

LAB-ammattikorkeakoulun julkaisusarja, osa 47

Mari Sarvaala (toim.)

Päijäthämäläinen biokiertotalous

Esimerkkejä 2020-luvulta

LAB-ammattikorkeakoulun julkaisusarja, osa 47

Vastaava toimittaja: Minna Suutari

Tekninen toimittaja: Heli Vilja-Sarromaa

Taitto: Oona Rouhiainen

ISSN 2670-1928 (PDF)

ISSN 2670-1235 (painettu)

ISBN 978-951-827-415-8 (PDF)

ISBN 978-951-827-416-5 (painettu)

Lahti, 2022

Kannen valokuva: Raland. Aerial shot of foggy autumn morning at lake. Beautiful forest and sun rays.. Adobe Stock. Viitattu 29.6.2022. Saatavissa https://stock.adobe.com/fi/images/aerial-shot-of-foggy-autumn-morning-at-lake-beautiful-forest-and-sun-rays/276892277?prev_url=detail

Mari Sarvaala (toim.)

PÄIJÄTHÄMÄLÄINEN BIOKIERTOTALOUS

Esimerkkejä 2020-luvulta



PÄIJÄT - HÄMEEN LIITTO



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

Sisältö

KIRJOITTAJAT	5
ESIPUHE	6
Bioneeri - uusi tapa biojätteen erilliskeräykseen	8
Linda Karlström & Mari Sarvaala	
Hiilidioksidin talteenotto paikallisen kierto- talouden mahdollistajana	16
Sami Luste, Katja Kuparinen, Jukka Selin & Kusti Ruokamo	
Biomuovien mahdollisuudet	24
Vesa Taitto & Ossi Martikka	
└─ Biomuovien prosessointikokeet teollisuudessa	28
Ossi Martikka	
Jätevesilietteen mikrobiologinen muuntaminen PHA-biomuovin raaka-aineeksi	30
Merja Kontro	
└─ Jätevedestä valmistetun PHA:n hinta	36
Jubeen Sharbaf	
Uusiutuvien muovien tuotantoketjujen ympäristönäkökulmia	38
Ville Uusitalo	
Päijätthämäläisen biokiertotalouden tulevat näkymät	42
Mari Sarvaala	

Kirjoittajat

LINDA KARLSTRÖM (energia- ja ympäristötekniikan insinööri) työskentelee Salpakierto Oy:ssa projekti-insinöörinä ja BIOSYKLI-hankkeessa hän toimii Salpakierron osuuden projektipäällikkönä.

MERJA KONTRO (TkT, kemiantekniikka; ympäristöbiotekniikan yliopistonlehtori) työskentelee turvallisen veden ja jätteenkäsittelyn sekä niihin liittyvien biokierrotalouden lisäarvotuotteiden kehittämisen parissa Helsingin yliopistossa. BIOSYKLI-hankkeessa hän kehittää jätevesilietteen hiilen mikrobiologista muuttamista polyhydroksyalkanoaateiksi, biohajoavan muovin raaka-aineeksi.

KATJA KUPARINEN (TkT, energiatekniikka) työskentelee tutkijatohtorina LUT-yliopistossa uusien energiajärjestelmien laboratoriossa ja on BIOSYKLI-hankkeessa kartoittanut hiilidioksidin kierrätyksen mahdollisuuksia.

SAMI LUSTE (TkT, ympäristötieteet) työskentelee biokierrotalouden johtavana asiantuntijana LAB-ammattikorkeakoulussa. BIOSYKLI-hankkeessa hän on vastannut kierrätyshiilidioksidin käytön kaupallistamisesta ja yritys yhteistyöstä.

OSSI MARTIKKA (TkT, biokomposiitit/konetekniikka) toimii LAB-ammattikorkeakoulussa kierrotalouden TKI-asiantuntijana painopisteensä biomuovit, biokomposiitit sekä muovien kierrätys.

KUSTI RUOKAMO (materiaalitekniikan insinööri, muovitekniikka) työskentelee LAB-ammattikorkeakoulussa kehitysinsinöörinä kierrotalouslaboratoriossa ja kierrotaloutta edistävissä TKI-hankkeissa.

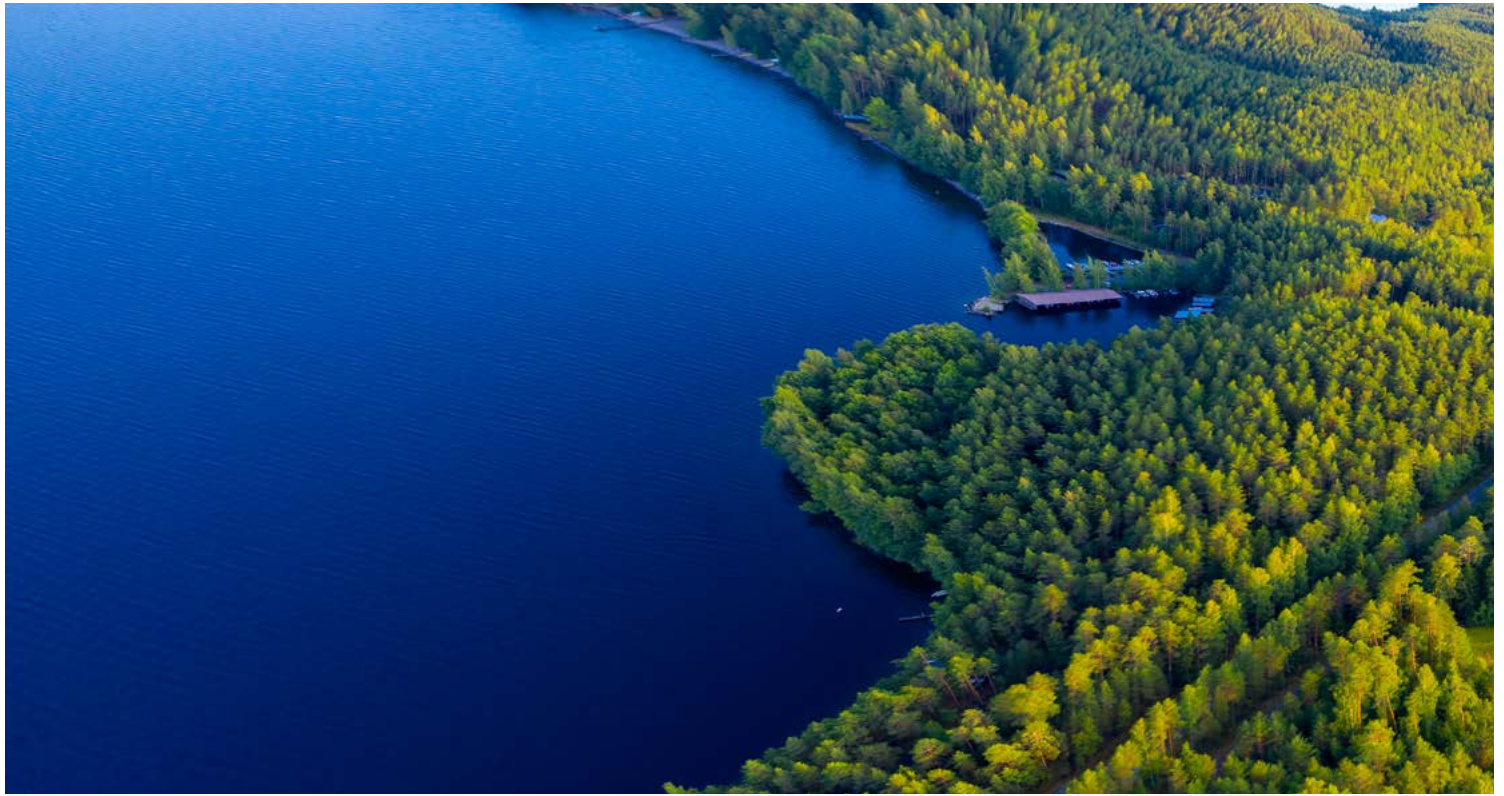
MARI SARVAALA (MMM, metsänhoitotiede; FM, ympäristötieteet) toimii LAB-ammattikorkeakoulussa biokierrotalouden TKI-asiantuntijana ja BIOSYKLI-hankkeen projektipäällikkönä.

JUKKA SELIN (FT, soveltava kemia) toimii kierrotalouden asiantuntijana Lahden Seudun Kehitys LADEC Oy:ssä ja BIOSYKLI-hankkeessa LADECin osalta projektipäällikkönä. Hänen kiinnostuksen kohteitaan ovat uudet innovaatiot teollisuudessa ja liiketaloudellisesti kannattava kaupallistaminen.

JUBEEN SHARBAF (M.Sc.) on tutkimusassistentti LUT-yliopiston Kestävyysmuutoksen laboratoriossa. BIOSYKLI-hankkeessa hän on tehnyt teknis-taloudelliset tarkastelut PHA-muovien tuotannolle jätevedestä.

VESA TAITTO (kauppatieteiden maisteri) on toimitusjohtajana Muoviyhdistys ry:ssä ja BIOSYKLI-hankkeessa hän toimii Muoviyhdistyksen osuuden projektipäällikkönä. Hänen kiinnostuksensa kohdistuu biokierrotalouden innovaatioiden kaupallistamiseen ja kansainvälistämiseen.

VILLE UUSITALO (apulaisprofessori) työskentelee LUT-yliopistolla kierrotalouden ratkaisujen kestävyysteemojen parissa. Hän toimii ympäristövaikutusten asiantuntijana BIOSYKLI-hankkeessa.



Esipuhe

Boomerit sekä X- ja Y-sukupolvet muistavat vielä ajan, jolloin kaatopaikalle dumpattiin kaikki jäte sekaisin ajattelematta sen vaikutusta ympäristöön. 1990-luvulla suomalaista kiertotaloutta ruvettiin onneksi kehittämään voimakkaasti jätteiden käsittelystä alkaen: kunnallisia jätelaitoksia perustettiin, kierrätyksestä ruvettiin puhumaan ja lainsäädäntöä uusittiin.

Samaan aikaan Päijät-Hämeessä ryhdyttiin aktiivisesti edistämään kiertotaloutta ja cleantech-toimintaa, alue profiloitui ympäristötekniikan edelläkävijäksi. Parikymmentä vuotta myöhemmin Suomen ensimmäinen alueellinen kiertotalouden tiekartta julkaistiin Päijät-Hämeessä vuonna 2017 ja se päivitettiin 2021.

Kiertotaloudessa pyritään materiaalien ja tuotteiden käyttöön niin, että ne hyödynnetään, korjataan ja käytetään uudelleen mahdollisimman pitkään. Näin jätteitä syntyy vähemmän ja toisaalta neitseellisiä raaka-aineita tarvitaan vähemmän. Biotalous puolestaan on uusiutuvien luonnonvarojen kestävää käyttöä, kuten peltojen, metsien ja vesistöjen raaka-aineiden tuotantoa ja jalostamista.

Kun biotalous ja kiertotalous yhdistetään toimintatapana, saadaan biokiertotalous, jossa eloperäistä materiaalia käytetään ja kierrätetään uusiksi raaka-aineiksi ja tuotteiksi kestäväällä tavalla.

Päijät-Hämeessä kiertotalous merkitsee materiaali- ja energiatehokkuutta sekä uusia biotalouden ratkaisuja. Kiertotalouden kautta syntyy uusia kaupallisia mahdollisuuksia, uudenlaisia tuotteita, palveluita ja toimintamalleja seudun yrityksille.



ja asukkaille. Hyviä esimerkkejä ovat Kujalan alueen teolliset symbioosit, jotka ovat syntyneet Salpakierron jätehuollon ympärille ja Viljaklusterin toiminta juoma- ja elintarvikeyritysten ympärillä.

Käsissäsi olevassa BIOSYKLI – Päijät-Hämeen biokiertoalouden -projektin loppujulkaisussa kerrotaan esimerkkejä, miten pääjätämäläistä biokiertoaloutta on viety eteenpäin viime vuosina tämän projektin toimesta. Projektin tarkoituksena on ollut kehittää tutkimuksen ja kokeilujen kautta alueelle uusia vähähiilisiä ratkaisuja yritysten käyttöön. BIOSYKLI-projektissa on kehitetty biojätteen erilliskeräystä, biomuovien tuotantoa ja käyttöä sekä biogeenisen hiilidioksidin hyödyntämistä.

LAB-ammattikorkeakoulun koordinoimaa BIOSYKLIä on rahoitettu Päijät-Hämeen liiton myöntämällä EAKR-osarahoituksella. Hankkeen osatoteuttajina ovat olleet LUT-yliopisto, Helsingin yliopisto, Salpakierto, Lahden Seudun Kehitys LADEC ja Muoviyhdistys.

Kesällä 2022
Mari Sarvaala
Projektipäällikkö

Linda Karlström, Salpakierto Oy
Mari Sarvaala, LAB-ammattikorkeakoulu

Bioneeri

- uusi tapa biojätteen erilliskeräykseen

Biojätteen lajittelussa on paljon potentiaalia ja sen keräys tulee tehostumaan. Salpakierto kokeili biojätteen erilliskeräystä Lahdessa. Asukkaat olivat erittäin tyytyväisiä kokeiluun, joka sai jatkoa.

Salpakierto Oy käynnisti syksyllä 2020 uudenlaisen biojätteen erilliskeräyskokeilun Lahden omakotitaloasujille. Bioneeriksi nimetyssä kokeilussa oli mukana 226 kotitaloutta seitsemältä eri asunalueelta. Ideana oli testata uudenlaista kustannustehokasta ja ympäristöystävällistä tapaa erilliskerätä pientalojen biojätteet.

Salpakierron tekemän sekajätteen koostumustutkimuksen mukaan taajama-alueen omakotitaloasujien sekajäte sisältää 43 % biojätettä (Salpakierto 2021). Bioneerin toteutushetkellä jätehuoltomääräykset eivät vielä velvoittaneet biojätteen erilliskeräystä alle 10 huoneiston kiinteistöiltä, mutta tilanteeseen on tulossa muutos. Heinäkuussa 2021 hyväksytyyn jätelain mukaan biojätteiden erilliskeräys tulee pakolliseksi ensin vähintään viiden huoneiston kiinteistöille taajamissa laajentuen myöhemmin kaikkiin kiinteistöihin yli 10 000 asukkaan taajamissa. Laajentuneet velvoitteet tulevat voimaan viimeistään vuonna 2024 (Ympäristöministeriö 2021).

Bioneerissa pakettiauto kerää pientalojen biojätteet

Bioneeri-mallin lähtökohtana oli ajatus, että jokaisella kotitaloudella ei tarvitse olla pihassaan perinteistä 140 tai 240 litran biojäteastiaa. Kokeilussa suurimmalla osalla asiakkaista oli 35 tai 50 litran biojätteen pienastia, ja vain pienellä osalla oli 240 litran biojäteastia, joka toimi Biolinkkinä (kuva 1). Pienastioiden tyhjennys hoidettiin pakettiautolla, joka siirsi ne isompiin Biolinkki-astioihin. Biolinkkien tyhjennyksestä vastasi jäteauto.

