksestä huolimatta Suomen vaihtotase kasvaa soijarehun tuonnin korvaamisen seurauksena 50 miljoonaa euroa.

3.3.2 Rehua poistokalasta

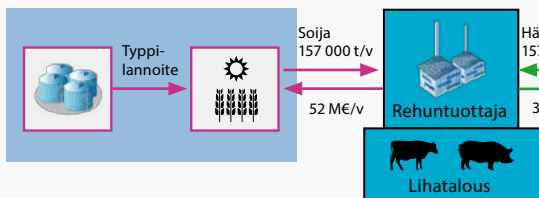
Euroopan kalakannoista 90 % kalastetaan liikaa, joten Euroopassa kalan kulutus on riippuvainen tuonnista. EU:ssa kulutetusta kalasta 60 % on tuontikalaa ja tuonnin vuosittainen arvo on noin 15,5 miljardia euroa. Vesiviljely kattaa noin 20 % oman kalan kulutuksesta ja työllistää 65 000

Kuva 10. Härkäpavun viljelyn taloudellinen arvo Suomelle 2030

Lähde: Gaia Consulting, MMM, Tulli, RaisioAgro

Härkäpavulla voidaan korvata rehusojan tuontia 52 M€/v, vähentää typpilannoitteiden käyttöä 5 000 t/v ja nostaa maan arvoa 1,3M€/v

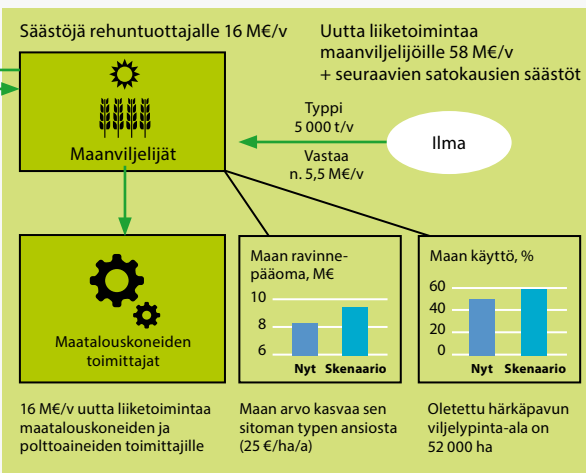
Nykyinen soijantuontimalli



Kotimaisen proteiinin käyttö vähentää rehuontia

- Suomalaisella härkäpavulla voitaisiin korvata tuontisoijaa suurten volyymien rehuteollisuudessa.
- Härkäpavun etuna on se, että se **sitoo** kasvaessaan **voimakkaasti typpeä** ja **toimii** siten luontaisena **maanparantajana** myös seuraaviin satokausiin.

Soijantuonnin korvaaminen kotimaisella härkäpavulla vuonna 2030



Tärkeimmät lähtökohdat ja oletukset:

Taloudellisissa potentiaalisissa esitetään vuoden 2030 ja nykytilanteen nettomuutoksen taloudellista arvoa vuositasolla.

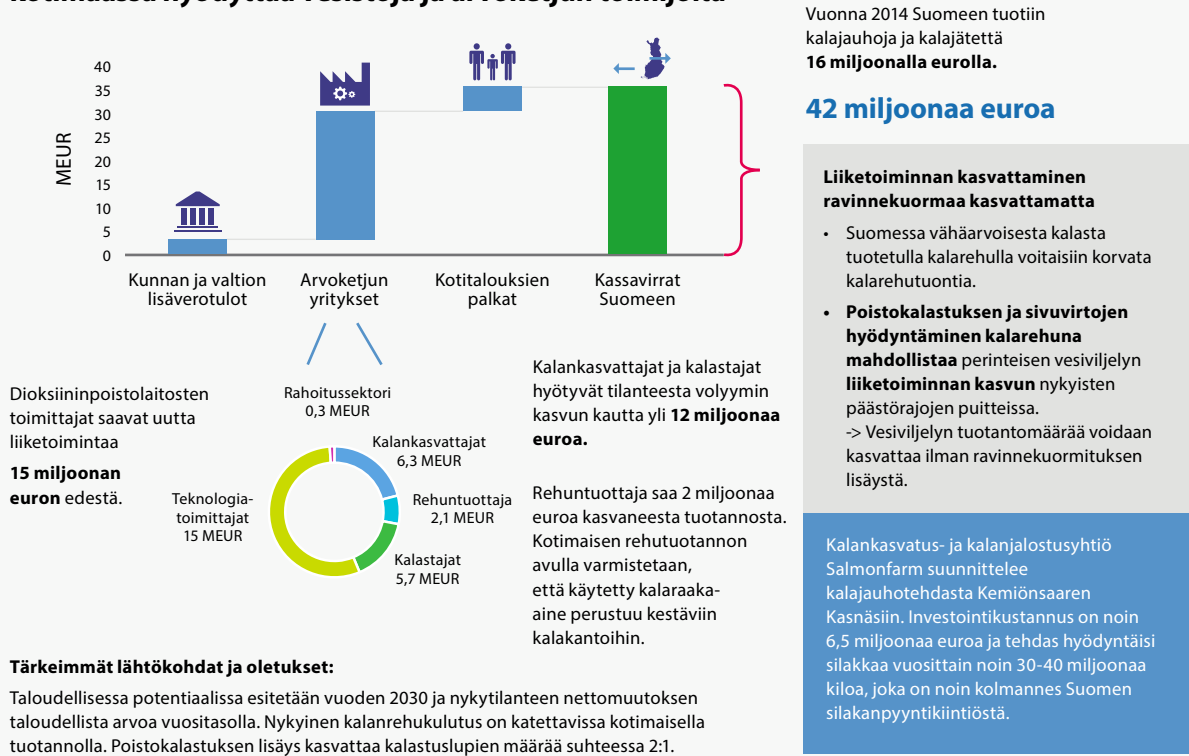
Oletuksena, että härkäpapu voi korvata 100% tuontisoijasta. Härkäpavun satotaso Suomessa on noin 3000 kg/ha. Maan arvon muutos on laskettu perustuen härkäpavun kykyyn sitoa typpeä ilmasta maahan, mutta kiertoviljelyn tuomaa lisäarvoa ei ole huomioitu.

⁴⁵Vuodesta 2015 eteenpäin "perustuki". MMM 2014. Maatalouden muuttuvat tuet.

Kuva 11. Kotimaisen poistokalarehun vaikutukset eri toimijoille vuonna 2030.

Lähde: Gaia Consulting, RKTL, Luke, Kalan kasvattajaliitto

Poistokalastuksen volyymin kasvattaminen ja kalanrehutuotteiden jalostaminen kotimaassa hyödyttää vesistöjä ja arvoketjun toimijoita



henkilöä EU:ssa. Tuotantomäärä on noin 2,5 miljoonaa tonnia vuodessa. Vesiviljelyn määrää haluttaisiin kasvattaa pienemmän ympäristökuormituksen vuoksi.⁴⁶

Vuonna 2014 Suomeen tuotiin muuksi kuin ihmisravinnoksi käytettävää kalajauhoa ja kalajätettä noin 31 000 tonnia ja tuonin arvo oli yhteensä noin 16 miljoonaa euroa.⁴⁷ Vaikka tuontirehun määrä on viimeisen kymmenen vuoden aikana pienentynyt, on sen rahallinen arvo kasvanut merkittävästi. Suomessa vähäarvoisesta kalasta tuotetulla kalarehulla voitaisiin korvata tuontirehua.

Poistokalastuksen ja sivuvirtojen hyödyntäminen kalarehuna (ns. Itämerirehu) saattaisi mahdollistaa myös perinteisen vesiviljelyn liiketoiminnan kasvun nykyisten päästörajojen puitteissa. Käytännössä kompensaation hyödyntämiseen ympäristöpäästöjen hallitsemisessa liittyy kuitenkin vielä paljon avoimia kysymyksiä erityisesti poistokalastuksen ja ravinteiden talteenoton alueellisesta kohdistamisesta ja suhteesta sijainninhajukseen.

Suomessa on käynnistynyt kokeiluhanke⁴⁸, jossa eri osapuolien kesken arvioidaan mahdollisuuksia ja kriteereitä kompensaation hyödyntämiseen vesiviljelyssä.

Myös Suomen vesiviljelystrategian⁴⁹ tavoitteena on kalaomavaraisuuden nostamisen sekä kotimaisen valkuaisen käytön lisääminen kalarehuissa. Tämän on arvioitu kasvatavan Suomen kauppatastetta ja vahvistavan myös ruokaturvaa. Tämän lisäksi kotimaisen rehutuotannon avulla pystytään varmistamaan, että käytetty kalaraaka-aine perustuu kestäviin kalakantoihin.

Esimerkki: Kasnäs

Kalankasvatus- ja kalanjalostusyhtiö Salmonfarm suunnittelee Kemiönsaaren Kasnäsin jalostuslaitoksen yhteyteen kalajauhotehdasta. Laitoksen investoinnin suuruus on noin 6,5 miljoonaa euroa. Laitos käyttäisi Itämeren silakkaa raaka-aineenaan vuosittain noin 30-40 miljoonaa kiloa, joka on kolmannes Suomen silakanpyyntikiintiöstä.⁵⁰

⁴⁶ Gaia Consulting Oy: Arvoa ainekierrosta: Teollisten symbioosien globaali markkinakatsaus, 2013.

⁴⁷ RKTL: Kalan- ja kalatuotteiden tuonti ja vienti Suomesta vuonna 2014.

⁴⁸ Luonnonvarakeskus Luke ja kalankasvattajaliitto, toteuttaja Gaia Consulting

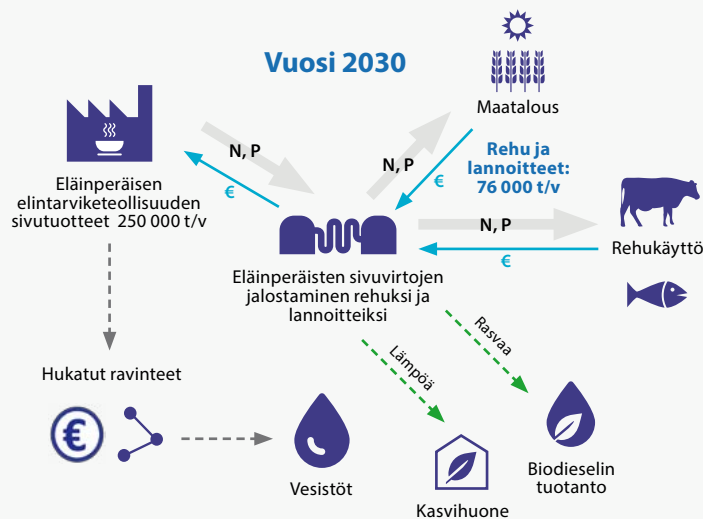
⁴⁹ Vesiviljelystrategia 2022: Kilpailukyinen, kestävä ja kasvava elinkeino. Valtioneuvoston periaatepäätös 4.12.2013.

⁵⁰ Suomen Kalankasvattaja 2/2015

Kuva 12. Esimerkki Honkajoki Oy:n elintarvikkeiden sivutuotteiden jalostusketjusta.

Lähde: Honkajoki Oy, Gaia Consulting

Lihatutannon sivuvirrat rehuksi jalostava toimintamalli edistää teollisia symbiooseja



Tärkeimmät lähtökohdat ja oletukset:

Taloudellisissa potentiaalissa esitetään vuoden 2030 ja nykytilanteen nettomuutoksen taloudellista arvoa vuositasolla. Potentiaali on arvioitu teknistaloudellisesti. Nykyinen lainsäädäntö estää toteutumisen.

Ravinteita palautetaan ravinneketjuun

Eläinperäisiä sivutuotteita syntyy Suomessa n. **250 000 tonnia vuodessa**. Sivutuotteista n. **30 %** voitaisiin jalostaa rehuksi ja lannoitteeksi.

Eläinperäisistä elintarviketeollisuuden sivutuotteista voitaisiin tuottaa valkuaisrehuja

76 000 tonnia. Määrä vastaa noin 100 000 tonnia tuontisoijaa. Soijaa tuodaan vuosittain Suomeen eläinrehuksi noin 157 000 tonnia.

Rehutuotannon osana syntyy myös rasvaa biodieselin raaka-aineeksi ja lauhdelämpöä lähiseudun kasvihuoneiden ympärivuotiseen lämmöntarpeeseen.

Prosessoidun eläinvalkuaisen käyttö on nykyisellään sallittu vain kala-, lemmikkieläin- ja turkiseläinrehuissa. EU:n sivutuotelainsäädäntö estää sen käytön tuotantoeläinten rehuissa, mutta lainsäädäntömuutos on jo käsittelyssä.

Kotimaisen poistokalarehun taloudellinen arvo

Taloudellisen lisäarvon mallinnuksessa on oletettu, että poistokalastuksen lisääminen kasvattaa kalanviljelyslupien määrää puolella suhteessa poistokalastuksen volyymin kasvuun. Oletuksen mukaan vesistöjen ravinnekuorma pysyy vakiona. Poistokalastuksen volyymin muutos vastaa kalanjauholaituksen tarvitsemää raaka-ainemäärää vuosittain. Malli olettaa myös, että vuonna 2030 kaikki nykyinen kalankasvatuspotentiaali katetaan kotimaisella rehulla. Lisääntynyt kalankasvatuspotentiaali kattaisi rehun tarpeensa kuitenkin tuonnilla. Muutosten edellytyksenä ovat tarvittavat poistokalastustuet ja kalanjauholaitusinvestoinnit, joilla voidaan kattaa kysyntä Suomen rehuteollisuudelle.

Suurin vaihtotasevaikutus Suomelle syntyy tuontikalalan korvaamisesta kotimaisella viljelyskalalla, mikä tarkoittaisi 42 miljoonan euron parannusta. Poistokalastuksen lisäys kasvattaa kalankasvattajien viljelypotentiaalia lisääntyneinä kalankasvatuslupina, josta kalankasvattajat

hyötyvät 6,3 miljoonaa euroa. Valtio hyötyy muutoksesta vielä poistokalastustukien jälkeen 3,2 miljoonaa euroa ja kunnat 3,7 miljoonaa euroa vuosittain lisääntyneinä verotuloina. Kalastajille poistokalastus tuottaa liiketoiminnan kasvun myötä 5,7 miljoonaa euroa. Poistokalastuksen volyymin kasvattaminen ja tuotteiden jalostaminen kotimaassa hyödyttää suoran arvoketjun lisäksi muitakin toimijoita. Teknologiaoimittajien tilauskanta paranee uusien investointien kuten dioksiinipoistolaitosten ja kalankasvattamoiden myötä. Tuodun kalanjauhon korvaaminen kotimaisella vaihtoehdolla parantaa vaihtotasetta 2 miljoonaa euroa.

3.3.3 Lihatutannon sivuvirrat rehuksi

Eläinperäisiä sivutuotteita syntyy Suomessa n. 253 000 tonnia vuodessa. Sivutuotteiden hyödyntäminen vähentäisi tuontirehun ja tuontilannoitteiden tarvetta ja edistäisi ravinteiden kiertoa. Tällä tavalla myös pienennetään

Hyönteisravinnon sisältämistä rasvoista ja hiilihydraateista on terveyshyötyjä erityisesti luonnostaan hyönteisiä syöville eläimille, kuten siipikarjalle ja kaloille.

eläinperäisten elintarvikkeiden ympäristökuormaa. Sivuvirtoja jalostava toimintamalli edistää lisäksi teollisia symbiooseja, kun yhden toimijan jäte onkin toisen toimijan raaka-aine.

Prosessoidun eläinvalkuaisen käyttö on nykyisellään sallittu vain kala-, lemmikkieläin- ja turkiseläinrehuissa. EU:n sivutuotelainsäädäntö estää sen käytön tuotantoeläinten rehuissa, mutta lainsäädäntömuutos on jo käsittelyssä.

Esimerkki: Honkajoki

Honkajoki Oy jalostaa eläinperäisistä elintarviketeollisuuden sivutuotteista valkuaisrehuja ja orgaanisia lannoitteita maatalouskäyttöön. Lähtökohtana on agroekologinen toimintamalli: ravinteita palautetaan ravintoketjuun ja kasvua luodaan kierrättämällä.

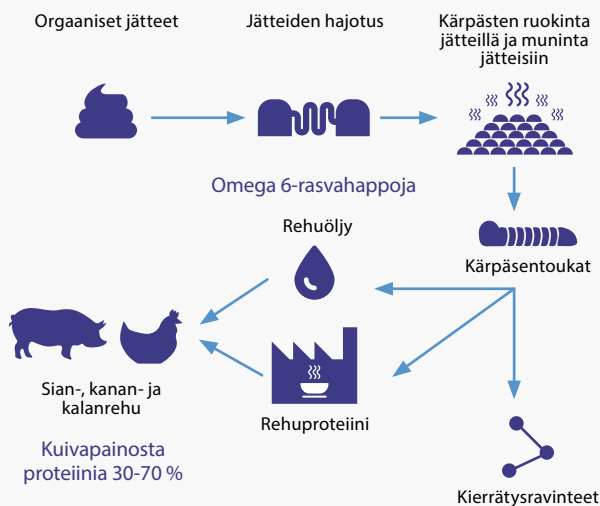
Honkajoki vastaanottaa nykyisellään 100 000 tonnia eläinperäisiä sivutuotteita vuodessa. Tästä yritys tuottaa 30 000 tonnia erilaisia jauheita, jotka jaotellaan kolmeen luokkaan. Luokan 1 lihaluujauho on EU-lainsäädännön mukaisesti hävitettävä polttamalla. Luokan 2 jauho sopii lannoitteeksi tai turkiseläinrehutuotantoon. Luokan 3 tuote soveltuu kala- ja lemmikkieläinruokiin. Honkajoen valmistamat valkuaisrehut sisältävät eläinten tarvitsemia ravintoaineita. Lisäksi eläinrasvaa voidaan käyttää rehuseosten energiapitoisuuden täydentämiseen. Rehuille on tarkat laatu- ja turvallisuuskriteerit, joiden toteutumista valvoo Evira.

EU:n sivutuotelainsäädäntö estää lihaluujauhojen

Kuva 13. Hyönteiset tuontirehun korvaajana.

Lähde: Gaia Consulting 2015

Jätteitä syövät hyönteiset korvaavat tuontiproteiinia ja parantavat ruokaturvallisuutta



Kansainvälisesti kasvavat markkinat

Liha- ja kalankulutus kasvaa, 2 mrd ihmistä käyttää hyönteisiä ravintonaan

Hyönteisten ravintona toimivat jätteet ja lanta
 Ratkaisu estää tuohyönteisten leviämistä ja pienentää hygieniariskejä.

