



Euroopan unionin
osarahoittama



SATAKUNTALIITTO
Regional Council of Satakunta

SIVUVIRROISTA ARVOJAKEIKSI

Elintarvikealan sivuvirtojen uudet
hyödyntämismahdollisuudet Satakunnassa

Kati Nordlund

2024



Sivuvirroista Arvojakeiksi
Elintarvikealan sivuvirtojen uudet
hyödyntämismahdollisuudet Satakunnassa

Kati Nordlund

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Pori 2024

Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sarja D, Muut julkaisut 7/2024
ISSN 2323-8372 | ISBN 978-951-633-412-0

Tämä teos, jonka tekijä on Kati Nordlund, on lisensoitu Creative Commons BY-SA 4.0 lisensillä.
Tarkastellaksesi lisenssin ehtoja, käy osoitteessa <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.fi>

This work by Kati Nordlund is licensed under CC BY-SA 4.0. To view a copy of this license, visit
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Julkaisija:
Satakunnan ammattikorkeakoulu
PL 1001, 28101 Pori
www.samk.fi

Graafinen suunnittelu: Elsa Penttilä
Taitto: Kati Nordlund
Kuvat: Tekijä mainittu kuvan yhteydessä
Kansikuva: Elsa Penttilä

Satakunnan ammattikorkeakoulun julkaisut ilmaiseksi ladattavissa: theseus.fi.



TIIVISTELMÄ:

Elintarvikealan sivuvirrat ovat yleensä biologisia jakeita, joiden täyttä potentiaalia ei nykyään hyödynnetä. Tässä selvityksessä etsittiin uusia keinoja ja teknologioita saada lisää arvoa syntyvistä sivuvirroista. Selvitys toteutettiin osana Teknologisesti vihreämpi ja vireämpi Etelä-Satakunta -hanketta. Uusia mahdollisuuksia löytyi erityisesti biokemiallisista prosesseista.

Havaittiin, että Satakunnassa sivuvirtoja käytetään pääasiassa rehuksi ja lannoitteeksi, sekä jonkin verran myös polttoaineeksi alueen biokaasulaitoksien toimesta. Alue on lihatuotannon keskittymä, joten rehua tarvitaan paljon ja lantaa syntyy niin runsaasti, että se kilpailee muiden kierrätyslannoitteiden kanssa.

Uusia innovaatioita on kehitetty erityisesti hankkeissa sekä yritysten välisessä yhteistyössä. Mahdollisuuksia on monia, eikä niitä kaikkia voitu listata tässä selvityksessä. Tarkoitus oli kuitenkin löytää inspiroivia mahdollisuuksia sivuvirtojen hyödyntämiseen. Arvoproteiinien erottelu sivuvirrasta, sivuvirran käyttäminen syötteenä muiden arvojakeiden tuotossa sekä muut korkean jalostusasteen tuotteet tarjoavat tien hyödyntää kasvatetun ruuan arvo mahdollisimman hyvin. Selvityksessä löytyi muutamia yrityksiä, jotka ovat tehneet sivuvirtojen hyödyntämisestä toimivan liiketoimintamallin.

Kaikki ideat eivät menesty ja sivuvirtojen hyödyntämisessä on monia haasteita. Elintarvike tuotannon sivuvirrat saattavat olla hyvin kausittaisia, jolloin niitä ei ole saatavissa kokovuotiseen tuotantoon. Biologisina jakeina ne myös pilaantuvat nopeasti ja vaativat käsittelyä pian syntymisen jälkeen. Bioprosesseissa, kuten fermentoinnissa, tarvittavat laitteet ja järjestelmät ovat kalliita, joten on oltava lähes varma, että toiminta on taloudellista. Sivuvirtaa on oltava saatavilla riittävästi, jotta sen hyödyntäminen on kannattavaa ja tällöin on syytä tarkastella myös kuljetusketjua ja keräilyä. Myös lainsäädäntö, esimerkiksi uusielintarvikeasetus, saattaa hidastaa tuotteen kaupallistamista. Yleisesti ottaen lainsäädäntö kuitenkin kannustaa sivuvirtojen käyttöön.

Sivuvirtojen onnistunut hyödyntäminen vaatii yritysten ja muiden organisaatioiden, välistä yhteistyötä, ennakkoluulottomia ideoita ja vahvaa tietoa alueen tilanteesta ja tulevaisuuden kehityksestä. Useat kehittämisorganisaatiot ja hankkeet ovat valmiita auttamaan kehittämis- ja valmistelutyössä. Näistä mainittakoon valtakunnallisestikin merkittävä VTT, jonka yrityskehittäjä on kehittänyt useita startup-yrityksiä myös kiertotalouden alalla.



ABSTRACT:

Food industry side streams are typically biological fractions whose full potential is not currently utilized. This study sought new ways and technologies to derive more value from the resulting side streams. The study was conducted as part of the Technologically greener and more vibrant South-Eastern Satakunta -project. New opportunities were found especially in biochemical processes.

It was observed that in Satakunta, side streams are primarily used as animal feed and fertilizer, and to some extent also as fuel through the region's biogas plants. The area is a hub of meat production, so there is a high demand for feed and so much manure is produced that it competes with other recycled fertilizers.

New innovations have been developed, especially in projects and in cooperation between companies. There are many opportunities, and not all of them could be listed in this study. However, the purpose was to find inspiring possibilities for the utilization of side streams. The separation of valuable proteins from the side stream, using the side stream as feedstock in generating other valuable fractions, and other high-value-added products offer a way to utilize the value of grown food as efficiently as possible. The study found a few companies that have made the utilization of side streams into a viable business model.

Not all ideas succeed, and there are many challenges in utilizing side streams. Side streams from food production can be very seasonal, making them unavailable for year-round production. As biological fractions, they also spoil quickly and require processing soon after their generation. In bioprocesses, such as fermentation, the necessary equipment and systems are expensive, so it must be as certain as possible that the operation is economically viable. There must be enough side stream available to make its utilization profitable, and then it is also necessary to consider the logistics and collection. Legislation, such as the novel food regulation, may also slow down the commercialization of the product. Generally, however, legislation encourages the use of side streams.

Successful utilization of side streams requires cooperation between companies and other organizations, open-minded ideas, and strong knowledge of the region's situation and future development. Several development organizations and projects are ready to assist in development and preparation work. Among these is the nationally significant VTT, whose business accelerator has developed several startups also in the circular economy sector.

This translation was written by Bing Copilot and proofread by the author.



SISÄLLYS

Tiivistelmä:	1
Abstract:	2
1. Johdanto	4
2. Elintarvikealan sivuvirrat nyt	6
2.1 Elintarvikealan sivuvirrat	6
2.2 Sivuvirrat Satakunnassa	8
3. Sivuvirtojen hyödyntäminen nyt	12
3.1 Kiertotalouden hierarkia	12
3.2 Biokaasun tuotanto	13
3.3 Lannoitteet ja maanparannus	14
3.4 Tuotantoeläinten rehu	15
4. Uudet mahdollisuudet	16
4.1 Sivuvirta ihmisravinnoksi	16
4.2 Sivuvirta hyönteisten ja sienten ravintona	17
4.3 Sivuvirroista arvojakeita	18
4.4 Muut mahdollisuudet	20
5. Sivuvirtojen hyödyntämisen riskit ja haasteet	22
5.1 Teknologian käyttöönoton haasteet	22
5.2 Teknologian riskit ja riskien hallinta	23
6. Kehitysorganisaatiot	24
6.1 Satakunta	24
6.2 Muu Suomi	25
6.3 Euroopan unioni	27
7. Yhteenveto	28
Lähdeluettelo	29



1. JOHDANTO

Kun tarkastellaan koko ruokaketjua Suomessa, elintarvikejätettä syntyi melkein 700 miljoonaa kiloa vuonna 2021. Tähän lukuun sisältyy sekä syötäväksi tarkoitettu ruoka että ei-syötäväksi tarkoitettu ruoka, kuten kuoret ja siemenet, eläinten luut ja kahvinporot, joita ei käytetä ihmisravinnoksi, eläinten rehuksi tai muuksi arvojakeeksi. Ruokahävikillä tarkoitetaan kaikkea syötäväksi tarkoitettua elintarvikejätettä. Noin puolet elintarvikejätteestä syntyi kotitalouksissa ja loput elintarvikeketjun eri kohdissa. Elintarviketeollisuus ja alkutuotanto yhdessä tuottivat 30 % elintarvikejätteestä. [1]

Ruokaketjun sivuvirrat sisältävät siis merkittäviä mahdollisuuksia edistää kiertotaloutta, huoltovarmuutta ja kestäväää kehitystä. Sivuvirta tai sivutuote on päätuotteen tuotannossa syntyvää ainesta tai energiaa [2]. Kiertotalouden pohjimmaisena ajatuksena on hyödyntää materiaalit ja tuotteet mahdollisimman hyvin pidentämällä tuotteen elinkaarta. Näin maksimoidaan tuotteesta saatu arvo. [3] Ruokaketjun tuote on arvokkainta silloin, kun se soveltuu ihmisen ravinnoksi. Arvoasteikolla alempana ovat muut käyttökohteet, kuten lemmikin ruoka, tuotantoeläinrehu, energia, lannoite ja maanparannus. [4]

Elintarviketeollisuuden ja alkutuotannon kaikki sivuvirrat ovat hyödynnettävissä. Osa sivuvirroista on helppo hyödyntää, esimerkiksi rehuksi, lannoitteeksi tai biokaasuksi ja -polttoaineiksi, ja niiden hyödyntäminen on jo pitkään ollut arkipäivää. Kustannussyistä elintarviketeollisuuden sivuvirrat hyödynnetään usein tuotantoeläinten rehuksi ja lannoitteeksi. [5] Nämä käyttökohteet parantavat alkutuotannon omavaraisuutta ja vähentävät tuontiriippuvuutta. Osa sivuvirran potentiaalisesta arvosta jää kuitenkin käyttämättä.

Satakunta on huomattava elintarviketeollisuuden keskittymä Suomessa. Huittinen, Eura ja Säkylä yhdessä muodostivat Suomen kuudenneksi suurimman elintarviketeollisuuden keskittymän liikevaihdolla mitattuna vuonna 2022. Henkilövuosissa mitattuna sama alue on kahdeksanneksi suurin. Rauman alue on lisäksi yhdeksänneksi suurin samoilla suureilla mitattuna. [6]

Tämä selvitys tehtiin osana Teknologisesti vihreämpi ja vireämpi Etelä-Satakunta -hanketta. Hankkeessa keskitytään Etelä-Satakunnan kehittämiseen ja siksi myös selvityksen huomio keskittyi Satakunnan alueen elintarviketeollisuuden sivuvirtoihin. Hankkeen kohdealueita ovat Eura, Huittinen, Säkylä ja Rauma. Hankkeen tehtäviin kuuluu muun muassa uusien vihreää siirtymää edistävien teknologisten ratkaisujen etsiminen ja näiden ratkaisujen kokeilu ja validointi. Tässä selvityksessä etsittiin inspiroivia kokeiluja ja menestystarinoita Suomesta, pohjoismaista ja maailmalta. Lisäksi kartoitettiin sivuvirtojen



hyödyntämisen haasteita ja riskejä. Myös alan tutkimusorganisaatioita listattiin, jotta Satakunnan Biolaakso voi ryhtyä rakentamaan yhteistyötä näiden toimijoiden kanssa.