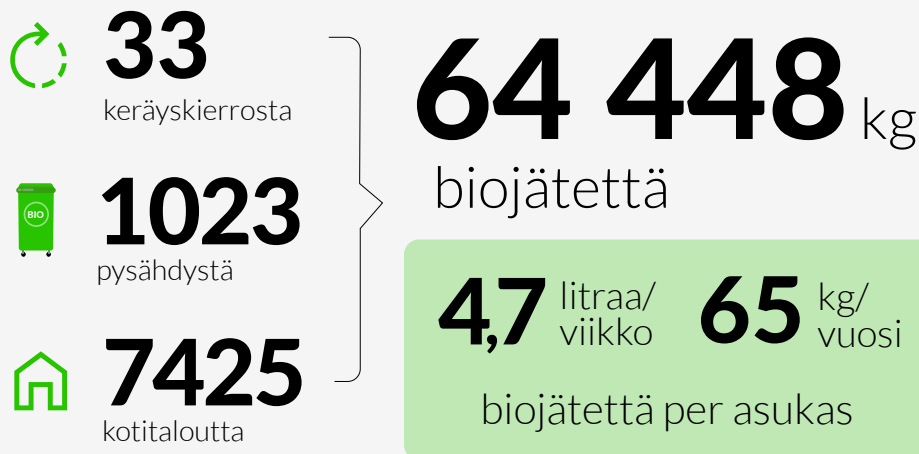


Kuva 1. Bioneerin erilliskeräysmallin palvelukuvaus. (Salpakierto 2020)

Koska Bioneeri oli täysin uudenlainen biojätteen erilliskeräysmalli, tietoa kerättiin ja analysoitiin sekä tuloksista ja palautteesta tiedotettiin säännöllisesti kokeilun aikana.

Bioneerissa toteutettiin pienastioiden punnituksia ja täyttöasteiden arviointeja sekä pakettiauton työtehon mittauksia. Asukkaiden biojätteille sekä seka- ja energiajätteille suoritettiin useampia koostumustutkimuksia. Asiakkaiden kokemukset olivat tärkeässä roolissa palvelun kehittämisen kannalta, joten asiakkaiden tyytyväisyyttä seurattiin jatkuvalla tyytyväisyyskyselyllä sekä aloitus- ja loppukyselyn avulla.

Vuoden keräyskokeilun aikana biojätettä kerättiin yhteensä lähes 65 000 kiloa. Biojätettä muodostui noin 65 kiloa vuodessa asukasta kohti. Biojätteen koostumustutkimuksien perusteella kerätystä biojätteestä keskimäärin 61 % on oikein lajiteltua biojätettä ja 39 % ruokahävikkiä. Ennen biojätteen keräyksen aloitusta Bioneerien sekajätteestä 61 % oli biojätettä, mutta viimeisimmän koostumustutkimuksen perusteella biojätteen määrä sekajätteessä väheni 14 %:iin. (kuva 2.)



Kerätystä biojätteestä

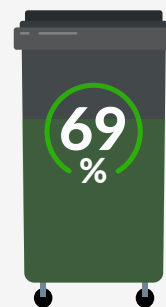


tuotetulla kaasulla voisi ajaa
128 896 km*



voitaisiin valmistaa
16 112 kg kompostia

*Biojätteen energiasisältö 64 448 kWh



Keskim.
pienastian
täyttöaste
69%

Pysähdykset vähentyvät **bioneerin** avulla 86%

Kuva 2. Bioneeri-kokeilun tulokset. Biojätettä syntyi 4,7 litraa asukasta kohti viikossa. (Kuva: Salpakierto 2022, muokannut Oona Rouhiainen)



“ *Biojätteen koostumustutkimuksen perusteella kerätystä biojätteestä keskimäärin 61 % on oikein lajiteltua ja 39 % ruokahävikkiä.*

”

Bioneerien tyytyväisyys korkealla tasolla

Asiakastyytyväisyyttä seurattiin koko kokeilun ajan auki olleen jatkuvan verkkopohjaisen tyytyväisyyskyselyn avulla. 86 % osallistujista oli erittäin tyytyväinen palveluun ja 99 % kokeilijoista suosittelisi palvelua toisille (kuva 3). Tämä näkyi keräyksen aikana tyytyväisyyskyselyn vastauksista, saapuneista palautteista ja myös kokeilua jatkaneiden määrästä. Tyytyväisyyttä ilmaistiin muun muassa ohjeistusta, erilliskeräysvälineitä ja tyhjennyksiä kohtaan.

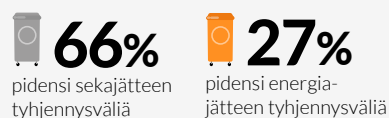
Palautteet kertoivat, että kokeilu on auttanut Bioneereja ymmärtämään kotitalouksessaan kertyvää biojätteen määrää sekä sen koostumusta. Samalla on huomattu sekajätteen määrän väheneminen. Kiitosta tuli esimerkiksi siitä, että myös lapset ylettyivät käyttämään pienempää ulkoastiaa, ja toisaalta palvelu sopi niillekin, jotka eivät itse pystyneet ylläpitämään kompostoria. Osa Bioneereista käytti kompostoria ennen kokeiluun osallistumista, mutta kokivat sen hoidon vaivalloiseksi, joten he halusivat siirtyä biojätteen erilliskeräykseen. Osa taas halusi biojätteen erilliskeräyksen kompostorin lisäksi.

Palvelu otettiin osaksi arkea ja siitä ei haluttaisi luopua. Pienen ulkoastian koettiin olevan sopivan kokoinen kertyvälle biojätteelle, lisäksi se mahtui paremmin pihaan verrattuna isompaan jäteastiaan. Bioneerin todettiin olevan hyvä toimintamalli ja paras moneen vuoteen tullut pientaloasumiseen liittyvä kehitys.

Palvelutyytyväisyys



Tyhjennysväli



Tiedätkö mitä biojätteelle tapahtuu kun se erilliskerätään?

76% kyllä
(aloituskyselyssä 44% kyllä)

16%
kertoi laittaneensa biojätettä sekajätteeseen Bioneerin aikana

54%
kertoi lajittelutottumuksien parantuneen **Bioneerin** myötä

Kuva 3. Bioneerien asiakastyytyväisyyttä mitattiin kyselyillä ja palautteilla. 99 % kokeilijoista suosittelisi palvelua toisille. (Kuva: Salpakierto Oy 2022, muokannut Oona Rouhiainen)

Kehitystoiveista moni liittyi jollain tapaa kokeilussa käytettyihin keräysvälineisiin. Ohjeistusta ei onnistuttu täysin jalkauttamaan asiakkaille. Ilmavan sisäkeräysastian ja ulkoastian suojasäkkien osalta osa koki, että ne olisivat voineet toimia paremmin. Sisäkeräysastialle ei löytynyt kaikilta tilaa kaapista. Näin kaikki eivät päässeet kokonaisuudessaan kokemaan astioiden ja pussien yhteiskäytön etuja. Kesän 2021 aikana koettiin myös poikkeuksellisen pitkiä hellekausia, jotka näkyivät runsaina kondenssivesinä tiiviissä keräysastioissa. Palautteissa toivottiinkin keinoja nesteen kertymisen estämiseen.

Muidenkin jätejakeiden lajittelu tehostui

Bioneereilla teetettiin aloituskysely ennen biojätteen erilliskeräyksen alkua ja loppukysely vuoden keräysjakson päätteeksi. Kyselyillä kartoitettiin muun muassa taustatietoa lajittelutottumuksista, jäteastioiden tyhjennysväleistä ja tietoa siitä, mitä asiakkaat ylipäättään tietävät biojätteen kierrätyksestä. Kyselyiden tulosten perusteella Salpakierro sai tietoa kokeilun onnistumisesta ja viestinnän vaikutuksesta.

Bioneeri-kokeiluun osallistuneista 66 % kertoi pidentäneensä sekajätteen tyhjennysväliä ja 27 % pidentäneensä myös energijätteen tyhjennysväliä (kuva 3). Tyhjennysvälin ennalleen jättäneistä totesi viitseliäisyyden vaikuttaneen siihen, ettei tyhjennysväliä tullut muutetuksi. Yleisin tyhjennysväli sekajätteelle oli neljä viikkoa, mutta suurella osalla tyhjennysväli oli pidempi, 8 viikkoa tai jopa 16 viikkoa. 54 % vastanneista totesi myös muiden jätejakeiden lajittelutottumusten parantuneen biojätteiden erilliskeräyksen aikana.

Tehtyjen seka- ja energijätteiden koostumustutkimusten perusteella kokeilussa mukana olleiden sekajäte sisälsi vielä 16 % biojätettä. Loppukyselyn vastausten perusteella yleisimmät syyt tähän olivat, etteivät kotitalouden muut asukkaat välttämättä lajittele, esimerkiksi lapset voivat vahingossa laittaa biojätettä väärään astiaan. Toinen vastauksissa korostunut seikka oli pilaantuneen ruoan hävitys, joka tapahtui rasioineen päivineen, eli pakkausta ja biojätettä ei viitsitty erotella toisistaan.

Tietoisuus biojätteen käsittelystä kasvoi huomattavasti kokeilun aikana. Aloituskyselyssä 44 % vastaajista kertoi tietävänsä mitä biojätteelle tapahtuu ja mitä siitä tehdään. Loppukyselyssä jo 76 % kertoi tietävänsä kysymykseen oikean vastauksen.

Johtopäätökset

Bioneeri-kokeilu koettiin kokonaisvaltaisena palveluna ja helppona tapana lajitella biojätteet. Biojätteiden erilliskeräys kannusti Bioneereja lajittelemaan tarkemmin myös muita jätteitä. Kun biojäte saadaan pois sekajätteestä, on moni halukas pidentämään sekajätteen ja energijätteen tyhjennysväliä.

Sekajätteeseen päätyy toisinaan biojätteen erilliskeräyksestä huolimatta pakattua biojätettä, joka koetaan epämiellyttäväksi tai aikaa vieväksi lajiteltavaksi. Erilliskeräysvälineisiin liittyviin ongelmatilanteisiin voidaan vaikuttaa usein neuvonnalla. Ulkoastian osalta tulee kuitenkin etsiä ratkaisua kondenssivesien muodostumiseen liittyen, jotta käyttökokemus olisi ympäri vuoden miellyttävä.

Bioneeri-malli soveltuu tiiviisti asutuille taajama-alueille, jossa tyhjennyskohteet ovat lähellä toisiaan ja tyhjennykset tehdään 1–2 viikon välein. Mallissa pienastioiden koko on suunniteltu kahden viikon tyhjennysvälille, joten pidemmällä tyhjennysrytmillä ulkoastian koko jää asukkaalle liian pieneksi. Pitkien välimatkojen takia mallia ei sellaisenaan suositella haja-asutusalueelle. Salpakierron toimialueella haja-asutuksen biojätteen kierrätys suoritetaan pääasiassa kompostoimalla.

LUT-yliopiston suorittaman elinkaarimallinnuksen perusteella suurin vaikutus saadaan, mikäli biojätteestä tuotetulla biokaasulla voidaan korvata fossiilista liikennekäyttöistä polttoainetta. Lisäksi biojätteiden erilliskeräyksen ja biojätteen ohjaamisen biokaasuprosessiin todettiin olevan parempi vaihtoehto kuin biojätteen polttaminen sekajätteen mukana. (Innanen & Uusitalo 2021.)

Bioneerin avulla Salpakierto sai tärkeää tietoa ja kokemusta tulevaa jätelakimuutosta ja kiristyviä biojätteen erilliskeräysvelvoitteita varten. Kerätty biojättemäärä saatiin ohjattua biokaasu- ja kompostointilaitokselle, josta biojätteestä voitiin jalostaa biokaasua ja kompostia. Lisäksi biojätteen lajittelun lisääminen mahdollistaa kierrätysasteen nostamista. EU:n tavoitteen mukaan 60 % syntyvästä yhdyskuntajätteestä tulee kierrättää vuonna 2030.

Lahden seudun jätehuoltoviranomainen myönsi kokeilulle jatkoa kesään 2024 asti.

Tutustu:

[Bioneeri-kokeilun loppuraportti](#)



Lähteet

Innanen, S. & Uusitalo, V. 2021. Biojätteen erilliskeräys- ja hyötykäyttövaihtoehtojen ilmastomuutosvaikutukset. LUT-yliopisto. Julkaisematon raportti.

Salpakierto. 2021. Jätteen koostumustutkimus osoitti sekajätteen sisältävän vielä runsaasti kierrätyskelpoista materiaalia. Viitattu 28.12.2021. Saatavissa <https://salpakierto.fi/jatteen-koostumustutkimus-osoitti-sekajatteen-sisaltavan-vielä-runsaasti-kierratyskelpoista-materiaalia/>

Ympäristöministeriö. 2021. Jättesäädöspaketti. Viitattu 20.9.2021. Saatavissa <https://ym.fi/jatesaadospaketti>

Kuvat

KUVA 1. Salpakierto. 2020. Tutkittavan erilliskeräysmallin kuvaus. Viitattu 8.4.2022. Saatavissa <https://salpakierto.fi/bioneeri/biosykli/>

KUVA 2. Salpakierto. 2022. Bioneeri - Biojätteen erilliskeräyskokeilu Lahdessa: Salpakierto Oy 2020–2021. Viitattu 8.4.2022. Saatavissa <https://salpakierto.fi/wp-content/uploads/2022/02/Bioneeri-loppuraportti.pdf>

Sivu 11. Spiske, M. 2018. Unsplash. Adobe Stock. Viitattu 17.8.2022. Saatavissa <https://unsplash.com/photos/71uUjlt3cls>

Sivu 15. Julia Sudnitskaya. Young green grass with dew drops in morning sunny lights. Beautiful nature landscape with water droplets. Adobe Stock. Viitattu 8.4.2022. Saatavissa https://stock.adobe.com/fi/images/young-green-grass-with-dew-drops-in-morning-sunny-lights-beautiful-nature-landscape-with-water-droplets/320576435?asset_id=320576435

A close-up photograph of green grass blades covered in water droplets. The scene is backlit by a bright sun, creating a soft, golden glow and a bokeh effect in the background. The focus is sharp on the central blade, with droplets of varying sizes glistening on its surface.

“

*Lahden seudun jätehuolto-
viranomaisen myönsi
BIONEERI-kokeilulle jatkoa
kesään 2024 asti.*

”

Sami Luste, LAB-ammattikorkeakoulu
Katja Kuparinen, LUT-yliopisto
Jukka Selin, Ladec
Kusti Ruokamo, LAB-ammattikorkeakoulu

Hiilidioksidin talteenotto paikallisen kiertotalouden mahdollistajana

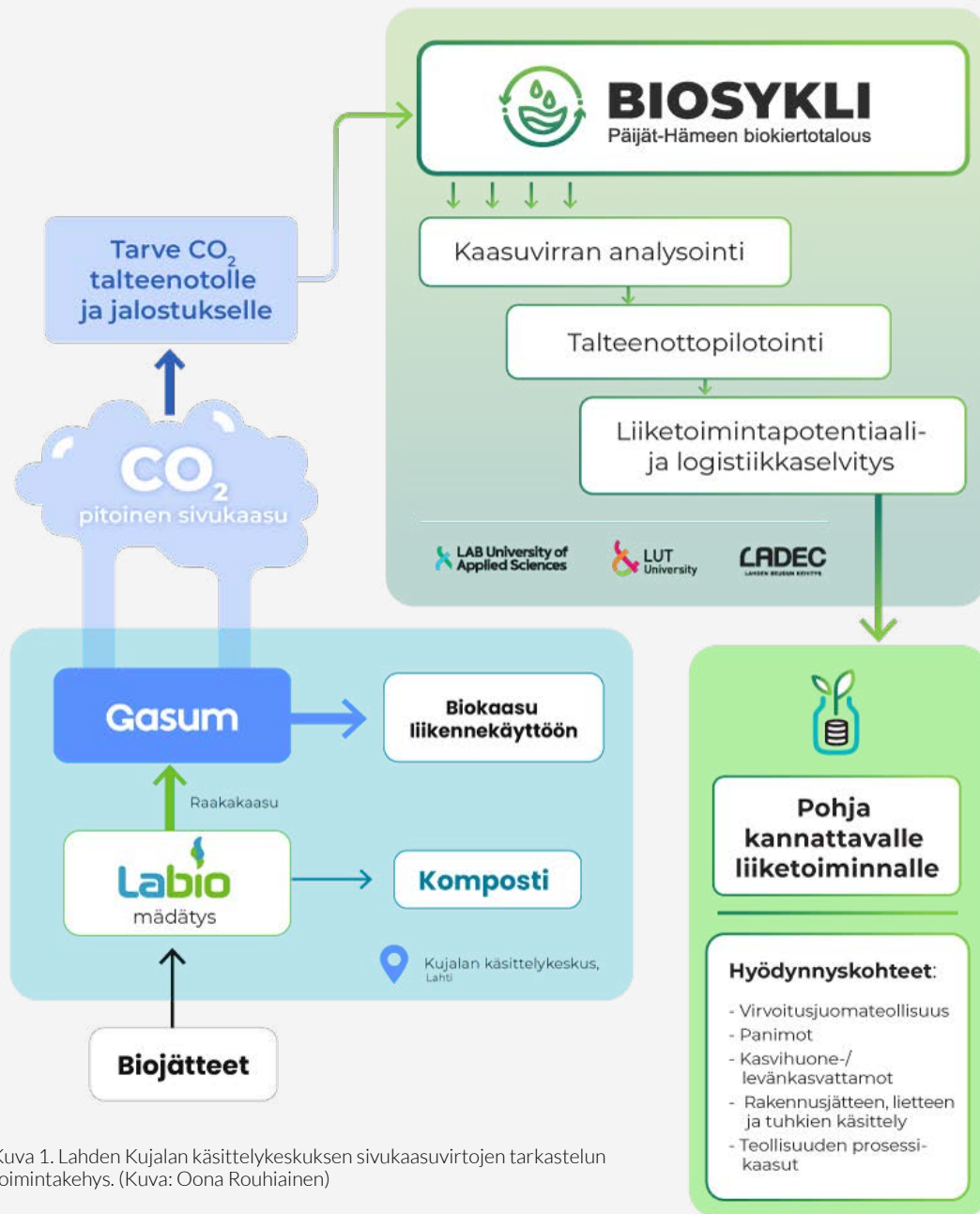
Case Kujala

Hiilidioksidin talteenotto ja hyötykäyttö tarjoavat merkittävän mahdollisuuden moderniin kiertotalouteen ja ilmastovaikutusten pienentämiseen. Päijät-Hämeen alueella on lukuisia hiilidioksidin lähteitä ja käyttäjiä, mutta tuottajien ja käyttäjien yhdistäminen on vielä alkutekijöissään.