Parantaa ruokaturvallisuutta

Esimerkki: AgriProtein Technology / Etelä-Afrikka

- Biojätettä käyttävä laitos tuottaa kasvattaa kärpäsentoukkia
- Tuotantona vuorokaudessa 7 t rehuproteiinia, 3 t omega-6-pitoista rehuöljyä ja 20 t hygienisoitua kierrätysravinnetta
- Investointi 7,1 M€, rahoittajana mm. Bill ja Melinda Gatesin säätiö

käytön kokonaisuudessaan eläinten rehuna. Mikäli lainsäädännölliset esteet poistuisivat, voitaisiin kaikki eri luokkien jauhot hyödyntää eläinten rehuna. Jos kaikki Suomessa syntyvä eläinperäinen sivutuote voitaisiin hyödyntää lihaluujauhona rehuteollisuudessa, vastaisi määrä noin 100 000 tonnia soijaa.^{51,52}

Honkajoen ja yhteistyökumppaneiden kehittämät lannoitteet perustuvat lihaluujauhon sisältämään tyypeen ja fosforiin. Orgaaniset lannoitteet ovat hidasliukoisia, joten niitä käytettäessä ravinteita huuhtoutuu vähemmän vesistöihin kuin mineraalilannoitteista. Prosessissa syntyvillä lannoitteilla ei toistaiseksi ole suurta kysyntää niiden alhaisen typpipitoisuuden takia. Suurempi kysyntä kierrätyslannoitteille ja kierrätysrehulle mahdollistaisi entistä suuremman ravinteiden kierrätyksen.

Tuotannon osana syntyy myös rasvaa biodieselin raaka-aineeksi ja lämpöä lähiseudun kasvihuoneiden ympärivuotiseen lämmöntarpeeseen. Teollinen symbioosi toimii siis useampaan suuntaan: Honkajoki saa raaka-aineensa elintarviketeollisuudesta ja tuottaa päätoimintansa ohessa energiaa muille toimijoille.

3.3.4 Hyönteiset tuontiproteiinin korvaajana

Hyönteiset ovat globaalisti merkittävä ravinnonlähde, jolla on kansainvälisesti kasvavat markkinat. Vaikka hyönteiset ovat Suomessa ja monissa Euroopan maissa perinteiselle ruokakulttuurille vieras asia, globaalisti kaksi miljardia ihmistä käyttää hyönteisiä ravintonaan. Hyönteisiä sekä kerätään luonnosta että kasvatetaan kotitarpeiksi.

Toistaiseksi hyönteisten hyödyntäminen EU:ssa ihmisravintona on kuitenkin uusi asia. Teollisen kasvattamisen mahdollistava lainsäädäntö puuttuu liittyen esimerkiksi hygieniariskien hallitsemiseen ja hyönteisten asemaan suhteessa tuotantoeläimiä koskevaan lainsäädäntöön. Globaalisti teollinen jalostusteknologia on kehittyvässä, kysymyksiä ovat lajien valinta, kasvatusmallit, ravintona käytettävät syötteen ja hyönteismassan tuotteistus.

Ruoksi tulevia hyönteisiä on kasvatettu perinteisesti elintarvikelkepoisilla ruokalähteillä, esimerkiksi jauholla, tällöin ympäristön kannalta etuna on lähinnä suurempi tehokkuus eläinproteiinin tuottamiseen nähden. Ravinteiden kierrätyksen kannalta kiinnostavampaa on kuitenkin hyönteisten käyttäminen sivuvirtojen, jätteiden, lietteiden ja lannan palauttamiseen ruokaketjuun rehuina. Tämä on ruokaturvan ja omavaraisuuden sekä paikallisten ravinnekierrojen rakentamisen kannalta mahdollinen tekijä. Hyönteiskasvatus voidaan nähdä bioteknologisena prosessina, joka on kilpailuva muihin vastaaviin jätteitä ja sivuvirtoja hyödyntäviin mikrobiologisiin tai kemiallisiin prosesseihin nähden.

FAO kokoaa tietoa hyönteisten rehukäytöstä⁵³. Tutkimusta on tehty paljon ja sen perusteella hyönteiset soveltuvat proteiininlähteeksi sian, kanan- ja kalanreuhihin. Lajista riippuen hyönteisten kuivapainosta proteiinia on 30-70 %. Lisäksi on havaittu, että erityisesti luonnostaan hyönteisiä syöville eläimille, kuten siipikarjalle ja kaloille, hyönteisravinnon sisältämistä rasvoista ja hiilihydraateista on terveyshyötyjä. Viitteitä oli esimerkiksi antibioottien tarpeen vähenemisestä. Hyönteisillä voitaisiin kattaa 20 % maailman rehuntarpeesta.

Varsinkin sanitaation kannalta puutteellisissa oloissa hyönteisten käyttö biohajoavien massojen, lannan ja lietteiden käsittelemisessä on myös kansanterveyden kannalta merkityksellistä. Tuhohyönteisten leviäminen estyy, kun hyötylajit muokkaavat massat itselleen edullisiksi ja vievät elintilaa haitallisilta lajeilta.

Esimerkki: AgriProtein Technology

Etelä-Afrikkaan vuonna 2015 avattu laitos kasvattaa vuorokaudessa 22 tonnia karpäsentoukkia. Syötteenä tuotannolle ovat paikalliset biojätteet, erityisesti syötäväksi kelpaamattomat elintarvikkeet ja muu biojäte.

Kasvatetut toukat pakastetaan ja siirretään puhdistuksen kautta jalostukseen, vuorokaudessa laitos tuottaa 7 tonnia rehulaatuista proteiinia, ja 3 tonnia omega-6-pitoista rehulaatuista öljyä. Sivuvirrat ja käsitelty jäte synnyttävät päivässä 20 tonnia hygienisoitua kierrätysravinnetta, joka on myös tuotteistettu. Lisäksi kokonaisia kuivattuja toukkia myydään lemmikkiruokateollisuuteen ja luomusekä pienviljelijöille eläinten ravintolisäksi.

Laitosinvestointi on 7,2 miljoonaa euroa, rahoittajana ovat muun muassa Bill ja Melinda Gatesin säätiö. Yrityksellä on tarkoitus perustaa maailmaan yli 40 vastaavaa laitosta vuoteen 2030 mennessä.

3.3.5 Perunatuotannon sivuvirrasta ravinnetuotteeksi

Perunatärkkelyksen valmistusprosessin sivutuotteena syntyy proteiini- ja typpipitoista perunamehua, joka päättyy tällä hetkellä hankalasti käsiteltäväksi jätenesteeksi. Proteiinipitoista perunamehua voidaan hyödyntää sellaisenaan ravinteena.

Runsaasti proteiineja sisältävä neste on kiinnostava raaka-aine teolliselle jalostamiselle. Kehittyvät teknologia mahdollistaa arvokkaiden fraktioiden erottamisen nesteestä, jolloin jäljelle jää vähemmän ja laimeampaa jätevedettä.

Tanskassa on tuotettu ratkaisu, jonka avulla proteiini voidaan puhdistaa elintarvikelkepoiseksi. Teknologiaa ollaan soveltamassa myös Suomessa Finnamylin laitoksella.

⁵¹ Määrä vastaa 74 prosenttia Suomeen eläinrehuksi tuodun soijan määrästä. FAOSTAT 2014.


⁵² Honkajoki Oy.


⁵³ Edible insects - Future prospects for food and feed security, FAO, 2013


Kuva 14. Perunasta tuotetut korkean lisäarvon tuotteet.


Lähde: Gaia Consulting 2015

PERUNATUOTANNON SIVUVIRRASTA RAVINNETUOTTEEKSI

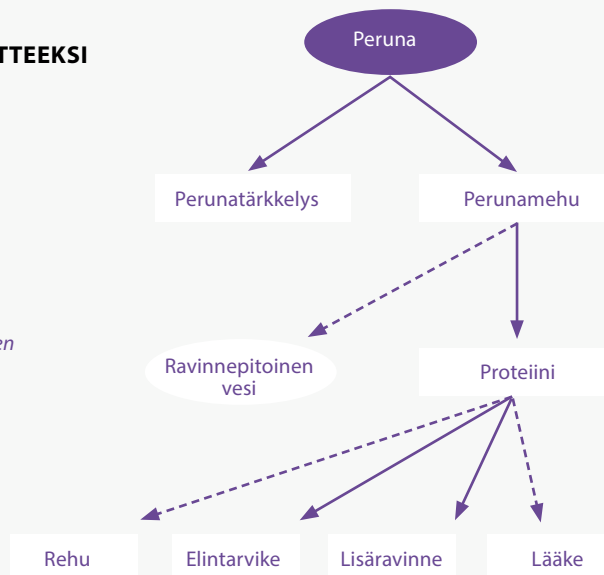
- 

Mahdollista jalostaa korkean lisäarvon tuotteilla
*Puhdistettu entsyymiproteiini lisäravinteeksi
 Teollisuusentsyymejä ja niiden inhibiittoreita*
- 

Uusia teknologisia ratkaisuja
Elintarvikekäytön estävän solaniinin puhdistaminen
- 

Runsasproteiininen elintarvikelähde
Mehu sisältää 75% perunan typeistä
- 

Synergia muihin teollisuudenaloihin
Yhdistää teollisuustärkkelyksen ruokaketjuun



- Esimerkki: **Karup Kartoffelmelfabrik** / Tanska
- Laitos käyttää vuodessa 300,00 tonnia perunoita
 - Tuottaa 54,000 tonnia perunatärkkelystä
 - Energiansäästö prosessissa 50-70 %
 - Typpikuormituksen vähenemä 50-60 %
 - Jäteveden vähenemä 50-70 %



Ratkaisua hyödyntämällä sivuvirta palautuisi suoraan ruokaketjuun. Hinta kasvisperäiselle elintarvikeproteiinille on 10-60 kertainen verrattuna rehuproteiiniin.

Perunamehun kiinnostavimpia mahdollisuuksia ovat kuitenkin korkean lisäarvon tuotteet, joita syntyy puhdistamalla ja erottamalla proteiineja edelleen. Jo ravintolisäksi kelpaavien proteiinien osalta hintapreemio on merkittävä. Edelleen puhdistamalla on perunamehusta mahdollista eristää myös laajasti käytettyä teollisuusentsyymejä, joita hyödynnetään bioteknologisia prosesseja käyttävissä elintarvike- ja prosessikemian yrityksissä.

Perunamehusta saatavat proteaasi-inhibiittorit häiritsevät syöpäsolujen jakautumista

Perunamehusta voidaan myös eristää erittäin korkean arvon proteaasi-inhibiittoreita⁵⁴. Proteaasi-inhibiittoreilla, jotka ovat proteiineja, on käyttökohteita esimerkiksi ravitsemuksellisessa käytössä, koska ne säätelevät ruoansulatushormonien toimintaa ja niitä voidaan hyödyntää painonhallinnan ja liikalihavuuden hoidossa. Ne myös häiritsevät syöpäsolujen jakautumista ja siten ovat mahdollisia käyttökohteita syöpien hoidossa. MTT (nykyinen Luke) on arvioinut perunasta eristettävän proteaasi-inhibiittorin kilohinnaksi noin 2 000 euroa.⁵⁵

Esimerkki: Karup Kartoffelmelfabrik

Tanskaan sijoittuva laitos käyttää vuodessa 300 000 tonnia perunoita ja tuottaa 54 000 tonnia perunatärkkelystä ja on maan suurin perunajauhon valmistaja.

Yritys on tehnyt EU:n Life-rahoituksella laajamittaista tutkimus- ja kehitystoimintaa proteiinipitoisen perunamehu

⁵⁴ Proteaasi-inhibiittori on perunan proteiini, jolla on mahdollisia käyttökohteita esimerkiksi syövän hoidossa. Proteaasi-inhibiittori häiritsee syöpäsolujen jakautumista ja siten estävät syövän kasvua.

⁵⁵ MTT. Perunan ja vihannesten arvokomponenttien hyötykäyttö, 2012.

-sivuvirran puhdistamisesta ja jalostamisesta edelleen. Nestettä on tutkittu arvokkaana raaka-aineena, josta teollisella prosessilla voidaan tuottaa jopa elintarvikelaatuista proteiinia. Edellytyksenä tähän on ollut teknologinen ratkaisu, jolla puhdistetaan pois ihmiselle haitallinen solaniini. Uusi tehokas prosessi myös vähentää perunan käsittelyyn liittyvää arvokkaiden yhdisteiden hapettumista ja parantaa tuotteen laatua.

Myös ympäristöhyödyt ovat merkittäviä. Prosessin uudelleen suunnittelun seurauksena on saavutettu 50-70 % energiansäästö verrattuna vastaavaan proteiinin tuottamiseen. Jäteveden vähenemä on 50 % ja typpikuormitus laskee 50-60 %.

Tällä hetkellä laitoksella on toimiva prosessi elintarvikkeluokkien proteiinien valmistamiseen, korkeamman lisäarvon tuotteiden markkinoita selvitetään. Yhteistyökumppaneina prosessien kehittämisessä ovat Alfa Laval Nordic ja Carlisle Process Systems A/S.

3.4 Kotitaloudet ravinnekierrojen edistäjinä

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen MTT:n arvion mukaan vältettävissä olevaa ruokahävikkiä syntyy kotitalouksissa vuosittain 120-160 miljoonaa kiloa. Ruokahävikin elintarvikeluokajakautaman perusteella voidaan arvioida, että pois heitettävän ruoan mukana menetetään vuosittain 0,8-1 miljoonaa kiloa tyypeä sekä 0,09-0,11 miljoonaa kiloa fosforia.⁵⁶ Kotitaloudet voivat vähentää ravinnehukkaa ja edistää ravinteiden kiertoa merkittävästi muun muassa ruokailutottumusten muuttamisella sekä ruokahävikin vähentämisellä.

Suomessa pistemäistä ravinnehukkaa estävät kuivakäymäläkonseptit ovat Suomelle vientimahdollisuus. Puutteellinen sanitaatio sekä lannoitteiden erillistyminen länsimaihin⁵⁷ ovat molemmat globaaleja ongelmia joihin muun muassa kuivakäymäläkonsepteilla voidaan vastata.

3.4.1 Ruokatottumukset

Ruokatottumukset ja ruoan käytön tavat ovat keskeisiä kotitalouksien roolissa tehokkaassa ravinnekierrossa. Ruokatottumukset vaikuttavat siihen, miten paljon ruokapöytään valitaan esimerkiksi lihatuotteita, kalaa ja kasviksia. Ravinnekierroksen näkökulmasta olisi edullisinta syödä sellaista ruokaa, jonka tuotannon ravinneintensiteetti on matala, jonka tuotannossa hyödynnetään tehokkaasti kierrätyslannoitteita tai joka edistää ravinteiden kiertoa.

Valtion ravitsemusneuvottelukunnan vuonna 2014 jul-

kaisemat pohjoismaisiin ravitsemussuosituksiin perustuvat suomalaiset ravitsemussuosittukset suosittelivat suomalaisia lisäämään kasvisten, erityisesti juuresten, sekä palkokasvien käyttöä. Myös kalan, pähkinöiden, siementen ja marjojen ja hedelmien osuutta suositellaan lisättäväksi. Suomalaisia suositellaan myös vähentämään lihavalmisteiden ja punaisen lihan käyttöä. Lautasmallin idea on tukea monipuolista ja terveellistä ruokavaliota joka aterialla siten, että lautasella puolet on kasviksia, neljäsosa perunaa, pastaa tai riisiä ja viimeinen neljännes lihaa tai kalaa.

Ravinnekierron edistämisen kannalta nykyruokavaliota tulisi korvata kasvisruokavaliolla⁵⁸. Kasvisten osalta tulisi suosia sellaisia, jotka on kasvatettu kierrätysravinteita tehokkaasti käyttäen.

Luomuviljelyksessä lannoituksen lähtökohdat ovat maan multavuuden parantaminen sekä typensitojakasvien hyödyntäminen, jotka ovat ravinnekierrosta edistäviä asioita⁵⁹. Multavuuden parantaminen helpottaa kasveja sitomaan tehokkaammin ravinteita ja viljelykierron avulla on mahdollista palauttaa ravinteita maaperään tyypeä sitovia palko- ja apilakasveja käyttäen. Luomuviljelyssä ei käytetä keinotekoisia lannoitteita, sen sijaan voidaan hyödyntää lantaa ja tietyin ehdoin myös esimerkiksi biokaasuprosessista syntyviä ravinteita⁶⁰. Luomuviljelyä on kuitenkin myös kritisoitu perinteisiä lannoitteita suuremman ravinnehukan aiheuttamisesta, koska suoraan käytetyn lannan typen ja fosforin suhde ei ole optimaalinen ja saattaa johtaa typen puutteeseen tai fosforin ylilannoitukseen.⁶¹ Tuotantosuunnasta riippuen luomuviljelyn satoisuus voi myös olla keinolannoitettua tuotantoa alhaisempaa maa-alaa kohden. Vaikka luomun kysyntä kasvaa ja on edelleen Suomessa alhaista verrattuna esimerkiksi Tanskaan tai Saksaan, luomutuotteesta on myös mahdollista saada parempi kate. Tässä selvityksessä ei oteta kantaa luomun ympäristökäytävyyteen sinänsä vaan luomu nähdään mahdollisuutena kierrätysravinteiden käyttöönotolle.

Kuten luomuviljelyn tapauksessa, myös eri lihantuotantomenetelmien keskinäisessä vertailussa kysymys ympäristökuormituksesta on monitulkintainen ja tulokset vaihtelevat eri tutkimuksissa. Kirjolohiannoksen rehevöittävästä päästöt arvioitiin Suomessa yli kaksinkertaisiksi verrattuna naudan- ja sianlihaan⁶², mutta toisaalla on esitetty arvioita, joiden mukaan naudan- ja sianlihan tuotantoketjun rehevöittävästä päästöt olisivat päinvastoin yli seitsenkertaiset kirjoloheen nähden. Ero syntyyne siitä, että karjanlannan ravinteita on voitu hyödyntää peltoviljelyssä, mutta kalan kasvatuksen ei. Poistokalastuksen avulla voidaan kuitenkin vähentää kalankasvatuksen rehevöittävä vaikutusta jopa 70 %. Ilmastopäästöiltään kala taas on merkittävästi pienempää kuin esimerkiksi naudanliha.

⁵⁶ Kotitalouksien ruokahävikin typen ja fosforin määrän arvioimiseen on käytetty kotitalouksien ruokahävikin elintarvikelaatua.

⁵⁷ Global partnership on Nutrient Management and International Nitrogen Initiative 2013. Out nutrient world.

⁵⁸ Kahiluoto, Kuisma, Kuokkanen, Mikkilä, Linnanen, 2014. Taking planetary nutrient boundaries seriously: Can we feed the people?

⁵⁹ Rajala (2012). Ravinnehuollonperusteet luomussa.

⁶⁰ Evara, Luomu 2015

⁶¹ MTK: Lannan käytön tehostaminen

⁶² Kirjolohekasvatuksen ympäristövaikutukset Suomessa. Frans Silvenius, Juha Grönroos, Hanna Hartikainen, Helena Hyvärinen, Markus Kankainen, Salla Kaustell, Sirpa Kurppa, Timo Mäkinen, Jari Setälä, Kirsi Silvennoinen, Raija Tahvonen ja Jouni Vielma. MTT Raportti 48 (2012).

Kuva 15. Perinteisen ja tehokkaan ravinnekierron lautasmallin erot.