Selvityksessä pyrittiin löytämään vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

1. Mitä sivuvirtoja Satakunnassa syntyy?
2. Miten sivuvirtoja nykyisin hyödynnetään?
3. Mitä uusia käyttömahdollisuuksia sivuvirroille on tutkittu?
4. Mitkä uudet innovaatiot ovat kaupallistuneet?
5. Mitä haasteita ja riskejä sivujakeita hyödyntävien innovaatioiden kaupallistumisessa on?
6. Mitkä tahot toteuttavat tutkimusta ja edesauttavat innovaatiota?

Kysymyksiin etsittiin vastauksia aiemmin toteutuneiden hankkeiden tuloksista, tieteellisistä julkaisuista ja esimerkkiyrityksistä.

Ensiksi luvussa 2 esitellään elintarvikealan moninaiset sivuvirrat. Luvussa 3 esitetään sivuvirtojen synnyn ja käytön nykytila Satakunnassa. Luvussa 4 esitellään selvityksessä löydettyjä uusia sivuvirtojen hyödyntämismahdollisuuksia. Tämän jälkeen luvussa 5 pohditaan käyttöä hankaloittavia tekijöitä ja riskejä. Luvussa 6 listataan tutkimusorganisaatioita Satakunnassa ja Suomessa. Lopuksi luvussa 7 summataan yhteen selvityksen tulokset.



2. ELINTARVIKEALAN SIVUVIRRAT NYT

2.1 Elintarvikealan sivuvirrat

Sivutuotetta tai sivuvirtaa syntyy päätuotteen tuotantoprosessissa. Sivuvirran syntymissyyt voidaan jakaa neljään eri kategoriaan: [5]

- Sivuvirrat, joiden syntymistä ei voi estää valmistusprosessissa
- Elintarvikkeeksi kelpaava virta, joka ei kelpaa myyntiin kulutustottumusten takia. Myös ylituotanto voidaan laskea tähän.
- Päätuotevirran osa, joka ei täytä yrityksen laatuvaatimuksia
- Vaihtomassat, jotka syntyvät tuotantolinjalla tuotevaihdosta tai tuotannon aloituksesta tai lopetuksesta.

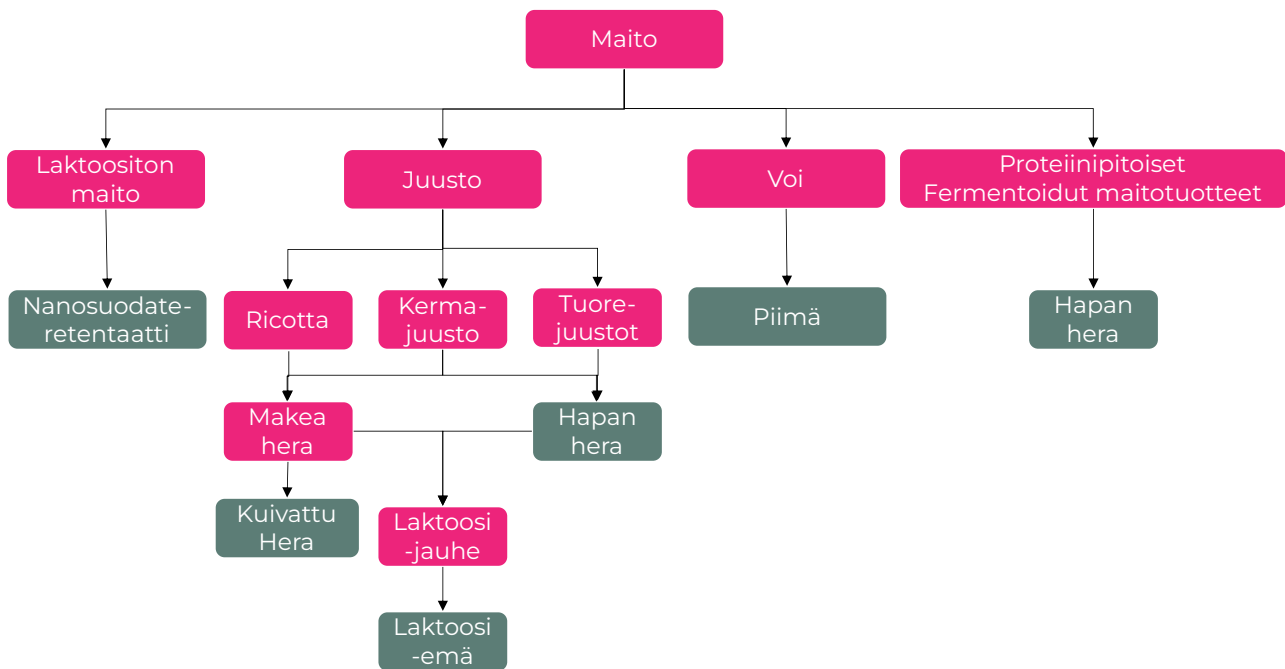
Sivuvirtoihin luetaan myös rehukäyttöön, biokaasuksi ja lannoitteeksi menevät virrat, ei vain elintarvikejäte. [1] Elintarvikealan sivuvirrat voivat olla kasviperäisiä, eläinperäisiä, epäorgaanisia, kuten pakkausjätettä, tai energiaa, kuten hukkalämpöä. Tässä selvityksessä keskityttiin kasvi- ja eläinperäisiin sivuvirtoihin.

Eläinperäisiä sivuvirtoja syntyy liha-, kala- ja maitoteollisuudessa. Lihateollisuuden sivuvirtoja ovat lanta, kuolleet eläimet ja teurasjätteet. Myös märehäivien eläinten tuottama metaani voidaan lukea sivuvirraksi, tosin sen kerääminen on hankalaa. Teurasjätettä ovat myymättömät sisäelimet, luut ja nahka. Siipikarjan tapauksessa myös höyhenet ja sulat.

Lihateollisuudesta jää paljon sisäelimiä ja muita osia sivuvirraksi suomalaisten kuluttamistottumusten takia. Suomessa eniten hyödynnetty sisäelin on maksa. Elintarvikkeiksi hyödyntämättä jää kuitenkin monet muut sisäelimet. Osa niistä voidaan myydä elintarvikekäyttöön ulkomaille. [7]

Kalateollisuuden sivuvirtoja ovat kalan perkeet, eli ruodot ja sisäelimet ja usein myös nahka sekä kalan päät. Tämä johtuu suomalaisten ruokailutottumuksista. Kalateollisuuden sivuvirtoja, sekä suuri osa kuluttajien hylkimästä saaliista käytetään tuotantoeläinten rehussa. Osa sivuvirroista käytetään myös tehokkaasti einesteollisuudessa. [7]

Maitotuotteiden kirjo on laaja ja sivuvirtojen ominaisuudet vaihtelevat valmistusmenetelmien mukaan. Meijeriteollisuuden sivuvirrat on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1: Maitotuotteet pinkillä ja niiden sivuvirrat vihreällä. Suomennettu ja muokattu [8].

Kuvasta 1 nähdään, että meijeriteollisuuden eri osa-alueilta tulee erilaisia sivuvirtoja, jotka eroavat esimerkiksi happamuudessa ja proteiini- ja nestepitoisuudessa toisistaan.

Vaihtelua on eri tavoin valmistettujen fermentoitujen maitotuotteiden valmistuksessa syntyvän happaman heran ominaisuuksissa. [8] Herasta erotellaan kolme jaetta: laktoosi, heraproteiini ja maitosuola, joita voidaan käyttää tehokkaasti elintarvikkeissa [9].

Maitoteollisuus hyödyntää sivuvirtansa tehokkaasti elintarvikkeiksi. Vain noin 1 % menee ruokahävikiksi. Tämä on suureksi osaksi antibioottipitoista maitoa, jota ei turvallisuussyistä saa käyttää elintarvikkeissa. [10]

Kasviperäisiä sivuvirtoja syntyy sekä alkutuotannossa että elintarvikkeen jalostuksessa. Kasvituotannon sivuvirtoja ovat kasvin elintarvikkeena hyödyntämättömät osat, kuten naatit, sekä se osa sadosta, jota ei saada myytyä. Tämä voi johtua kuluttajatottumuksista tai kasvitautien tai tuhoeläinten aiheuttamista vioista kasvilla. [11]

Avomaaviljelyssä osa tuotannon sivuvirroista jätetään peltoon sadonkorjuun yhteydessä. Näiden kasvinosien sisältämät ravinteet palautuvat siten peltoon. Myyntiin sopimaton tuote, sekä kuljetuksissa syntyvä sekunda yleensä kompostoidaan. Osa sadosta on aina ihmisravinnoksi kelpaamatonta, eikä sitä voida välttää. Myös jatkojalostuksessa syntyy sivuvirtaa esimerkiksi kuorista ja siemenistä, tai puristemassaa.

Avomaakasvintuotannossa sivuvirrat syntyvät sadonkorjuun aikaan ja pian sen jälkeen, eikä niitä ole saatavissa ympärivuoden. Kasvihuonetuotannossa sivuvirtoja sen sijaan syntyy ympärivuotisesti. [12]



Kasvituotteiden jalostuksen yhteydessä syntyviä sivuvirtoja ovat esimerkiksi kasviöljyn ja mehujen tuotannossa syntyvät puristekakut, oluen valmistuksen sivutuotteena syntyvä mäski ja rankki, viljan jauhamisen sivutuotteena syntyvä kuorijae, sekä erotellut kuoret ja siemenet. [7] [13] Lisäksi tuotantolinjoilla ja myöhemmin kuljetus- ja varastointiketjussa syntyy myyntiin kelpaamattomia tuotteita, vanhentuneita tuotteita ja hävikkiä. [7]

Elintarvikealan sivuvirtojen käyttöä sääntelee useat lait. Lehto ym. (2021) listaavat kattavasti sivuvirtojen käyttöä ohjaavat lait ja säädökset raportin taulukossa 2 [7]. Näiden lisäksi sivuvirtojen käyttö elintarvikkeissa vaatii lupaprosessin uuselintarvikeasetuksen mukaisesti. Uuselintarvikkeeksi määritellään sellainen elintarvike tai ainesosa, jota ei ole käytetty merkittävässä määrin ihmisravintona EU-alueella ennen 15.5.1997. Esimerkiksi kaikki ravinnoksi käytettävät hyönteiset ovat uuselintarvikkeita. Luvan voi saada hakemusmenettelyllä tai ilmoitusmenettelyllä. [14]

Erityisesti eläinperäisten sivuvirtojen käyttöä rajoittaa, turvallisuussyistä, laki eläimistä saatavista sivutuotteista 517/2015, joka jakaa eläinperäiset sivutuotteet kolmeen luokkaan. Luokan 1 tuotteilla on suurin riski olla kontaminoituja, esimerkiksi ympäristömyrkyistä tai taudeista. Tämän luokan sivutuotteet on tuhottava ja siksi niitä voi hyödyntää vain energiaksi. Pienin kontaminaatoriski on luokan 3 sivutuotteilla ja niillä onkin laajimmat käyttömahdollisuudet. [15]

2.2 Sivuvirrat Satakunnassa

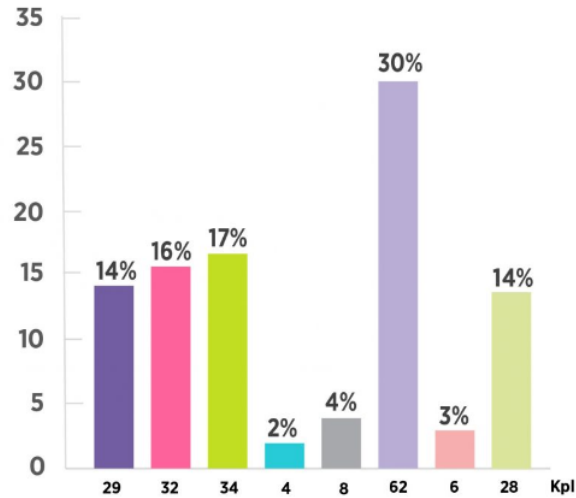
Vuonna 2023 Satakunnan alueella toimi 203 elintarvikkeita jalostavaa yritystä. Useimmat näistä ovat pieniä, alle viisi henkeä työllistäviä yrityksiä. Nämä yritykset on eritelty toimialan mukaan kuvassa 2. [16]



Toimiala

- Teurastus ja lihanjalostus
- Kalanjalostus
- Vihannesten, marjojen ja hedelmien jalostus
- Maidon jatkojalostus
- Viljatuotteiden jalostus
- Leipomotoiminta
- Juomien valmistus
- Muiden elintarvikkeiden jalostus

YHTEENSÄ (%)



Kuva 2: Satakunnan elintarvikkeita jalostavat yritykset toimialan mukaan [16]. Kuvan käyttöön on saatu lupa.