Hiilidioksidilla (CO₂) on koko hiilen kiertoa ja ilmastopäästöjä indikoiva rooli, ja se on erityisten ominaisuuksiensa (mm. hyvä liukoisuus, yhteyttämiskaasu, matala kriittinen piste) ansiosta myös usean prosessin sivutuote sekä raaka-aine.

Biopohjaisen hiilen hyödyntämistä, uudelleenkäyttöä ja tähän liittyvää liiketoimintaa osana hiilidioksidin kiertotaloutta ei ole toistaiseksi juuri olemassa, vaikka fossiilista hiilidioksidia myydään ja käytetään sääntelyn ja päätöksenteon pohjana useilla sektoreilla. Teollisuudessa käytetään, tuotetaan ja jatkojalostetaan merkittävästi hiilidioksidia, mutta nämä virrat eivät toistaiseksi kohtaa. Biomassaperäisen hiilidioksidin (bioCO₂) käyttö edistää vähähiilisyttä ottamalla talteen ja hyödyntämällä "päästöjä", sekä vähentämällä fossiilisen CO₂:n tuotanto- ja logistiikkatarvetta.

Yksi Päijät-Hämeen kiinnostavista tutkimuskohteista on Labion biokaasulaitoksen hiilidioksidivirta Lahden Kujalassa. Artikkelissa tarkastellaan biokaasun liikennekäyttöjalostuksessa syntyvän sivukaasun hyödynnyksen reunaehtoja ja mahdollisuuksia. (kuva 1)

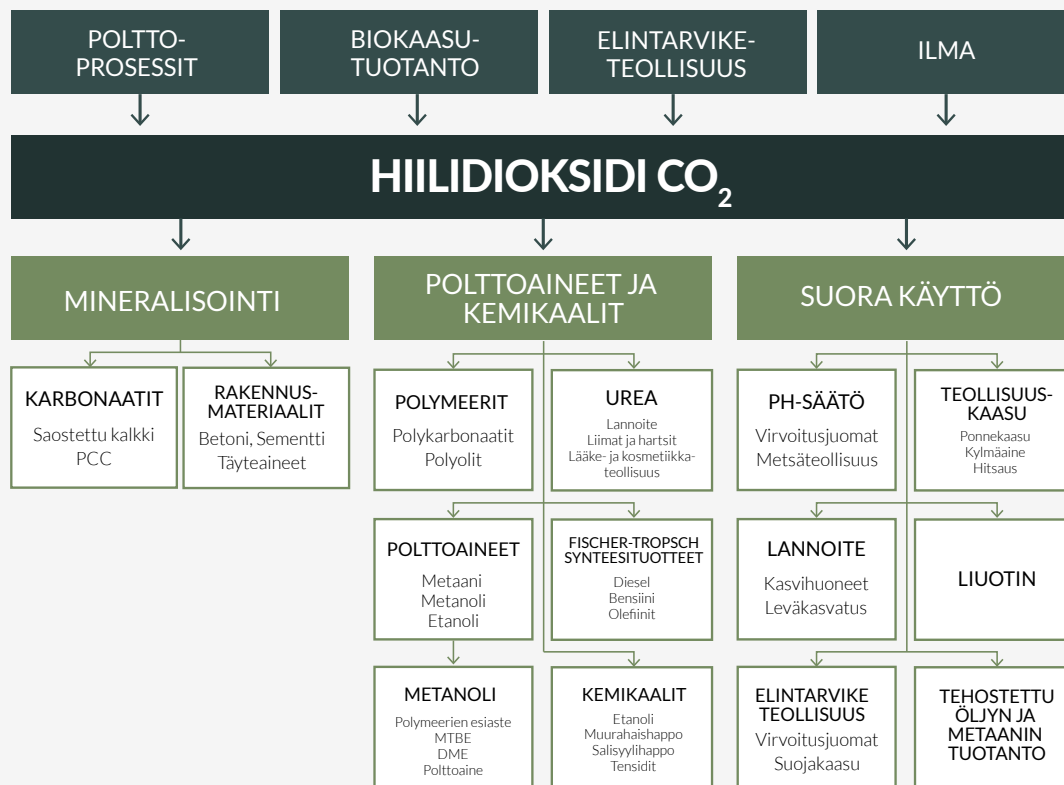


Kuva 1. Lahden Kujalan käsittelykeskuksen sivukaasuvirtojen tarkastelun toimintakehys. (Kuva: Oona Rouhiainen)

Hiilidioksidin monipuolinen hyötykäyttö

Hiilidioksidia hyödynnetään esimerkiksi ruoka- ja juomateollisuudessa prosessi-kaasuna ja hiilihapotuksessa, sellu- ja paperiteollisuudessa, hitsauksen suoja-kaasuna, kasvihuoneissa ja leväviljelyssä, erilaisten teollisuusprosessien pH:n säädössä ja tuhkien, purkubetonin ja sakkujen stabiloinnissa.

Hiilidioksidille löytyy useita uusia käyttökohteita, kuten betonin kovettaminen ja lukuisten polttoaineiden ja kemikaalien valmistus. Bioperäisen hiilidioksidin käytölle etsitään myös tutkimuksen keinoin uusia käyttökohteita, kuten muovien valmistus ja hiilivetyperusteisten liikennepolttoaineiden valmistus synteesisimenetelmin. Kuvas-
sa 2 on esitetty erilaisia hiilidioksidin käyttökohteita.



Kuva 2. Hiilidioksidin lähteitä, päähyödyntämisreitit ja mahdollisia käyttökohteita. (Kuva: Katja Kuparinen, muokannut Oona Rouhiainen)

Hiilidioksidia käyttävät prosessit ovat erilaisia, ja siksi esimerkiksi vaatimukset hiilidioksidin puhtaudelle vaihtelevat. Hiilidioksidin onnistunut kierrättäminen edellyttää tietoa saatavilla olevien ja tarvittavien hiilidioksidivirtojen määristä ja puhtaudesta, sekä hiilidioksidia hyödyntävien prosessien reunaehdoista ja niiden taustoista.

Bioperäisen hiilidioksidin hyödyntämisen ympäristövaikutukset riippuvat talteenoton, käsittelyn ja kuljetuksen päästöjen lisäksi siitä, kuinka pitkäksi aikaa hiilidioksidi sitoutuu hyötykäyttökohteessa.

Esimerkiksi kasvihuonekäytössä hiilidioksidi vapautuu nopeasti, osa jo suoraan kasvihuoneesta ja kasveihin sitoutunut osuus kasvien elinkaaren päättyessä. Polttoaineisiin sitoutunut hiili puolestaan vapautuu, kun polttoaine poltetaan. Tällöin ei siis tuoteta nettonegatiivisia päästöjä, vaan kun biohiilidioksidilla korvataan fossiilista hiiltä, vähennetään fossiilisen hiilidioksidin määrää ilmakehässä.

Parhaimmillaan näissä kierrätysvaihtoehdoissa päästään nollopäästöön, kun alun perin biomassasta peräisin oleva hiili kiertää lukuisten prosessien kautta ilmakehään ja sitoutuu sieltä takaisin kasvavaan biomassaan aloittaakseen kierron uudelleen.

BIOSYKLI-projektissa käytiin läpi useita Päijät-Hämeen kohteita, joissa kohtaanto hiilidioksidin tuotannon ja käytön vaateiden välillä saataisiin liiketaloudellisesti kannattavasti aikaan. Lahdessa sijaitseva Kujalan käsittelykeskus on biomassaperäisen hiilidioksidin liiketoiminnan kehittämisen kannalta mielenkiintoinen ympäristö,

sillä sen läheisyydessä on erityyppisiä hiilidioksidin potentiaalisia hyödyntäjiä, kuten tuhkan ja purkubetonin läjitys, energiantuotanto, panimo- ja virvoitusjuomateollisuus.

Talteenottokeissa selvitettiin hiilidioksidikaasun ominaisuuksia

Gasum jalostaa Kujalassa biokaasusta liikennepolttoainetta. Jalostukseen käytetään tällä hetkellä vesiabsorptiota sekä aktiivihiihiuodatusta. Biokaasuvirrasta (60 % metaania (CH₄), 40 % CO₂) erotettava hiilidioksidi (n. 5000 t/a) päätyy muun sivukaasun mukana ilmakehään. Liikennebiokaasun valmistuksessa syntyvät sivukaasut eroavat koostumukseltaan raakabiokaasusta (taulukko 1).

Taulukko 1. Raakabiokaasun ja sen jalostuskaasujen keskimääräisiä pitoisuuksia kirjallisuudesta. (Ahonen 2010)

	CO ₂ %	CH ₄ %	SO ₂ n mg/m ³	NO _x n mg/m ³	CO mg/ m ³	H ₂ S ppm
Biokaasu yhteismädätyslaitokset	35 ±5	65 ±5	-	-	-	~1400
Biokaasu jätevesilaitokset	40 ±5	60 ±5	-	-	-	~3200
Biokaasu CHP-laitokset savukaasu			~800	~940	~1150	~560
Liikennebiokaasupuhdistuksen rejektikaasu	13 ±2	0,3 ±0,1	~7000	-	~30000	~60

Hiilidioksidin talteenottoa pilotoitiin prosessin sivukaasuvirrasta (~2200 m³/h) fyysikaaliseen vesiabsorptioon perustuvalla hiilidioksidin erotus- ja rikastusmenetelmällä. Menetelmä perustuu kaasujen veteen liukenemiseen (absorptio) ja liuenneiden kaasujen vedestä vapauttamiseen (desorptio).



Kuva 3. Hiilidioksidin talteenoton laitteistoa kontissa. (Kuva: Kusti Ruokamo)

Taulukkoon 2 on koottu kaasusta mitattuja pitoisuuksia ennen talteenottokokeita ja niiden jälkeen. Hiilidioksidin konsentraatio sivukaasussa oli noin 10–13 % ja pilot-mittauksessa se saatiin konsentroitua 95 %:iin. Membraani- eli kalvoerotusta hyödyntämällä arvioiduksi teoreettiseksi koostumukseksi saataisiin hiilidioksidia 97 %, happea 1,7 % ja loput typpeä. Membraanierotus yleistyy kaasun puhdistuksen muotona mm. Gasumin laitosten biokaasun käsittelyssä.

Taulukko 2. Puhdistamattoman (metodi FTIR) ja puhdistetun (metodi kaasukromatografiset menetelmät) sivukaasun havainnoidut pitoisuudet. (Kuva: Sami Luste)

YHDISTE	Puhdistamaton raakakaasu	Puhdistettu kaasu
	PITOISUUS	PITOISUUS
Hiilidioksidi CO ₂ [vol %]	10,04	80,31
Hiilimonoksidi CO [ppm]	200	43,71
Typimonoksidi NO [ppm]	ei mitattu	57,82
Typidioksidi NO ₂ [ppm]	1,68	41,76
Ammoniakki NH ₃ [ppm]	ei mitattu	2,44
Vetykloridi HCl [ppm]	4,02	0,54
Vetyfluoridi HF [ppm]	ei mitattu	0,01
Metaani CH ₄ [ppm]	1013,3	414,33
Etyleeni C ₂ H ₄ [ppm]	ei mitattu	8,47
Propaani C ₃ H ₈ [ppm]	ei mitattu	11,13
Heksaani C ₆ H ₁₄ [ppm]	19,81	10,8
Formaldehydi CHO [ppm]	ei mitattu	0,15
Metanoli CH ₄ O [ppm]	91,98	4,75
Metyyliasetatti C ₃ H ₆ O ₂ [ppm]	ei mitattu	2,11
Etyyliasetatti C ₄ H ₈ O ₂ [ppm]	4,37	0,68
Fenoli C ₆ H ₆ O [ppm]	ei mitattu	3,34
Asetaldehydi C ₂ H ₄ O [ppm]	ei mitattu	1,33
Hydroksiasetoni C ₃ H ₆ O ₂ [ppm]	9,98	18,21
TOC [ppm]	1034	447
Rikkidioksidi SO ₂ [ppm]	1,5	0
Happi (O ₂) [vol %]	18,95	5,43
Vesikaasu H ₂ O [vol %]	1,27	0,62
Etanoli C ₂ H ₆ O [ppm]	81,93	0
Etikkahappo C ₂ H ₄ O ₂ [ppm]	11,07	0
Maitohappo C ₃ H ₆ O ₃ [ppm]	3,59	ei mitattu
Rikkivety H ₂ S [ppm]	2	ei mitattu



Talteenotetun kaasun paikallisen hyötykäytön mahdollisuudet

Hiilidioksidin tuotantovolyymi Kujalassa on noin 5000 t/vuosi. Markkina-arvo biokaasun sivujakeen hiilidioksidille on noin 650 000 euroa vuodessa (markkinahinta-arvio 130 €/tCO₂).

Poistokaasun puhdistuksessa on huomioitava erityisesti rikkiyhdisteet, jotka ovat haitallisia lähes kaikissa hiilidioksidin käyttökohteissa. Käyttökohteesta riippuen poistokaasun puhdistamiseen voi riittää vain rikkiyhdisteiden poistaminen esimerkiksi rautaoksidilla tai absorptioliuoksilla, mutta esimerkiksi kylmäaineena käytettäessä kaasusta tulee poistaa myös happi, typpi ja kosteus (Rasi & Rintala 2007). Keskeistä onkin tunnistaa hiilidioksidin puhdistustarve, sillä kaikissa kohteissa prosessiin vaadittavan hiilidioksidin ei tarvitse olla lähelläkään elintarvikehyödynnykseen vaadittavan hiilidioksidin puhtautta (>99 %) (European Union (EU) 2012).