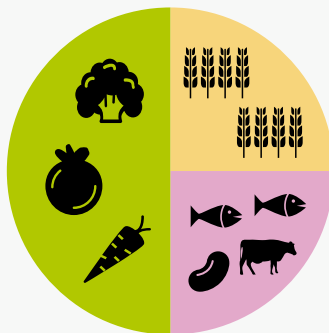
Lähde: Gaia Consulting 2015

Kuluttajien ruokatottumukset vaikuttavat ravinnekiertoon

Perinteinen lautasmalli



Tehokkaan ravinnekierron lautasmalli



- ✓ Syödään kasveja ja viljaa joita on kasvatettu kotimaisia kierrätysravinteita tehokkaasti hyödyntäen
- ✓ Edistetään ravinnekiertoa lisäämällä proteiininlähteiksi tyypeä sitovia palkokasveja kuten härkäpapua
- ✓ Syödään ravinteiden kiertoa edistävää luomuruokaa

Rehun raaka-aineiden valinta, rehunkäytön tehokkuus, lannan kierrättäminen, tuotannon sivuvirtojen ravinteiden kierrätys, ruokahävikin vähentäminen sekä jätteiden ja jätevesien ravinteiden palautus ovat niitä tekijöitä, joista ruokalautasella olevan liha- tai kala-annoksen ravinnejalanjälki koostuu ja molempien ketjujen kestävyyttä on mahdollista merkittävästi parantaa. Kasvisproteiinien käyttö suoraan elintarvikkeeksi on kuitenkin ravinnekuormitukseltaan tehokkainta.

3.4.2 Ruokahävikin vähentäminen

MTT:n Foodspill 2010-2012 –hankkeessa merkittävimmät syyt ruokahävikin syntymiselle kotitalouksissa olivat ruoan pilaantuminen (29 %) sekä epävarmuus ruoan käyttökelpoisuudesta (28 %). Muita Foodspill 2010-2012 –hankkeessa mainittuja syitä ruokahävikille olivat liian suuren ruokamäärän valmistaminen, lautastähteet ja haluttomuus syödä ruokaa. Näissä tapauksissa hävitetään alun perin syömäkelpoista ruokaa, mikä voitaisiin välttää paremmalla elintarviketietämyksellä ja kulutuksen suunnittelulla. Aistien käyttäminen pilaantuneen ruoan tunnistamiseksi on

vanha, mutta osin unohtunut taito, jota tulisi opettaa kotitalouksille uudelleen.

Ruokahävikin vähentämiseksi on kotitalouksissa mahdollista tehdä monia käytännön toimenpiteitä. Alkutuotannossa syntyvän syömäkelpoisen ruokahävikin määrää voidaan kotikeittiöissä vähentää esimerkiksi ostamalla muotopuolia kasviksia. Kotikeittiön ruokahävikkiä voidaan vähentää hankkimalla ja käyttämällä laadukkaita raaka-aineita sekä säilyttämällä ruokaa oikein (oikea lämpötila, kosteus ja valon määrä). Ruoka-aineiden hankinnassa tulisi välttää liian suurten pakkauksen hankkimista ja suosia sen kokoisia pakkauksia, että niiden sisällön ehtii syödä ennen kuin se pilaantuu. Suurtalouskeittiöissä käytössä olevaa raaka-ainehierarkiaa voi soveltaa myös kotona: ensimmäiseksi hankittu käytetään ensin ja vähennetään siten käyttämättömien raaka-aineiden vanhentumista.

Ruokaa valmistaessa hukkaa voi vähentää raaka-aineen tarkemmalla hyödyntämisellä (esim. kuoriperunat vs. kuoritut keitetyt perunat) sekä suunnittelemalla päivän ruoka sen mukaan, mitkä raaka-aineet tulisi ensimmäisenä käyttää. Ruokahävikin vähentämiseksi olisi hyvä valmistaa ruo-

Kuva 16. Ruokahävikin määrän pienentäminen vähentää ravinteiden hukkaa ja parantaa niiden kiertoa.⁶³

Lähde: MTT ja Gaia Consulting 2015

RUOKAHÄVIKIN VÄHENTÄMINEN PIENENTÄÄ RAVINNEHUKKAA JA PARANTAA RAVINTEIDEN KIERTOJA

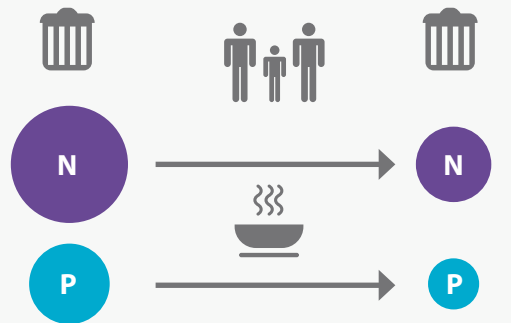
Vältettävissä oleva ruokahävikki kotitalouksissa on vuosittain **keskimäärin 120-160 miljoonaa kiloa**. Pois heitetyn ruoan arvo on noin 400 miljoonaa euroa.

Ruokahävikin mukana **menetetään** vuosittain **0,8-1,1 miljoonaa kiloa typpeä** sekä **0,09-0,11 miljoonaa kiloa fosforia**. Ravinnehukan arvo on noin 1,2 miljoonaa euroa.

Merkittävimmät syyt ruokahävikin syntymiselle kotitalouksissa on epävarmuus ruoan pilantumisesta sekä valmistetun ruoan syömättä jättäminen

Tärkeimmät lähtökohdat ja oletukset:

Fosforin hinta 1,8€/kg
 Typen hinta 1,1€/kg



Tarvittavat toimenpiteet ravinnekierron edistämiseksi:

- Elintarviketietouden lisääminen
 - ruoan säilyvyys
 - pilaantumisen tunnistaminen
- Kulutuksen parempi suunnittelu
- Ruoan oikein säilyttäminen
- Valmistetaan ja syödään penempää annoksia, jotta ruokahävikkiä syntyy vähemmän ja ravinnehukka pienenee

kaa vain sen verran kuin sitä syödään, ja pakastaa ylijäänyt ruoka heti tuoreeltaan, ellei ole mahdollista syödä sitä heti seuraavana päivänä tai käyttää sitä raaka-aineena seuraavaan ruokaan. Ruokailtaessa syntyvän ruokajätteen määrää vähentää hyvänmakuinen ja laadukas ruoka, jota tarjotaan sopivina annoksina, mieluiten niin, että ruokailija itse annostelee oman ruokansa. Myös ruokalautasten koko vaikuttaa hävikin määrään: liian suurelle lautaselle otetaan helposti ruokaa enemmän kuin jaksetaan syödä.

3.4.3 Kuivakäymäläkonseptit

Maailmassa on useita alueita jotka kärsivät kroonisesta ravinnepulasta⁵⁷. Huussi- ja kuivakäymäläkonsepteilla pyritään vähentämään pistemäistä ravinnehukkaa sekä palauttamaan arvokkaita ravinteita kiertoon. Kuivakäymälät mahdollistavat myös ravinteiden jalostamisen kun virtsa erotetaan ulosteesta. Kuivakäymälöiden tuotetta (virtsa ja uloste eroteltuna tai yhdessä) voidaan käyttää lannoitteena. Kuivakäymäläkonseptit ovat Suomelle erityisesti vienninmahdollisuus.

Ihminen tuottaa vuodessa noin 500 litraa virtsaa ja 50

litraa ulosteita, jotka sisältävät noin 4 kg typpeä ja 0,5 kg fosforia. Pyöristämällä maailman väestömäärä seitsemään miljardiin, voidaan arvioida ihmisten virtsan ja ulosteiden mukana hukattavan typpi- ja fosforimäärän olevan yhteensä 28 miljoonaa tonnia typpeä ja 3,5 miljoonaa tonnia fosforia. Ravinteista noin 70 % on virtsassa, jonka erottamisella ulosteista voidaan tehostaa ravinnekiertoa. Ulosteen ja virtsan sisältävän typen ja fosforin hinnan voidaan arvioida olevan sama kuin ravinteiden hinta synteettisissä lannoitteissa huomioiden maakohtainen lannoitteiden hintataso.

WHO on arvioinut vuonna 2010, että kustannukset toimivan sanitaation ulottamisesta kaikille maailman asukkaalle vuosien 2010-2015 aikana olisivat yhteensä noin 300 miljardia euroa, jolloin vuosittainen sanitaatioon investoitava pääoma olisi noin 60 miljardia euroa. Toimiva sanitaatio säästää aikaa, parantaa tuottavuutta sekä edistää terveydenhuoltoa.⁶⁴

Esimerkki: Biourea – innovatiivinen lannoitevalmisteen suljetun ravinnekierron toteuttamisessa

Virtsan ja käymäläkompostin talteen kerääminen tehostaa

⁶³ MTT Raportti 41: Foodspill 2010-2012 –hankkeen loppuraportti

⁶⁴ WHO: Global costs and benefits of drinking-water supply and sanitation interventions to reach the MDG target and universal coverage. 2012

Kuva 17. Kasvua vientiin kuivakäymäläkonsepteilla 2030.⁶⁶

Lähde: Gaia Consulting, WHO, Käymäläseura Huussi

KASVUA VIENTIIN KUIVAKÄYMÄLÄKONSEPTILLA

Tehottoman sanitaation vuoksi hukutaan **28 miljoonaa tonnia typpeä** ja **3,5 miljoonaa tonnia fosforia** vuosittain.

Kuivakäymäläkonseptien avulla ravinteita voidaan palauttaa kiertoon 37 miljardin euron arvosta.

Suurin vientipotentiaali Suomelle on **kehittyvissä maissa sekä kriisiliiketoiminnassa.**

Konflikteissa ja luonnonkatastrofeissa kuivakäymäläkonseptit ovat edullisia ja niiden tekninen yksinkertaisuus sekä hygieenisuus ovat vesiviemäroityyn ratkaisuun verrattuna ylivertaisia.



Puutteellinen sanitaatio maksaa globalisti 235 miljardia euroa vuosittain

Tärkeimmät lähtökohdat ja oletukset:

Fosforin hinta 1,8€/kg
Typen hinta 1,1€/kg

Kuivakäymäläkonsepti

- Huussu- ja kuivakäymäläkonseptilla pyritään vähentämään pistemäistä ravinehukkaa sekä palauttamaan ravinteita kiertoon.
- Konseptiin kuuluu virtsan erilliskeräys ja kuivakäymäläkomposti.
- Kuivakäymälöiden tuotetta (virtsa ja uloste eroteltuna tai yhdessä) voidaan käyttää lannoitena.

Biourea-hankkeessa testataan erilliskerätyn virtsan ja käymäläkompostin hyödyntämistä lannoitteena suomalaisilla peltokasveilla. Hankkeessa kokeillaan erilliskerätyn virtsan ja käymäläkompostin tuotteistamista lannoitevalmisteeksi. Virtsan ja käymäläkompostin tuotteistaminen lannoitteeksi vaatii muutoksia nykyiseen lainsäädäntöön. Lainsäädännön kannalta kriittisimmät selvistystyön kohteet ovat virtsan ja käymäläkompostin ravinteiden pitoisuudet ja terveydelliset riskit.

ravinnekiertoa sekä vähentää merkittävästi vesistöjen rehevöitymistä. Biourea-hankkeessa testataan erilliskerätyn virtsan ja käymäläkompostin hyödyntämistä lannoitteena suomalaisilla peltokasviviljoilla. Hankkeen tavoitteena on laatia malli ja kokeilla käytännössä laajamittaisen erilliskerätyn virtsan ja käymäläkompostin keräyksen, käsittelyn ja hyötykäytön teknisiä toteutuksia sekä edistää erilliskerätyn virtsan ja käymäläkompostin tuotteistamista lannoitevalmisteeksi.

Tulevaisuudessa virtsaa ja käymäläkompostoitua ulostetta voitaisiin kerätä laajamittaisesti keskitetyn viemä-

Huoltoasemien vedettömistä urinaaleista kerättyä virtsaa ei toistaiseksi ole laajamittaisesti hyödynnetty.

riverkoston piiristä virtsan erottelevien käymälöiden ja urinaalien avulla. Vedettömät urinaalit ovat jo nykyisin yleistyessä esimerkiksi ravintoloissa ja huoltoasemilla, mutta niistä kerättyä virtsaa ei toistaiseksi ole laajamittaisesti hyödynnetty. Virtsan ja käymäläkompostin tuotteistaminen lannoitteeksi vaatii muutoksia nykyiseen lainsäädäntöön, jonka tueksi Biourea-hanke tuottaa tietoa. Lainsäädännön kannalta kriittisimmät selvistystyön kohteet ovat virtsan ja käymäläkompostin ravinteiden pitoisuudet ja terveydelliset riskit.⁶⁵

Kuivakäymäläkonseptien arvo Suomelle

Suomessa kompostoitava käymälä on ollut markkinoilla jo 1980-luvulta lähtien ja vasta viimeisten vuosien aikana ymmärrys käymäläkonseptien ravinnekiertomahdollisuuksista on kasvanut. Kompostoitavien käymälöiden tuotteita, kuten eroteltua virtsaa ja ulostetta, ei kuitenkaan juurikaan hyödynnetä lannoitteena verrattuna esimerkiksi kotitalouksien biojätteen kompostointiin ja hyödyntämiseen.

Nykyinen kuivakäymäläkonseptivienti, jonka arvo noin 2,5 miljoona euroa, koostuu suureksi osaksi Biolanin ja

⁶⁵ Käymäläseura Huussi ry: BIOUREA – Innovatiivinen lannoitevalmiste suljetun ravinnekierron toteuttamisessa 2015-2016

⁶⁶ Kuva: Worldbank.org 2015, Water and Sanitation Program.

Kekkilän viennistä Pohjoismaihin, Baltiaan ja Venäjälle. Vientituotteissa toiminnallisuus ja käyttömukavuus ovat toistaiseksi tärkeimmät argumentit, eikä ravinnekierron mahdollisuuksia osata vielä hyödyntää. Suomalaiset yritykset tekevät tutkimus- ja kehitystyötä kehittämällä paikallisia käymäläkonsepteja kehittyviin maihin sekä itsenäisesti että muun muassa Unicefin kanssa UNIWASH-hankkeessa.

Maailmassa miljardi ihmistä kokee puhtaan veden puutetta ja 2,5 miljardia ei elä sanitaation piirissä. Kuivakäymälöiden vientipotentiaali on Suomelle tulevaisuudessa suurin maissa joissa sanitaatioaste on matala ja viljelijöiden tuottavuus huono niukkojen tai kalliiden ravinteiden takia. Suomalainen Biolan vie jo kuivakäymälöitä ja esimerkiksi Kiinassa markkinoinnin kärkenä on nimenomaan kotitarvekompostoinnin ja ravinteiden tuottamisen mahdollisuus.

Lisäksi tulee huomioida konflikteihin ja luonnonkatastrofeihin liittyvät humanitaariset tarpeet, jolloin tuhoutunut infrastruktuuri pitää nopeasti korvata uudella. Nämä markkinat ovat kooltaan merkittävät. Suomalaista kuivakäymäläosaamista voitaisiin hyödyntää tässä kriisiliiketoiminnassa⁶⁷, jossa kuivakäymäläkonseptien edullisuus, tekninen yksinkertaisuus sekä hygieenisuus ovat keskeisiä tekijöitä. Vesiviemäroidyt sanitaatoratkaisut ovat kriisitilanteissa usein liian kalliita ja toimivan viemäriverkoston rakentaminen teknisesti haastavaa. Vanhan jäte-, jätevesihuolto- ja käymäläinfrastruktuurin jälleenrakennuksen sijaan voidaan myös toteuttaa pysyvästi hajautettuja, ravinekiertoa tehostavia ratkaisuja.

3.5 Ravinteiden talteenotto ja kierrätys

3.5.1 Hulevedet hyödyntävä infrastruktuuri

Lisääntyvät hulevedet kuormittavat jätevedenpuhdistamoja ja heikentävät niiden toimintaa. Ravinnekkuormaa ympäristöön syntyy myös poikkeustilanteissa hulevesien aiheuttaessa viemäritulvia tai puhdistamojen ylivuotoja. Hulevesiä voidaan hallita eriyttämällä hulevedet ja jätevedet erillisiin viemäriin, rakentamalla hulevesille viivytysalaita tai toteuttamalla hajautettuja imeyttämisaalueita. Hulevesien hallintaratkaisut ovat välttämätön osa jätevedenpuhdistusjärjestelmää.

Ketterät, paikalliset ratkaisut käsitellä ja hyödyntää hulevesien niukat ravinteet muodostumispaikan välittömässä läheisyydessä tarjoavat kustannustehokkaan tavan käsitellä hulevesiä ja vähentää pistemäistä ravinnekkuormitusriskiä. Hulevesien itsensä sisältämät niukat ravinteet voidaan hyödyntää hajautettujen imeyttämisaalueiden osalta viher-

rakentamisessa ja ne voidaan ottaa uudelleen talteen kasveista esimerkiksi biokaasutuksen kautta.

Hulevesiratkaisuja ovat esimerkiksi hulevesilammikot ja hulevesikosteikot joihin hulevedet ohjataan joko pintavaluntana tai imeytys- ja suodatinrakenteiden kautta. Imeytyskaivanto on yleensä kooltaan suurempi kaivanto, joka on täytetty huokostilavuudeltaan suurella materiaalilla (esimerkiksi kiviaines) ja johon ohjattu hulevesi varastoituu imeytyen hiljalleen ympäröivään maaperään. Imeytyskenttä on puolestaan pinta-alaltaan laajempi imeytukseen rakennettu alue. Biopidätysalue on pienimittakaavainen, kasvillisuuden peittämä painanne, jonka tehtävänä on viivyttää ja puhdistaa hulevesiä kasvillisuuden avulla ja suodattamalla niitä maakerrosten läpi. Biopidätysalueet sopivat niin pihaille ja puistoille kuin pysäköinti- ja liikennealueillekin.⁶⁸

Viherkatot ovat matalasta kasvustosta rakennettuja kasvillisuusalueita jotka imeyttävät ja haihduttavat vettä ja pienentävät rännien kautta pois johdettavan huleveden määrää 50-100 %^{69,70,71}. Lisäksi viherkatot vähentävät lämmitys- ja jäähdytystarvetta, vaimentavat melua ja parantavat pienilmastoa. Viherkatot sopivat korkeamman hintansa puolesta parhaiten tiheästi rakennetulle kaupunkialueelle.

Viherrakentamiseen liittyvät investoinnit aiheuttavat myös muita hyötyjä. Lisääntyneet viherialueet parantavat asuinympäristön viihtyisyyttä ja nostavat sitä kautta asuntojen arvoa. Viherrakentamisen on arvioitu vähentävän ilmansaasteiden ja liiallisen lämmön aiheuttamien ennenaikaisten kuolemien ja astmaattisten kohtausten määrää.⁷²

Esimerkki: Saksa

Saksan kansallinen lainsäädäntö muuttui vuonna 2010 siten, että Saksan osavaltiot, kunnat ja kaupungit eivät saa enää yhdistää hulevesiä jätevesiin. Kiinteistöjen tulee lähtökohtaisesti itse viivyttää, imeyttää tai kierrättää hulevedet. Jätevesimaksua kerätään nykyään erikseen myös viemäriin johdetuista hulevesistä, joten kiinteistöt säästävät siirtymällä kiinteistökohtaiseen hulevesikäsitelyyn. Maksu riippuu kattopinta-alan ja vettä läpäisemättömän pihapinta-alan määrästä.⁷³

Saksassa kiinteistökohtaisilla hulevesijärjestelmillä voidaan kerätä vettä ja käyttää sitä suodatettuna puutarhan kasteluun, WC:n huuhteluun sekä pyykin-, astian- ja autonpesuun. Saksassa tästä on hyötyä siksi, että sadevesi on siellä merkittävästi pehmeämpää kuin hanavesi ja siten juuri näihin käyttöihin paremmin soveltuva. Myös yritykset, jotka käyttävät paljon vettä pesutoimintoihin tai vedellä toimivaan jäähdytykseen, voivat hulevesijärjestelmien avulla säästää kustannuksissaan. Kiinteistökohtaisia hulevesijärjestelmiä myyvä Speidel kertoo verkkosivuillaan,

⁶⁷ Gaia: Preliminary assessment of the market potential of the metal and marine industry for the disaster response and recovery market. 2012

⁶⁸ Kuntaliitto, 2012. Hulevesiopas.