Kuvasta 2 havaitaan leipomotoiminnan huomattava osuus jalostavista yrityksistä. Lisäksi havaitaan meijeritoiminnan ja juomien valmistuksen olevan vähäistä Satakunnassa. [16] Näiden sijaan Satakunnassa on runsaasti kotieläintuotantoa. Maakunnassa on myös huomattavassa määrin erikoiskasvien tuotantoa ja näiden jalostusta. [17] Suuria elintarviketeollisuuden yrityksiä Satakunnassa ovat esimerkiksi Apetit Oyj, Saarioinen Oy, HKFoods Oyj ja Landeli Group Oy.

Vuonna 2018 Satafood Kehittämisyhdistys selvitti satakuntalaisten elintarvikealan yritysten sivuvirtojen määriä. Osa sivuvirroista syntyy tasaisesti vuoden aikana, kuten teurasteollisuuden sivuvirrat ja osa kausittaisesti, kuten kasvien jalostuksen sivuvirrat. Sokerijuurikkaan solunestettä syntyi selvityksen mukaan suurin määrä, noin 500 000 tonnia vuodessa. Suuri määrä selittyy jakeen suurella vesipitoisuudella [18]. Satakunnan alueella toimii Suomen tällä hetkellä ainoa juurikkasokeritehdas: Sucros Oy:n Säskylän tehdas. Alueen sivuvirtojen määrääarviot on esitetty taulukossa 1.



Taulukko 1: Satakunnassa syntyvien sivuvirtojen määrä tonnia vuodessa [18].

Sivuvirta	määrä (t/v)
Sokerijuurikkaan soluneste	500 000
Sokerijuurikkaan puristeleike	73 000
Kasvatusalustat (turve + kivivilla) ja multa	70 250
Perunan soluneste	70 000
Teurasjäte (sisäelimet) ja luujäte	34 435
Perunan soluseinäkuitu	12 600
Sienimöjäte, kasvualustat	6 930
Rasvakaivoliete ja flotaatioliete	4 241
Vihannesten leikkuujätteet	3 500
Höyhenet ja sulat	3 200
Perunan kuorimassa	3 000
Veri, lanta, pehku	2 585
Bioliete (Laitoksen jätevedenpuhdistamosta)	2 000
Kuivausprosessin sivutuotteet	2 000
Laktoosiliuos	1 545
Kuivatut yrtit*	1234
Sienten perkuujäte	900
Kalan perkuujätteet	326
Ylijäämätaikina	300
Härkäpapujauho	300
Tomaatin ja kurkun lehdet, jätetomaatti ja -salaatti	280
Tomaatin kasvuköynnös	250
Kauran kuorijäte (arvio)	200
Härkäpavun kuorijäte*	150
Prosesseista syntyvä biojätejauho	108
2. luokan herkkusienimassa	80

* Luvut haettu sivuvirtapörssistä 15.4.2024

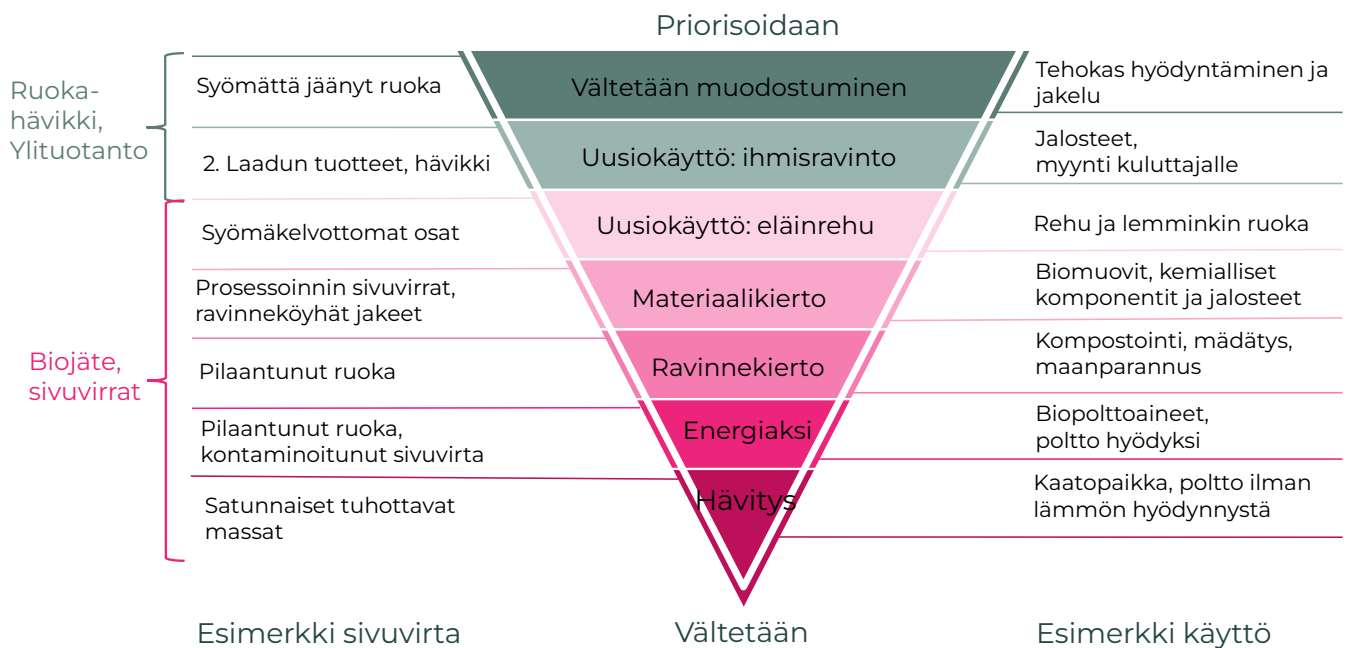


Taulukosta 1 havaitaan, että sokerijuurikkaan puristeleike, kasvualustat ja perunan soluneste ovat seuraavaksi suurimmat sivuvirrat yli 70 000 tonnilla vuodessa. [18] Perunan solunestettä syntyy Finnamyl Oy:n laitoksella Kokemäellä, kun perunasta valmistetaan perunajauhoa. Tuotanto ja siten sivuvirran syntyminen on hyvin kausiluontoista. Sivuvirta käytetään nykyisin lannoitteeksi ja rehuksi. [19] Turpeesta, kivivillasta ja mullasta koostuvat kasvualustat ovat kolmanneksi suurin sivuvirta alueella. Sitä syntyy esimerkiksi Mykora Oy:n sienimöiltä. Neljänneksi suurimman sivuvirran alueella muodostaa teuras- ja luujäte [18]. Tämän sivujakeen käyttöä säätelee laki eläimistä saatavista sivutuotteista [15]. Suuri osa menee Honkajoki Oy:lle raaka-aineeksi. Teurastamoista syntyvä rasvakaivoliete ja flotaatioliete on laskettu erikseen. Sivuvirran hyödyntämisen haasteena on sen noin 50 % vesipitoisuus. [18].

3. SIVUVIRTOJEN HYÖDYNTÄMINEN NYT

3.1 Kiertotalouden hierarkia

Ruokahävikin hierarkiaa (food waste hierarchy) voidaan soveltaa elintarvikealan elintarvikkeiksi soveltuviin sivuvirtoihin ja sen alempia tasoja voidaan soveltaa myös ravinnoksi kelpaamattomiin sivuvirtoihin. Kuvassa 3 on Teigiserova et. al. (2020) laajentama ruokahävikin hierarkiapyramidi.



Kuva 3: Ruokahävikin hierarkiapyramidi. Kuvan käyttöön on saatu tekijöiden lupa [4]. Kuvaa on muokattu alkuperäisestä kääntämällä suomeksi ja sovittamalla se selvityksen visuaaliseen ilmeeseen.

Käänteinen pyramidi kuvaa sitä, kuinka suurin osa ruokaketjun tuotannosta tulisi käyttää ihmisravinnoksi. Ihmisravinnon on kuitenkin täytettävä hygienia- ja turvallisuusvaatimukset, joten kaikkea sivuvirtaa ei ole mahdollista hyödyntää ihmisravinnoksi. Arvoasteikossa alempana on eläinten ruoka. Myös näillä on turvallisuus- ja hygieniavaatimuksia, mutta rehukäyttö on hierarkian mukaan suotavampaa kuin sivuvirran hyödyntäminen materiaalina, kuten biomuovissa tai proteiinituotannossa. Materiaalikierrätyksen alla on ravinnekierto, eli sivuvirran hyödyntäminen lannoitteena ja alimpana energian kierrätys, eli sivuvirran hyödyntäminen biokaasuksi tai muuksi biopolttoaineeksi. Pyramidin kärjessä, viimeisenä vaihtoehtona, on hävitys kaatopaikalle tai polttaminen ilman energian hyötykäyttöä. [4] Ruokahävikin hierarkia vastaa hyvin Suomen jätelaissakin (646/2011 luku 2 8 §) esiintyvää jätehierarkiaa. [20]



Elintarviketuotannon sivujakeiden tuotteistaminen riippuu sivuvirran laadusta ja puhtaudesta. Vain elintarvikkeeksi kelpaavista jakeista on mahdollista valmistaa elintarvikkeita tai niiden lisä- ja väriaineita. Turvalliset, hyvälaatuiset sivuvirrat soveltuvat hyvin rehun valmistukseen tai teknisten tuotteiden valmistukseen. Molemmissa tapauksissa sivuvirta tulee kerätä ja prosessoida. Epäpuhtaat sivuvirrat soveltuvat hygienisoivan prosessin, kuten mädätyksen tai kompostoinnin, jälkeen energiaksi ja maanparannukseen. [7]

Sivuvirrat on eroteltava, käsiteltävä ja säilöittävä erikseen, jotta elintarvikekäyttöön kelpaava jae säilyy sellaisena eikä kontaminoidu. Sivuvirran tulisi olla tasalaatuista ja ideaalitulanteessa saatavissa koko ajan, vuoden ympäri. [7] Kasvintuotannon sivuvirrat ovat hyvin kausiluontoisia ja siten myös osa niiden jalostuksen sivuvirroista.