Toinen vaikuttava seikka on logistiikka. Hiilidioksidia kuljetetaan ja varastoidaan paineenalaisena nesteytettynä kaasuna (yli 5,2 bar, lämpötila -56,6–30,6°C). Yhdestä nestemäisestä hiilidioksidilitrasta saadaan noin 440 litraa kaasumaista hiilidioksidia. Lähellä hyödynnettäessä hiilidioksidi on mahdollista siirtää myös kaasumaisessa muodossa.

Kolmantena kannattavuustarkasteluissa esiin nousseena seikkana kierrätyshiilidioksidin hyödynnyksessä on sen brändiarvo resurssitehokkaille tai hiiltä sitoville tuotteille.

Biokaasun jalostusprosessissa syntyvä hiilidioksidia sisältävä sivuvirta on teoreettisesti mahdollista puhdistaa elintarvikekelpoiseksi. Alueellinen kulutus huomioiden tuotettu määrä on mahdollista saada hyötykäyttöön, sillä elintarvikekelpoisen hiilidioksidin kulutukseksi lähialueen käyttökohteissa voidaan arvioida noin 5000–6000 t/vuosi. Kun huomioidaan laadultaan epäpuhtaamman hiilidioksidin hyödynnysmahdollisuudet, kulutustarve on huomattavasti korkeampi.

Logistiikkaselvityksessä (Leskelä 2022) tehtiin liiketaloudelliset tarkastelut kahdelle eri menetelmälle hiilidioksidin talteenottamiseksi ja puhdistamiseksi elintarviketandardien mukaiseksi. Lisäksi tarkasteltiin kustannuksia hiilidioksidin siirtämisestä loppukäyttäjälle rekka-autokuljetuksena tai sen pullottamista.

Talteenottotarkastelussa verrattiin vesiabsorptiota sekä membraanierotusta. Teoreettisen tarkastelun perusteella vesiabsorptiomenetelmällä ei elintarviketeollisuuden puhtausvaatimukseen tulla pääsemään.

Sitä vastoin membraanierotuksella arvioitiin hiilidioksidipitoisuuden nousevan jopa 99,9 %:iin, jolloin elintarvikepitoisuus saavutettaisiin. Häkää (CO) saa olla enintään 10 µg/l ja öljyä enintään 5 mg/kg. Myös happo- ja pelkistävien aineiden pitoisuus on rajattu. (European Union (EU) 2012) Hiilidioksidin elintarviketeollisuuden puhtausvaatimukseen pääsemiseksi hiilidioksidi vaatii lisäksi nesteytyksen, jossa aktiivihiili-suotimen ja stripperi-kiehuttimen avulla saadaan hajua ja makua tuottavat komponentit sekä lauhumattomat kaasut poistettua vedestä.

Logistiikkaselvityksen (Leskelä 2022) perusteella hiilidioksidin tuotantohinta membraanierotuksella olisi kustannustehokkaimmillaan noin 160 €/tCO₂. Jos lisäksi huomioidaan hiilidioksidin kuljetus autolla (n. 10 km), kustannus on arviolta 170 €/tCO₂. Vesiabsorptiolla vastaavat tuotantohinnat ovat 230 €/tCO₂ ja 240 €/tCO₂. Hinnat ovat tämänhetkistä markkinahintaa (n. 130 €/tCO₂) korkeammat.

Jotta hinta saataisiin kilpailukykyiseksi, hiilidioksidin tuotantomäärää pitäisi kasvat-
taa tai hyödyntää epäpuhtaampaa laatua. Epäpuhtaampaa hiilidioksidia on mahdollista hyödyntää kohteissa, joissa hiilidioksidin seassa olevista kaasuista ei ole haittaa tekniikalle, lopputuotteelle tai käyttäjälle. Kustannustehokkaan hiilidioksidikierrätyksen näkökulmasta on tärkeää tarkastella tapauskohtaisesti, millaisia puhtausvaatimuksia kaasulle tarvitsee käytännössä asettaa.

Myynnissä olevan teollisen, lääkkeellisen ja elintarvikehiilidioksidin pitoisuudet vaihtelevat välillä 99,5–99,99 %. Kasvihuonekäytössä on huomioitava mm. rikkiyhdisteiden, typen oksidien, hiilimonoksidin ja eteenin pitoisuudet (Roy et al. 2014). Leväkasvatuksessa puhtauskriteerit on selvitettävä tapauskohtaisesti levän loppukäyttö huomioiden. Levien kohdalla typen saatavuus voi olla jopa toivottavaa.

Kemianteollisuudessa on lukuisia hiilidioksidin käyttökohteita, joista synteettisten polttoaineiden valmistus on ollut vahvasti esillä viime aikoina (Lehtonen et al. 2019). Esimerkiksi metanointiprosessissa puhtausvaatimukset riippuvat prosessista, valitusta katalyytistä ja sen valmistajasta, mutta tyypillisesti haitallisia ovat erityisesti katalyyttimyrkyt, pahimpina rikkivety, rikkidioksidi ja suolahappo.

Prosessiteollisuudessa laitevalmistajat asettavat virtaus- ja vaahdotuskaasuille pitoisuusraja-arvoja, jotka vaativat kohdekohtaista testausta likaisempaa hiilidiok-

sivivirtaa käytettäessä, mutta eivät välttämättä ole este kierrätyshiilidioksidin käytölle. Karbonaatioon perustuvissa käyttökohteissa on mahdollisuuksia hyödyntää epäpuhtaampaa ja jopa puhdistamatonta hiilidioksidivirtaa.

Hiilidioksidin kierrätys on tulevaisuuden liiketoimintaa

Biokaasuprosessista erotettu hiilidioksidi voidaan muuttaa päästön sijaan myyntituotteeksi. Pullotettua, elintarvikelaatuista hiilidioksidia voidaan myydä myös alueen ulkopuolelle, kun taas rekka- tai putkistokuljetuksen asiakkaiden (esimerkiksi kasvihuone) tulee olla lähempänä.

Haasteina ovat puhtausvaatimusten lisäksi talteenoton, puhdistuksen ja kuljetuksen kustannukset, jotka edellä arvioidun mukaan ylittävät jo saatavilla olevan fossiilisen hiilidioksidin hinnan. Lisäksi etenkin pienten ja keskisuurten tuottajien ja käyttäjien välille tarvitaan logistiikasta huolehtiva toimija.

Lisääntyvä ympäristötietoisuus ja asiakkaiden vaatimukset, sekä hiilidioksidin nousussa ollut markkinahinta voivat lähitulevaisuudessa madaltaa kynnystä kierrätysliiketoiminnan aloittamiseen. Liiketoimintaa voidaan tukea luomalla verkosto, jossa tuottajat ja käyttäjät löytävät toisensa sekä jakamalla tietoa eri prosesseissa syntyvän ja tarvittavan hiilidioksidin ominaisuuksista.

Päijät-Hämeen hiilidioksidiekosysteemin rakentaminen jatkuu kannattavaksi tunnistetuimpien symbioosien käytäntöön viemisen kautta.

Lähteet

Ahonen, A. 2010. Alueellinen liikennebiokaasun tuotanto, siirto ja jakelu - esimerkitapauksena Keski-Suomen maakunta. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän Yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos. Jyväskylä. Viitattu 17.5.2022. Saatavissa <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/24851/1/URN%3ANBN%3Afi%3A-jyu-201008122457.pdf>

European Union (EU). 2012. Commission Regulation (EU) No 231/2012 of 9 March 2012 Laying Down Specifications for Food Additives Listed in Annexes II and III to Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council Text with EEA Relevance. Viitattu 6.10.2021. Saatavissa <http://data.europa.eu/eli/reg/2012/231/2020-07-02>

Lehtonen, J., Järnefelt, V., Alakurtti, S., Arasto, A., Hannula, I., Harlin, A., Koljonen, T., Lantto, R., Lienemann, M., Onarheim, K., Pitkänen, J.-P., & Tähtinen, M. 2019. The Carbon Reuse Economy: Transforming CO₂ from a Pollutant into a Resource. Espoo: Teknologian tutkimuskeskus VTT. Viitattu 17.5.2022. Saatavissa <https://doi.org/10.32040/2019.978-951-38-8709-4>

Leskelä, J. 2022. Hiilidioksidin logistiikkaselvitys. Sweco Industry Oy. BIOSYKLI-hankkeelle tehty sisäinen selvitys. Julkaisematon aineisto.

Rasi, S. & Rintala, J. 2007. Biokaasun tuotantoketjusta erotetun hiilidioksidin käyttökohteet ja puhdistusmenetelmät. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos. Viitattu 17.5.2022. Saatavissa <https://docplayer.fi/17296915-Biokaasun-tuotantoketjusta-erotetun-hiilidioksidin-kayttokohteet-ja-puhdistusmenetelmät.html>

Roy, Y., Lefsrud, M., Orsat, V., Filion, F., Bouchard, J., Nguyen, Q., Dion, L.-M., Glover, A., Madadian, E. & Lee, C. 2014. Biomass Combustion for Greenhouse Carbon Dioxide Enrichment. Biomass and Bioenergy. Vol. 66, 186–196. Viitattu 17.5.2022. Saatavissa <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.03.001>

Kuvituskuva

Sivu 21: Natascha. Biogasanlage für Energieerzeugung. Adobe Stock. Viitattu 17.5.2022. Saatavissa <https://stock.adobe.com/fi/images/biogasanlage-fur-energieerzeugung/211142799>

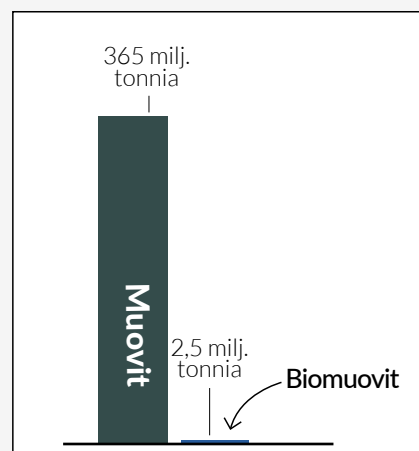
Vesa Taitto, Muoviyhdistys ry.
Ossi Martikka, LAB-ammattikorkeakoulu

Biomuovien mahdollisuudet

Hintaero pitää biomuoveja marginaalissa

Muovialan toimijat ovat valmiita käyttämään biomuoveja kunhan hinnasta sovitaan. Muovien biomääritelmät ovat kuitenkin vielä sekavia ja kaipaavat tarkentamista.

Biomuovien markkina kasvaa vain noin 200 tonnia vuosittain, kun muovien kulutus kokonaisuudessaan kasvaa vuosittain noin 10 miljoonaa tonnia (Plastics Europe 2022). Biopohjaisten muovien volyymin kasvu on ollut viime vuosina siis 50 kertaa vähäisempää kuin muovien kokonaisvolyymien kasvu, poikkeuksena koronavuosi 2020 (European Bioplastics 2021).



Kuva 1. Biomuvien määrä on vielä marginaalinen suhteessa muovien kokonaistuotantoon maailmassa. (Plastics Europe 2022)(Kuva: Oona Rouhiainen)

Biosykli-hankkeessa kartoitettiin muovialan toimijoiden näkemyksiä henkilökohtaisin haastatteluin, sekä testattiin biopohjaisia muoveja kahdessa ruiskuvaluyrityksessä.

Haastatteluja tehtiin muovituotteita valmistavissa yrityksissä (mm. ekstruusio ja ruiskuvalu), raaka-aineita valmistavissa ja jakelevissa yrityksissä sekä koneita valmistavissa ja toimittavissa yrityksissä. Haastattelut tehtiin vuoden 2020 aikana, ja markkinatilanne on muuttunut huomattavasti sen jälkeen. Huoltovarmuuden merkitys on korostunut, mikä lisää entisestään kiinnostusta bio- ja uusiomuoveihin jatkossa.

Biomuoveista ja biopohjaisista muoveista puhutaan paljon, mutta tällä hetkellä tarjonta ei vastaa kysyntää. Liian iso hintaero ”perinteisiin” muoveihin sekä saatavuus ovat suurimpia esteitä biomuovien käytölle. Biomuovit ovat suuri liiketoimintamahdollisuus raaka-ainetoimittajille sekä muovituotteiden valmistajille erottautua massasta.

Muoviala näkee kiertotalouden mahdollisuutena

Muovialan toimijat näkevät kiertotalouden lisäämisen välttämättömänä mahdollisuutena. Uusiomuovien käyttö ei ole nykyään pelkästään tapa säästää kustannuksissa, vaan varsinkin kuluttajia lähellä olevissa tuotteissa se voi olla myyntiargumentti. Valmistavissa yrityksissä omasta tuotannosta syntyvää hukkamateriaalia on osattu käyttää luonnollisesti jo aiempinakin vuosina eli materiaalitehokkuus ymmärretään.

Yrityksen koosta riippumatta kiertotaloudella nähdään olevan tulevaisuutta. Vastuullisuudesta ja erityisesti ympäristövastuullisuudesta on tullut valtavirtaa. Ero on huomattava, kun vertaa tilanteeseen 10 vuotta sitten. Sekä teolliset että kuluttaja-asiakkaat ovat tulleet vaativammiksi ja lainsäädännön tiukentuminen vaikuttaa myös vastuullisuuteen.

Yrityksillä on yhä useammin ympäristöjohtamisjärjestelmiä, ja teollisilta asiakkailta tulee enemmän vaatimuksia ja kysymyksiä elinkaarianalyseistä, hiilijalanjäljestä ja kierrätettävyydestä. Kaiken kaikkiaan asian ympärillä on paljon projekteja lähes kaikissa yrityksissä. Tulevina vuosina tulee myös lainsäädännön pakottamana lisääntyvää tarvetta uusiomuoveihin.

Sekä ekstruusio- että ruiskuvalupuolen konetoimittajat ovat mukana kehittämässä kiertotalousratkaisuja ja osaltaan vaikuttavat tuoterakenteiden hakemiseen, jossa voidaan mahdollistaa kierrätettävämmät ratkaisut ja/tai käyttää enemmän kierrätysmateriaalia tuoterakenteissa. Laittevalmistajien mukaan kiertotalouden ratkaisu- ja ja uusiomateriaalien käyttöä estävät erityisesti regulaatio ja tekniset rajoitteet.

Teknisiä haasteita ei yleisesti ottaen liiemmästi nähdä, esimerkiksi drop-in-polyolefiinit toimivat täysin samoin kuin fossiiliset vaihtoehdot. Biokomposiitit taas voivat olla teknisesti haastavia, ne vaativat muotiltakin paljon sekä enemmän energiaa prosessissa. Tiettyjen biohajoavien muovien (esim. PHA, polyhydroksyalkanoaatti) prosessi-ikkuna voi olla taas hyvin kapea.

Biomuovien termistö sekavaa

Valitettavasti termille biomuovi ei ole vakiintunutta määritelmää, vaan se on pikeminkin markkinointisanastoa (SFS-EN 16575: 2014, 14). Osittain termille löytyy kyllä standardoitu määritelmä. Eurooppalaisessa standardissa EN 17228:2019 on määritetty mm. terminologiaa koskien biopohjaiset polymeerit, muovit ja muovituotteet.

Yleinen etu olisi, että termille ”biomuovi” olisi yksi yhtäläinen määritelmä, joka olisi kaikkien toimijoiden tiedossa ja käytössä. Vaikka käytettäisiinkin tarkentavia lisämääreitä, kuten ”biopohjainen”, ei tämäkään vielä kerro paljoakaan tuotteen ekologisuudesta – esim. standardin EN 17228:2019 (sivut 6–9) mukaan biopohjainen muovi on tuotettu kokonaan tai osin biomassasta, ilman että sekoitteen tapauksessa vähimmäissuhdelukua on määritetty. Myös termi ”biohajoava” tarkoittaa vain sitä, että tuote voi olla biohajoava, ilman tarkempaa määrittelyä hajoamisen edellytyksenä olevista olosuhteista.