⁶⁹ Berndtsson 2010. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality.

⁷⁰ Carter 2006. Hydrologic behavior of vegetated roofs.

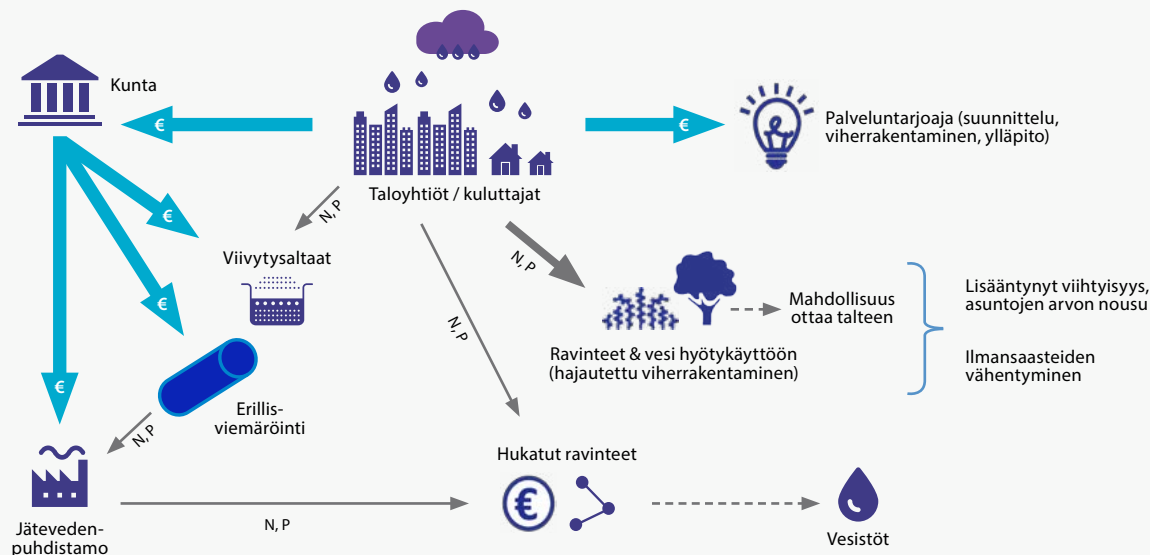
⁷¹ Villarreal 2005. Response of a Sedum green-roof to individual rain events.

⁷² NRDC: Financing Stormwater retrofits in Philadelphia and Beyond (2012)

⁷³ Neue Pflichten für Grundstücksbesitzer: Regenwasser-Rückhaltung und -Versickerung <http://www.baulinks.de/webplugin/2011/1210.php4>

Kuva 18. Hulevedet hyödyntävä infrastruktuuri vuonna 2030.

Lähde: Gaia Consulting, Kuntaliitto, NRDC.



Hulevesien mukana kulkemien ravinteiden hyödyntäminen paikallisesti tiivisti asutuilla alueilla tehostaa ravinnekiertoa sekä luo kokonaan uutta liiketoimintaa. Hulevesien ravinteet voidaan saada talteen ja ne on mahdollista palauttaa kiertoon esimerkiksi biokaasutuksen avulla.

että järjestelmän avulla kotitalous voi säästää 50 % päivittäisestä vedenkulutuksesta. Säästö yhtä taloutta kohden on noin 90 000 litraa ja 200–400 euroa vuodessa. Saksassa huleveden keruujärjestelmät ovat säästäneet kotitalouksissa vuonna 2011 noin 100 miljoonaa kuutiota vettä ja noin 447 miljoonaa euroa.⁷⁴

Saksassa on kuitenkin myös sekaviemäreitä, joiden tulviminen aiheuttaa ylivuotoja. Berliini on tästä yksi esimerkki. Tiiviisti rakennettu Berliinin keskusta-alue on sekaviemäroity. Käynnissä on suuri rakennushanke, jossa modernisoidaan Berliinin viemärointiä. Vuoteen 2020 mennessä viemäreiden padotuskapasiteettia lisätään 300 000 kuutiolla. Asennettavien pullonkaulojen avulla hidastetaan veden kulkua ja tasataan näin kaatosateiden aikana jätevedenpuhdistamoille menevän veden määrää. Projekti on kallis, yksi 17 m pitkä pullonkaula maksaa miljoonaa euroa. Pul-

lonkaulalla voidaan käsitellä 900 000 kuutiota vettä.⁷⁵

Hulevesien hyödyntämisen taloudellinen arvo Suomelle

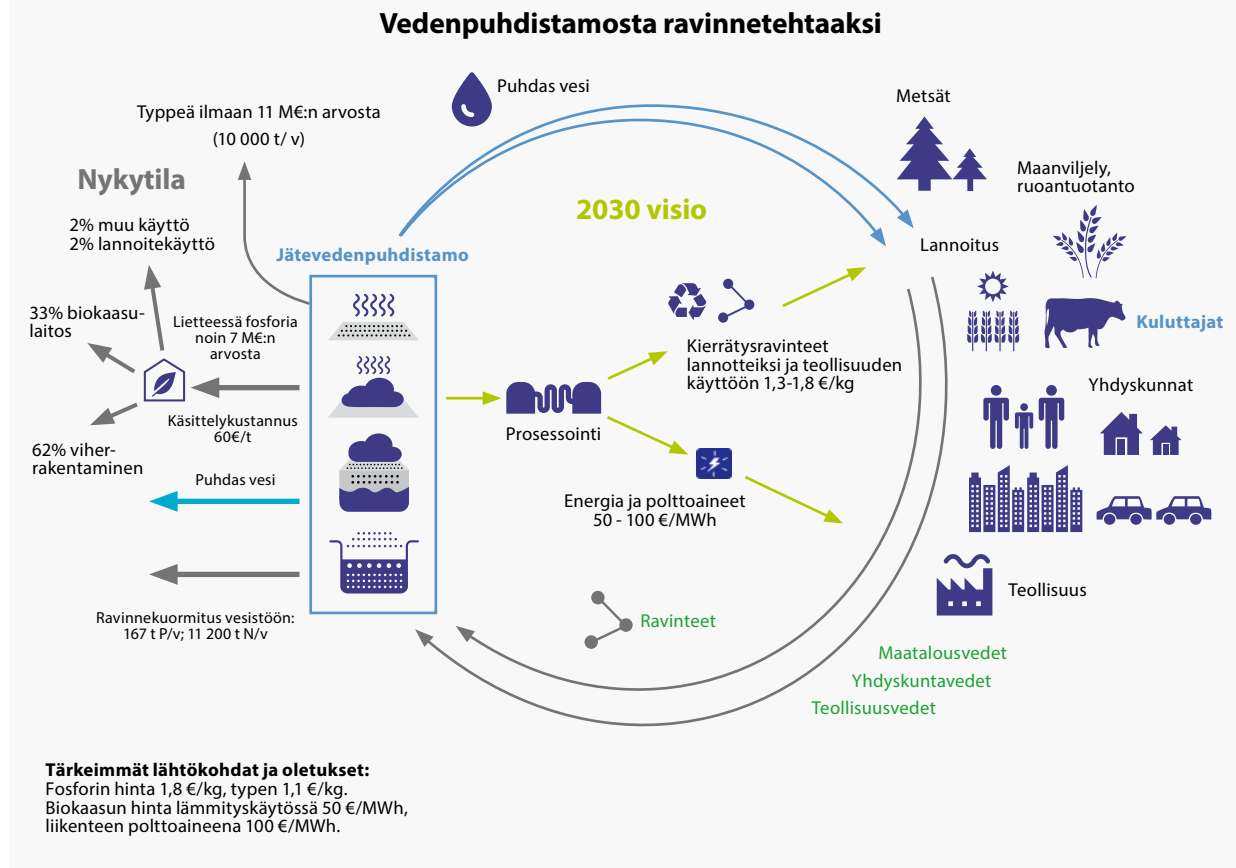
Hulevesien hyödyntäminen imeytysjärjestelmien avulla tiiviisti asutuilla alueilla voi luoda kokonaan uutta liiketoimintaa Suomeen. Liiketoiminnan arvosta suuri osa luodaan työvoimalla, johon sisältyy suunnittelua, kunnossapitoa ja rakentamista. Liiketoiminnan implementointi saattaa vähentää työllistävyyttä Suomesta, koska samalla erittäin raskaita infrastruktuuriratkaisuja korvataan kevyemmällä tekniikalla. Taloyhtiöt hyötyvät uudesta liiketoiminnasta olettaen, että harkitut hulevesimaksut tulevat käyttöön laajasti. Merkittävin vaikutus uuden liiketoiminnan synnystä on julkisen sektorin taseen keveneminen. Osa raskaasta viemäri-infrastruktuurista jää kokonaan rakentamatta,

⁷⁴ Speidel website, accessed on May 2015, <http://www.speidel-regenwasser.de/>

⁷⁵ Der Tagesspiegel 17.12.2014. Wasserbetriebe: Stau unter der Warschauer Straße <http://www.tagesspiegel.de/berlin/damit-das-abwasser-nicht-in-spree-und-havel-fliesst-wasserbetriebe-stau-unter-der-warschauer-strasse/11129600.html>

Kuva 19. Vedenpuhdistamo ravinnetehtaana vuonna 2030.

Lähde: Gaia Consulting, VVY



jolloin pääomia sitoutuu aiempaa vähemmän. Lisäpotentiaalia taloudelliselle arvolle luo mahdollisuus osaamisen ja tekniikan vientiin tulevaisuudessa.

3.5.2 Jätevedenpuhdistamosta ravinnetehtaaksi

Jäteveden keskuspuhdistamo on esimerkki keskitetystä järjestelmästä, joka kokoaa jätevesien sisältämiä ravinteita kymmenien neliökilometrien alalta siirtoviemäreillä yhteen paikkaan. Näiden vaatima infrastruktuuri on kallista, mutta iso mittakaava toisaalta mahdollistaa myös investoinnit tehokkaaseen puhdistamoteknologiaan. Ravinteiden kierron kannalta oleellista on, miten puhdistamolla jätevesistä talteen kootut ravinteet palautetaan käyttöön.

Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamolietettä syntyy Suomessa noin 140 000 tonnia vuodessa.⁷⁶ Tästä määrästä

noin 62 % käytetään viherrakentamisessa sekä kaatopaikkojen maisemoinnissa, 33 % hyödynnetään biokaasulaitoksilla sekä noin 2 % hyödynnetään maanparannusaineena maanviljelyssä. Loput 2 % hyödynnetään muilla tavoilla tai loppusijoitetaan kaatopaikalle.⁷⁷

Tällä hetkellä jätevedenpuhdistuksen lietteet siis pääosin hyötykäytetään suoraan, mutta ei jalosteta varsinaisiksi kierrätysravinnetuotteiksi. Nykyiset jätevedenpuhdistamot eivät myöskään ota talteen typpeä, vaan se haihdutetaan typenpoistossa ilmaan. Vuositasolla typpeä hukataan ilmaan noin 10 000 tonnia. Lisäksi lietteiden mikromuovit (hienojakoiseksi pilkkoutuneet muovinkappaleet) sekä mahdolliset haitta-aineet asettavat rajoituksia lietteiden hyötykäytölle. Ravinteiden talteenottoa tehostamalla (ml. typpi) ja lietteitä tuotteistamalla ja jalostamalla niiden ravinnekiertoa voitaisiin edelleen parantaa.

⁷⁶ SYKE, Valtakunnallisen jätesuunnitelman seuranta.

⁷⁷ ELSU, Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnittelu – tavoitteiden eteneminen.

Uudet ravinnekierrätystä tukevat jätevedenpuhdistusjärjestelmät voisivat tulevaisuudessa yhdistää esimerkiksi hulevesien minimoimisen ja hajautetun käsittelyn lähteellä, haja-asutusalueiden kuivakäymälät ja kompostorit ja keskuspuhdistamoiden toimimisen ravinnetuotteiden tuottajina hyödyntäen tehokkaasti sekä jätevesien sisältämän fosforin että typen. Puhdistamon liiketoimintalogiikan muuttaminen veden puhdistamisesta kohti ravinteiden tuottamista loisi täysin uutta liiketoimintaa.

Fosforin talteenottoa jätevesistä on tutkittu ja siihen on olemassa erilaisia teknologioita ratkaisuja. Fraunhofer-insituutin teknologiakatsauksessa fosforin talteenottoteknologioiden kustannukset vaihtelivat välillä 2-14 euroa per kiloa talteen saatu fosfori. Kustannuksiin vaikuttavat erot teknologioissa sekä jätevesilaitosten käsittelykapasiteetti. Fraunhofer-insituutin mukaan taloudellisesta näkökulmasta lupaavimmat fosforin talteenottoteknologiat ovat fosforin talteenotto jätevesilietteestä tehostetun biologisen fosforin talteenoton jälkeen (EBPR, enhanced biological phosphorus recovery) sekä fosforin talteenotto jätevesilietteen polton tuhista.

Millään fosforin talteenottoteknologioilla ei kuitenkaan vielä päästä alle neitseellisestä raaka-aineesta tuotetun fosforilannoitteen hinnan (noin 1,8 €/kg). Fosforin talteenottoteknologioiden kaupallista läpimurtoa kuitenkin edistävät neitseellisen fosforin hinnan oletettu jatkuva nousu sekä fosforin talteenottoteknologioiden rajakustannusten lasku. Fraunhofer-insituutti arvioi, että teollisuusmaissa fosforin talteenotto jätevesistä vakiintuu osaksi jätevedenpuhdistusta vuoteen 2030 mennessä. Saksa on arvioinut hyötyvänsä talteenottoteknologioihin liittyvästä liiketoiminnasta 64 miljoona euroa vuoteen 2030 mennessä.⁷⁸

Kemira on kehittänyt KemiCond menetelmän, joka on kemiallinen lietteen kunnostusmenetelmä. Yksi KemiCond-laitos pystyy käsittelemään noin 12 000 tonnia kuiva-ainetta vuodessa, laitoksia voidaan suunnitella myös suuremmille määriille. Käsittelyyn vaadittujen kemikaalien kustannukset ovat noin 35-80 €/t käsiteltyä kuivaa lietettä.⁷⁹

Suomessa KemiCond-menetelmä on käytössä kahdel-

la paikkakunnalla, Oulussa ja Porissa. Oulussa KemiCond-menetelmällä käsitellään Oulun Veden jätevesilietteitä ja käsitelty liete viedään jatkokäsittelyyn kompostoitavaksi. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira on myös hyväksynyt KemiCond-lietteen lannoitelainsäädännön mukaiseksi maanparannusaineeksi, joten liete voidaan myös hyödyntää sellaisenaan peltokäytössä.⁸⁰ Porissa KemiCond-menetelmällä hygienisoidaan puhdistamon sakeutettu liete, jonka jälkeen Kemira toimittaa käsiteltyä lopputuotetta hyötykäyttökohteisiin.⁸¹ Molemmissa Suomen esimerkeissä Kemira hoitaa puhdistamolietteen jatkokäsittelyn ja hyötykäyttöön toimittamisen palvelusopimuksella.

Myös suomalaisella teknologiatoimittajalla Outotecilla on olemassa teknologia jätelietteiden käsittelyyn. ASH DEC -prosessissa jätelietteiden poltossa syntyneet tuhkat pelletoidaan, jonka jälkeen ne käsitellään termisesti epäpuhtauksien poistamiseksi. Syntyneeseen ravinnetuotteeseen voidaan lisätä muita ravinteita sekä tarvittaessa lisäfosforia ennen lopullista prosessointia lannoitetuotteeksi. Teknologia on kannattava vain suurilla syötemäärillä ja on siksi suunnattu lähinnä vientiin.⁸²

Typen osalta tilanne on haastavampi, teknistaloudellisesti kannattavia ratkaisuja ei vielä ole. VTT tutkii uudenlaisia menetelmiä käsitellä orgaanisia jätevirtoja, jolla ravinteet saataisiin palautettua takaisin kierto. Prosessissa suodatus tapahtuisi uudelailla likaa hylkivillä membraaneilla, jonka jälkeen typpi, fosfori ja hiili pystyttäisiin erottamaan puhtaina tuotteina, joilla olisi myyntiarvoa. VTT:n arvion mukaan 2 000 asukkaan suuruisen kunnan jätevesien talteenottolaitoksen ammoniumnitraattia pystyttäisiin tuottamaan 50 t vuodessa ja sen vuosittainen arvo olisi 15 000 euroa. Teknisesti talteenottolaitosten rakentaminen voisi olla mahdollista, muttei vielä kustannustehokasta.⁸³

Envor on kehittänyt typen talteenottoa biokaasulaitoksen rejektivesistä. Teknologiassa rejektivesien sisältämä typpi erotetaan muuttamalla se kaasumaiseen muotoon ja jalostamalla prosessissa syntynyt typpikaasu nestemäiseksi ammoniumsulfaatiksi. Envor kertoo ratkaiseensa prosessin haasteena aiemmin olleen strippauskolonnin täl-

Kun jätteistä tulee kilpailtuja raaka-aineita, biokaasualan ansainta muuttuu. Tuloa syntyy omista tuotteista ja energiasta sekä symbioosikumppanien kestävyttä parantavista palvelukonsepteista.

⁷⁸ Sartorius, Christian et al., 2011. Phosphorus recovery from Wastewater – State of art and Future Potential.

⁷⁹ Kemicond – Kemira sludge conditioning technology for reduction of sludge volume – esite.

⁸⁰ Oulun veden asiaskastiedote, 2011.

⁸¹ Porin vesi, katsaus vuoteen 2011.

⁸² Outotec Oy

⁸³ VTT: Resource recovery demonstration for organic streams, 2014.

tekappaleiden tukkeutumisen. Envor testaa teknologiaa omassa tuotantokäytössään syksyllä 2015.⁸⁴

Kokonaisvaltaisia ratkaisuja, jotka mullistavat vedenpuhdistuksen, mahdollistavat ravinteiden tehokkaan talteenoton ja ravinnetuotteiden tuottamisen jätevedenpuhdistamoilla ja ovat teknistaloudellisesti kannattavia, saadaan vielä odottaa vuosia. Lappeenrannan teknillinen yliopisto arvioi typen talteenottoon liittyvien ratkaisujen olevan käytössä vasta vuonna 2035.⁸⁵

3.5.3 Biokaasutus ravinnekierron moottorina

Biohajoavan jätteen mädätys mahdollistaa paitsi biokaasun

hyödyntämisen energiana, myös ravinteiden palauttamisen. Biokaasulaitoksen sijaan voitaisiinkin puhua ravinnekiertoa edistävästä biojalostamosta. Suomessa on vahvaa biokaasuosaamista ja useita alan yrityksiä. Suomen Biokaasuyhdistys julkaisee vuosittain tiedot Suomessa toimivista biokaasulaitoksista ja niiden kaasuntuotannosta, mutta ravinnekierrätyksen tietoja ei ole koottu.