Uuden ulottuvuuden tuotteistukselle tuo taloudellisuus. Sivuvirran myyminen rehuksi ei tuo sivuvirran tuottajalle suuria tuottoja ja yritykset ovatkin kiinnostuneita jalostamaan ekonomisesti arvokkaita tuotteita sivuvirroistaan. Toisaalta sivuvirtojen prosessoinnin ja kuljetusten korkea hinta saattaa ohjata yrittäjän käyttämään tuotetun sivuvirran halvimmalla mahdollisella tavalla. [21]

3.2 Biokaasun tuotanto

Biokaasua tuotetaan hapettomissa olosuhteissa, anaerobisten bakteerien mädättäessä eloperäistä ainetta. Reaktiossa syntyy metaania ja hiilidioksidia. Nämä kaksi muodostavat pääosan biokaasusta. Biokaasun tuotanto vastaa kuvan 3 hierarkiassa energian ja ravinteiden kierrätystä, sillä syntyvää kaasua voidaan käyttää maakaasun tapaan energiaksi tai jatkojalostaa liikennepolttoaineeksi ja syntyvää mädätettä voidaan käyttää lannoitteena. [22] Biokaasun tuotanto Suomessa oli 913 GWh vuonna 2022. Siitä saatiin hyödynnettyä 90 % ja loput 10 % soih tupoltettiin. [23]

Vuonna 2024 Satakunnan alueella toimi neljä biokaasulaitosta: Gasum Oy:n laitokset Honkajoella Kirkkokallion ekoteollisuuspuistossa ja Huittisissa, Porissa toimiva Nevel Oy:n Luotsinmäen biokaasulaitos ja Emomyly Oy:n oma laitos. [17] Säskylässä toiminut VSS Biopower päätyi konkurssiin vuoden 2023 lopulla ja laitoksen tulevaisuus selvityksen kirjoitushetkellä on epävarma [24]. Uusista biokaasulaitoksista on tehty selvityksiä, esimerkiksi Huittisten alueelle Satafood kehittämissyhdistyksen toimesta [25].

Prizztech Oy:n ja Pyhäjärvi-instituutin vuonna 2020 valmistunut selvitys biokaasulaitosten potentiaalista Satakunnan alueella tarkasteli edellä mainituista biokaasulaitoksista kolmea (Honkajoki, Luotsinmäki ja Säskylä) elintarviketeollisuuden sivuvirtojen



prosessoijina. Selvityksessä tarkasteltiin 30 kilometrin säteellä laitoksista saatavilla olevan sivuvirtabiomassan virtoja ja määriä. Selvityksessä havaittiin, että sivuvirtoja voidaan käyttää biokaasun tuotannossa myös sen jälkeen, kun niistä on eroteltu arvojake pois. Biokaasulaitosten mädäte soveltuu myös lannoitekäyttöön, erityisesti fosforilannoitukseen. Toisaalta alueella syntyvä lannan määrä riittää vastaamaan alueen viljelykasvien fosforintarpeeseen. [17]

3.3 Lannoitteet ja maanparannus

Kotieläinten lanta on nykyäänkin yleisin kierrätysravinteiden lähde Suomessa [26]. Lisäksi Suomessa vuodessa muodostuvat kierrätettävät biomassat sisältävät suunnilleen maan fosforilannoitukseen tarvittavan määrän fosforia. [26] Tuotantoeläinten lantaa ja biokaasuntuotannon sivutuotteena syntyvää mädätettä voidaan käyttää lannoitteena pelloilla, kunhan ne täyttävät lainmukaiset turvallisuus- ja laatuvaatimukset [26].

Lannoitteita ja muita maanparannusaineita säätelee lannoitelaki (8.7.2022/711) [27]. Kierrätyslannoitevalmisteita ovat mädätteet ja komposti, sekä muilla prosessointiteknologioilla lannoituskäyttöön jalostetut sivuvirrat. Kierrätyslannoitteiden huono puoli on, että ne eivät sisällä yhtä paljon ravinteita kasveille kuin mineraalilannoitteet. Ravinnepitoisuutta on kuitenkin mahdollista kasvattaa erilaisilla väkevöintimenetelmillä. [26]

Lannoituskäyttöä rajoitetaan, jotta ravinteet eivät huuhtoutuisi vesistöihin ja aiheuttaisi rehevöitymistä. Kukin kasvilaji pystyy hyödyntämään sille ominaisen määrän lannoitteiden sisältämiä ravinteita kasvun aikana, jolloin lannoituksen määrä riippuu viljellystä kasvista ja kasvin käyttötarkoituksesta. Myös maaperän ominaisuudet voivat rajoittaa lannoitteiden käyttöä. [17] Typen maksimilevytysmääristä on säädetty nitraattiasetuksessa [28].

Kierrätyslannoitteita valmistavia yrityksiä ovat esimerkiksi Biolan Oy, Soilfood Oy, Kekkilä Oy, Ecolan Oy ja Yara Oy. Biolan Oy on aina käyttänyt tuotteissaan broilerin lantaa ja muita kierrätystuotteita. Lanta hygienisoidaan kompostoinnissa, jotta sitä on turvallista käyttää. [29] Soilfood on yritys, joka jalostaa teollisuuden sivuvirtoja lannoitus- ja maanparannus käyttöön, sekä karjan kuivikkeeksi [30].

Osana REMSOIL -hanketta tehtiin lopputyö lihaluujauhon käytöstä pilaantuneen maan parannuksessa. Käytetty lihaluujauho oli peräisin Honkajoki Oy:ltä. Lihaluujauholla oli maaperän puhdistusta lisäävä vaikutus ja käytölle havaittiin potentiaalia. [31] Kiinnostava maanparannuksen väline on myös biohiili. Biohiilen avulla peltoihin voidaan sitoa hiiltä



niin paljon, että kierrosta saadaan hiilinegatiivinen. [32] Biohiili on kuitenkin kallista (250 eur / m³ vuonna 2019), mikä vähentää halua sen käyttöön [26]. Sivuvirtojen käyttö biohiilen raaka-aineena voisi tehdä siitä halvempaa. Biohiilen hyödyntämistä taimien kasvun edistäjänä tutkitaan osana BIOVAHVA –hanketta [33]. Biohiilestä kerrotaan lisää luvussa 4.4.

Satakunnan alueella toimivien biokaasulaitosten mädätettä, sekä alueella toimivien tuotantoeläintilojen lantaa ja lietelantaa käytetään lannoituksessa. Koska alue on kotieläintuotannon keskittymä, lantaa syntyy merkittäviä määriä. Siksi lannan lannoituskäyttö on alueella suurta ja kilpailee muiden kierrätyslannoitteiden kanssa. [17]

3.4 Tuotantoeläinten rehu

Useita elintarvikealan sivuvirtoja hyödynnetään tuotantoeläinten rehussa ja lemmikkien ruuassa. Erityisesti teurasteollisuuden ja osaa kalanjalostuksen sivuvirroista käytetään turkiseläinten rehuna. [7] Myös meijeriteollisuuden huuhtenesteet ja herat, sekä suuri osa panimoteollisuuden sivuvirroista voidaan myös käyttää kotieläinten rehuna. [13] Hyödyntäminen eläinrehuna edellyttää sivuvirran olevan puhdasta ja turvallista eläinravinnoksi [32].

Satakunnan sivuvirroista eläinrehuksi menee sokerijuurikkaan ja perunan jalostuksen sivuvirtoja, sekä osa Honkajoki Oy:n käsittelemästä teurasjakeesta [19] [18]. HKFoods Oyj tarjoaa sikojen ruokintaan etanoliteollisuuden valkuaislientä sekä aiemmin mainittua heraa [34].

Sivuvirtojen hyödyntäminen rehutuotannossa voi aiheuttaa rehuun laatuvariaatioita ja epävarmoja toimituksia sivuvirtojen kausittaisuuden takia. [13] Toisaalta rehukäyttö on ruokahävikkihierarkian mukaista toimintaa ja vähentää osittain rehuntuotantoon vaadittua peltoalaa. Vapautunutta peltoalaa voidaan käyttää ihmisravinnon tuotannossa, tai palauttaa luonnonvaraiseen tilaan. [35]

Kaikki elintarvikeketjun sivuvirrat eivät sovellu rehuksi, vaikka ne olisivat riittävän puhtaita. Ne voivat olla huonosti sulavia tai ravinneköyhiä. Esimerkiksi rehuviljan korvaaminen kokonaan viljakasvien tähteillä saattaa heikentää karjankasvatuksen tuottavuutta. [35] Eri tuotantoeläimet vaativat erilaista rehua. Van Hal et al. (2019) selvittivät kullekin tuotantoeläimelle sopivimmat sivuvirrat ja optimaaliset tuotantomäärät. Optimointi oli kuitenkin teoreettinen ja vaatisi suuria muutoksia ruokaketjuun toteutuakseen. [36]



4. UUDET MAHDOLLISUUDET

4.1 Sivuvirta ihmisravinnoksi

Ruokahävikkihierarkian mukaan kaikkein paras tapa hyödyntää sivuvirtoja olisi jalostaa ne ihmisravinnoksi tai ihmisten käyttöön. Kuten aiemmin havaittiin, kaikki sivuvirrat eivät sovellu elintarvikekäyttöön, koska ne eivät täytä hygieniavaatimuksia. Niitä sivuvirtoja, jotka täyttävät vaatimukset, voidaan jalostaa elintarvikekäyttöön.

Fazer aloitti vuonna 2021 ksylitolin tuotannon kaurankuorista. Fazer Xylitol® valmistetaan Fazer Mills myllytoiminnan sivuvirtana syntyvistä kaurankuorista [37]. Tuotekehitystä tehtiin Fazerin ksylitolitehdas -hankkeessa 2019–2021, mutta ajatus oli syntynyt aiemmin [38]. Tuote voitti vuoden 2021 Circwaste-hankkeessa jaetun Vuoden Kiertopalkinnon [39]. Kaupallinen tuotanto alkoi vuonna 2022 tehtaan valmistuttua [38]. Fazer Mills oli myös mukana kehittämässä paperipakkauksia, joissa osa raaka-aineesta oli korvattu kaurankuorilla. Myös tämä tuotekehitys tuotti tulosta vuonna 2021. Paperipussin raaka-aineesta neljäsosa oli kaurankuorta. [40] Tämä innovaatio ei kuitenkaan ole saavuttanut samanlaista kaupallistumista kuin kauraperäinen ksylitoli.