Biopohjaisuus tarkoittaa käytännössä materiaalin olevan peräisin uusiutuvasta, eloperäisestä lähteestä, eli biomassasta. Tämä poissulkee maaperästä erotetun ja fossiilista alkuperää olevan eloperäisen materiaalin (SFS-EN 17228:2019, 6–7). Uusiutuvalla materiaalilla tarkoitetaan sellaista materiaalia, jota käytetään tuotteen valmistamiseen, joka korvautuu luonnollisten prosessien kautta sen kulutukseen verrannollisella suhteella (CEN-TR 16208:2011, 6).

Helposti unohtuu, että biopohjainen muovi ei välttämättä tarkoita biohajoavaa, eikä myöskään sitä, että se on valmistettu pelkästään biomassasta. Fossiilinen muovi voi olla biohajoava ja täysin biopohjainen muovi ei ole biohajoava – kyse on muovin koostumuksesta ja sen molekyylien välisistä sidoksista.

Lähteet

European Bioplastics. 2021. Bioplastics market data. Viitattu 10.3.2022. Saatavissa <https://www.european-bioplastics.org/market/>

CEN-TR 16208. 2011. Biobased products. Overview of standards. Bryssel: CEN Management Centre.

Plastics Europe. 2022. Plastics - the Facts 2021. Viitattu 10.3.2022. Saatavissa <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2021/>

SFS-EN 17228. 2019. Plastics. Bio-based polymers, plastics, and plastics products. Terminology, characteristics and communication. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN 16575. 2014. Biopohjaiset tuotteet. Sanasto. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Kuvituskuva

Sivu 27: Ryzhov, S. Centrifuge for plastic granules. Adobe Stock. Viitattu 15.8.2022. Saatavissa <https://stock.adobe.com/fi/images/centrifuge-for-plastic-granules/328267337>



“ *Helposti unohtuu, että biopohjainen muovi ei välttämättä tarkoita biohajoavaa, eikä myöskään sitä, että se on valmistettu pelkästään biomassasta.*

“

Ossi Martikka, LAB-ammattikorkeakoulu

Biomuovien prosessointi- kokeet teollisuudessa

BIOSYKLI -projektin puitteissa toteutettiin kahden eri biomuovilaadun käytännön kokeilut ruiskuvalu yrityksissä: TK-Työkalutiimi Oy:ssä Hollolassa sekä Greenfox Oy:ssä Joensuussa.

Ensimmäisessä testattiin polyhydroksyalcanoatti (PHA) -muovin toimivuutta kulmasuojien (kuva 1) ruiskuvalussa. Jälkimmäisessä yrityksessä kokeiltiin PHA:n lisäksi, kuinka myöskin täysin biohajoava polybutyraattidipaattitereftalaatti (PBAT) -muovi soveltuu soljen osien (kuva 2) ja hieman suuremman kotelon kansikappaleen (kuva 3) valmistamiseen. Taulukossa 1 on esitetty yrityskokeissa käytettyjen biomuovien käytön kannalta huomioitavat ominaisuudet niiden valmistajien mukaan.

Taulukko 1. Testattujen biomuovien ominaisuuksia valmistajien mukaan (Specialchem 2022a,b).

Ominaisuus	Ecoworld® Biodegradable Polymer (PBAT)	ENMAT Y1000P (PHA)
Tiheys (g/cm ³)	1,26	1,25
Sulamispiste (C)	115	170–176
Vetolujuus (MPa)	>18	39
Murtovenymä (%)	>500	2
Pehmeämislämpö (°C, Vicat)	>90	166

Käytännön ruiskuvalussa PHA ei tuottanut merkittäviä haasteita, sitä pystyttiin käsittelemään kuin volyyminuoveja. Merkittävin ero volyyminuoveihin oli kapea prosessoinnin lämpöikkuna. Valmistetut kappaleet olivat hyvin muodossa, ja valmistus onnistui täysin automaattisesti. Materiaali oli voimakkaasti jälkikristallisoituvaa, joten melko kovana kyseinen muovilaatu ei osoittautunut parhaaksi mahdolliseksi solkien joustaviin lukkokappaleisiin tai kulmasuojiiin.

PBAT-muovi haastavaa käsitellä

PBAT on hyvin elastinen ja sitä voi prosessoida laajalla lämpötila-alueella. Elastisuus osoittautuikin suurimmaksi haasteeksi yhdessä valtamuoveista poikkeavan viskositeetin kanssa. PBAT oli liian pehmeää, jotta siitä valmistetut kappaleet irtoaisivat muotista kovemmille volyyminuoveille suunnitelluilla ulostyöntäjillä.

Monimutkaisimpia kappaleita, kuten soljen lukko-osaa, ei pystytty lainkaan valmistamaan PBAT-muovista, sillä muotti ei täyttynyt kokonaan ruiskutusparametreista riippumatta, eivätkä kappaleet irronneet muotista. Soljen pohjaosa onnistui kohtuullisesti, siinäkin haasteena oli muotin vajaa täytyminen sekä kappaleen tarttumisen muottiin. Kansikappaleessa puolestaan muotti täyttyi hyvin, mutta kannet tarttuivat muottiin, joten nekin piti valmistaa käsiajolla.

Biomuovien prosessointi ei operattorin kannalta poikennut valtamuoveista, parametrien säädöillä niitäkin pystyttiin ruiskuvalamaan. Kokeilu osoitti, että biohajoavia muoveja alkaa olla tarjolla moneen käyttöön, tosin ne eivät välttämättä ole joka sovelluksen ratkaisuja.



Kuva 1. PHA-muovista valmistettu kulmasuoja. (Kuva: Ossi Martikka)



Kuva 2. Solki, jonka alaosa on PHA-muovia ja ylempi osa PBAT-muovia. (Kuva: Ossi Martikka)

Lähteet

Specialchem. 2022a. Ecoworld® Biodegradable Polymer. Technical datasheet. Viitattu 14.6.2022. Saatavissa <https://omnexus.specialchem.com/product/t-jinhui-zhaolong-high-technology-ecoworld-biodegradable-polymer>

Specialchem. 2022b. ENMAT™ Y1000P. Technical datasheet. Viitattu 14.6.2022. Saatavissa <https://omnexus.specialchem.com/product/t-tianan-biologic-materials-enmat-y1000p>



Kuva 3. Kokeilussa ruiskuvalattu PHA-muovinen kansi. (Kuva: Ossi Martikka)

Merja Kontro, Helsingin yliopisto

Jätevesilietteen mikrobiologinen muuntaminen

PHA-biomuovin raaka- aineeksi

Biopolymeerit, kuten polyhydroksyalkanoaatit (PHA), ovat tärkeitä vaihtoehtoja öljyperäisille polymeereille, koska ne ovat 100 % biohajoavia, silti kestäviä ja kierrättävät hiiltä. Niille on ympäristöystävällisiä valmistusprosesseja sekä valtava määrä eri käyttöalueita kulutushyödykkeistä lääketieteeseen.

Euroopan yhteisön yhdyskuntajätevesien käsittelyn direktiivin mukaan käsitelty jätevesi ja syntyvä liete on käytettävä uudelleen aina kun se on tarkoituksenmukaista (European Union (EU) 2019). Hävitysreittien on minimoitava haitalliset vaikutukset ympäristöön. Tällä hetkellä jäteveden käsittelystä syntyvän lietteen uudelleenkäyttö on kuitenkin hyvin rajallista ja vesilaitosten vapaasti valittavissa. Yleisimmin lietteestä tuotetaan biokaasua tai sitä käytetään maisemointiin.

EU:n tavoitteena on olla ilmastoneutraali vuonna 2050. Tämä kunnianhimoinen tavoite ei ainoastaan merkitse kasvihuonekaasujen nettopäästöjen vähentämistä vuoteen 2050 mennessä, vaan myös resurssien tehokasta käyttöä siirtymällä puhtaaseen kiertotalouteen. Tämän saavuttamiseksi kaikilla sektoreilla, mukaan lukien vesiala, on siirryttävä kohti kiertotaloutta ympäristön kannalta turvallisella tavalla (Gherghel et al. 2019; Lam et al. 2020).

BIOSYKLI-projektissa on tavoitteena edistää siirtymää kohti hiilineutraaliutta ottamalla talteen jätevedestä raaka-aineita käytettäväksi resurssina arvokkaiden tuotteiden valmistuksessa siirtymänä kiertotalouteen.

Jätevesilietteessä paljon arvokkaita komponentteja

Kunnallinen jätevesi sisältää huomattavia määriä orgaanista biomassaa, jossa voi olla hyödyllisiä hiilipohjaisia materiaaleja, kuten selluloosaa, ligniiniä, humushappoja, fulvohappoja ja humiinia, jotka sopivat biopohjaisten tuotteiden kuten biokemikaalien ja biokomposiittien valmistukseen (kuva 1) (Guo et al. 2019; Palmieri et al. 2019; Cristina et al. 2020; Chen et al. 2021).

Jätevesilietteen arvokkaita komponentteja ovat myös lannoitteena käytettävät fosfori, proteiineista ja ureasta vapautuva typpi, sekä niiden kanssa käytettävä kalium, sekä toisaalta metallit ja muut alkuaineet (mm. Al, Cu, Cd, Pb, Zn) (Gherghel et al. 2019; Leyva-Díaz et al. 2020). Jätevesilietteestä voidaan myös eristää lipidejä biopolttoaineeksi tai voiteluaineeksi. Jätevesivirtausta voidaan käyttää esim. lipidejä keräävän *Microthrix sp.*:n viljelyyn, jolloin lipidit uutetaan, käsitellään ja muunnetaan biodieseliiksi tai voiteluaineeksi (Rosetti et al. 2005).

Biohiiltä, bioöljyä ja orgaanisia happoja kuten etikkahappoa saadaan jäteveden selluloosapitoisesta materiaalista veden poiston ja kuivauksen jälkeen pyrolyysissä (Lam et al. 2020). Näiden arvokkaiden materiaalien (esim. entsyymit) hyödyntäminen voisi vähentää luonnonvarojen käyttöä ja siitä aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä, sekä edesauttaa kiertotalouden toteutumista (Gherghel et al. 2019).

Jätevedet tarjoavat myös hiililähteen biohajoavien biomuovien raaka-aineen, polyhydroksyalcanoattien (PHA) tuotantoon, joka on mahdollinen korvaaja öljypohjaisille muoveille. Orgaaninen materiaali voidaan muuttaa mikrobiologisesti varastorasvaksi, PHA:ksi, vaikka jätevesi tai jätevesiliete eivät sisällä tätä ainetta suurempina määrinä ilman rikastamista (Gherghel et al. 2019).



Kuva 1. Jätevedestä ja sen lietteestä voidaan eristää useita erilaisia yhdisteitä. (Kuva: Merja Kontro)

Jätevesilietteen raaka-aineet osana kestävää kehitystä

PHA:ta ja muita jätteen arvokomponentteja rikastamalla vältytään hiilipohjaisten biologisten materiaalien muuntamiselta anaerobisessa mädätyksessä hiilidioksidiksi ja metaaniksi, eli biokaasuksi, kuten nykyisissä jätevedenkäsittelyn käytännöissä usein tapahtuu, vaan ne muunnetaan arvokkaiksi tuotteiksi ja samalla vähennetään kasvihuonekaasupäästöjä. Lyhyellä aikajänteellä biokaasu on hyvä energialähde, mutta pitkällä aikajänteellä olisi parempi perustaa energiantuotanto muihin muotoihin kuin hiileen perustuvaan, ja sen sijaan kierrättää hiili arvokkaimpien lopputuotteiden, kuten PHA:n valmistukseen (Gherghel et al. 2019; Lam et al. 2020).

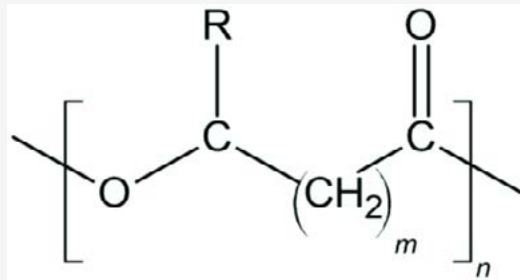
Jätevedestä peräisin olevien materiaalien älykkäämpi käyttö luo turvallisen ja kestäväen raaka-aineiden saatavuuden teollisuudelle. Tämä auttaa luomaan uusia työpaikkoja, tukee innovaatioita ja lisää kilpailukykyä. Jätevesien resurssien älykkäämpi käyttö auttaa myös suojelemaan ympäristöä ja samalla säilyttämään välttämättömät resurssit nykyisille ja tuleville sukupolville. Tätä potentiaalia ei kuitenkaan ole tähän mennessä juurikaan hyödynnetty, mikä johtaa arvokkaiden materiaalien ehtymiseen, kasvihuonekaasupäästöihin ja luonnonvarojen tehottomaan hyödyntämiseen (Lam et al. 2020).

Koska tietoisuus synteettisten, fossiilisiin raaka-aineisiin perustuvien muovien haitallisista ympäristövaikutuksista on lisääntynyt, biopohjaisten muovien tuotannon ja käytön tutkimukseen kiinnitetään entistä enemmän huomiota. Biomuovien fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet ovat verrattavissa synteettisiin öljypohjaisiin muoveihin. Osa biomuoveista on biohajoavia, ja molempia voidaan valmistaa uusiutuvista ja kestävästä luonnonvaroista. Näiden etujen ansiosta biomuoveilla on suuret mahdollisuudet korvata suuri osa fossiilisten muovien markkinoista. Biohajoavuus auttaa lieventämään muoveihin liittyviä ympäristöongelmia. Biopolymeerit, kuten PHA, ovat tärkeitä vaihtoehtoja öljyperäisille polymeereille, koska ne ovat 100 % biohajoavia ja silti kestäviä, kierrättävät hiiltä, ja niille on ympäristöystävällisiä valmistusprosesseja sekä valtava määrä eri käyttöalueita kulutushyödykkeistä lääketieteeseen (Folino et al. 2020; Meereboer et al. 2020; Di Bartolo et al. 2021).

Polyhydroksialkanoaattien tuotanto

PHA:t ovat täysin biohajoavia luonnon polyestereitä, joilla ei ole haitallisia vaikutuksia biologisiin organismeihin. Monet erityisesti Gram-negatiiviset ja Gram-positiiviset bakteerit keräävät luonnollisesti PHA:ta solunsisäisiksi hiilen ja energian varastoiksi, kun ravinteita (happi, typpi, fosfori, pH:n muutos) on saatavilla rajoitusti ja hiiltä paljon. Tarvittaessa bakteerit käyttävät myöhemmin nämä PHA-hiilivarastot ravintona. PHA:sta valmistetut biomuovit ovat myös täysin kierrätettävissä orgaanisena jätteenä. (Sabapathy et al. 2020).

Rakenteellisesti PHA:t voidaan luokitella lyhytketjuisiin tai keskipitkiin hiiliatomien lukumäärän perusteella haarautuvissa polymeerien ketjuissa, joissa hiiliatomien määrä vaihtelee 3–14 välillä (kuva 2).



Kuva 2. Polyhydroksyalkanoaattien rakenne. (Mannina et al. 2020).

PHA:n tuotantokustannusten vähentämiseksi tarvitaan substraatteina halvempia hiilen lähteitä. Monet viimeaikaiset tutkimukset ovat tunnistaneet jäteveden puhdistuslaitosten, maatalouden tai elintarviketeollisuuden jätevirrat edullisiksi hiilen lähteiksi, joilla voidaan alentaa PHA:n hintaa (Mannina et al. 2020).