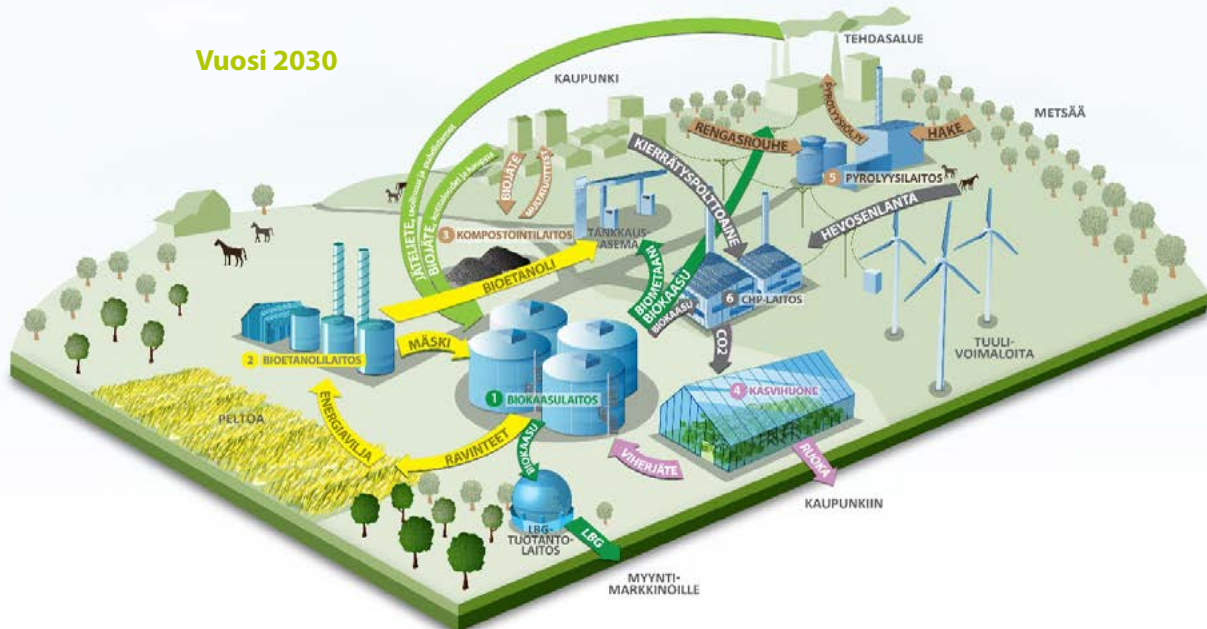
Kiertotalouden kannalta on olennaista, että biokaasulaitos on tyypillisesti asemoitunut jätteiden ja sivuvirtojen hyödyntäjäksi, jolloin se ei kilpaile neitseellisistä raaka-aineista korkeamman jalostusasteen tuotteiden kanssa.

Kuva 20. Biokaasulaitokset ravinnekierron moottorina vuonna 2030.

Lähde: Gaia Consulting, Envor, Forssan Biojalostamo

BIOKAASULAITOKSET RAVINNEKIERRON MOOTTORINA TUOVAT SUOMELLE UUTTA LIIKETOIMINTAA 190 MEUR VUOSITTAIN

- Biokaasulaitoksista saadaan talteen 9000 t fosforia ja 22 000 t typpeä vuosittain.
- Ravinteiden vuosittainen arvo on noin **45 M€**
- Biokaasutuksen vuosittainen vaikutus Suomen vaihtotaseeseen vuonna 2030 on **150 miljoonaa euroa**
- Biokaasulaitokset ja arvoketju työllistävät **3 500 henkilöä vuosittain**



Tärkeimmät lähtökohdat ja oletukset:

Taloudellisessa potentiaalissa esitetään vuoden 2030 ja nykytilanteen nettomuutoksen taloudellista arvoa vuositasona. Kierrätysfosforin hinta 1,8 €/kg, kierrätystypen hinta 1,3 €/kg.

⁸⁴ Envorilta ratkaisu typen talteenottoon jätevedestä, 2015

⁸⁵ SITRA, Suomelle talouskasvua ravinteiden kierrätyksestä

Biokaasutuotanto lisää samaan teolliseen symbioosiin kuuluvien toimijoiden kestävyyttä, kumppanit voivat olla esimerkiksi jätevesihuollon, jätehuollon, energiahuollon, alkutuotannon, kalanjalostuksen, elintarviketeollisuuden, rehuteollisuuden, metsäteollisuuden ja kemianteollisuuden toimijoita.

Osa biokaasutuotannon ansainnasta perustuu toistaiseksi massojen vastaanottamiseen, mikä asettaa hinnan ympäristövaikutuksia aiheuttaville jätteille ja luo kannustetta niiden vähentämiseen. Kun jätteistä tulee kilpailuja raaka-aineita, biokaasualan ansainta siirtyy enemmän tulemaan omista tuotteista ja energiasta sekä symbioosikumppanien kestävyyttä parantavista palvelukonsepteista. Esimerkiksi Gasum tarjoaa biokaasun käyttäjille Biokaasumerkkiä, jota asiakas hyödyntää omien tuotteidensa ja palveluidensa markkinoinnissa ja markkinointiviestinnässä. Asiakkaan asiakkaalle koitua hyötyä voi olla myös tulevien ravinnekierättäjien palveluiden ytimessä.

Biokaasun tuotantolaitokset voivat erilaistua niin, että ne vastaanottavat ainoastaan tietynlaisia syötteitä. Suomessa toimivia biokaasuoperaattoreita määrille prosesseille ovat esimerkiksi Biovakka, Envor Biotech, Sybimar ja Bio-tehdas. Kuivämädätys on vaihtoehtoinen prosessi, joka tähtää kuivalantojen ja vajaahyödynnettyjen peltobiomassojen hyödyntämiseen biokaasulaitoksissa. Kuivämädätystä ovat kehittäneet esimerkiksi Metener ja BioGTS.

Biokaasutuksessa käytettävien syötteiden ominaisuudet vaihtelevat valitun teknologian ja prosessin mukaan. Suomessa potentiaalisia biokaasutuksen syötteitä ovat maataloudesta syntyvä lanta sekä peltobiomassat, yhdyskuntien puhdistamolietteet sekä bio- ja puutarhajätteet, teollisuuden jätelietteet sekä elintarviketeollisuudessa syntyvä biojäte. Teknis-taloudellisesti hyödynnettävää lehmänlantaa syntyy 833 257 tonnia⁸⁶ vuodessa. Biokaasutuotantoon soveltuvia peltobiomassoja on arvioitu syntyvän Suomessa vuosittain noin 2 148 816 tonnia.⁹⁰ Jätevesilietteitä syntyi vuonna 2010 noin 140 000 tonnia.⁸⁷ Yhdyskuntien bio- ja puutarhajätettä sen sijaan syntyi 283 245 tonnia vuonna 2012.⁸⁸ Vuonna 2007 Suomessa syntyi teknistaloudellisesti biokaasun tuotannossa hyödynnettäviä sellu- ja paperiteollisuuden jätevesilietteitä 504 000 tonnia. Elintarviketeollisuudessa syntyi biokaasulaitoksessa hyödynnettäviä jätteitä noin 59 353 tonnia^{89,90}

Biokaasulaitosten taloudellinen arvo Suomelle

Tarkastelussa on huomioitu suuret mädätyslaitokset joihin voidaan syöttää vaihtelevia biomassoja. Tarkastelussa keskityttiin nopeasti hajoavien biomassojen (biojäte, lietteet, peltobiomassa) mädättämiseen. Mädätyksessä käytettyjen raaka-aineiden kosteuspitoisuus on tyypillisesti hyvin korkea, mikä nostaa kuljetuskustannuksia ja siksi mädätys on usein toteutettava paikallisissa biokaasulaitoksissa.

Tarkastelussa on oletettu että vuonna 2030 kaikki teknistaloudellisesti saatavissa olevat yhdyskuntien puhdistamolietteet⁹¹ sekä bio- ja puutarhajäte hyödynnettäisiin biokaasulaitoksissa. Myös teollisuuden jätelietteiden sekä elintarviketeollisuuden biojätteiden hyödyntäminen biokaasulaitoksissa kasvaisi 50 prosenttiin teknistaloudellisesta potentiaalista⁸⁹. Lannan ja peltobiomassojen käyttö raaka-aineena kasvaisi 10 prosenttiin⁹¹ nykyisestä yhdestä prosentista. Tällöin biokaasulaitoksissa hyödynnettävien raaka-aineiden määrä olisi 13 miljoonaa tonnia ja näiden raaka-aineiden käsittelemiseksi tarvittaisiin noin 160 biokaasulaitosta. Biokaasulaitosten investoinnit olisivat kaksi miljardia euroa vuoteen 2030 mennessä⁹². Oletukset ovat karkeita ja suuntaa antavia ja investointikustannukset on skaalattu perustuen yhteen esimerkkilaitokseen. Todellisuudessa biokaasulaitoksia syntyisi erilaisia ja niiden syötteet ja kustannukset poikkeaisivat näistä oletuksista.

Biokaasulaitoksen ravinnetuotteina on laskennassa käytetty maa- ja metsätalousministeriön asetuksen vaatimukset täyttäviä lannoitevalmisteita: nestemäistä typpiliuosta sekä mädätysjäännöstä. Nestemäinen typpiliuos sisältää 9 % typpeä ja lisäksi rikkiä. Erityisen hyvin typpiliuos soveltuu öljykasveille, nurmille ja viljoille. Typpiliuoksen myyntihinnan oletus on 120 euroa kuutiolta joka vastaa n. 1,3 €/kg typpeä⁹³. Tällä hetkellä biokaasulaitoksessa syntyvää mädätysjäännöstä⁹⁴ voidaan käyttää sellaisenaan maanparannusaineena⁹⁵ peltokäytössä muun muassa vilja- ja energia- kasveille. Mädätysjäännöksen taloudellinen arvo on arvioitu sen fosforipitoisuuden perusteella ollen 1,8 €/kg fosforia.

Biokaasulaitosten kapasiteetin kasvattamisesta syntyvän uuden liiketoiminnan arvo on näillä oletuksilla laskettuna 190 miljoonaa euroa ja vaikutus Suomen vaihtotaseeseen yhteensä 150 miljoonaa euroa. Biokaasulaitokset ja niiden arvoketjut työllistävät 3 500 henkilöä vuosittain ja palkansaajien rahallinen hyöty kapasiteetin lisäämisestä on noin 130 miljoonaa euroa. Lisäksi valtio hyötyy biokaa-

Suomalaisten kokema hyöty Itämeren rehevöitymisen vähentämisestä on 201 miljoonaa euroa vuodessa.

⁸⁶ Määrät kuivapainoja.

⁸⁷ SYKE, Valtakunnallinen jättesuunnitelman seurannan 2. väliraportti, liite: indikaattorit.

⁸⁸ SYKE, Jättemäärien ennakkointi vuoteen 2030 (ei vielä julkaistu).

⁸⁹ Määrässä on huomioitu se, että yli puolet jätteistä hyödynnetään eläinten rehuna tai siitä jalostetaan muita tuotteita.

⁹⁰ Tähti ja Rintala, 2010. Biometaanin ja -vedyn tuotantopotentiaali Suomessa.

sulaitosten liiketoiminnan kasvun myötä lisääntyvistä ve-
rotuloista noin 200 miljoonaa euroa. Muutoksesta hyöty-
vät myös muut tahot, kuten rahoitussektori, kunnat sekä
kaasuntoimittajat. Kaasuntoimittajat hyötyvät pääasiassa
kotimaisen biokaasun tuotannon lisääntymisestä, jonka
ansioista ulkomailta tuodun maakaasun osuus pienenee.
Tämä aiheuttaa myös sen, että ulkomaille päätyvät kassa-
virrat pienenevät. Tämän lisäksi biokaasulaitoksien tuot-
tamien kierrätyslannoitteiden tuotanto korvaa ulkomailta
tuotuja lannoitteita. Biokaasulaitosten tuottamien kierrä-
tyslannoitteiden arvo on noin 45 miljoonaa euroa vuodessa.

3.6 Ravinteiden kierron mahdollisuudet Suomelle

3.6.1 Yhteenveto laskennallisista esimerkeistä

Ravinteiden kierron parantaminen ja ravinnevalumien es-
täminen ei ole pelkästään ympäristöongelma ja kustan-
nuskysymys. Parantamalla ravinnekiertoa luodaan myös

uutta liiketoimintaa, saadaan aikaan säästöjä sekä vaiku-
tetaan merkittävästi vesistöjen tilaan ja sitä kautta useisiin
liitännäisaloihin. Tässä hankkeessa laskettujen neljän esi-
merkin (lannoitevuokraus, härkäpavut tuontisoijan korvaa-
jana, poistokala rehun lähteenä sekä biokaasutus ravinne-
kierron moottorina) taloudellinen arvo Suomelle vuonna
2030 on yhteensä 310 miljoonaa euroa vuosittain.

Synergiaetuja liitännäisalojen toiminnalle ja kannatta-
vuudelle, vaikutuksia riskienhallintaan sekä ravinteiden
kierron vaikutusta ekosysteemipalveluihin on käsitelty
erikseen seuraavissa kappaleissa.

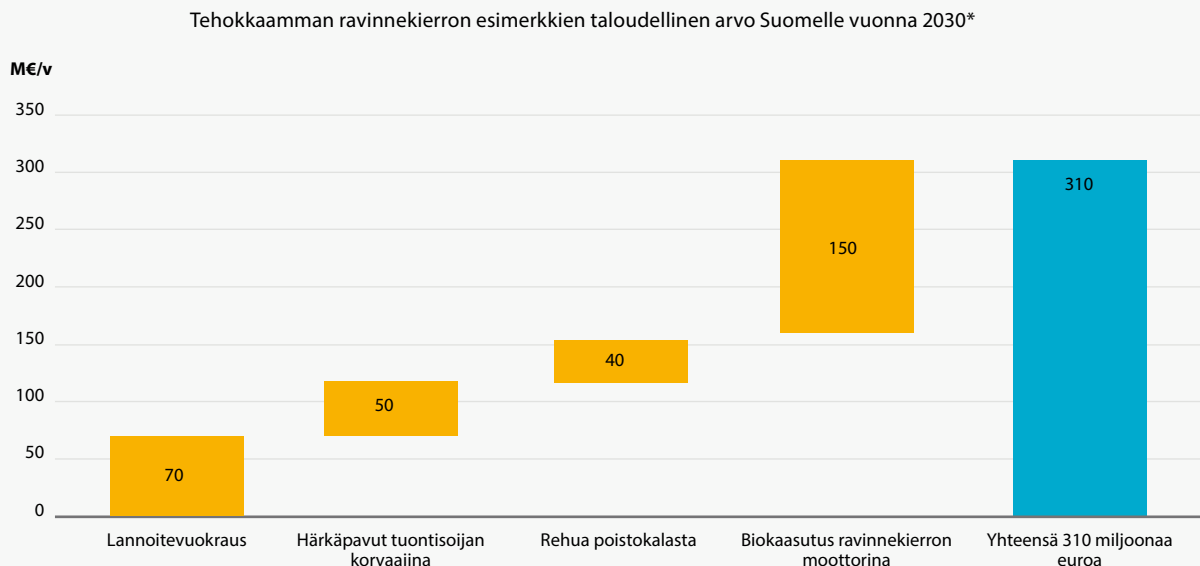
3.6.2 Synergiaedut liitännäisalojen toiminnalle ja kannattavuudelle

Vesiekosysteemit tarjoavat useita ihmisen hyvinvointia li-
sääviä palveluita. Osa näistä on suoria hyötyjä kuten ra-
vinnontuotanto kalastamalla tai vesistöjen virkistyskäyttö.
Osa on epäsuoria, kuten kotimaisen ruoantuotannon toi-
mintaedellytysten parantaminen. Kun ravinteita hukataan
vesistöihin, vaikuttaa se myös näiden liitännäisalojen toi-
mintaan ja kannattavuuteen.

Suomen merenhoitosuunnitelman valmisteluun kuuluva

Kuva 21. Ravinnekierron laskennallisten esimerkkien taloudellinen arvo Suomelle 2030.

Lähde: Gaia Consulting



*Perustuu valittuihin esimerkkeihin ja kuvaa vuosittaista nettomuutosta vuonna 2030.

⁹¹ Perustuu Sitran, BSAG:n ja LUT:n asettamiin tavoitteisiin (SITRA: Suomelle talouskasvua ravinteiden kierrätyksestä)

⁹² Perustuen raaka-ainemääriin. (Gaia arvioi Sitran raportissa ”Energiasektorin Cleantech-teknologioiden vaikutukset ja mahdollisuudet, 2015” biokaasulaitosten perusrakasi 1 500 miljoonaa euroa vuoteen 2030 ja optimistiseksi skenaarioksi 2 400 miljoonaa euroa vuoteen 2030.)

⁹³ Kokonaistypen määrä liuoksessa on 90 kg/ m³. Lähde: Envor – typpinesteen tuoteseloste ja hinnasto

⁹⁴ Tuote täyttää maa- ja metsätalousministeriön asetuksen vaatimukset lannoitevalmisteille, mutta sen käytössä on kuitenkin tiettyjä rajoituksia. Sen käyttöä ei ole mm. hyväksytty käytettäväksi tuoreille vihanneksille tai taimituotantoon (Lähde: Envor Oy).

⁹⁵ Maanparannusaineena käytetty mädäte kohentaa myös maaperän rakennetta, jolloin pellon vesitalous paranee, kevättoukujen ajankohta aikaistuu, sadosta tulee tasaisempi ja puintiajankohta aikaistuu.

meriympäristön nykytilan arvio vuodelta 2012 on arvioinut Suomen kannalta merkittävimmät Itämeren alueella toimintaa harjoittavat tai mereen vaikuttavat toimialat. Taloudelliset sektorit, joihin sisältyy suoria tuotantopalveluita, ovat kuljetus ja liikenne, kalatalous ja metsästys, matkailu, energiantuotanto ja teollisuuden vedenkäyttö, merenalaiset putket ja kaapelit, merenpohjan luonnonvarojen käyttö ja maanpuolustus. Kulttuuripalveluihin liittyvät suoraan virkistyskäyttö sekä luonnonsuojelu ja kulttuuriperintö. Epäsuoria käyttöarvoja ovat maa- ja metsätalous sekä vedet.⁹⁶

Suomen meriklusterin merisektoritoimintojen yhteenlaskettu liikevaihto oli noin 13,2 miljardia euroa ja suora työllistävyys noin 44 000 henkilöä vuonna 2006. Meriklusteriyhtymien liikevaihto oli kokonaisuudessaan 107 miljardia euroa ja työllistävyys 340 000 henkilöä.⁹⁷

3.6.3 Vaikutukset riskienhallintaan

Joillain ravinteisiin liittyvillä ratkaisuilla voi olla vaikutusta myös riskien hallintaan. Näistä esimerkkeinä on nostettu esille ruokaturva sekä tulvariskit. Riskienhallintaan liittyviä kustannussäästöjä ei ole arvioitu tässä hankkeessa.