Pia Silventoinen tutki väitöskirjassaan myllytuotteiden sivuvirtojen, kuten vehnän, riisin ja rukiin leseiden, proteiinipitoisuuden ja prosessoitavuuden parantamismahdollisuuksia. Tulokset olivat lupaavia ja Silventoisen mukaan prosessointi mahdollistaa näiden sivuvirtojen käytön lusikoitavissa tuotteissa ja maitotuotteiden korvikkeissa. [41] Tanja Kakko käytti puolukkamehun ja tyrnimehun puristuksen sivutuotteena syntyvää puristejäännöstä luonnollisten antioksidanttien lähteenä etsiessään uusia tapoja lisätä suomalaisen silakan ja särjen elintarvikekäyttöä. Väitöskirjan johtopäätöksissä todetaan, että näiden sivuvirtojen hyödyntäminen antioksidatiivisina materiaaleina kasvattaa niiden arvoa. Lisäksi hänen tutkimansa pH muutokseen perustuva proteiiniuutto (pH shift) ja entsyymaattinen hydrolyysi (enzymatic hydrolysis) ovat menetelmiä, joissa voi hyödyntää myös käsittelemättömiä kalanjalostuksen sivuvirtoja. [42]

FUSILLI-hanketta varten tehtiin opinnäytetyö puutarhatuotannon sivuvirtojen hyödyntämisestä ammattikeittiöissä. Työssä havaittiin monien nykyisin sivuvirroiksi luettavien kasvinosien soveltuvan hyvin elintarvikekäyttöön tuoreena käytettyinä tai perinteisesti säilöttynä. Näistä suurelle yleisölle erikoisemmista sivuvirta tuotteista kasvattajat voisivat saada uuden tuotteen, mikäli heiltä löytyy resurssit sivuvirran käsittelyyn. Vaihtoehtoisesti lähiseudun elintarvikejalostamo voisi alkaa valmistaa uutta tuotetta sivuvirroista varsin helposti, mikäli laitokselta löytyy jo tarvittavat laitteet ja logistiikkaketju. Sivuvirrasta valmistettu tuote on mahdollisesti halvempi kuin perinteinen



tuote, jonka se korvaa. [43] Tällaisten tuotteiden yleistymisen vaatii kuluttajilta totuttelua, mutta hankkeiden ja yritysten yhteistyöllä tuotteille saattaa löytyä markkinat.

Auringonkukkaöljyn sivutuotteena syntyvästä puristekakusta kehitettiin uutta lihankorviketta Taste2Meat -hankkeessa. Puristekakku fermentoitiin ja tuotteesta tehtiin lihankorviketta eri prosesseissa. [44] Fermentointi eli käyminen on biologinen reaktio, jossa mikroskooppiset eliöt, kuten bakteerit, sienet tai alkueliöt, hajottavat molekyylejä hapettomissa olosuhteissa. Reaktio on elintarviketeollisuudessa tuttu, sillä sitä on hyödynnetty vuosituhansia ruuan säilömiseen sekä viinin ja oluen valmistukseen. Prosessi parantaa syötteen koostumusta ja makua. [45] Hankkeen tuloksena ei saatu kuluttajille valmista tuotetta, mutta menetelmässä havaittiin potentiaalia [44]. FERBLEND-hanke yrittää tuoda sivuvirroille lisää arvoa yhdistämällä kaksi virtaa ja fermentoimalla ne yhdessä. Kokeilussa ovat auringonkukkaöljyn tuotannosta syntyvä puristekakku ja juuston valmistuksessa syntyvä hera. Fermentoinnin lopputuote karakterisoidaan ja sen käyttöä elintarvikkeissa tutkitaan. Tuotteille tehdään elinkaari- ja kustannustarkastelu. Yhdistämisellä tähdätään hajatuotannossa syntyvien sivuvirtojen helpompaan hyödyntämiseen ja yhteistyömahdollisuuksiin eri yritysten välillä. [46] Hanke on käynnissä ja se tuottaa varmasti mielenkiintoisia tuloksia.

4.2 Sivuvirta hyönteisten ja sienten ravintona

Kun sivuvirta ei sovi elintarvikekäyttöön, rehukäyttö on toiseksi paras ratkaisu. Kuten luvussa 3.4 havaittiin, myös tuotantoeläinten rehun on täytettävä tietyt puhtaus- ja ravinnevaatimukset. Hyönteiset ja sienet voivat käyttää ravintonaan laajempaa sivuvirtojen kirjoa. Hyönteisiä ja niistä jalostettua proteiinia saa Suomessa käyttää sekä ihmisravintona että rehuna. Ihmisravintona ne eivät juurikaan yleistyneet vuoden 2018 boomin jälkeen, mutta tuotantoeläinrehuna niille on kysyntää. [47] Suomalaisten kuluttajien valmiutta ostaa hyönteisproteiinia ja syödä hyönteisiä selvitettiin vuonna 2020. Selvityksen perusteella hyönteisproteiinin on oltava edullista ja helppokäyttöistä, jotta kuluttajat ostavat sitä. [48]

ArvoBio -hankkeessa tarkasteltiin muun muassa kotisirkkojen ruokintaa kasvihuonekasvien sivuvirroilla: kurkun ja tomaatin lehdillä. Tutkimuksesta tehtiin myös elinkaarianalyysi (LCA) järjestelylle. Havaittiin, että sirkkojen ruokinta oli elinkaarensa ilmastovaikutuksiltaan suunnilleen samaa luokkaa kuin kananmunan- ja broilerintuotanto, kun sirkkojen proteiinia käytettiin ihmisravintona. [49] Volare Oy on vuonna 2021 perustettu yritys, joka hyödyntää elintarvikealan sivuvirtoja mustasotilaskärpästen ravintona. Kasvatettuja kärpäsiä käytetään lemmikkien ruuassa, kalankasvatuksen rehuna



ja hyönteisöljyn tuotannossa. Yhtiö on ensimmäisen suuren tehtaansa rakentamisvaiheessa tämän selvityksen kirjoittamishetkellä. [50]

Enifer Oy tuottaa elintarvike- ja metsäalan sivuvirroista sieniproteiinia. Proteiinia käytetään kalan rehussa ja lemmikin ruuissa, mutta sitä voidaan hyödyntää myös ihmisravinnoksi. Tuotteen on ennen markkinoille saattamista saatava uuselintarvikelupa. [51] Käynnissä on tutkimus Valion meijeritoiminnan sivuvirtojen käyttämisestä sieniproteiinin raaka-aineena. Tuotteen hyödyntäminen ihmisravintona on suunniteltu alkavan vuonna 2025. [52] Yhdysvaltalainen Ecovative hyödyntää biomassoja myös sienten kasvualustana. Yritys valmistaa sienimassasta pakkausmateriaalia, vaahtomuovin korviketta, sienipekonია ihmisravinnoksi ja sienipohjaista tekonahkaa käytettäväksi muotiteollisuudessa. [53] Belgialainen PermaFungi käyttää kahviloiden kahvipurua sienten kasvualustana. Sienet myydään ihmisravinnoksi ja niiden kasvualusta lannoitteeksi. Tämä on mahdollista, koska yritys toimii suurkaupungissa, jossa on vahva kahvilakulttuuri. Kahvipurua on siis runsaasti saatavissa pienellä alueella. Yritys järjestää kahvipurun keräyksen itse yhteistyössä kahviloiden kanssa. [54] Koska Suomi on maailman suurin kahvin kuluttaja asukasta kohti, voisi vastaava toimia myös suurimmissa suomalaisissa kaupungeissa. Kuluttajatutkimusten mukaan kahvin juonti Suomessa ei ole vähenemässä. [55]

4.3 Sivuvirroista arvojakeita

On kiertotalousajattelun ja tuottajan edun mukaista, että tuotetusta materiaalista saadaan mahdollisimman paljon arvoa mahdollisimman pitkään sen elinkaaren aikana [4]. Tulevaisuuden teknologiat tähtäävät hyödyntämään syömäkelpottomia sivuvirtoja tehokkaammin kuin nykyään, korkeamman arvon tuotteissa. Uusia käyttömahdollisuuksia tutkitaan ja kehitetään tutkimushankkeissa, tutkimuskeskuksissa ja yritysten tuotekehityksessä. Nämä eri kehittämisorganisaatiot tekevät myös paljon yhteistyötä keskenään.

Vuosina 2019–2022 käynnissä ollut Symbioma-hanke kehitti kiertotalouden ratkaisuja kalatalouteen, perunan käyttöön ja juomateollisuuteen. Hanke keskittyi harvaan asuttujen alueiden pienien ja keskisuurten yritysten tukemiseen ja pilotointeja tehtiin Suomessa, Ruotsissa, Norjassa, Skotlannissa ja Irlannissa. Hanketta johti suomalainen Centria ammattikorkeakoulu. [56] Hankkeessa tarkasteltiin myös panimoalan suurimman sivuvirran, mäskin hyödyntämistä. Mäskissä on runsaasti selluloosaa, hemiselluloosaa, ligniiniä ja proteiineja. Symbioman pilotti keskittyi hemiselluloosan ja proteiinien erotukseen mäskistä. Kosmetiikkateollisuudesta etsittiin käyttökohteita erotelluille



jakeille. Myös tarkkelykselle havaittiin mahdollista käyttöä kosmetiikkateollisuudessa talkin korvaajana. [57] Hankkeessa pilotoitiin myös perunan sivuvirtojen hyödyntämisestä kiinteän massan fermentoinnilla (solid state fermentation SSF) [58]. Pilotin fermentoinnissa kasvatettiin sienibiomassa kasvien juurien biostimulantiksi. Stimulantin havaittiin lisäävän siementen itämistä huomattavasti. Testatun kasvin lehtivihreän määrään stimulantilla ei havaittu olevan vaikutusta. Vaikka pilotin tulokset olivat lupaavia, tarvitaan aiheesta lisää tutkimusta ennen kuin teknologia on valmis kaupallistettavaksi. [58]

INGREEN-hanke toimi vuosina 2019–2023 ja kehitti uusia tuotteita ja raaka-aineita paperin valmistuksen ja elintarviketuotannon sivuvirroista. Huomio keskitettiin erityisesti jauhon ja juuston tuotannon sivuvirtojen hyödyntämiseen. Tuloksena saatiin testattua useita tuotteita ja valmistustapoja, esimerkiksi funktionaalisia elintarvikkeita kauran kuorista, intiimialueen voiteita herasta ja biohajoavaa pakkauspinnoitetta prosessoimalla paperiteollisuuden jätevevettä. [59]

Elintarviketeollisuuden sivuvirroista voidaan saada raaka-ainetta myös täysin eri teollisuuteen. Esimerkiksi maidosta voidaan erottaa kaseiiniproteiinia, jota käytettiin tekstiilien tuotannossa jo vuonna 1930, kunnes uudet öljypohjaiset synteettiset tekstiilit syrjäyttivät sen käytön. Kaseiinikuidulla on tutkitusti monia kiinnostavia ominaisuuksia, kuten antibakteerisuus. Materiaalille saattaa tulevaisuudessa löytyä käyttökohteita lääketieteenalalla. Kaseiini on perinteisissä valmistustavoissa käsitelty formaldehydillä, joka on hyvin myrkyllistä. Uusia valmistustekniikoita on kehitetty, mutta tuotanto ei ole kovin yleistä. [60] Euroopasta löytyy ainakin kaksi yritystä, jotka käyttävät kaseiinia tekstiilien valmistuksessa: Qmilk saksassa ja Duedilatte italiassa. Jotta toiminta olisi kiertotalouden arvojen mukaista, tekstiilin tuotannossa pitäisi käyttää ainoastaan pilaantunutta tai muutoin ravintokäyttöön sopimatonta maitoa.