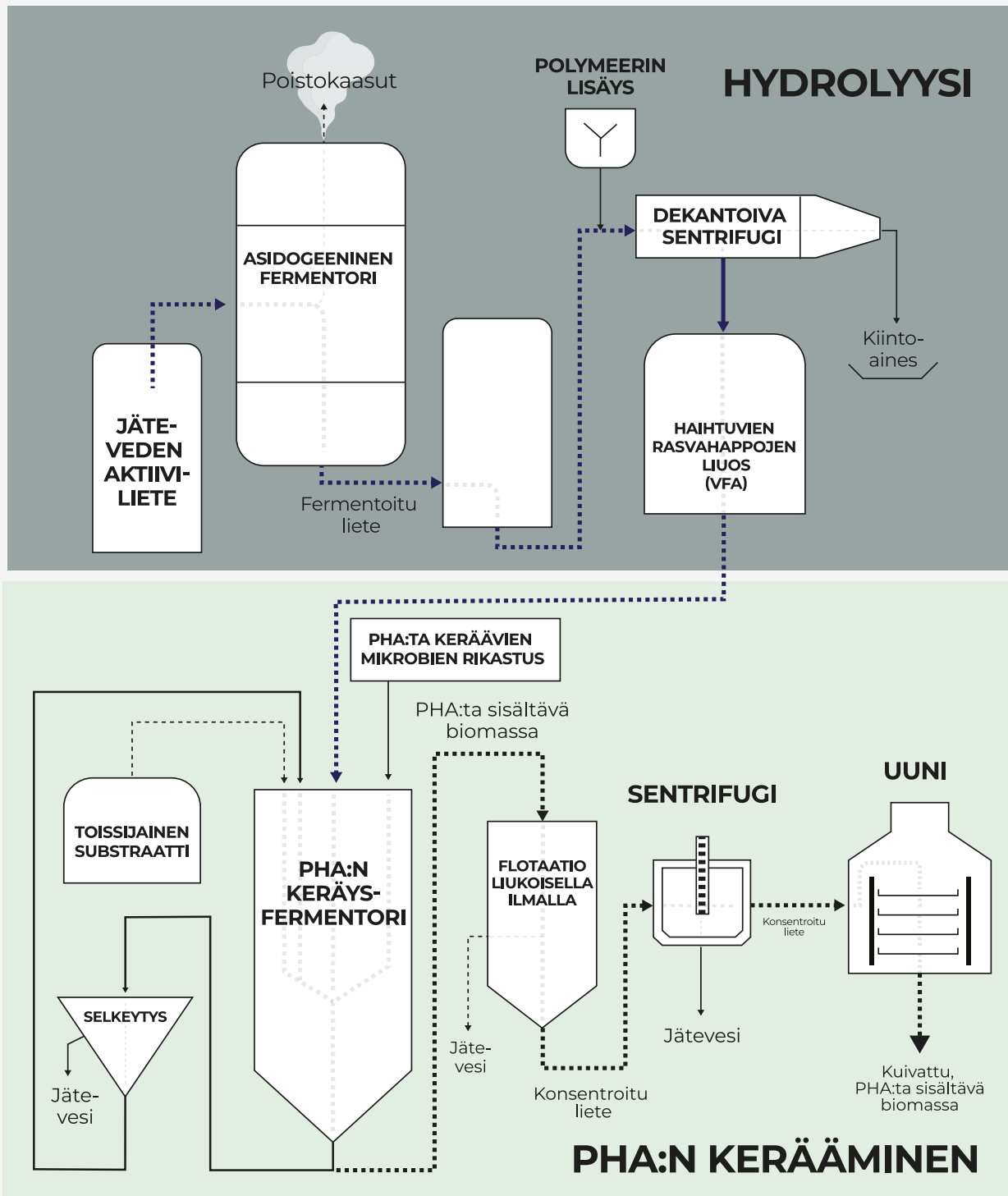
Jäteveden puhdistamoilta peräisin olevan primäärilietteen tai aktiivilietteen käyttö hiililähteenä PHA:n tuotannossa on osoitettu mahdolliseksi monissa tutkimuksissa. Liette voidaan muuttaa haihtuviksi rasvahapoiksi happamoittavassa käymisprosessissa estämällä metanogeeninen vaihe ja biokaasun tuotto anaerobisessa mädätysprosessissa. Aktiivilietettä voidaan käyttää myös PHA:ta keräävien bakteerien lähteenä, koska sen sekabakteeriviljelmiä sisältää useita bakteereja, jotka tuottavat PHA:ta luonnollisesti. Tällöin vältetään kalliimmilta PHA:n tuotantomenetelmiltä käyttäen steriilejä puhdasviljelmiä. Jäteveden puhdistukseen integroidun PHA-tuotannon biojalostamon lisätutkimus voi hyvin tehdä siitä kilpailukyisen synteettisten muovien kanssa (Mannina et al. 2020; Sabapathy et al., 2020).

PHA:n tuotanto jätevesilietteestä perustuu prosessiin (kuva 3), jonka ensimmäisessä vaiheessa jätevirtojen orgaaniset yhdisteet hydrolysoidaan eli muunnetaan lyhytketjuisiksi haihtuviksi rasvahapoiksi (VFA) (Morgan-Sagastume et al. 2015).

Hydrolyysiä tehdään usein anaerobisesti, jolloin ongelmana on mahdollinen biokaasun tuotto ja sen välttämiseksi hydrolyysissä voidaan myös käyttää aerobisia olosuhteita (Sabapathy et al. 2020). Monet aktiivilietteessä olevista mikro-organismeista voivat muuttaa VFA:t edelleen varastorasvoiksi PHA:n muodossa (Sabapathy et al. 2020).

Toisessa vaiheessa näitä PHA:ta kerääviä bakteereita rikastetaan luomalla hyvän kasvun ja puutostilan vaihtuva järjestelmä säätäen ravinteiden, kuten typen, fosforin ja hapen määrää, sekä pH:ta. Hyvän kasvun aikana nämä bakteerit tuottavat PHA:ta solunsisäisenä hiilen ja energian varastona, jota ne voivat kuluttaa substraatin puutumisvaiheessa. PHA:ta keräävät bakteerit syrjäyttävät ajan myötä muut bakteerit, joiden kasvua ravinteet rajoittavat. Tämän jälkeen VFA:t syötetään PHA:ta kerääville bakteereille solunsisäisen PHA:n määrän maksimoimiseksi (Morgan-Sagastume et al. 2015). Vedenpoiston ja biomassan kuivaamisen jälkeen PHA:t voidaan uuttaa ja jatkokäsitellä sopiviksi muovituotteiksi. (Mannina et al. 2020).

BIOSYKLI-projektissa hydrolyysibioreaktorit kehitettiin noin 30 litran pilot-vaiheeseen vastaavilla VFA-saannoilla kuin kirjallisuudessa. PHA:n saanto viiden litran akkumulaatiobioreaktorissa oli 56 % kuiva-aineesta, mikä vastasi peräti noin 80 % saantoa orgaanisesta aineesta.



Kuva 3. Polyhydroksyalkanoaattien tuotantoprosessi. (Morgan-Sagastume et al. 2015, muokannut Oona Rouhiainen)

Lähteet

- Chen, D.-Y., Li, W.-T., Pan, S.-Y. 2021. Performance evaluation of cascade separation for a humic substance and nutrient recovery from piggery wastewater toward a circular bioeconomy. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. Vol. 9(24), 8115–8124. Viitattu 22.6.2022. Saatavissa <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.1c01106>
- Cristina, G., Camelin, E., Ottone, C., Garofalo, S.F., Jorquera, L., Cartro, M., Fino, D., Schiappacasse, M.C., Tommasi, T. 2020. Recovery of humic acids from anaerobic sewage sludge: Extraction, characterization and encapsulation in alginate beads. *International Journal of Biological Macromolecules*. Vol. 164, 277–285. Viitattu 22.6.2022. Saatavissa <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.097>
- Di Bartolo, A., Infurna, G., Dintcheva, N.T. 2021. A review of bioplastics and their adoption in the circular economy. *Polymers*. Vol. 13(8), 1229. Viitattu 22.6.2022. Saatavissa <https://doi.org/10.3390/polym13081229>
- European Union. 2019. 31991L0271 - Neuvoston direktiivi 91/271/ETY yhdyskuntajätevesien käsittelystä. Viitattu 25.5.2022. Saatavissa <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1991/271/oj>
- Folino, A., Karageorgiou, A., Calabrò, P.S., Komilis, D. 2020. Biodegradation of wasted bioplastics in natural and industrial environments: A review. *Sustainability*. Vol. 12(15), 6030. Viitattu 22.6.2022. Saatavissa <https://doi.org/10.3390/su12156030>
- Gherghel, A., Teodosiu, C., De Gisi, S. 2019. A review on wastewater sludge valorisation and its challenges in the context of circular economy. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 228, 244–263. Viitattu 22.6.2022. Saatavissa <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.240>
- Guo, K., Gao, B., Wang, W., Yue, Q., Xy, X. 2019. Evaluation of molecular weight, chain architectures and charge densities of various lignin-based flocculants for dye wastewater treatment. *Chemosphere*. Vol. 215, 214–226. Viitattu 22.6.2022. Saatavissa <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.048>
- Lam, K.L., Zlatanović, L., van der HOek, J.P. 2020. Life cycle assessment of nutrient recycling from wastewater: A critical review. *Water Research*. Vol. 173, 115519. Viitattu 22.6.2022. Saatavissa <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115519>
- Leyva-Díaz, J.C., Monteoliva-García, A., Martín-Pascual, J., Munio, M.M., García-Mesa, J.J., Poyatos, J.M. 2020. Moving bed biofilm reactor as an alternative wastewater treatment process for nutrient removal and recovery in the circular economy model. *Bioresource Technology*. Vol. 299, 122631. Viitattu 22.6.2022. Saatavissa <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122631>
- Mannina, G., Presti, D., Montiel-Jarillo, G., Carrera, J., Suárez-Ojeda, M.E. 2020. Recovery of polyhydroxyalkanoates (PHAs) from wastewater: A review. *Bioresource Technology*. Vol. 297, 122478. Viitattu 22.6.2022. Saatavissa <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122478>
- Meereboer, K.W., Misra, M., Mohanty, A.K. 2020. Review of recent advances in the biodegradability of polyhydroxyalkanoate (PHA) bioplastics and their composites. *Green Chemistry*. Vol. 22, 5519–5558. Viitattu 22.6.2022. Saatavissa <https://doi.org/10.1039/D0GC01647K>
- Morgan-Sagastume R., Hjort, M., Cirne, D., Gérardin, F., Lacroix, S., Gaval, G., Karabegovic, L., Alexanderson, T., Johansson, P., Karlsson, A., Bengtsson, S., Arcos-Hernández, M.V., Magnusson, P., Werker, A. 2015. Integrated production of polyhydroxyalkanoates (PHAs) with municipal wastewater and sludge treatment at pilot scale. *Bioresource Technology*. Vol. 181, 78–89. Viitattu 22.6.2022. Saatavissa <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.01.046>
- Palmieri, S., Cipolletta, G., Pastore, C., Giosuè, C., Akyol, Ç., Eusebi, A.L., Frison, N., Tittarelli, F., Fatone, F. 2019. Pilot scale cellulose recovery from sewage sludge and reuse in building and construction material. *Waste Management*. Vol. 100, 208–218. Viitattu 22.6.2022. Saatavissa <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.09.015>
- Rossetti, S., Tomei, M.C., Nielsen, P.H., Tandoi, V. 2005. "Microthrix parvicella", a filamentous bacterium causing bulking and foaming in activated sludge systems: a review of current knowledge. *FEMS Microbiology Reviews*. Vol. 29(1), 49–64. Viitattu 22.6.2022. Saatavissa <https://doi.org/10.1016/j.femsre.2004.09.005>
- Sabapathy, P.C., Devaraj, S., Meixner, K., Anburajan, P., Kathirvel, P., Ravikumar, Y., Zaved, H.M., Qi, X. 2020. Recent developments in polyhydroxyalkanoates (PHAs) production – A review. *Bioresource Technology*. Vol. 306, 123–132. Viitattu 22.6.2022. Saatavissa <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123132>

Jubeen Sharbaf, LUT-yliopisto

Jätevedestä valmistetun PHA:n hinta

Jätevedestä tuotetun PHA-biomuovin taloudellista kannattavuutta arvioitiin teknis-taloudellisella arvioinnilla. Skenaarioissa oletettiin, että valikoiduilla jätevedenpuhdistamoilla muodostuva PHA-rikas biomassa kuljetetaan yhteiseen käsittelylaitokseen. PHA:n vuosituotannon oletettiin olevan vähintään 5 000 tonnia.

Tulokset osoittavat, että Suomessa PHA:ta voidaan valmistaa jätevedestä hintaan 3,40–3,76 €/kg (Sharbaf 2022), kun tämän tyyppisen PHA:n markkinahinnaksi arvioidaan 3,5–4,5 €/kg. Alemman hintaluokan saavuttamiseksi pääkaupunkiseudun jätevedenpuhdistamojen osallistuminen on välttämätöntä. Skenaariossa, jossa on mukana kuusi laitosta, PHA:n hinta on 3,45 €/kg (taulukko 1). Vertailun vuoksi, fossiilisen muovin hinta on Euroopassa 1–2 €/kg (PlasticPortal.eu 2022).

Taulukko 1. PHA:n valmistuksen investointi- ja operatiiviset kustannukset. (Sharbaf 2022, muokannut Oona Rouhiainen)

	Osuus (%)	Kustannukset (€/kg PHA)		
Kuljetus	2%	0,06		
Vesi	2%	0,05		
Liutin	6%	0,19		
Höyry	3%	0,10		
Lämpö	10%	0,33	OPEX	81%
Sähkö	50%	1,72		2,79€
Vakuutus	2%	0,06		
Ylläpito	3%	0,11		
Työvoima	5%	0,17		
PHA uutto	0,2%	0,01		
Kuivaus	0,4%	0,02		
Sentrifugointi 2	2%	0,08		
PHA tuotanto	7%	0,26	CAPEX	19%
Biomassan valinta	5%	0,17		0,66€
Sentrifugointi 1	2%	0,08		
Asidogeeninen fermentaatio	1%	0,05		
Yhteensä		3,45		

OPEX = käyttökustannukset
CAPEX = investointikustannukset



Suomen jätevesistä tulevan PHA:n kokonaispotentiaalin arvioidaan olevan 12 000–26 000 tonnia vuodessa. Kuljetuskustannuksia pidetään merkityksettöminä, eivätkä ne ole esteenä suurempien, mutta kauempana olevien laitosten osallistumiselle. Sähkö- ja lämmityskulut muodostavat 60 % PHA:n kokonaiskustannuksista.

Lähteet

PlasticPortal.eu. 2022. Weekly commodity price report. Viitattu 13.6.2022. Saatavissa <https://www.plasticportal.eu/en/cenove-reporty?year=2022&week=12>

Sharbaf, J. 2022. Production of Polyhydroxyalkanoates (PHA) from wastewater in Lahti Region: A Techno-economic Assessment. Diplomityö. Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto, LUT School of Energy Systems. Lahti. Viitattu 13.6.2022. Saatavissa <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022053141259>

Kuvituskuva

Mulderphoto. Modern wastewater treatment plant. Tanks for aeration and biological purification of sewage Adobe Stock. Viitattu 15.8.2022. Saatavissa https://stock.adobe.com/fi/images/modern-wastewater-treatment-plant-tanks-for-aeration-and-biological-purification-of-sewage/275072224?asset_id=275072224

Ville Uusitalo, LUT-yliopisto

Uusiutuvien muovien tuotantoketjujen ympäristönäkökulmia

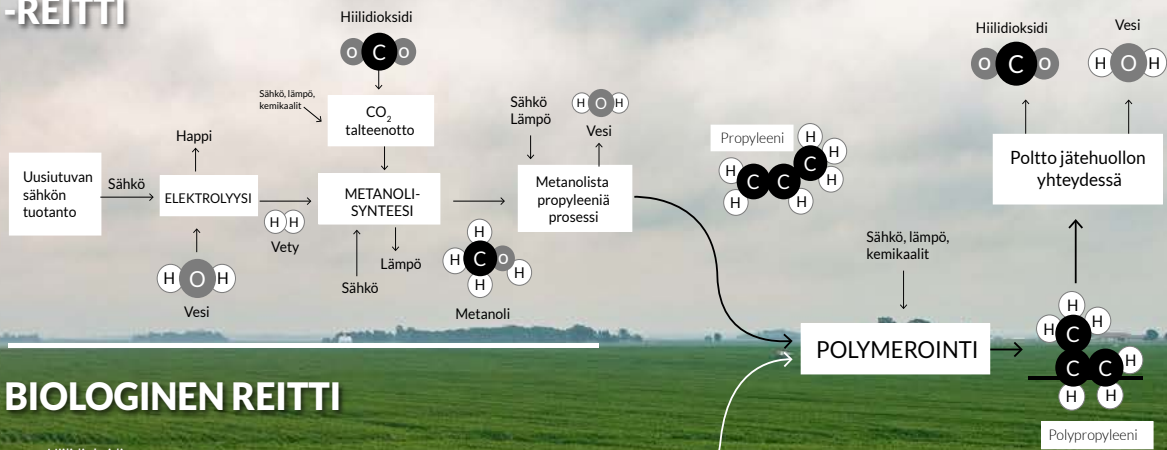
Muoveja tuotetaan valtaosin fossiilisista raaka-aineista ja muovien päätyminen ympäristöön aiheuttaa ongelmia. Uusiutuviin raaka-aineisiin ja energialähteisiin perustuvia tapoja valmistaa muoveja on käytössä ja kehitteillä, mutta myös niiden vaikutuksia ympäristöön tulisi tarkastella huolellisesti.