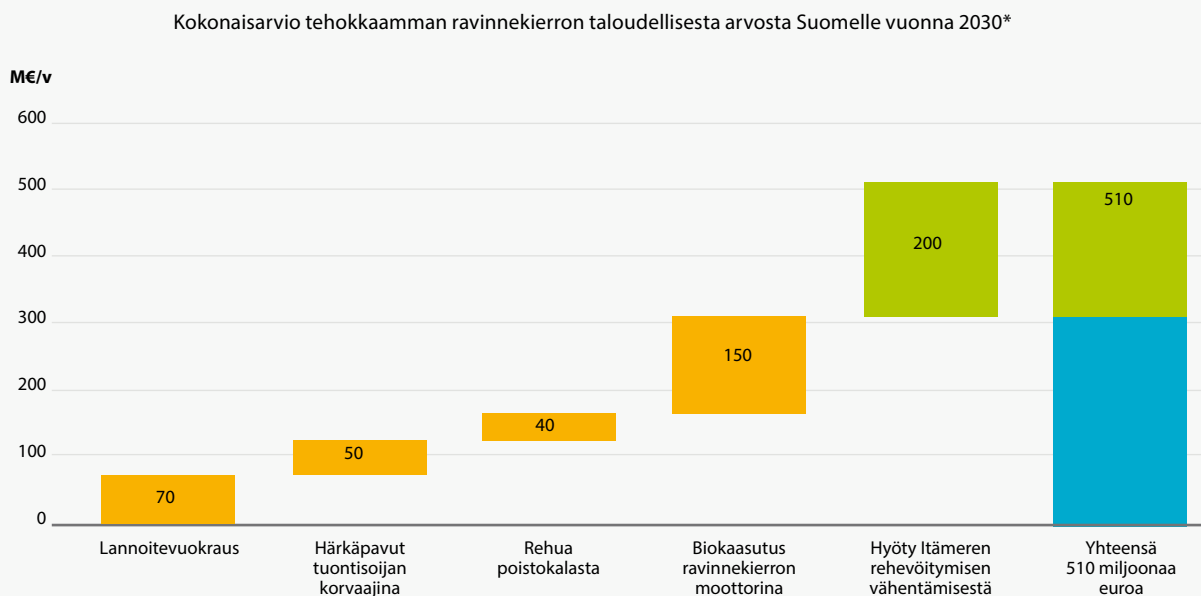
Esimerkki: Ruokaturva

Suomen ruokaturva koostuu maatalouden omavaraisuusasteesta sekä maatalouden tarvitsemista tuontipanosista, kuten lannoitteista, polttoaineista, rehuvalkuaisesta ja työkaluista. Energiatuotteet ovat yhteenlaskettuna suurin tuontituoteryhmä. Kemikaalit ovat merkittävä tuontipanos elintarvikealalla, sillä kasvinsuojeluaineet valmistetaan pääsääntöisesti ulkomailla. Öljykasveissa, joista saadaan ruokaöljyä sekä rehuvalkuaisista, Suomi ei ole omavarainen. Öljykasvien lisäksi suurimmat tuoteryhmät maataloustuotteiden tuonnissa ovat kahvi- ja kaakaoraaka-aineet. Nämä eivät kuitenkaan ole ruokaturvan kannalta kriittisiä tuotteita.⁹⁸

Huoltovarmuuskeskus vastaa Suomessa huoltovarmuudesta. Huoltovarmuuskeskuksen varoista 80 prosenttia on nestemäisiä polttoaineita. Muita isoja varastoitavia tuoteryhmiä ovat vilja ja siemenvilja, lääkintämateriaalit ja erilaiset teollisuuden tarvitsemat materiaalit. Yksityiskohtaiset tiedot varastoista ovat luottamuksellisia. Keskuksen toiminta katetaan keräämällä energiaverojen yhteydessä huoltovarmuusmaksua, jonka tuotto on noin 50 miljoonaa euroa vuodessa. Huoltovarmuuskeskuksen tase on noin

Kuva 22 Ravinnekierron taloudellinen arvo Suomelle 2030.

Lähde: Gaia Consulting 2015



*Perustuu valittuihin esimerkkeihin ja kuvaa vuosittaista nettomuutosta vuonna 2030.

⁹⁶ Leppänen, Rantajarvi, Bruun & Salojärvi 2012. Meriympäristön nykytilan arvio. Sosioekonominen analyysi.

⁹⁷ Karvonen ym. 2008. Suomen meriklusteri 2008.

⁹⁸ Suomen ruokaturvan ja elintarvikehuollon nykytila ja tulevaisuuden näkymät. Jyrki Niemi, Marja Knuutila, Petri Liesivaara ja Eero Vatanen. MTT 2013.

1,2 miljardia euroa, joka on pääosin sitoutunut varmuusvarastoihin.⁹⁹

Suomen ruokaturvaa ja huoltovarmuutta parantaisivat fosforin käytön tehostaminen, biopolttoaineet, biologisten torjuntakeinojen käyttö ja öljy- ja valkuaiskasvien viljelyn lisääminen. Viljanviljelyn hehtaaria kohti kuluttamasta energiasta lähes puolet kuluu väkilannoitteisiin ja lannoitetyypen saatavuus on vahvasti sidoksissa fossiilisiin energia-varoihin³⁰. Tyypeä sitovia palkokasveja viljeltäessä edistetään samalla ravinteiden kierrätystä.

Fosforia ei voi korvata ruoantuotannossa, minkä vuoksi riippuvuus maailman epätasaisesti jakautuneista fosforivaroista on riski Suomen ruokaturvalle ja huoltovarmuudelle. Cordellin ja Whiten julkaiseman artikkelin¹⁰⁰ perusteella riskiä voidaan pienentää vähentämällä tuontifosforin käyttöä ja siirtymällä maa- ja elintarviketalouden sivuvirroista jalostettaviin kierrätyslannoitteisiin. Keinoihin kuuluu myös fosforin käytön tehostaminen siten, että samalla määrällä fosforia ruokitaan suurempi osuus väestöstä ja fosforin kokonaistarpeen vähentäminen. Fosforin käyttöä voidaan tehostaa vähentämällä fosforin hävikkiä koko ketjussa fosforikaivoksesta pellolle ja kuluttajan lautaselle sekä takaisin pellolle.

Esimerkki: Tulvariskit

Paikalliset hulevesiratkaisut, joilla estetään pistemäisiä ravinnepäästöjä, pienentävät tehokkaasti myös tulvariskiä. Vuosien 2002-2013 välillä Suomessa oli 11 tulvaa, joiden suorat kustannukset olivat yhteensä 170 milj. euroa¹⁰¹. Summa vastaa 15,5 miljoonaa euroa per toteutunut tulva. Myös tulvakustannuksia tuli keskimäärin 15,5 miljoonan euron edestä vuosittain.

3.6.4 Ravinteiden kierron vaikutus ekosysteemipalveluihin

Ravinnekierron merkitystä ekosysteemipalveluihin ei ole juurikaan tutkittu. Yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa¹⁰² ravinteiden kierron osuuden globaalien ekosysteemipalveluiden vuosittaisesta kokonaisarvosta arvioitiin olevan noin puolet eli noin 15 biljoonaa euroa.

Itämeren virkistyskäytön arvoksi Suomessa on arvioitu 436 M€ vuosittain¹⁰³. Suomalaisten kokema hyöty Itämeren rehevöitymisen vähentämisestä on 201 miljoonaa euroa vuodessa ja kustannuksiksi tämän hyödyn saavuttamiseksi on arvioitu 105 miljoonaa euroa¹⁰⁴. Tätä arviota on hyödynnetty Suomen kokonaispotentialiin hahmottamisessa.

3.6.5 Ravinteiden kierron kokonaispotentiaali Suomelle 2030

Ravinteiden kierron vuosittaiseksi kokonaisarvoksi Suomelle on tämän raportin pohjalta arvioitu yhteensä 510 miljoonaa euroa eli noin puoli miljardia. Suomen taloudellinen kokonaispotentiaali esitetään vuoden 2030 ja nykytilanteen vuosittaisen nettomuutoksen arvona. Potentiaali perustuu sekä hankkeessa kansantalousmallilla laskettuihin esimerkkeihin¹⁰⁵ että Itämeren rehevöitymisen vähentämisen hyötyihin¹⁰⁴.

Muita tehokkaan ravinnekierron oheishyötyjä ovat synergiaedut muille toimialoille, vaikutukset riskienhallintaan, riskien pienentyminen, huoltovarmuuden parantuminen sekä terveys- ja ympäristöhaittojen vähentyminen. Näiden arvoa ei ole hankkeessa arvioitu. Hankkeessa arvioitu puoli miljardia vuosittaista lisäarvoa on suuri verrattuna vuonna 2014 Suomeen tuotujen lannoitteiden kokonaisarvoon (noin 150 miljoonaa euroa¹⁰⁸). Sitran raportissa ”Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle”, kiertotalouden arvoksi arvioitiin 2,5 miljardia euroa¹⁰⁹.

⁹⁹ LHuoltovarmuuskeskus

¹⁰⁰ Life's Bottleneck: Sustaining the World's Phosphorus for a Food Secure Future. Dana Cordell and Stuart White. Annu. Rev. Environ. Resour. 2014.39:161-188.

¹⁰¹ European Commission (2014), Study on Economic and Social Benefits of Environmental Protection and Resource Efficiency Related to the European Semester.

¹⁰² Costanza et al. (1997), The value of the world's ecosystem services and natural capital.

¹⁰³ Hyytiäinen et al 2012.

¹⁰⁴ BalticSTERN: The Baltic Sea – Our Common Treasure. Economics of Saving the Sea, 2013.

¹⁰⁵ Lisätietoja raportin kappaleessa 3.

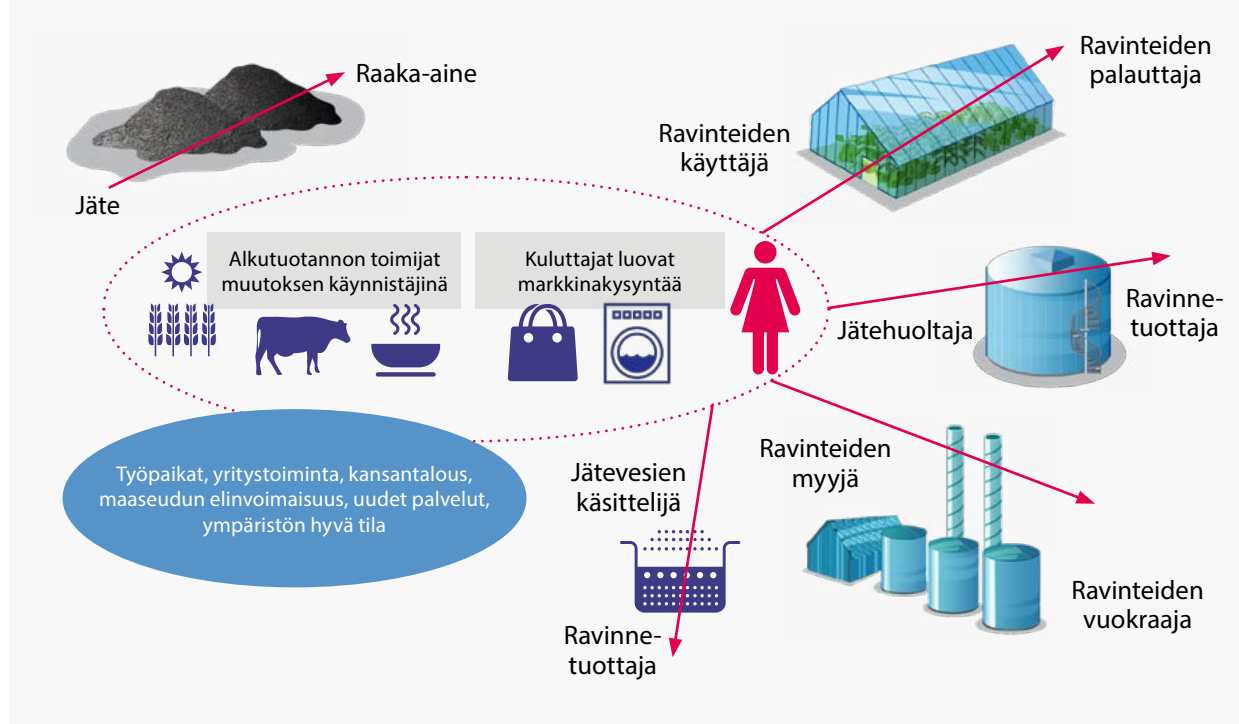
¹⁰⁸ Tulli, Uljas-tietokanta

¹⁰⁹ Sitran selvityksiä 84. Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle. 2014

4 Ravinteiden kuluttamisesta ravinnetalouteen

Kuva 23. Paradigman muutos – ravinteiden kuluttamisesta ravinnetalouteen.

Lähde: Sitra, Kari Herlevi, 2015



4.1 Paradigman muutos

Kuvassa 23 on kuvattu sitä paradigman muutosta, jota ravinnetalouteen siirtyminen vaatii. Tämän muutoksen seurauksena esimerkiksi jätteestä tulee raaka-ainetta, jätehuoltajasta ravinnetuottaja tai ravinteiden myyjästä niiden vuokraaja. Muutoksen vauhti riippuu markkinoiden lisäksi esimerkiksi sääntelystä ja teknologian kehityksestä, mutta ennen kaikkea asenteista.

Tulevaisuuden menestyksen etsijät kehittävät ja pilotoivat jo erilaisia suljettuja kiertoja, mutta aiemmissa luvuissa esitellyistä syistä avoimet kierrot voivat edelleen olla liikeluottamuksellisesti kannattavampia lyhyellä aikavälillä. Analogiaa voidaan hakea uusiutuvista energiamuodoista, jossa uusiutuvien kasvuun on reagoitu kahdella tavalla. Toisaalta on tuettu siirtymistä vähähiilisiin ja uusiutuviin ratkaisuihin, mutta samalla rakennemuutos on aiheuttanut tarvetta tukea fossiilisia polttoaineita.

Muutoksen kannalta suuri merkitys on alkutuotannolla ja kuluttajalla. Alkutuotannon tulisi kyseenalaistaa totuttuja ja perinteisiä ravinteiden käyttötottumuksia ja kokeilla esimerkiksi uusia rehukasveja. Mikäli ravinteiden kulumisen, palauttamisen ja ympäristövahinkojen hinta tuodaan tulevaisuudessa tuotteisiin ja palveluihin, se muuttaa kulutustottumuksia. Tällöin osa kuluttajista saattaa edelleen olla valmis maksamaan esimerkiksi vesivessasta ja liharuokavaliosta, kun taas osa saattaa siirtyä käyttämään vaihtoehtoisia proteiininlähteitä, kotitarveviljelyä ja kuivakäymälöitä.

Energian osalta tunnetaan energiaköyhyyden käsite, jossa pienituloisella ei ole varaa energiategokkuusinvestointeihin tai uusien energiaratkaisujen hyödyntämiseen. Energian hinnan noustessa yhä suurempi osa toimeentulosta kuluu energiaan, mikä edelleen heikentää mahdollisuuksia parantaa omaa hyvinvointia. Vastaavalla tavalla tulisi välttää tilannetta, jossa ravinnekierätyks nostaisi erityisesti edullisimpien elintarvikkeiden hintaa. Mikäli

muutosta halutaan, suljetun kiertojen avulla tuotetut tuotteet eivät saa olla luksusta vaan valtavirtaa.

Myös sillä on merkitystä, miten muutoksen tarve yhteiskunnassa tuodaan esille. Mikäli sitä kuvataan esimerkiksi lähiruoan, työllisyyden, maaseudun elinvoimaisuuden, merien virkistyskäytön ja ympäristön tilan kautta, voidaan vahvistaa asian hyväksyttävyyttä.

Ravinnetalouteen siirtymiseen vaikuttaa erityisesti myös sääntely. Epäsuotuisan sääntelyn seurauksena kaikkia muutoksia ei välttämättä pystytä toteuttamaan, mutta toisaalta muutosta pystytään myös edistämään verotuksella, sääntelyllä, investoinneilla, innovaatiotuilla sekä julkisilla hankinnoilla.

4.2 Ravinteiden kierron pullonkaulat

Ravinteiden kierron pullonkaulat liittyvät osittain yleiseen kiertotalouden edistämiseen, osittain yritystoiminnan ja investointien edistämiseen ja osittain ravinnekierätykseen liittyviin erityisiin aiheisiin.

Keskeiset pullonkauloja aiheuttavat kysymykset voidaan tiivistää kolmeen:

1. Päätyvätkö ravinteet kiertoon
2. Onko ravinteiden palauttaminen mahdollista
3. Onko ravinteiden palauttaminen kannattavaa

Tässä luvussa esitetyt näkemykset tunnistetuista pullonkauloista perustuvat EU:n kiertotalouspaketin ja mädätteiden End-of-Waste-harkinnan yhteydessä tehtyihin selvityksiin, Gaian aiempiin selvityksiin kiertotalouden mahdollistamisesta Suomessa, ministeri Tarastin selvitykseen ympäristösääntelyn kehittämisestä, Sitran ravinnekieroseminaarin esityksiin, ravinnekierätyksen RaKi-hankkeen seminaariin, eri asiantuntijoiden haastatteluihin sekä tämän selvityksen yhteydessä tiekartta-työpajan alustamiseksi tehtyyn sähköiseen kyselyyn.

Jotta ravinteiden kulutus saataisiin muutettua ravinnekierätykseksi, tulisi myös toimintaympäristön tukea tätä muutosta. Kiertotaloudesta ja sen osana ravinnekierätyksestä ei ole vielä kansallista strategiaa. Tuleva EU:n kiertotalouspaketti tulee määrittämään kierrätystavoitteita ja Suomessa ympäristöministeriö on käynnistänyt valtakunnallisen jätesuunnitelman (Valtsu) päivityksen, jonka osana muotoillaan kansalliset tavoitteet vuodesta 2017 eteenpäin.

Tavoitteiden toteutumisen ja seurannan esteenä on

Ravinteiden kierron kannattavuuden osalta keskeinen pullonkaula on kuitenkin edelleen edullinen ravinteiden hinta.

myös perusinformaation puute. Tilastokeskukseen ja muihin julkisen tiedon tuottajiin kohdistuvat säästöpaineeet eivät edesauta kansallisten ravinnekierroksen indikaattorien kehittymistä. Tietoja kiertotalouden virroista ja erityisesti niihin liittyvästä taloudesta on niukasti, ja julkisesti tuotettua ja vapaasti hyödynnettävää tietoa vielä vähemmän, biomassoja koskevaa paikkatietoa ei ole vielä avoimesti käytettävissä esimerkiksi investointipäätösten, urakoinnin tai suunnittelun tueksi¹¹⁰, mutta hankkeita on käynnissä. Julkisen, vapaasti saatavilla olevan ja paikkatietoon yhdistetyn datan innovaatiovaikutuksista on hyviä tuloksia. Tällaisen julkisen tiedon tuottaminen voisi olla toimenpide, jolla on vaikutusta ravinnekierroksen tehostamiseen, koska ravinnekierätyksen raaka-aineita ei kannata kuljettaa pitkiä matkoja.