Neljäsosa nahan ja luiden proteiinimassasta on kollageenia, josta on mahdollista valmistaa gelatiinia. Gelatiinilla on useita käyttökohteita, joista vanhimmat ovat orgaaniset liimat ja liivate. Uusia käyttökohteita gelatiinille löytyy lääketieteen alalta. Myös eläinperäiselle rasvalle on käyttöä: siitä valmistetaan biopoltoaineita ja käyttökohteita löytyy myös kosmetiikka- ja rehuteollisuudesta. Rasvalle on olemassa jo vahvat markkinat. [7] Rasvakaivolietteen käyttöä haittaa eniten sen suuri vesipitoisuus. Runsaasti vettä sisältävät sivuvirrat ovat kalliita liikuteltavia ja niiden arvojakeiden, kuten ravinteiden ja proteiinien, hyödyntäminen vaatii erottelulaitteita, joiden investointikustannukset ovat korkeat. [17] Erottelu on kuitenkin mahdollista ja esimerkiksi Flocon Oy on kehittänyt teknologiaa näiden jakeiden erotteluun. [61] Erotelluille jakeille pitää olla markkinat ja niistä on saatava riittävä hinta, jotta erottelu on taloudellisesti järkevää. Jakeilla ja teknologialla on kuitenkin potentiaalia. [62]



Ligniinjaloiteilla on hyvin moninaisia käyttökohteita, esimerkiksi pinnoitteissa, muoveissa ja lääketieteellisyydessä. Korkean ligniinipitoisuuden omaavat maatalouden sivuvirrat saattaisivat soveltua puuperäiselle ligniinille kehitettyihin käyttökohteisiin. [63] Lignoselluloosan käyttäminen optisissa teknisissä tarkoituksissa on kiinnostava uusi tutkimuksen ala, joka mahdollistaisi maa- ja metsätalouden sivuvirtojen hyödyntämisen esimerkiksi aurinkopaneeleissa [64].

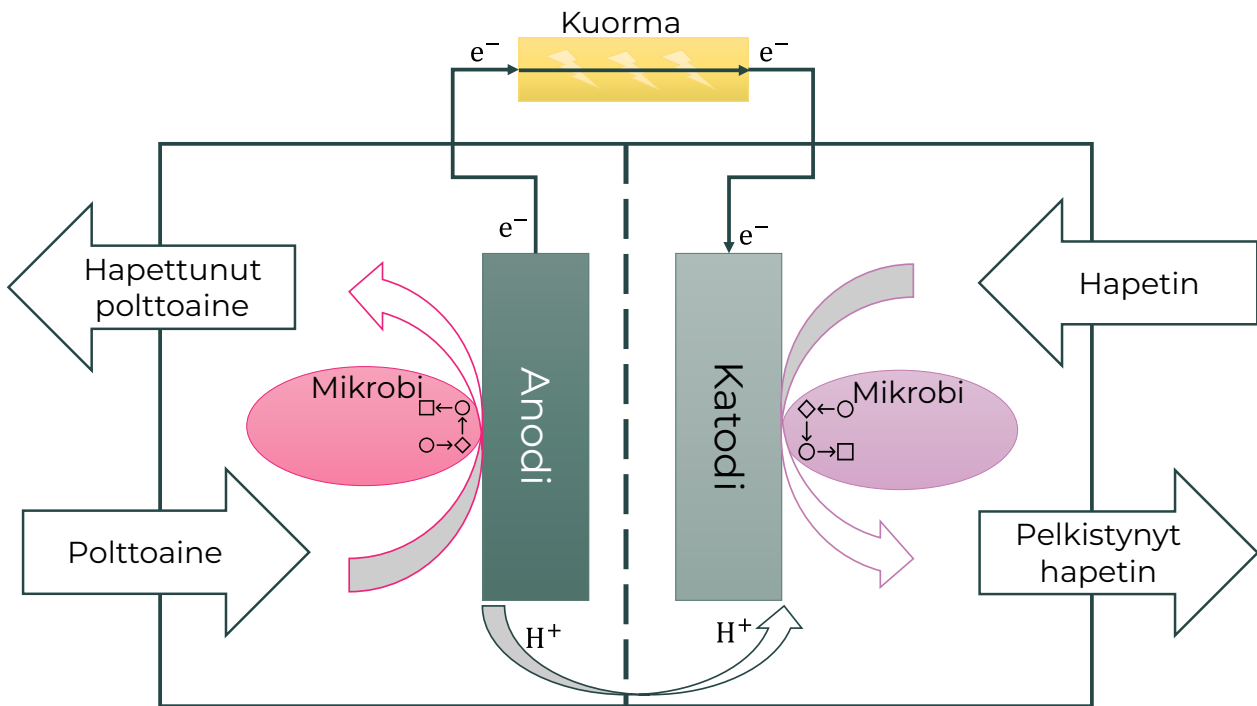
Alkutuotannon biologiset sivuvirrat toimivat edullisena substraattina entsyymien, esimerkiksi amylaasin, valmistuksessa. Amylaasilla on monia käyttökohteita esimerkiksi lääke-, elintarvike- ja tekstiiliteollisuudessa. [65] Sivuvirrat muodostavat siis hyvin mielenkiintoisen raaka-aineen korkea-arvoisille tuotteille. Erityisesti biokemia ja bioprosessit ovat avainasemassa arvomolekyylien tuotannossa. Tällainen bioprosessori sopisi hyvin esimerkiksi biokaasureaktorin läheisyyteen, joko esi- tai loppukäsittelyksi biokaasureaktorin syötteelle [66].

4.4 Muut mahdollisuudet

Aro et. al. (2020) selvittivät biopohjaisten eristemateriaalien elinkaaripäästöjä. Heidän mielestään broilerin höyhenet ovat yksi potentiaalinen eristemateriaali, vaikkei sitä heidän selvityksessään sen enempää tarkasteltu. [67] Höyhenet ovat hyviä lämpöeristeitä, mutta ne on käsiteltävä patogeeneiden varalta ennen käyttöä. [68]

Symbioma-hankkeessa tehtiin esimerkiksi selvitys simpukoiden ja ostereiden kuorien hyötykäytöstä. Selvityksessä havaittiin, että kuoria voidaan käyttää jalostuksen jälkeen maanparannukseen, osana tuotantoeläinten rehua ja osana rakennusainetta. Uutena mahdollisuutena pilotoitiin kuorten käyttöä tekokiven tuotannossa, josta voidaan tehdä keittiötasoja. Kuorten lisäksi tasonvalmistuksessa käytetään hartsia, joka oli tarkastelussa huomattavan suuri kuluerä. Tehty teknistaloudellinen tarkastelu esitti tämän ratkaisun kuitenkin taloudellisesti lupaavana. [69] Suomessa osterin kuoria ei synny riittäviä määriä, jotta tämä ratkaisu olisi kannattava, mutta sivuvirtojen hyödyntäminen käyttö- tai koriste-esineiden valmistuksessa on mielenkiintoinen mahdollisuus.

Mikrobipolttokennot eli MFC:t (Microbial fuel cell) tuottavat sähköä biomassasta bakteerien avulla. Sähköntuotanto perustuu elektronien liikkeeseen negatiiviselta elektrodilta (anodilta) positiiviselle elektrodille (katodille). Nämä on erotettu toisistaan elektroneja läpäisemättömällä, mutta ioneja läpäisevällä kalvolla. [70] Elektronit siirtyvät anodilta katodille johteen kautta kuvan 4 mukaisesti



Kuva 4: mikrobipolttokennon toimintaperiaate, suomennettu ja muokattu [71]

Kennossa käytetään bakteereita, jotka soluhengityksensä, eli metaboliensa kautta vapauttavat syöttestä elektroneja anodille. Syötteellä tarkoitetaan bakteerien ravintona toimivaa biomassaa. Syötteeksi sopivat monet erilaiset biomassat, esimerkiksi jätevesi ja kuorijätteet. Teknologiaa onkin kehitetty jätevesien puhdistustarkoitukseen. MFC:en yleistymistä on hidastanut kennoon vaadittujen osien, erityisesti anodi- ja katodimateriaalien, korkea hinta ja verrattain huono sähköntuotannon hyötysuhde. Tutkimusta kummankin edistämiseksi on tehty. Biologisia sivuvirtoja voidaan jopa hyödyntää kennon rakenteessa pyrolysoimalla ne ensin biohiileksi. [70]

Pyrolyysi, toiselta nimeltään kuivatilauks, on termokemiallinen prosessi, jossa orgaaninen aine hajoaa korkeassa lämpötilassa ja hapettomissa tai vähähappisissa olosuhteissa. Tuloksena syntyy biohiiltä, synteesikaasua ja öljyä. [72] Esimerkiksi pyrolysoituja männyn käpyjä, kahvinpurua ja kastanjan kuoria on tutkittu mikrobipolttokennon anodin materiaaleina. Maissintähkistä tuotettua biohiiltä on vastaavasti tutkittu katodin pinnoitteena. [70] Pyrolyysillä tuotetulla biohiilellä on myös monia maan laatua parantavia vaikutuksia. Biohiilen lisäys viljelymaille parantaa maan mikrobistoa, lisää kasvien käytössä olevia ravinteita ja vähentää tuotannon laskennallisia kasvihuonepäästöjä. Kuivilla alueilla biohiilen on tutkittu parantavan maan kosteustasoa ja siten ehkäisevän kasvien kuivumista ja vähentävän kastelun tarvetta. [73]



5. SIVUVIRTOJEN HYÖDYNTÄMISEN RISKIT JA HAASTEET

5.1 Teknologian käyttöönoton haasteet

Elintarvikealan biologisilla sivuvirroilla on runsaasti potentiaalia tekniikan eri osa-alueilla. On tärkeää tunnistaa, mikä ratkaisu on sivuvirran tuottajalle ja paikalliselle elintarvikeketjulle soveliaim. Sivuvirtojen hyödyntäminen ei ole helppoa ja yritystoiminnan perustaminen niiden varaan voi olla haastavaa. Sivuvirran tuottajat eivät halua kantaa suuria keräys- ja prosessointikustannuksia, mikäli tuotteesta ei saa hyvää hintaa. Käsittelystä ja hyödyntämisestä kiinnostuneet yritykset taas haluavat varmuuden toimituksista, jotta heidän toimintansa on kannattavaa. [74] Tämän tyyppiset järjestelyt vaativat tiivistä yritysten välistä yhteistyötä ja yritysten yhteen saattamista. Uuden teknologian hyödyntäminen vaatii laiteinvestointeja ja koulutusta. Yrittäjät voivat olla haluttomia ottamaan suurta taloudellista riskiä, mikäli hankinnan tuottavuudesta ei ole luotettavaa näyttöä. Yrittäjät kaipaavat investointitukea ja asiantuntijapalvelua päätöksenteon tueksi. [75]

Elintarvikealan sivuvirtojen hyödyntämistä vaikeuttaa joidenkin sivuvirtojen kausiluonteisuus. Markkinat ovat usein kokovuotisia, jolloin kausiluontoisen raaka-aineen käyttö ei välttämättä ole kannattavaa. Lisäksi sivuvirrat ovat usein nopeasti pilaantuvia biologisia jakeita. Ne on käsiteltävä nopeasti, jotta ne ovat hyödynnettävissä korkeamman arvon tuotteiksi. [11] [74] Sivuvirtaa on saatava riittävästi ja sen on oltava laadullisesti oikeaa valitulle tuotteistukselle. Sivuvirran riittävyys riippuu siitä, miten kaukaa sitä ollaan valmiina kuljettamaan. Nestemäisten jakeiden kuljetus tulee nopeasti kalliiksi. [76] Kalliita ovat myös kylmäkuljetukset ja pitkät välimatkat, tosin hyvälaatuista sivuvirtaa voi olla kannattavaa hakea myös kauempaa. [7] Yhteistyö vähittäiskauppojen kanssa logistiikan osalta saattaa tarjota ratkaisun tähän haasteeseen [77].