Muovien tuotanto perustuu edelleen pitkälti fossiilisiin raaka-aineisiin ja fossiilisen energian käyttöön, mikä johtaa ilmastonmuutosta kiihdyttävien kasvihuonekaasupäästöjen kasvuun (CIEL 2019). Tämä on johtanut aktiiviseen kehitystyöhön tuottaen uusiutuviin raaka-aineisiin ja energiaan pohjautuvia muoveja (Bioplastics Europe 2022).

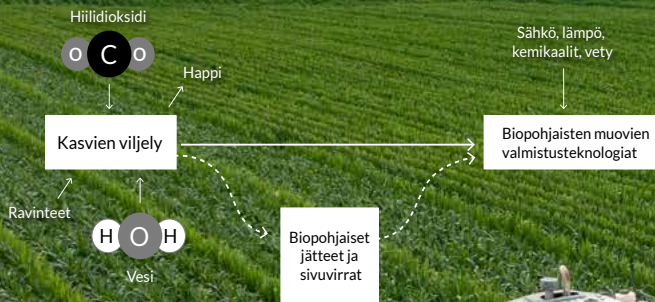
Uusiutuvuus ei kuitenkaan ole tae sille, että muoviketju olisi ympäristön kannalta kestävä, vaan ongelmia voi aiheutua esimerkiksi maan- tai vedenkäytöstä tai muovien hitaasta hajoamisesta ympäristössä. Olettaessa käyttöön uusia tuotantoketjuja tulisi niiden ympäristövaikutuksia arvioida aina huolellisesti.

Noin 99 prosenttia maailmalla tuotetuista muoveista perustuu fossiilisiin raaka-aineisiin, pääasiassa öljyyn (Bioplastics Europe 2022). Tämän lisäksi muovin tuotannossa käytetään fossiilista energiaa, mikä kasvattaa muovien hiilijalanjälkiä. Esimerkiksi, kun tuotetaan yksi kilogramma polyetyyleeniä tai polypropyleeniä, jotka ovat yleisimpiä muovilaatuja, aiheutetaan noin 1,6 kg CO₂ekv päästö. Lisäksi, jos muovikilo poltetaan elinkaaren lopussa jätehuollon yhteydessä, siitä vapautuu kasvihuonekaasupäästöjä noin 3 kg CO₂ekv. (Kuusela et al. 2021)

ILMASTA MUOVEJA -REITTI



BIOLOGINEN REITTI



Kuva 1. Ilmakehässä olevaa hiilidioksidia voidaan sitoa muoveihin, kuten polypropyleeniin, sekä biologista että ilmasta muoveja -reittiä pitkin. Muovit voivat näin ollen toimia hiilivarastona, kunnes niihin sitoutunut hiili vapautuu polton yhteydessä. (Kuva: Ville Uusitalo, muokannut Oona Rouhiainen)

Uusia reittejä valmistaa muoveja

Fossiilisista raaka-aineista eroon pääsemiseksi ja ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi on kehitetty erilaisia reittejä tuottaa biopohjaisia muoveja. Biopohjaiset muovit voivat perustua mm. erilaisiin viljeltäviin raaka-aineisiin, kuten sokeriruokoon, tai jäte- ja sivuvirtoihin, esimerkiksi jäterasvoihin (Brizga et al. 2020; Kaipainen 2020).

Aivan viime vuosina mielenkiintoa ovat herättäneet myös ns. ”ilmasta muoveja”-reitit, joissa uusiutuvan sähkön avulla vettä pilkotaan vedyksi ja hapeksi elektrolyysi-prosessilla. Tämän jälkeen vety yhdistetään hiilidioksidein, jolloin saadaan tuotettua metanolia. Metanolista saadaan puolestaan valmistettua propyleeniä ja etyleeniä, jotka ovat yleisimpien muovilaatujen perusmolekyylejä. Prosessin vaatima hiilidioksidi saadaan ilmasta tai vaikkapa voimalaitosten savukaasuista. (Kuusela et al. 2021). Biologinen reitti ja ilmasta muoveja -reitti on esitetty kuvassa 1.

Biopohjaisiin raaka-aineisiin perustuvien ja ilmasta muoveja reittien etuna on, että muovin sisältämä hiilidioksidi on lähtöisin ilmasta eikä maankuoren fossiilisen hiilen varannoista. Biopohjaisten muovien osalta hiilen sidonta on tapahtunut kasvien

kasvun aikana yhteyttämisprosessin seurauksena. Ilmasta muoveja -reittien kohdalla hiilidioksidi on sidottu ilmasta tai savukaasuista teknisillä ratkaisuilla. Kun uusiutuviin raaka-aineisiin perustuvia muoveja poltetaan, ilmaan vapautuu sama määrä hiilidioksidia kuin elinkaaren alkupäässä on sidottu. Nämä prosessit siis kierrättävät ilmaan hiiltä sen sijaan, että lisäävät sen määrää maankuoren fossiilisen hiilen varannoista.

Uusiutuviin perustuvien muovien kestävyden arviointi

Keskeinen menetelmä, jolla erilaisten tuotantoketjujen kokonaisympäristövaikutuksia vertaillaan, on elinkaarimallintaminen. Vahvan kestävyden ajattelussa pyritään löytämään sellaisia reittejä, jotka tukevat laajasti eri kestävyden osa-alueita. Taulukko 1 on koottu keskeisiä näkökulmia, jotka vaikuttavat eri muoviketjujen ympäristölliseen kestävyteen.

Kokonaisilmastovaikutusten kannalta kriittistä uusiutuvien muoviketjujen osalta on se, paljonko niiden tuotannon aikana vapautuu kasvihuonekaasuja. Elinkaarensa aikana myös nämä reitit vaativat muun muassa sähköä, lämpöä, kemikaaleja ja fossiilisia polttoaineita, mikä aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä. Lisäksi viljelyyn perustuvien biomassojen tuotanto kuormittaa ilmastoa erilaisilla maatalouden prosesseilla. Näistä ongelmallisia ovat mm. typpilannoitteiden valmistuksen päästöt maakaasusta ja maaperän päästöt typpioksiduuli ja metaani, jotka ovat paljon hiilidioksidia voimakkaampia kasvihuonekaasujen päästöjä. Näiden lisäksi ilmastokuormitusta saattaa aiheuttaa maankäytön muutos, jos uutta viljelyalaa raivataan esimerkiksi trooppisiin metsiin. Nämä eri tekijät ovat johtaneet siihen, että biopohjaisten muovien hiilijalanjäljet vaihtelevat laajalla skaalalla (Brizga et al. 2020; Kaipainen 2020).

Taulukko 1. Keskeisiä ympäristölliseen kestävyteen kohdistuvia riskejä eri muoviketjuille. (Kuva: Ville Uusitalo)

YMPÄRISTÖLLISEN KESTÄVYYDEN HAASTE	FOSSIILISIIN RAAKA-AINEISIIN PERUSTUVAT MUOVIT	BIOMUOVIT VILJELY-KASVEISTA	BIOMUOVIT JÄTTEISTÄ JA SIVUVIRROISTA	ILMASTA MUOVEJA REITIT
Ilmastonmuutos	Fossiiliset raaka-aineet ja energia	Energia ja maankäytön muutos	Energia (ja epä-suora maankäytön muutos)	Energia (erityisesti elektrolyyysin vaatima sähkö)
Luonnon monimuotoisuuden hupeneminen	Maankäyttö	Raaka-aineiden viljelyn maankäyttö	Maankäyttö	Maankäyttö
Maankäytön muutos	Maankäyttö	Raaka-aineiden viljelyn maankäyttö	Maankäyttö	Maankäyttö
Makean veden käyttö	Prosessivesi	Kasteluvesi ja prosessivesi	Prosessivesi	Prosessivesi
Rehevöityminen		Lannoitteiden käyttö		
Happamoituminen	Energia (polttamalla tuotettu)	Energia (polttamalla tuotettu)	Energia (polttamalla tuotettu)	Energia (polttamalla tuotettu)
Mikromuovit, "saastuminen"	End-of-life , valmistus ja kuljetukset	End-of-life , valmistus ja kuljetukset	End-of-life , valmistus ja kuljetukset	End-of-life , valmistus ja kuljetukset

“

Kokonaisilmastovaikutuksen kannalta kriittistä uusiutuvien muoviketjujen osalta on se, paljonko niiden tuotannon aikana vapautuu kasvihuonekaasuja.

“

Toisaalta voidaan päästä hyvin mataliin kokonaispäästöihin, mutta toisaalta riskinä voivat olla jopa fossiilisia muoveja korkeammat päästöt valmistuksesta. Biomuovien hiilijalanjälkeä onkin tärkeää tarkastella aina tapauskohtaisesti. Tutkimusten mukaan muovien tuotanto ilmasta muoveja -reittiä pitkin voi johtaa hyvinkin mataliin valmistuksen päästöihin, mikäli vedyn tuotantoon käytetään uusiutuvaa sähköä (Kuusela et al. 2021).

Ilmastonmuutoksen ohella toinen keskeinen ympäristöhaaste on luonnon monimuotoisuuden (biodiversiteetti) vähenemisen. EU-tasolla on asetettu tavoitteeksi luonnon monimuotoisuuden hupenemisen pysäyttäminen vuoteen 2030 mennessä (European Commission 2022). Luonnon monimuotoisuuden hupenemiseen on monia tekijöitä, joista merkittävimpiä ovat maankäytön muutos, lajien suora hyödyntäminen, ilmastonmuutos, saastuminen ja vieraslajit (Brondizio et al. 2019). Noin 40 % maapallon pinta-alasta on valjastettu ruoan tuotannolle ja tällöin on todennäköistä, että luonnon monimuotoisuus pienenee luontaiseen tilaan verrattuna (Brondizio et al. 2019; FAO 2020).

Parhaillaan on kehitteillä erilaisia menetelmiä luontojalanjäljen laskemiseksi tuotteille (Lammerant et al. 2021). Maankäytön luontovaikutusten näkökulmasta kriittisiä tekijöitä ovat tuotannon vaatima pinta-alan tarve, maankäytön aiheuttama muutos luonnon monimuotoisuudelle ja maantieteellinen sijainti (Lammerant et al. 2021). Maantieteellinen sijainti on tärkeä tekijä, koska biodiversiteetti on epätasaisesti jakautunut maapallolla (Brondizio et al. 2019). Biomuovien osalta kriittinen tekijä on tässäkin tapauksessa se, tarvitaanko pinta-alaa raaka-aineiden viljelyyn ja ilmasta muoveja -ketjun osalta se, paljonko uusiutuvan sähkön tuotanto vaatii maata.

Muita keskeisiä ympäristöongelmia ovat mm. rehevöityminen, makean veden ylikulutus ja happamoituminen. Rehevöityminen liittyy tyypillisesti lannoitteiden käyttöön viljelyssä ja siitä aiheutuviin valumiin. Viljelyssä tarvittava kasteluvesi on yksi keskeinen makean veden käyttökohde, mutta sitä tarvitaan myös esimerkiksi teollisuusprosesseissa ja energiantuotannossa. Veden käytön ongelmat korostuvat alueilla, joissa makean veden varannot ovat pienet. Happamoituminen aiheutuu tyypillisesti rikin- ja typen oksidipäästöistä, mutta hiilidioksidilla on keskeinen rooli merien happamoitumisessa, joka näkyy esimerkiksi koralliriuttojen ongelmina.

Tuotantoon liittyvien ongelmien lisäksi keskeinen muoveihin liittyvä haaste on niiden päätyminen roskana esimerkiksi meriin, missä ne häiritsevät meriekosysteemejä. Uusiutuviin pohjautuvat muovit voivat olla merissä yhtä hitaasti hajoavia ja ongelmallisia kuin fossiiliset muovit. Toisaalta on myös kehitetty muovilaatuja, jotka hajoavat nopeammin ympäristössä ja auttavat vähentämään roskaantumisongelmaa.

Fossiilisiin raaka-aineisiin ja energialähteisiin perustuvien muovien käyttöä pitää pystyä vähentämään ilmastonmuutoksen hidastamiseksi. Otettaessa käyttöön vaihtoehtoisia uusiutuviin raaka-aineisiin ja energialähteisiin perustuvia muoviketjuja tulisi niiden kokonaiskestävyys aina arvioida huolellisesti. Tämä on usein tapauskohtaista ja siksi liian pitkälle meneviä yleistyksiä tulisi välttää.

Lähteet

Bioplastics Europe. 2022. What are "Bio-plastics"? Viitattu 16.5.2022. Saatavissa <https://bioplasticseurope.eu/about>

Brizga, J., Jubacek, K., Feng, K. 2020. The Unintended Side Effects of Bioplastics: Carbon, Land, and Water Footprints. *One Earth*. Vol. 3 (1), 45–53. Viitattu 16.5.2022. Saatavissa <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.06.016>

Brondizio, E. S., Settele, J., Diaz, S., Ngo, H. T. (toim.). 2019. Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES. Viitattu 16.5.2022. Saatavissa <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>

CIEL. 2019. Plastic & Climate: The Hidden Costs of Plastic Planet. Viitattu 16.5.2022. Saatavissa <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/05/Plastic-and-Climate-FINAL-2019.pdf>

European Commission. 2022. Biodiversity strategy for 2030. Viitattu 16.5.2022. Saatavissa https://ec.europa.eu/environment/strategy/biodiversity-strategy-2030_en

FAO. 2020. Land use in agriculture by the numbers. Viitattu 16.5.2022. Saatavissa <https://www.fao.org/sustainability/news/detail/en/c/1274219/>

Kaipainen, I. 2020. Carbon footprint of bio-based polypropylene via hydrotreatment and steam cracking. Diplomityö. LUT yliopisto. Viitattu 16.5.2022. Saatavissa <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2020120799708>

Kuusela, K., Uusitalo, V., Ahola, J. & Levänen, J. 2021. The transformation of plastics production from net positive greenhouse gas emissions to net negative: An environmental sustainability assessment of CO₂-based polypropylene. *Journal of CO₂ Utilization*. Vol 52. Viitattu 16.5.2022. Saatavissa <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2021.101672>

Lammerant, J., Starkley, M., De Horde, A., Bor, A.-M., Driesen, K., Vanderheyden, G. et al. 2021. Assessment of biodiversity measurement approaches for business and financial institutions: Update report 3. EU Business @ Biodiversity Platform. Viitattu 16.5.2022. Saatavissa https://ec.europa.eu/environment/biodiversity/business/assets/pdf/EU%20B@B%20Platform%20Update%20Report%203_FINAL_1March2021.pdf

Kuvituskuva

Sivu 39 (kuva 1:n tausta). Baltz, J. 2021. Detasseling Corn in Central Illinois. Unsplash. Viitattu 16.5.2022. Saatavissa <https://unsplash.com/photos/YbBWml4hZys>

Sivu 42. Vallat, A. 2021. Unsplash. Viitattu 16.5.2022. Saatavissa <https://unsplash.com/photos/DaQUawlvPPw>

Mari Sarvaala, LAB-ammattikorkeakoulu

Päijäthämäläisen biokiერთotalouden tulevat näkymät

Biokiერთotalous tähtää tulevaisuudessa kohti arvonnollisää. Päijät-Hämeessä on tehty monia isoja päätöksiä yritysten investoinneista, jotka kattavat biokiერთotaloutta.