Nykyisiä ohjausjärjestelmiä ei ole rakennettu ravinteiden kierron optimoimiseksi. Esimerkiksi maanviljelyn tuotteen ja sääntelyn suhde ravinteiden kierrätykseen on monitahoinen kysymys. Tilakoko on kasvanut ja kasvinviljely ja eläintalous ovat eriytyneet sekä alueellisesti että liiketoiminnallisesti toisistaan¹¹¹. Uusia teknologioita ja ohjausta tarvitaan lannan käyttämiseksi kasvun kannalta tehokkaasti, muuten riskinä on erityisesti fosforin kasautuminen karjatalousseuduille.

Jätehuollosta tuttu massojen materiaalihyödyntämisen ensisijaisuus energiahyödyntämiseen nähden on tärkeää erityisesti ravinteissa, koska energiahyödyntämiseen liittyvässä poltossa typpi haihtuu. Myös jäteveden nykyinen käsittely haihduttaa typen pois. Typen osalta ei nykyinen jäte- tai jätevesihuolto suosi ravinnekierrosta, vaikka samalla nimenomaan typpi on se ravinne, josta on yleensä puutetta¹¹².

Koska ravinteet eivät toistaiseksi ole merkittävää tuloa vaan kuluerä, ravinteiden palauttajan liiketoiminnan kannattavuuden on perustuttava porttimaksuihin eli jätteenkäsittelystä saatavaan korvaukseen. Jätteen tuottaja ei välttämättä halua maksaa ravinteiden kierrätyksestä pree-miota vaan etsii vain halvimman ratkaisun. Lainsäädäntöön tuleva orgaanisten jätteiden kaatopaikkakielto tulee muuttamaan kenttää vuonna 2016.

Jättemassojen kiertoon saamisen haasteina ovat proses-

¹¹⁰ Luonnonvarakeskus, Biomassa-atlas –hankkeen taustoitus, 2014

¹¹¹ Tutkimusohjelma lannan sekä muiden eloperäisten jätteiden ja sivutuotteiden hyödyntämismahdollisuuksien löytämiseksi (HYÖTYLANTA), MTT 2008-2010 sekä asiantuntijahaastattelut

¹¹² Lähteenä tiekartan alustukseksi tehty kysely

sointi ja logistiikka. Ravinteiden osalta tulisi ratkaista sekä kansallinen tase että alueellisen tasapainon löytäminen, mikä palauttaa logistiikan keskiöön. Mikäli jätteiden hukkaa ja avoimia kiertoja ei kielletä tai rajoiteta, jää muutoksen syntyminen pelkästään markkinoiden varaan.

Ravinnekierrätyksen kannattavuuden osalta keskeinen pullonkaula on kuitenkin edelleen edullinen ravinteiden hinta¹¹³. Toistaiseksi mineraalilannoitteiden sekä fossiilisten polttoaineiden hinta on ollut varsin matala. Tämän lisäksi ravinteiden kierrätysteknologiat ovat suhteessa kalliita. Esimerkiksi biokaasualaa on tuettu energian syöttötariffilla ja pienimuotoisesti investointituilla, mutta kierrätysravinteiden tuottamista ei ole tuettu.

Energiatuet on rajattu suurille tuotantolaitoksille¹¹⁴, eikä pienien biokaasulaitosten toiminta ole välttämättä kannattavaa, vaikka se mahdollistaisi paremmin hajautetun ravinnekierrätyksen.

Innovatiivisia ratkaisuja kokeilevalla tuottajalla ei ole välttämättä mahdollisuuksia ennakoita, täyttääkö toiminta vaatimukset ja käytännössä valvonta määrittää paljon käytännön linjauksia. Rahoitus eri kehityshankkeisiin on pirstaleista ja vähäistä, jolloin myös yritysvaikutukset jäävät pieniksi. Esimerkiksi ravinteiden kierrätyksen kehittämiseksi avoin RAKI-hanke on 6 miljoonaa. Toisaalta EU:n uusi rahoitusinstrumentti Life Integrated Programme eli LifeIP edistää kiertotaloutta ja sen sekä Horizon-ohjelman kautta on mahdollisuus saada rahoitusta jopa investointeihin, mihin monet perinteiset hankeinstrumentit eivät Suomessa yleensä ole sopineet¹¹⁵.

Sekä maataloutta että muuta yritystoimintaa vaivaavat toiminnanharjoittajien kokema sääntely-ympäristön epävarmuus. Ympäristölainsäädännön koetaan hankaloittavan ravinteiden kierrätystä. Ravinnepitoisten massojen lannoituskäytölle on tiukkoja vaatimuksia, jotta voidaan olla varmoja niiden turvallisuudesta lannoitekäytössä. Riskinarvioinnille on perusteita, mutta kyse on myös siitä, että tarkastellaan vain tiettyä arvoketjun osaa. Vaikka kierrätysravinne olisi koko valmistusketjun kannalta kestävämpi, tasalaatuinen teollinen ravinne voi olla käytettynä matalariskisempi. Käyttöä pohdittaessa ei arvioida lannoitteen valmistamisen aiheuttamia ympäristöhaittoja. Vastaavalla tavalla kierrätysravinteita valmistavaa laitosta tarkastellaan ainoastaan paikallisten vaikutusten kautta, eikä sen tuotteiden nettohyötyä voida huomioida esimerkiksi luvittamisessa kompensationsa¹¹⁶. Näin syntyy järjestelmä, jossa polttoöljy ja keinolannoitteet ovat helpompia ympäristösääntelyn kannalta luvittaa ja käyttää ruokaketjussa kuin jätemassoista tehdyt polttoaineet ja ravinteet. Perinteisille ratkaisuille on olemassa olevat rekisteröinti- ja hyväksymismenettelyt, uusien toimijoiden tulee hakea erikseen

hyväksyntää pioneeriratkaisuille.

Hallinnollinen byrokratia on raskaampaa jätteille kuin tuotteille. Tulevaisuuden kannalta tärkeä linjaus on EU:n tekninen paperi vuodelta 2014, joka koskee mädätteen end-of-waste-kriteereiden merkitystä ja potentiaalia¹¹⁷. Se käsittelee ravinteiden kierrätyksen merkitystä ja yhdistää tähän tarpeet luoda yhdenmukaiset kriteerit ravinnepitoisten massojen tuotteistamisesta. Tarkoituksena on purkaa jäteluokitteluun liittyviä esteitä ja selkeyttää toimintakenttää, jotta kierrätysravinteiden markkinat kasvaisivat Euroopassa. End-of-waste -kriteerille on asetettu odotukset, että niiden tulisi parantaa ympäristönsuojelun tasoa ja tuottaa etua taloudelle ja ympäristölle. Selvityksessä on esimerkiksi arvioitu, että Keski-Euroopassa 40 % asukkaista hyötyisi sellaisesta järjestelmästä, joka mahdollistaisi kierrätysravinteiden siirtämisen maan rajan yli.

Tulevaisuuden kannalta tärkeä linjaus on, mitkä syötteet hygienisoidulle ja stabilisoidulle kompostille ja mädätteelle olisivat sallittuja, jotta ne tulisivat tuotteistuksen mahdollistavan end-of-waste -menettelyn piiriin. EU:n teknisen paperin ehdotuksen mukaisesti menettelyssä mukana olisivat erilliskerätty biojäte, lanta, mekaanisesti tai manuaalisesti erotellut eloperäisten organismien osat, biohajoavat pakkausmateriaalit sekä aiemmin kompostoidut ja mädätetyt massat. Sen sijaan lajittelemattomasta yhdyskuntajätteestä koneellisesti erotetut biohajoavat jakeet, jätevesilietteet ja paperiteollisuuden lietteet sekä kontaminoituneet materiaalit on suljettu pois. Lopullisella rajauksella on merkitystä sille, millaisia syötteitä prosessilaitoksen kannattaa hyväksyä, mikäli se haluaa valmistaa ravinnetuotteita.

4.3 Tiekartta ravinteiden kiertotalouteen

4.3.1 Tiekartan laatiminen

Tiekarttatyön tarkoituksena oli muotoilla ne toimenpiteet ja tavoitteet, joiden avulla Suomeen syntyisi ravinteiden kiertotaloutta edistävä toimintaympäristö. Tiekartta laadittiin perustuen 19.8.2015 järjestetyn sidosryhmätyöpajan tuloksiin. Työpajan osallistujat edustivat yrityksiä, viranomaisia ja tutkijoita.

Ennen työpajaa eri toimijoilta koottiin näkökulmia aiheeseen liittyen verkkokyselyllä. Uusia esimerkkejä ravinteita kierrättävästä liiketoiminnasta ja toimintamalleista kertyi runsaasti, ne on esitetty kuvassa 24, jonka pohjana ovat kuvan 6 alkuperäiset esimerkit.

¹¹³ Lähteenä tiekartan alustukseksi tehty kysely

¹¹⁴ Motiva: Investointituet uusiutuvalle energialle

¹¹⁵ Lähteenä tiekartan alustukseksi tehty kysely

¹¹⁶ Kohti kiertotaloutta – julkilausuman työpajat ja reseptikirja, Gaia Consulting, 2014

¹¹⁷ End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate) Technical proposals (EUR Number: 26425 EN, 2014)

Toimintaympäristöön tarvittavaa muutosta tutkittiin neljän näkökulman kautta. Näitä olivat muutoksen mahdollistajina toimivat sääntely ja teknologia, muutoksen käynnistävä markkinakysyntä sekä innovaatioita tuottava palvelu- ja konseptikehitys. Näkökulmien sisälle nostettiin etukäteen muutamia esimerkkiaiheita, jotka on esitetty kuvassa 25.

4.3.2 Tiekartta

Tiekartan päämääränä on tuottaa ravinteiden kiertoa lisäävää markkinakysyntää ja luoda niitä täyttämään uusia ravinnekierron konsepteja ja palveluita. Tämän mahdollistamiseksi on kehitettävä ravinnekiertoa edistävää sääntelyä ja teknologiaa.

Kaikkien päämäärien toteutumiseksi on yhteisiä vaatimuksia, jotka nousivat esille tiekarttaa läpileikkaavina teemoina. Ravinteiden arvoketjut yhdistävät biologiset ja tekniset materiaalit ja yksityisen ja julkisen sektorin siinä kuin kaupungit ja maaseudutkin. Rantaan, pellonreunaan tai liiketoimintasektoriin päättyvät hallinnolliset rajat muuttuvat helposti esteiksi. Siksi tärkeimpänä asiana pidettiin sektorirajoja ylittävää yhteistyötä ja yhteistä tahtoa.

Näiden avulla syntyy kierrätysravinteille edullinen asema sekä mahdollisuuksia uusiin ja erilaisiin kokeiluihin.

Tällä perusteella on muotoiltu tiekartan kolme keskeistä tavoitetta:

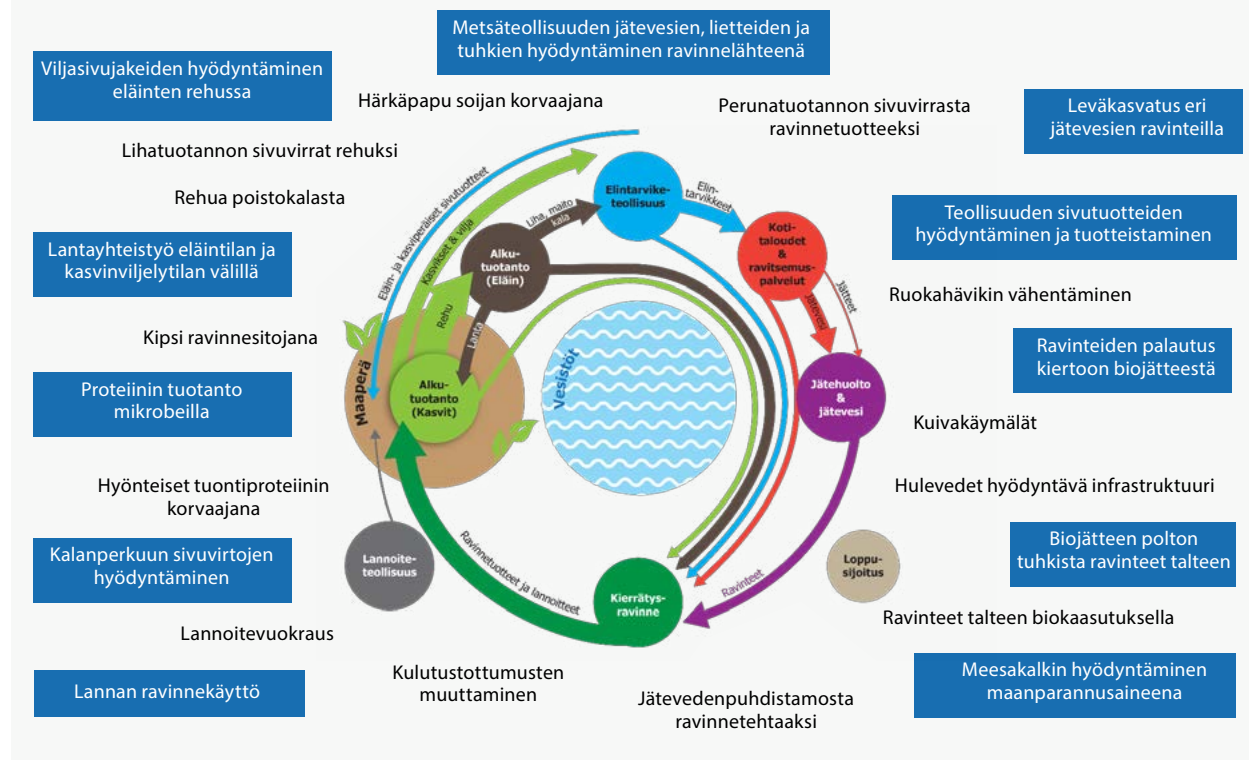
1. **Kierrätysravinteiden ensisijaisuus**
2. **Ravinnekiertojen kokeilut käytännössä**
3. **Ravinnekiertojen rakentajien yhteistyö**

Ensimmäinen tavoite kohdistuu eri jalostusketjujen käyttämiin raaka-aineisiin, joissa tulisi priorisoida kierrätettyjä ravinteita. Toinen tavoite tähtää innovaatioiden luomiseen ja käyttöönottoon sekä eri toimijoiden oppimiseen ja uuden tiedon jakamiseen. Kolmas tavoite korostaa esteiden tunnistamista ja purkamista, tiedolla johtamista ja järjestelmien joustavuuden hyödyntämistä.

Kierrätysravinteiden ensisijaisuutta pohdittaessa mallia voidaan ottaa jätehuollon etusijajärjestyksestä¹¹⁸. Kuten jätehuollon ratkaisuja tehtäessä, kierrätysravinteita tulee suosia silloin, kun se on teknis-taloudellisesti järkevää. Teknologian kehittämisen ja markkinoiden kautta rimaa voidaan laskea,

Kuva 24. Ravinnekierron ideoita tiekarttatyöhön osallistuneilta

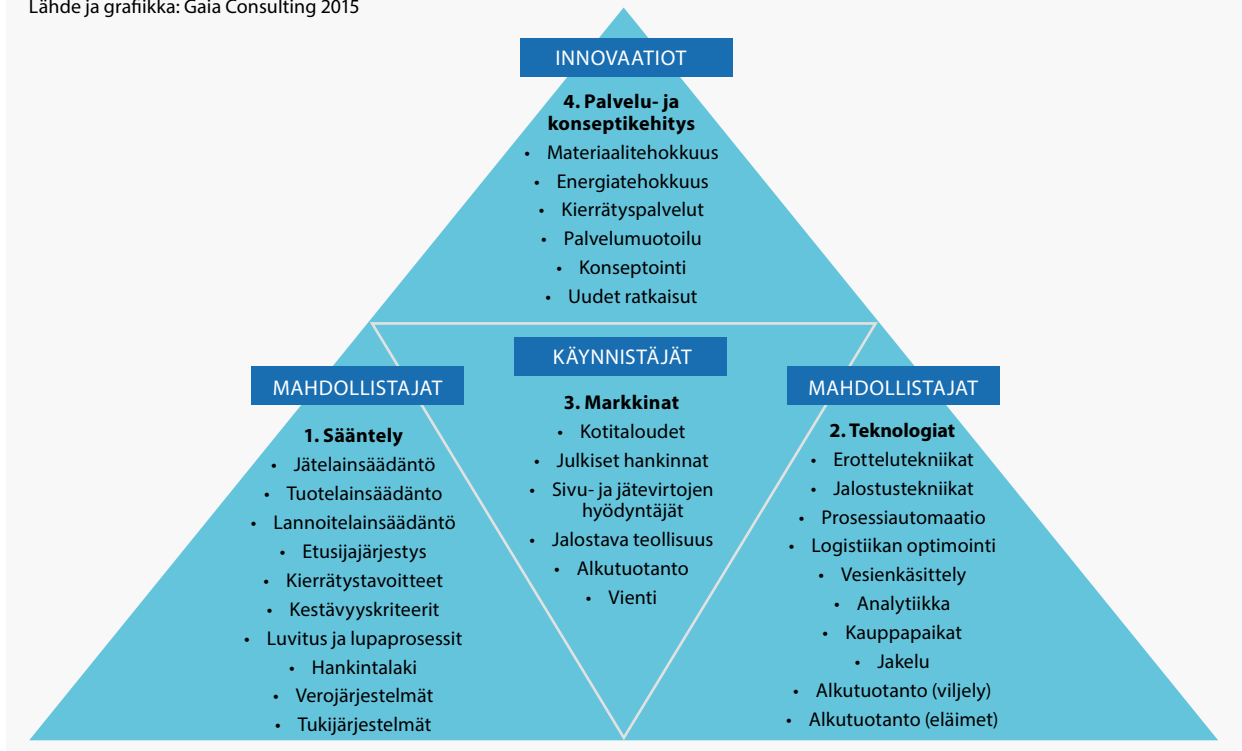
Lähde: Gaia Consulting 2015



¹¹⁸ Jätehuollon periaatteena on jätelaissa määritelty etusijajärjestys. 1) Ensisijaisesti on pyrittävä välttämään jätteen syntymistä. 2) Jos jätettä syntyy, se on valmistettava uudelleenkäyttöä varten tai kierrätettävä. 3) Ellei kierrätys ole mahdollista, jäte on hyödynnettävä ensisijaisesti aineena ja toissijaisesti energiana. 4) Kaatopaikoille jäte voidaan sijoittaa vain, jos sen hyödyntäminen ei ole teknisesti tai taloudellisesti mahdollista. Etusijajärjestyksestä voi poiketa vain, jos jokin muu vaihtoehto on ympäristön kannalta järkevämpi. Etusijajärjestyksen mukaista jätehuoltovaihtoehtoa valittaessa huomioidaan jätteen elinkaarivaikutukset, ympäristönsuojelu sekä jätehuollosta vastaavan tekniset ja taloudelliset edellytykset noudattaen etusijajärjestyksiä. (Lähde: Ympäristöministeriön verkkosivut)

Kuva 25. Näkökulmia ravinnekiertoa edistävään muutokseen.