Epäpuhtaudet sivuvirrassa saattavat hankaloittaa sen käyttöä. Esimerkiksi maatalouden viherbiomassojen hyödyntämisen ongelma ovat viljelyssä käytetyt muoviset narut, kiinnikkeet ja tartuntatuet. Näiden jääminen sivuvirran joukkoon voi estää sen käytön esimerkiksi biokaasuntuotannossa. [32] Eläinperäisestä sivuvirrasta tulisi erotella ravinteet ja rasvat, jotta ne voidaan jalostaa korkeamman arvon tuotteiksi ennen kuin sivuvirrasta tehdään bioenergiaa. Erottelun toteuttaminen vaatii resursseja ja kehitystyötä. [63] Toisaalta Honkajoki Oy vastaa pitkälti alueen eläinperäisen sivuvirran käsittelystä ja jalostuksesta, joten alueella on selkeä taho, jonka kanssa tehdä yhteistyötä [78].



Sivuvirran hyödyntämisteknologia on valittava oikein saatavalle määrälle ja laadulle. Eri sivujakeista saa eroteltua eri määriä arvojakeita, kuten kemikaaleja. Näiden kemikaalien markkina-arvo ja tuotettu massa määrittävät erottelun taloudellisuuden. Esimerkiksi orgaaniset hapot ovat bulkkihinnaltaan maltillisia, mutta niitä saa eroteltua varsin runsaasti. Väriaineet, kuten karotenoidit, ovat sen sijaan paljon arvokkaampia kuin hapot, mutta niiden tuotantomäärät ovat huomattavasti pienempiä. Tuotannon on oltava taloudellisesti järkevää ja tuotettava yritykselle liikevoittoa. [66]

5.2 Teknologian riskit ja riskien hallinta

Ruokahävikin jatkojalostusta on alettu tutkia aktiivisesti vuodesta 2018 lähtien, joten kovin moni teknologia ei ole vielä kaupallisella asteella. Lisäksi tutkimus keskittyy erityisesti ruokahävikin hierarkian puoliväliin, energian materiaalin ja ravinteiden kierrätykseen. Hävikin välttämisestä ja elintarvikekäytöstä tutkimusta on tehty huomattavasti vähemmän. [79] Erityisesti kemiallisten erottelu- ja jalostusprosessien optimoinnissa on tehtävä kokeita ja tutkimusta, sillä tuotantomäärät vaihtelevat suuresti sivuvirran laadun ja jopa käytetyn bakteerikannan vaikutuksesta [66]. On siis mahdollista, ettei tuotanto toimi täysin suunnitellulla tavalla. Myös tuotantokapasiteetin kasvatus saattaa aiheuttaa ongelmia, sillä joillekin bioprosesseille sitä ei ole tutkittu tarpeeksi. [79] Suomen elintarvikeala tekee kuitenkin paljon TKI-työtä yhteistyössä oppilaitosten ja kehitysinstituuttien kanssa. Suhteellisesti mitattuna suomalaisyritysten investointimäärä on Euroopan maiden kärkiluokkaa. [80]

Tietoa elintarvikejätteen määrästä on alettu kirjaamaan systemaattisesti vasta vuonna 2019, kun Euroopan komissiolta tuli velvoite. Suomessa tietojen keräämisestä ja tuloksien raportoinnista vastaa LUKE. [1] Tässä selvityksessä nojattiin sivuvirtojen määrän suhteen useita vuosia vanhaan tietoon. Niinpä selvityksessä tehtiin sama havainto kuin useissa muissa aiheesta tehdyissä tutkimuksissa ja katsauksissa: tilastotietoa sivuvirroista ei ole kattavasti saatavissa [35] [77]. Satakunnan alueella tähän toivotaan helpotusta Satafoodin Sivuvirtapörssistä [81]. Kattava tilastointi ja säännöllinen seuranta todennäköisesti osaltaan edesauttaisivat sivuvirtojen hyödyntämistä tekemällä kannattavuustarkasteluista tarkempia ja luotettavampia.

Ruokahävikkihierarkian seuraaminen ei välttämättä johda pienempiin päästöihin tai pienempään hiilijalanjälkeen, sillä jalostus ja kuljetus vaativat energiaa ja tuottavat päästöjä, joskus jopa siinä määrin, että hierarkian alemmalla portaalla on pienemmät päästöt kuin ylemmällä. Hierarkia voi olla liian yksinkertainen työkalu päätöksenteon tueksi. Siksi elinkaarianalyysi (LCA) olisi hyvä tehdä sivuvirrasta ideoiduille tuotteille, jotta



voidaan varmistua niiden ympäristön kannalta positiivisesta vaikutuksista. Tämä analyysi laskee tuotteen valmistuksesta, kuljetuksesta, käytöstä ja hävityksestä syntyvät päästöt ja materiaalin käytön. Tuloksia voidaan sitten verrata muiden vastaavien tuotteiden LCA tuloksiin ja näin voidaan selvästi osoittaa, onko sivuvirtoja raaka-aineena hyödyntämällä saavutettu kestävämpi ja ympäristöä vähemmän kuormittava tuote, kuin vertailukohteet. [79] Kiertotalouden ja vihreän siirtymän kannalta on myös tärkeää varmistaa esimerkiksi biojalostamon suunnitteluvaiheessa, että prosessi on kiertotalouden arvojen mukainen ja että prosessilla on oma paikka materiaalien kierrossa [66].

Mikäli sivuvirrasta halutaan jalostaa tuotteita ihmisravinnoksi, on jalostavan yrityksen ymmärrettävä markkinoita ja kuluttajakäyttäytymistä. Useat tutkimukset ja hankkeet pitävät uusien sivuvirroista johdettujen elintarvikkeiden menestymistä haasteena. Tuotemerkinnöistä pitäisi tulla selvästi ilmi, että tuote on sivuvirroista johdettua, kiertotalouden arvojen mukaista ja ravinnearvoiltaan rikasta. Monet kuluttajaryhmät ovat varsin hitaita muuttamaan kulutustottumuksiaan. [46] Kaupunkilaiset, nuoret naiset ja korkeasti koulutetut ovat kuluttajaryhmistä kaikkein valmiimpia kokeilemaan vaihtoehtoisia proteiineja ruokavaliossaan [82]. Vaikka ympäristötietoisuus on lisääntynyt, useimmat kuluttajat valitsevat tuotteensa edelleen hinnan perusteella: liian kallis tuote jää hyllylle, vaikka se olisi Suomessa kierrätysmateriaaleista valmistettu. Tuotteen hinta ei siis saa olla liian korkea. [75]

6. KEHITYSORGANISAATIOT

6.1 Satakunta

Satafood Kehittämisyhdistys ry on Satakunnan alueella toimiva ruokaketjun ja biotalouden asiantuntijapalveluita tarjoava ja hankkeita toteuttava yhdistys. Yhdistys on selvityksen kirjoitushetkellä osatoteuttaja kahdessa kiertotaloutta edistävässä hankkeessa: BIOVAHVA ja KiDi -hankkeet. [83] Lisäksi yhdistys ylläpitää ja kehittää Satakunnan alueella Sivuvirtapörssiä, johon toimijat voivat ilmoittaa tuotantonsa sivuvirrasta tai ilmoittaa ostavansa jotain sivuvirtaa. [81]

Prizztech on elinkeino- ja kehitysyhtiö Satakunnan alueella. Yhtiö keskittyy tiedon jakamiseen ja demonstraatioihin tutkimuksen ja yritysten rajapinnassa. Yhtiöllä on useita kehittämisteemoja, joissa toistuu teknologialähtöisyys. Yksi näistä on bio- ja kiertotalous. Demonstraatioita on tehty ravinteiden talteenotosta. [84] Prizztech on mukana BIOVAHVA ja KISMET -hankkeissa [85]



Pyhäjärvi-Instituutti on Eurasta käsin toimiva kehitysorganisaatio, joka on erikoistunut elintarviketalouteen, maatalouteen ja vesistöjen suojeluun ja kunnostukseen. Se on mukana toteuttamassa BIOVAHVA-hanketta, DeliSoil-hanketta ja Ce4Re-hanketta. [86]

Tutkimuskeskus WANDER toimii Satakunnan ammattikorkeakoulun Raumalla sijaitsevalla kampuksella. Se tekee tutkimusta ja tuotekehitystä erityisesti vedenkäytön, materiaalien ja sisätilojen hygienian alalla. [87] Hygienialla on tärkeä rooli elintarvikealan turvallisuusvaatimusten toteuttamisessa. WANDER on myös mukana BIOVAHVA- ja KiDi -hankkeissa.

Oppilaitokset ympäri Suomea tutkivat ja kehittävät sivuvirtojen hyödyntämistä eri hankkeissa, tutkimusryhmissä ja opiskelijoiden lopputöiden kautta. Satakunnan alueella toimivia toisen- ja korkeamman asteen oppilaitoksia ovat Satakunnan ammattikorkeakoulu, Sataedu, WinNova ja Sasky [88]. Satakunnan ammattikorkeakoulun Resurssiviisaus-tutkimusalue keskittyy erityisesti kiertotalouteen, tuotannon ympäristövaikutuksiin sekä energian ja materiaalien kierron tehokkuuteen. [89] Teknologisesti vihreämpi ja vireämpi Etelä-Satakunta -hanke sekä Pohjois-Satakunta vihreän siirtymän aalloilla -hanke ovat Resurssiviisauden tutkimusalueen hankkeita. [90]

6.2 Muu Suomi

Ekokumppanit Oy on asiantuntijaorganisaatio, joka vetää kestävästä kehityksestä edistäviä hankkeita ja osallistuu muiden toimijoiden vastaaviin hankkeisiin. Yritys on voittoa tavoittelematon ja sillä on kokemusta myös kansainvälisissä hankkeissa toimimisesta. [91]

Helsingin yliopiston Ruralia-instituutti on osa yliopiston maa- ja metsätieteellistä tiedekuntaa. Instituutti tekee tutkimusta aiheen saralla ja luo verkostoja yrittäjyyden ja oppimisen tueksi. Instituutilla on toimipisteet Mikkelissä ja Seinäjoella. [92]

Luomuinstituutti tekee tutkimus- ja kehitystoimintaa erityisesti luomutuotannon ja luomutuotteiden kulutuksen alalla. Tutkimusaiheita on neljä: alkutuotanto, elintarvikkeet ja ravitsemus, yhteiskunta ja markkinat, sekä ympäristövaikutukset. Instituutin toiminta toteutetaan tutkijaverkostossa, jonka muodostavat Helsingin yliopiston ja Luonnonvarakeskuksen tutkijat ja asiantuntijat. [93]

Luonnonvarakeskus (LUKE) on maa- ja metsätalousministeriön tulosohjaama tutkimus- ja asiantuntijaorganisaatio. Se tuottaa viralliset ruoka- ja luonnonvaratilastot, tekee tutkimusta ja tarjoaa tutkimuspalveluita yrityksille. [94] LUKE:lla on käynnissä useita sivuvirtojen hyödyntämiseen tähtäviä hankkeita ja vielä useampia, jotka ovat jo päättyneet. Seuraavaksi esitellään lyhyesti niistä muutamia.