Kun koronan kanssa opittiin elämään, luultiin, että maailma palaa raiteilleen, ja vihreää siirtymää kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa päästään vihdoinkin toteuttamaan ponnekkaasti. Mutta toisin kävi, tuli Ukrainan sota ja maailma meni entistäkin sekaisemmaksi. Vauraksi oletetuissa länsimaissa joudutaan miettimään, miten saadaan rahat riittämään ruokaan, lämpöön, sähköön ja liikkumiseen, kun inflaatio on pahinta 30 vuoteen. Puhutaan huoltovarmuuden ja omavaraisuuden puolesta.

Biotalousdessa keväällä 2022 mietittiin kustannuskriisin keskellä, miten maatalojen rahat riittävät lannoitteisiin, polttoaineisiin, mistä edes tuotantopanoksia saadaan Venäjän pakotteiden keskellä kevään kylvöihin. Pian eivät puut liiku metsästä jalostamoille, kun polttoaineen hinta on huippukorkea, jos kustannuksia ei saada siirrettyä korjuu- ja kuljetusyrittäjien sopimuksiin.

Suomen hallitus teki maataloudelle pikaisesti 300 miljoonan euron tukipaketin: ei pelkästään suorja tukia vaan myös erilaisia vihreän siirtymän kannustimia, jotka teknologioita parantamalla tehostavat toimintaa ja vähentävät päästöjä. Tällaisia ovat esimerkiksi investointituet vaihtoehtoiisiin energialähteisiin ja biokaasun tuotantoon sekä ravinnekierätykseen. (Maa- ja metsätalousministeriö 2022a.)

Arvonlisää biokiertoaloudesta

Strategisessa ja lainsäädännöllisessä kehyksessä vihreä siirtymä ja hiilineutraaliusvaatteet ohjaavat kansallista työtä.

EU:n uudistetun jätedirektiivin mukaan yhdyskuntajätteestä tulee kierrättää 55 prosenttia vuonna 2025, 60 prosenttia vuonna 2030 ja 65 prosenttia vuonna 2035. Myös pakkausjätteen kierrätystavoitteet nousevat: kaikesta pakkausjätteestä tulee kierrättää 65 prosenttia vuoteen 2025 ja 70 prosenttia vuoteen 2035 mennessä. Lisäksi eri pakkausjätteille on asetettu materiaalikohtaiset kierrätystavoitteet. Haastavimpia Suomelle ovat muovi- ja puupakkausjätteen kierrätykselle asetetut tavoitteet. (Ympäristöministeriö 2021)

Uudistetun biotalousstrategian päämääräksi on asetettu biotalouden arvonlisän nostaminen innovaatioiden ja uusien tuotteiden avulla (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022). Biotalousstrategiassa toimenpiteet jaetaan neljään osaan: 1) korkeampaa arvonlisää biotaloudesta, 2) vahva osaamis- ja teknologiaperusta, 3) kilpailukykyinen toimintaympäristö ja 4) bioresurssien ja muiden ekosysteemipalveluiden käytettävyys ja kestävyys.



Kuva 1. Suomen biotalousstrategian painopisteet (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022, muokannut Oona Rouhiainen).

Arvonlisää tavoitellaan kehittämällä uusia raaka-aineita, valmistustapoja, palveluita ja tuotteita, lisäämällä resurssitehokkuutta ja jalostusarvoa sekä hyödyntämällä sivuvirtoja ja kiertotalouden toimintamalleja. Lupaavaa kehitystä on muun muassa metsäalalla, elintarvikkeiden ja energian tuotannossa, lääke-, kemian- ja tekstiiliteollisuudessa, vesihuollossa, kalataloudessa, vesiviljelyssä, matkailupalveluissa sekä luonnontuotealalla. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022.)

Esimerkkejä on paljon vuosien varrelta. Puupohjaisia tuotteita kehitetään ja on kehitetty runsaasti: hammasimplantteja, satelliitin osia, erikoispakkaukskalvoja (Forest.fi 2022). Vaatteet saadaan puukuidusta, biohiili soveltuu moneen, pajun osat ovat lääkinnällisiä ja viruksia torjuvia, solumaatalous on kehittymässä (Maa- ja metsätalousministeriö 2022b).

Eri raaka-ainetta voi olla määrällisesti hyvin pieni osuus, joilla kuitenkin on suuri jalostusarvo. Tällaisia ovat esimerkiksi marjojen ja sienten fenoliset yhdisteet. Marjoissa oleva kuoren tai siementen sisällössä on aineita, jotka voivat olla kosmetiikan tai lääkkeiden raaka-aineita.

Jotta jalostusarvoa voidaan alueellisesti lisätä, pitää ensin tunnistaa alueen yritysten tarpeet ja haasteet, sekä löytää sivuvirrat ja biomassat, joista lisäarvon tuotteita voidaan valmistaa. Karkea jaottelu Päijät-Hämeen biovirroista on kuvassa 2. Jaottelua pitää tarkentaa määrällisesti ja käyttötarkoituksen mukaan hyvinkin paljon siinä vaiheessa, kun ko. jakeelle mietitään uutta käyttöä.

Päijät-Hämeessä on tunnistettu alkutuotannon, erityisesti maatalouden, sivuvirtoja ja biomassoja, mutta niiden hyödyntäminen on vielä alkutekijöissä. Vihreän kasvun biokylä -hankkeessa kerättiin tietoa biojalostamoa varten, ja Heinolasta 100 kilometrin säteeltä on löydettävissä toimijoita, joilta on saatavissa vuodessa 100 000 tonnia erilaista korsibiomassaa (Punttila et al. 2021).

Päijät-Hämeessä imua biokiertoalouden yrityksille

Päijät-Hämeen kiertotalouden tiekartan päivitetystä versiossa (Päijät-Hämeen liitto 2022) on nostettu esiin alueella toteutunutta biokiertoalouden toimintaa ja yrityksiä. Tiekartan julkaisun jälkeen uusimpia eri vaiheissa olevia toteutuksia ovat muun muassa makeistehdas, mallastamo, biokaasulaitos ja P2X-energiantuotantolaitos.

Elintarvike- ja juomatuotannosta tulee erilaista kuorijaetta, mäskiä, pölyä, joista voisi saada jopa elintarvikelaadun arvonlisän tuotteita tai kosmetiikan raaka-aineita. Fazer on nostanut kauran arvoa mm. käyttämällä kauramyllyn sivutuotteita ksylitolin valmistukseen, kauraöljyä kosmetiikka- ja hygienia tuotteisiin ja tekemällä kaurankuoresta leipäpussin (Fazer Mylly 2022).

Viking Maltin mallastamo nousee Lahteen viimeisintä teknologiaa ja kiertotaloutta hyödyntäen (Viking Malt 2020). Hartwall puolestaan hyödyntää panimotuotannon mäskit uudessa biokaasulaitoksessa, kun se pyrkii hiilineutraaliin energiantuotantoon (Repo 2022). Lahti Energian rakennuttamassa laitoksessa energia tuotetaan mäskin lisäksi tuulivoimalla, kaatopaikkakaasuista ja jäteveden lämmöstä. Määdätejäännös päättyy ravinteeksi pelloille.

Kuva 2. Päijät-Hämeessä syntyvien tärkeimpien sivuvirtojen ja biomassojen jaottelu yhdyskuntien, alkutuotannon ja teollisuuden alle. (Kuva: Oona Rouhiainen)

UUDET BIOTUOTTEET JA HYÖTYKÄYTTÖ

biohiili, kierrätyslannoite, liikennepolttoaine,
ksylitoli, biomuovi, biokomposiitti,
kosmetiikka



PÄIJÄT-HÄMEEN BIOVIRRRAT

Biogeeninen (kierrätetty) hiilidioksidi on raaka-aine, jota tullaan hyödyntämään runsaasti lähivuosina. Lahti Energia (2022) julkaisi alkuvuonna tiedon, että se suunnittelee laitosta, jossa hyödynnetään voimalaitoksen savukaasujen hiilidioksidipäästöt metaanin valmistuksessa. Power-to-gas prosessin raaka-aineet ovat hiilidioksidi, vesi ja uusiutuva sähkö. Vihreä vety tuotetaan pilkkomalla vettä uusiutuvan tuulivoimaenergian avulla vedyksi ja hapeksi. Syntyvä vihreä vety ja talteen otettu hiilidioksidi yhdistetään metanointiprosessissa metaaniksi, jota käytetään raskaan tieliikenteen polttoaineena.

Kevään makeimman uutisen kertoi Fazer, kun se aikoo rakentaa uuden makeistehaansa Lahteen (Ojanperä et al 2022). Tehtaan ympärille tarvitaan monenlaista osaajaa ja jatkuvaa kehittämistä sen valmistuttuakin. Tehtaasta tulee valmistuttuaan varmasti alueellinen maamerkki ja eräs biokiერთotalouden lippulaiva.

Uusia innovaatioita tarvitaan

Seuraavaksi päijätähämäläinen biokiერთotalous katsoo vahvasti uusiutuvien energialähteiden ja ravinnehyödynnyksen perään. Peltojen biomassoja voidaan käyttää biokaasun raaka-aineeksi, josta saadaan liikennepolttoainetta tai lämpöä ja sähköä, ja mädätejäännös voidaan hyödyntää lannoitteena pelloilla. Biohiili toimii aktiivina maaperässä sitoen ravinteita ja tuoden kasvuvoimaa ja eloperäistä ainesta maahan.

Jätevedenpuhdistamoista voidaan kehittää biojalostamoja, joiden lietteistä saadaan biopohjaista PHA-muovin raaka-ainetta, ravinteet otetaan talteen ja jalostetaan lannoitteeksi.

Päijät-Hämeessä on vahva klusteri viljan ympärillä, mutta muuten elintarviketeollisuudessa on paljon mahdollisuuksia biotalouden jalostusarvon nostossa ja sivujakeiden hyödyntämisessä. Elintarvikekelpoisista sivuvirroista on mahdollista saada arvonlisää esimerkiksi lääkkeissä ja kosmetiikassa.

Biovirroille ja sivutuotteille kerran löydetyt hyötykäytön ratkaisut eivät ole välttämättä lopullisia. Uusia vaihtoehtoja pitää etsiä, rajoja rikkovia innovaatioita tarvitaan ja raaka-aineille saada mahdollisimman korkea arvonlisä. Sitä kautta koko tuotantoketjulle taataan uusia mahdollisuuksia liiketoimintaan ja sen kehittämiseen.

Lähteet

- Fazer Mylly. 2022. Viimeisimmät kaurauutiset Fazerilta. Viitattu 26.4.2022. Saatavissa <https://www.fazermills.com/fi/pohjoismaisen-kauran-tarina/viimeisimmat-kaurauutiset-fazerilta/>
- Forest.fi. 2022. Metsäbiotalouden tulevaisuuskuva. Viitattu 14.4.2022. Saatavissa <https://forest.fi/fi/metsa-biotalouden-tulevaisuuskuva/>
- Lahti Energia. 2022. Suomen suurimman vetytaloussuunnitelman toteuttavuussuunnittelu alkaa Lahdessa. Viitattu 31.3.2022. Saatavissa <https://www.lahtienergia.fi/ajankohtaista/suomen-suurimman-vetytaloussuunnitelman-toteuttavuussuunnittelu-alkaa-lahdessa/>
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2022a. Varautumisen ministeriryhmä päätti toimista maatalouden huoltovarmuuden turvaamiseksi. Viitattu 14.4.2022. Saatavissa <https://mmm.fi/-/varautumisen-ministeriryhman-paatti-toimista-maatalouden-huoltovarmuuden-turvaamiseksi>
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2022b. Biotalousstrategiaa toteutettu jo kahdeksan vuotta. Viitattu 20.4.2022. Saatavissa <https://mmm.fi/-/biotalousstrategiaa-toteutettu-jo-kahdeksan-vuotta>
- Ojanperä, S., Talasterä, J. ja Karppi, T. 2022. Fazer aikoo rakentaa uuden makeistehtaan Lahteen – kaupunginjohtaja Pekka Timonen: ”Lahdelle koitti harvinaisen hyvä karkkipäivä”. Yle.fi. Viitattu 27.5.2022. Saatavissa <https://yle.fi/uutiset/3-12457267>
- Punntila, E., Luste, S., Tuominen, K. ja Suomi, H. 2021. Oljen toimitusverkon perustamisen reunaehdot: Case: Heinolan biojalostamo. LAB-ammattikorkeakoulun julkaisusarja, osa 34. Viitattu 20.4.2022. Saatavissa <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-827-389-2>
- Päijät-Hämeen liitto. 2022. Päijät-Hämeen kiertotalouden tiekartta. Viitattu 26.4.2022. Saatavissa https://paijat-hame.fi/wp-content/uploads/2021/02/Kiertotalouden_tiekartta.pdf
- Repo, H. 2022. Lahti Energia rakentaa hybridiratkaisua Hartwallille – mäskistä syntyy biokaasua. Tekniikka & Talous. Viitattu 31.3.2022. Saatavissa <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/lahti-energia-rakentaa-hybridiratkaisua-hartwallille-maskista-syntyy-biokaasua/234ab260-df62-4076-b9dd-0b87645f2deb>
- Työ- ja elinkeinoministeriö. 2022. Suomen biotalousstrategia. Kestävästi kohti korkeampaa arvonlisää. Valtioneuvoston julkaisuja 2022:3. Viitattu 14.4.2022. Saatavissa <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-547-4>
- Viking Malt. 2020. Viking Malt rakentaa uuden mallastamon Lahteen. Viitattu 26.4.2022. Saatavissa <https://vikingmalt.fi/news/viking-malt-rakentaa-uuden-mallastamon-lahteen/>
- Ympäristöministeriö. 2021. Jättesäädöspaketti. Viitattu 26.4.2022. Saatavissa <https://ym.fi/jatesaadospaketti>

Kuvituskuva

Sivu 47 (kuva 2:n tausta): Ebert, J. 2019. Unsplash. Viitattu 16.8.2022. Saatavissa https://unsplash.com/photos/T2W_XxVgcdl

Tämä julkaisu havainnollistaa, miten biokierron totaloutta on edistetty Päijät-Hämeessä viime vuosina. Julkaisu kertoo esimerkein biojätteen erilliskeräyksestä, biomuovien tuotannosta ja käytöstä sekä biogeenisen hiilidioksidin hyödyntämisestä.

Julkaisu on koottu LAB-ammattikorkeakoulun BIOSYKLI-Päijät-Hämeen biokierron totalous -projektissa (2019-2022) yhteistyössä mukana olleiden asiantuntijoiden kanssa. Projektissa kehitettiin tutkimuksen ja kokeilujen kautta alueelle uusia vähähiilisiä ratkaisuja yritysten käyttöön.



LAB-ammattikorkeakoulun julkaisusarja, osa 47

ISSN 2670-1928 (PDF)

ISSN 2670-1235 (painettu)

ISBN 978-951-827-415-8 (PDF)

ISBN 978-951-827-416-5 (painettu)