Lähde ja grafiikka: Gaia Consulting 2015



markkinakysyntää voivat luoda yhtä hyvin kuluttajat, kauppa ja julkiset hankkijat kuin teolliset valmistajat ja rakentajatkin. Eri tahojen hankintakriteereihin ja sitä kautta markkinoihin voidaan vaikuttaa sekä sääntelyllä ja verotuksella että pehmeämmin keinoin lisäämällä tietoa ja tiedottamista.

Monien ravinnekierron ratkaisujen toteuttaminen liittyy fyysisten, konkreettisten massojen logistiikkaan ja jalostamiseen. Tiekartan toisessa tavoitteessa esitetään, millä toimenpiteillä ja edellytyksillä luodaan parempia mahdollisuuksia käytännön kokeilukulttuurille. Tämä tavoite lienee kaikkein konkreettis ja se pitää sisällään monia toimenpiteitä. Sääntelyn tulee mahdollistaa koeluontoinen toiminta ja testaaminen eri mittaluokissa. Yhdistämällä toimintojen sijoittamiseen tehokasta valvontaa, viranomaisten yhteistyötä ja parantuneen teknologian mahdollistamaa mittaamista, voidaan eri puolille maata luoda turvallisia kokeilualueita. Näiltä alueilta edetään edelleen pilottilaitoksiin, jossa turvallisiksi osoitetut prosessit skaalataan teolliseen mittakaavaan.

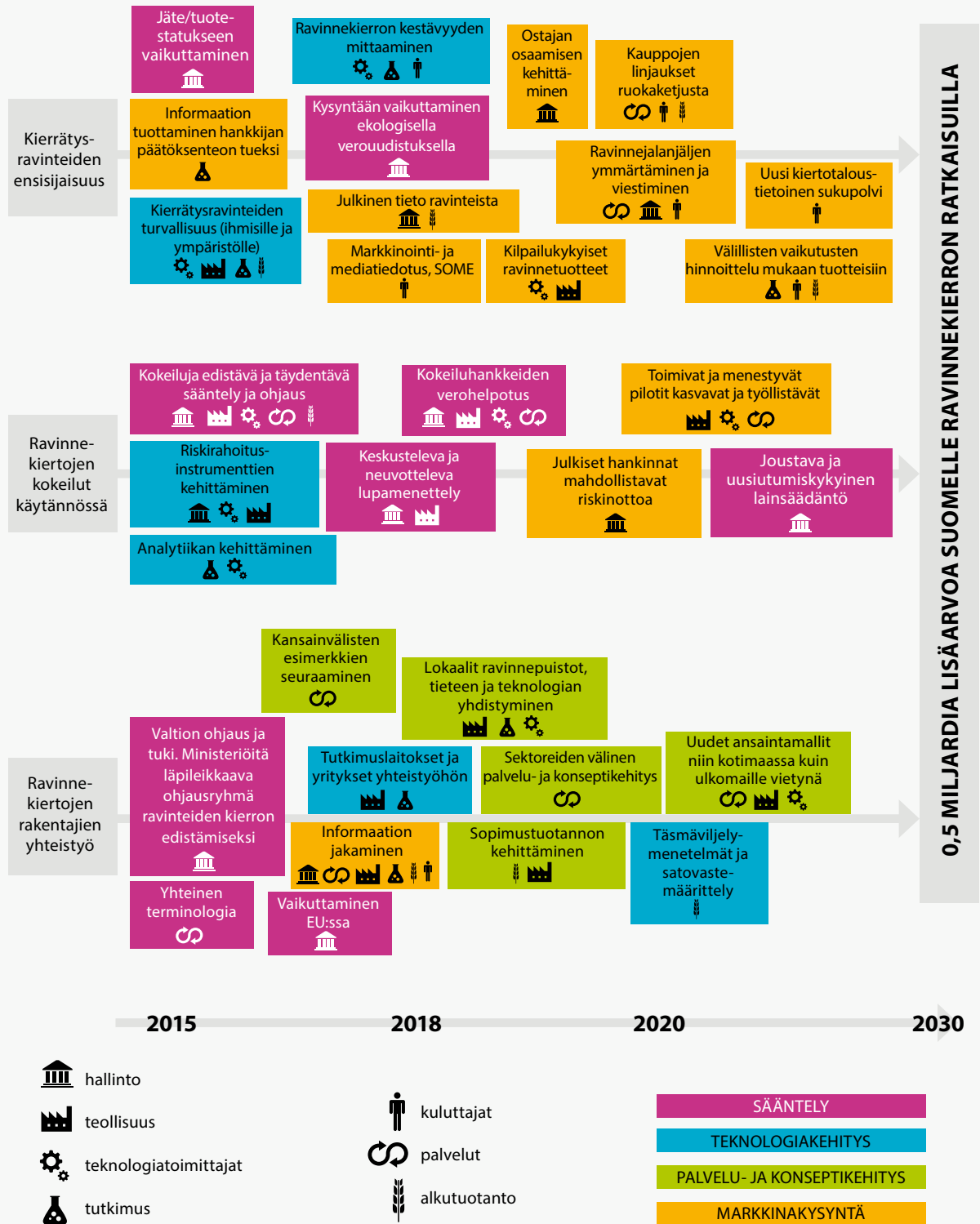
Uutta teknologiaa käyttävien pilottilaitosten rakentaminen haastaa nykyiset rahoitusjärjestelmät ja pioneerien luvuttaminen voi olla yhteinen oppimisprosessi niin viran-

omaisille kuin toiminnanharjoittajillekin. Pilottien rahoituksen tulisi sallia enemmän riskejä ja lupamenettelyjen olla neuvovia ja esimerkiksi vaiheittaisia. Rahoitusmekanismien tulisi sopia myös olemassa olevien teknologisten ratkaisujen soveltamiseen, uutuuden ja vientipotentiaalin vaatimus ei sovi arjen kuluttajakokeilujen rahoittamiseen. Ilmapiiriin pitää mahdollistaa epäonnistuminen ja niistä oppiminen. Julkisen tiedon saatavuus ja epäonnistumisten jakaminen mahdollistavat uusien kokeilujen käynnistämisen.

Kolmantena tiekartan tavoitteena käsitellään ravinnekiertojen rakentajien yhteistä tahtoa ja verkostoitumista. Ravinteiden kiertotaloudesta tarvitaan paljon tietoa ja tiedottamista ja myös yhteinen käsitteistö, jota hyödyntävät tutkijat, virkamiehet ja toiminnanharjoittajat. Sektorien rajat ylittävä yhteistyö, tutkimus ja koulutus mukaan lukien, nostettiin esille tärkeinä edellytyksinä. Sektorikohtaiset rahoitustyökalut, jotka kohdistuvat esimerkiksi vain vesien-suojeluun, maatalouteen, tai teknologian kehittämiseen eivät sovi kokonaiskonseptien ja kokonaisten kiertojen kehittämiseen. Samaan kiertoon kun voivat sopia sekä kalanviljelijä, hoitokalastaja, rehunvalmistaja, karjatilallinen, niittyjen hoitaja, kauppa kuin kuluttajakin.

Kuva 26. Tiekartta ravinteiden kiertotalouteen.

Lähde ja grafiikat: Gaia Consulting



4.3.3 Sääntely

Sääntely koettiin eri toimijoiden näkökulmasta tällä hetkellä merkittävimäksi toimintaympäristöä muokkaavaksi aiheeksi. Ravinteiden kierrätys ei ole yhden elinkeinon tai sektorin asia vaan vaatii eri lainsäädäntöjen soveltamista yhdessä. Sääntely ei saa olla päällekkäistä vaan täydentävää. Asiaan liittyvistä linjanvedoista pääosa tehdään EU-tasolla, mutta kansallisesti voidaan tehdä neuvontaa, vaikuttamista ja kansallisen liikkumavaran hyödyntämistä. Lisäksi kaivataan tehokasta edunvalvontaa suomalaisten hyvien ratkaisujen mahdollistamiseksi ja edistämiseksi EU:ssa.

Koska kierrätysravinneteollisuus kehittyy Suomessa alueellisten kokeilujen kautta, on luvittamisessa ja ohjaamisessa säilytettävä tasapuolisuus ja yhdenmukaisuus. Neuvovalta ohjauksella viranomaiset voivat kuitenkin mahdollistaa kokeiluja, joissa toiminnanharjoittajat kaipaavat erityisesti kunkin alueen erityispiirteiden huomioimista. Tasapuolisuuden, ennakoitavuuden ja joustavuuden yhteensovittaminen vaatii tahtoa kaikilta. Nämä kaikki aiheet eivät ole erityisesti ravinnekiertoihin liittyviä vaan kytkeytyvät laajemminkin suomalaisen sääntelykentän kehittämiseen. Lisäksi teknologian kehitys on nopeaa, minkä vuoksi myös voimassa olevien lupien laatuun ja joustavuuteen kaivataan huomiota.

Konkreettinen esimerkki ravinnekierrätyksen kehittämiseen liittyen on kierrätysravinteiden tuotteistaminen. Jättestatuksesta irrottaminen (end-of-waste) on välttämätön välivaihe useille käyttötarkoituksille, jolloin eteen tulevat myös tuotteilta vaadittavien turvallisuusvaatimusten täyttäminen ja todentaminen. Kierrätysravinteiden käytön edistämiseen liittyvä tiedon puute tulee määritellä yhdessä ja julkisia panostuksia suunnata siihen, että näihin yhteisiin kysymyksiin vastataan. Esimerkiksi erilaisten tuhkien sekä lanta- ja lieteperäisen fosforin ja näistä valmistettujen ravinteiden hyödynnettävyys kasveilla on aihe, josta edelleen kaivataan tietoa ja tehtyjen tutkimusten referointia. Lainsäädäntöä voidaan tarkentaa näiden tulosten perusteella ja esimerkiksi ympäristökorvauksen perusteet voitaisiin määritellä yhteismitallisiksi erilaisille lannoitevalmisteille.

Sääntelyyn liittyy myös verotus. Verotuksen tulisi uudistua kokeiluhankkeita ja kestäviä prosesseja kannustavaksi. Verotuksella voidaan nostaa mineraalisten ravinteiden hintaa tai toisaalta pyrkiä laskemaan kierrätysravinteiden valmistamisen kustannuksia tai hintaa. Kerrannaisvaikutukset tulee kuitenkin selvittää, koska jos muutos johtaa esimerkiksi kotimaisen ruoantuotannon kustannusten nousuun, se voi lisätä ruoan ja rehun tuontia ulkomailta. Vaikutusten arviointia tarvitaan tältä osin. Visionäärisempänä vaihtoehtona on edesauttaa kierrätysravinneteollisuuden kasvua esimerkiksi työllistämisen kautta, jossa kestävien työpaikkojen luomista helpotettaisiin verotuksen ja työnantajamaksujen kautta.

4.3.4 Teknologiakehitys

Teknologialla on keskeinen rooli kierrätysravinteiden turvallisuuden varmistamisessa. Turvallisuuden varmistamisella tarkoitetaan, että kierrätysravinteista voidaan poistaa mahdolliset haitta-aineet, kuten lääkkeet, raskasmetallit, hormonit, antibiootit tai nanopartikkelit, esimerkiksi erilaisilla regenerointitekniikoilla tai muilla teknisillä ratkaisuilla. Tämän lisäksi turvallisuudella tarkoitetaan, ettei kierrätysravinteiden käytöstä aiheudu suurempaa riskiä ympäristölle kuin mineraalisilla lannoitteilla esimerkiksi erilaisesta koostumuksesta johtuen. Ravinteiden laadunvarmistus tulisi olla selkeää ja läpinäkyvää.

Analytiikalla voidaan edistää ravinnekierron ratkaisuja, kun mitataan ja monitoroidaan oikeita asioita. Kehittyneempää analytiikkaa kaivataan vielä esimerkiksi edellä mainitun haitta-ainekierron ymmärtämisessä ja pientenkin pitoisuuksien havaitsemisessa. Myös reaaliaikainen ymmärrys erityyppisten lannoitteiden toimivuudesta (hyödynnettävyys, liukeneminen) ja satovasteesta nähdään tarpeelliseksi. Analytiikan kehittämisen osalta tulisi miettiä loppukäyttäjän tiedon tarvetta ja tuottaa vastauksia hänen kysymyksiinsä, ohjaamaan toimintaa kestäviin valintoihin.

Riskirahoitusinstrumentteja tulisi kehittää eri mittakaavan teknologisille ratkaisuille pilotteja tukemaan. Kyselyyn vastanneiden yritysten mukaan tutkimus- ja kehitystoimintaan on saatavissa rahoitusta, mutta uudentyypisen aloitettavan toiminnan tuki-instrumentit investointeihin puuttuvat. Koko arvoketjun kattavia pilotteja varten kaivataan niin valmiita lakitekniisiä malleja riskienjaosta kuin immateriaali-oikeuksistakin.

Sektorirajojen yli tapahtuva yhteistyö korostuu myös teknologiakehityksessä. Esimerkkinä viljelijän ja insinöörin yhteistyö satovasteen määrittelyssä, täsmäviljelymenetelmien kehittämisessä, lannoitteen levityslaitteistojen sekä peltoinfrastruktuurin suunnittelussa.

Lisäksi vesianalytiikan ratkaisujen kehittäminen sekä kustannustehokkaat erottelu- ja suodatus- sekä konsentroidintekniikat nousivat esiin teknologian kehittämistarpeina.

4.3.5 Markkinakysyntä

Kierrätysravinteiden markkinakysyntää rajoittaa mineraalilannoitteiden alhainen hinta. Ravinnekierron ratkaisujen kilpailukykyä voidaan parantaa sekä kehittämällä itse ratkaisuja että hahmottamalla paremmin erilaisten ratkaisujen vaikutuksia laajemmin, esimerkiksi Suomen kansantalouteen. Erilaisten ravinnekiertoa edistävien ratkaisujen kysyntää tulisi edistää tuottamalla luotettavaa tietoa ratkaisujen vaikutuksesta ekologiseen, taloudelliseen ja sosiaaliseen kestävyys. Ravinteiden tai ravinnetuotteiden ostajille ja käyttäjille voitaisiin esimerkiksi tuottaa

Uutta teknologiaa käyttävien pilottilaitosten rakentaminen haastaa nykyiset rahoitusjärjestelmät. Pioneerien luvittaminen voi olla yhteinen oppimisprosessi niin viranomaisille kuin toiminnanharjoittajillekin.

informaatiota ”ravinnejalanjäljen” muodossa ostopäätöstä tukemaan.

Muita ravinnekierron ratkaisuja rajoittavia tekijöitä ovat erityisesti jätepohjaisiin ravinteisiin liittyvät laatu- ja turvallisuuskysymykset. Sen lisäksi, että analytiikkaa kehitetään vastaamaan näihin kysymyksiin, esimerkiksi puhdistamolietepohjaisten lannoitevalmisteiden kysyntää voitaisiin edesauttaa järjestelmällisellä laadunvalvonnalla sekä avoimella viestinnällä.

Erilaisten ravinneratkaisujen ja –tuotteiden pilotit luovat mahdollisuuden vakuuttaa eri toimijat ja lisätä erityisesti ostajan sekä kuluttajan tietoisuutta. Myös sopimustuotantomallien kehittäminen ja hyödyntäminen edistävät kysynnän ja tarjonnan kehittymistä samanaikaisesti.

4.3.6 Konsepti- ja palvelukehitys

Liiketoiminnan kehittymisen myötä Suomeen muodostuu kierrätysravinneteollisuus, uusi sektori, joka yhdistää useita perinteisiä sektoreita. Menestyvä ja kannattava teollisuus

perustuu uudentyyppisiin ravinnekierron palveluihin ja liiketoimintakonsepteihin, joita kaikkia ei vielä ole olemassa. Vaikka tiekarttatyöhön osallistuneet pitivät konsepti- ja palvelukehitystä välttämättömänä, käytännössä kehitys ei vielä näyttäydy kovinkaan konkreettisenä. Tämä kertoo tilanteesta, jossa alan liiketoiminta on nuorta.

Lisäksi eri toimijoiden vastauksissa kyselyyn konseptien kehittämisen osaamista pidettiin Suomessa heikkona. Täähän kaivattiin sekä julkista panostusta että uusien yhteistyöverkostojen rakentamista. Kokonaisuusien hallinta edellyttää uudenlaista johtamista ja verkostojen hyödyntämistä.

Konsepti- ja palvelukehityksen perustana on asiakkaan tarpeen ymmärtäminen ja ennakointi, asia liittyy vahvasti myös kokeilutoimintaan. Mahdollisten asiakkaiden kanssa testataan uudenlaisia ansaintamalleja ja yhteistyötä. Ravinteiden kierrätyksen liiketoiminnan kehittämisen kannalta toiminnan tulee olla aiempaa syvällisempää, systematisempää ja pitkäjänteisempää. Kokeiluja voidaan hyvin tehdä yksittäisinä hankkeina, mutta niissä on oltava selkeä liiketoimintafokus. Vaikka kokeilu perustuisi julkisiin toimiin, tällöinkin tulisi olla mukana alusta alkaen myös liiketoiminnallistamista miettivä taho.

Suomessa on jo useita ravinteiden kiertoa edistäviä yrityksiä, mutta alueellisesti palvelutarjonta vaihtelee. Sen lisäksi että palvelua kehitetään suoraan paikalliseen tarpeeseen, toimivia kokeiluja tulee monistaa sekä kotimaassa että Suomen rajojen ulkopuolelle. Vastaavasti hyviä palveluratkaisuja voidaan monistaa Suomeen maailmalta, esimerkkinä tässäkin hankkeessa esitelty lannoitevuokrausliiketoimintamalli.



Ravinteet ovat yhteiskunnalle välttämätön resurssi. Uutta, merkittävää taloudellista arvoa saataisiin ravinteiden kiertojen kehittämällä ja ravinnehukan sekä siitä aiheutuvien ympäristöä vahingoittavien päästöjen vähentämällä. Sitra on nyt ensimmäistä kertaa arvioinut yhdessä Gaia Consultingin kanssa ravinteiden kierron taloudellisen potentiaalin Suomelle. Ravinteiden kierron vuosittaiseksi lisäarvoksi on tämän raportin pohjalta arvioitu yhteensä 510 miljoonaa euroa eli noin puoli miljardia.

Kiertotaloudessa materiaalit ja arvo kiertävät yhteiskunnassa. Tuotteille luodaan lisäarvoa palveluilla ja älykkyydellä. Tavoitteena on vähentää jätteen määrää ja luoda järjestelmä, missä hukkaa ei synny. Sitran ja McKinseyn Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle – raportissa laskettiin, että kiertotalous tarjoaa Suomen kansantaloudelle varovaisesti arvioiden 1,5–2,5 miljardin euron vuosittaisen lisän vuoteen 2030 mennessä.

Sitran selvityksiä 99

Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra on tulevaisuusorganisaatio, joka tekee töitä Suomen kilpailukyvyn ja suomalaisten hyvinvoinnin edistämiseksi. Ennakoimme yhteiskunnan muutosta, etsimme käytännön tekemisellä uusia toimintamalleja ja vauhditamme kestävään hyvinvointiin tähtäävää liiketoimintaa.