DeliSoil -projekti pyrkii parantamaan maan laatua elintarviketeollisuuden sivuvirtojen prosessoinnilla ja kierrätyksellä. Projektissa on seitsemän työpakettia (TP) joista TP1, TP3 ja TP4 käsittelevät elintarviketeollisuuden sivuvirtoja. Työpaketit 4 ja 7 ovat LUKE:n vastuualueita. TP4 keskittyy selvittämään sivuvirtojen lannoitekäytön ympäristöriskejä. Työpaketti 7 on koko projektin hallinta. Projekti käynnistyi kesäkuussa 2023 ja jatkuu vuoden 2027 toukokuun loppuun asti. [95] Nurmiproteiini-hanke tutkii elintarvikekelpoisten proteiinien tuottamista nurmesta. Hankkeen päätavoite on osoittaa, että nurmisyöttestä on teknisesti ja taloudellisesti mahdollista erottaa vähintään rehukäyttöön soveltuvia proteiinijakeita. Hankkeen toteuttavat yhteistyössä LUKE:n kanssa VTT, Valio Oy ja Atria Oyj. Hanke alkoi tammikuussa 2022 ja se päättyy maaliskuussa 2025. [96] BioDigi2-hankkeessa etsitään kestäviä ratkaisuja biosivuvirtojen hyödyntämiseksi maataloudessa ja veden puhdistuksessa digitaalisin työkaluin. Tarkkailun keskiössä ovat niin kutsutut biohiilet, niiden valmistus ja käyttö. Hanke toteutetaan yhteistyössä useiden toimijoiden kanssa ja se on käynnissä lokakuuhun 2024 asti. [97] BIO4P-hankkeessa pyritään parantamaan muun muassa marjojen puristekakuista erotettavien arvokkaiden komponenttien hyödyntämistä. Hankkeessa toteutetaan teknoekonomisia tarkasteluja eri hyödyntämismahdollisuuksille, optimoidaan erotusprosesseja ja tutkitaan markkinoita erotetulle tuotteelle. [98]

VTT on Suomen valtion omistama teknologian tutkimuslaitos. Sen toiminta on jaettu kolmeen liiketoiminta-alueeseen, jotka ovat "hiilineutraalit ratkaisut", "tulevaisuuden tuotteet ja materiaalit" ja "digitaaliset teknologiat". [99] VTT tarjoaa palveluita eri tutkimussektoreiltaan, kuten biomassan jalostus ja jätevirtojen hyödyntäminen ja bioteknisten ja kemiallisten prosessien kehitys. VTT tarjoa palvelua esimerkiksi biomassan analysointiin ja tuotantoprosessien pilotointiin ja tuotteen elinkaari- ja taloudellisuus analyysijä. [100] VTT toteuttaa hankkeita yhteistyössä muiden toimijoiden kanssa. Se voi myös olla yksi hankkeen rahoittajista. Lisäksi VTT:llä on teknologioiden kaupallistumista tukevat VTT iBEX rahoitus ja VTT LaunchPad yrityshautomot. [101]

VTT koordinoi vuosina 2021–2022 EIT Food:in rahoittamaa Taste2Meat-hanketta, jossa kasvisivuvirroista pyrittiin jalostamaan lihankorvikkeita. Tutkimus keskittyi auringonkukkaöljyn sivuvirtana syntyvän puristekakun hyödyntämiseen. [102] VTT on mukana myös FinnCERES materiaaliklusterissa, samoin myös LUKE ja Aalto-yliopisto. Klusterin tarkoituksena on tutkia ja kehittää biotalouden uusia ratkaisuja. Pääpaino on puuperäisillä tuotteilla ja innovaatioilla. [103] Kuitenkin myös elintarvikealan sivuvirroista on tehty tutkimusta ja ne voivat hyötyä klusterin tutkimuksesta. Tallainen tutkimus on esimerkiksi Al Haz et. al. (2022) tutkimus biojätteen hyödyntämisestä sähkötekniikan komponenteissa [104].



Pellervon taloustutkimus (PTT) tekee soveltavaa taloustutkimusta. Vahvaa osaamista löytyy muun muassa maa- ja elintarviketalouden ja metsä- ja ympäristötalouden saralta. PTT toimii yhteistyössä muiden toimijoiden kanssa ja tuottaa tutkimusraportteja, selvityksiä ja katsauksia talouden toimijoiden ja päättäjien käyttöön. [105] Ruokaketjuun liittyviä hankkeita heillä on esimerkiksi RUOKAKETJU-hanke. Sen tavoitteena on kartoittaa ja analysoida ruokaketjun arvonmuodostukseen vaikuttavia tekijöitä ja parantaa markkinoita tulosten pohjalta. [106]

Suomen itsenäisyyden juhlarahasto (Sitra) kehittää ja selvittää tulevaisuuden ratkaisuja yhdessä yritysten ja muiden toimijoiden kanssa hankkeiden ja kokeilujen muodossa. Projektiteemoja Sitralle ovat: Kestävyysratkaisut, Reilu datatalous ja Demokratia ja osallisuus. Sitra ei itse tee tutkimustyötä itse vaan toimii yhteistyössä muiden toimijoiden kanssa ja rahoittaa hankkeita. [107]

6.3 Euroopan unioni

Tässä raportissa on viitattu useiden Euroopan Unionin jäsenvaltioiden tutkimuslaitosten yhteistyönä tekemiin projekteihin ja niiden tuloksiin. Euroopan Unioni rahoittaa tutkimus- ja kehityshankkeita ja siten kannustaa jäsenvaltioita kiertotalouteen siirtymisessä. Rahoitusta jakavat jäsenvaltion omat rahoitustahot. Euroopan Unionilla on myös työkaluja rahoittaa ja tukea tutkimustoimintaa suoraan.

EIT Food on Euroopan Unionin laajuinen yhteisö, joka rahoittaa ja tukee elintarvikealan kehitystä useilla eri osa-alueilla, kuten koulutuksessa, startup-toiminnassa ja teknologian kehityksessä. EIT Food on Euroopan Unionin EIT:n (European Institute of Innovation and Technology) tukema yhteisö. [108] Brave New Food on eurooppalainen innovaatioalusta, jonka tehtävä on yhdistää elintarvikealan eri toimijoita Euroopan laajuisesti ja kannustaa niitä kehittämään toimintaansa yhdessä. Se järjestää innovaatiokilpailuja ja tarjoaa palveluja yrityksille. [109]



7. YHTEENVETO

Tässä selvityksessä etsittiin uusia tapoja hyödyntää elintarvikeketjun sivuvirtoja. Havaittiin, että uusin tutkimus ja lupaavat innovaatiot ovat tapahtuneet kemian ja biokemian alalla. Arvokkaita proteiineja voidaan eristää suoraan sivuvirrasta, tai sivuvirtaa voi käyttää syötteenä biokemiallisessa reaktiossa, joka tuottaa haluttua yhdistettä.

Satakunnan alueella syntyy runsaasti biologisia sivuvirtoja, sillä alue on elintarviketuotannon ja -jalostuksen keskittymä. Useimpia niistä käytetään jo nyt biokaasun tuotannossa, kierrätyslannoitteissa sekä lemmikkien ja tuotantoeläimien ravinnossa. On kuitenkin mahdollista, että monet niistä soveltuisivat käytettäväksi myös biokemiallisissa reaktioissa, joissa niistä erotellaan arvojakeita. Suuntana on, että sivuvirroista halutaan enemmän arvoa ja tuloja, tuottajalle.

Näiden uusien ja myös vanhempien hyödyntämismahdollisuuksien esteenä ovat pienet ja hajanaiset sivuvirran tuotantomäärät, joiden takia paikallinen hyödyntäminen ei ole taloudellista, sekä syntyvän sivuvirran epätasainen laatu. Koska elintarvikealan sivuvirrat ovat usein helposti pilaantuvia, ne vaativat kylmäkuljetusketjua tai käsittelyä säilyvyyden varmistamiseksi. Nämä lisäävät sivuvirran hyödyntämisen kustannuksia ja voivat tehdä arvokkaastakin lopputuotteesta taloudellisesti kannattamattoman. Taloudellisuuden lisäksi sivuvirtoja hyödynnettäessä olisi varmistuttava toiminnan ympäristöllisestä kestävydestä LCA:n avulla.

Nykyinen lainsäädäntö periaatteellisesti kannustaa hyödyntämään sivuvirrat korkeamman arvon tuotteiksi, mikäli se on taloudellisesti mahdollista. Kuitenkin esimerkiksi uusielintarvikesäädäntö saattaa osaltaan hidastaa ennestään elintarvikkeena käyttämättömien sivuvirtojen hyödyntämistä ihmisravintona. Lannoitelaki rajoittaa eri yhdisteiden määrää kierrätyslannoitteissa. Sivuvirtojen hyödyntämistä hidastaa osaltaan myös epätietoisuus niiden määristä ja saatavuudesta.

Yritysten välisestä tiiviimmästä kommunikaatiosta ja yhteistyöstä toivotaan kiihdytystä sivuvirtojen käyttöönottoon. Useita yrityksiä on syntynyt hyödyntämään elintarvikealan sivuvirtoja ja kiertotalouteen nojaava liiketoimintamalli kiinnostaa yrittäjiä. Hyvällä tiedonsaannilla, tuotekehitystuella ja tiiviillä yhteistyöverkostoilla sivuvirtojen hyödyntämistä korkeamman arvon tuotteiksi on mahdollista lisätä. Satakunnan Biolaakso pyrkii osaltaan lisäämään asiantuntijapalveluiden löytämistä ja tiedon välitystä sekä yhteistyökumppaneiden kohtaamista Satakunnan alueella.

LÄHDELUETTELO

- [1] Luonnonvarakeskus, "Ruokahävikin ja elintarvikejätteen määrä," luke.fi, 2023. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.luke.fi/fi/tilastot/indikaattorit/capvaikuttavuusindikaattorit-20232027/ruokahavikin-ja-elintarvikejätteen-maara>. [Haettu 26.4.2024].
- [2] Suomen itsenäisyyden juhlarahasto, "Tulevaisuussanasto: Sivuvirta," Sitra, n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/sivuvirta/>. [Haettu 10.4.2024].
- [3] Euroopan parlamentin tutkimuspalvelu, "Mitä kiertotalous on ja miksi sillä on merkitystä?," Euroopan parlamentti, 30.6.2023. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20151201STO05603/mita-kiertotalous-on-ja-miksi-silla-on-merkitysta>. [Haettu 10.4.2024].
- [4] D. A. Teigiserova, L. Hamelin ja M. Thomsen, "Towards transparent valorization of food surplus, waste and loss: clarifying definitions, food waste hierarchy, and role in the circular economy," *Science of the Total Environment*, nro 706, p. 136033, 2020.
- [5] Kiertoasuomesta.fi, "Elintarvikealan sivuvirrat hyötykäyttöön," kiertoasuomesta.fi, 9.11.2023. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.kiertoasuomesta.fi/tietopankki/malliartikkeli/>. [Haettu 10.4.2024].
- [6] Suomen virallinen tilasto (SVT) ja Satakuntaliitto, "Yritysrekisteri," Tilastokeskus, Helsinki, 2022.
- [7] M. Lehto, E. Erkamo, R. Kuisma, M. Mäki, T. Haikonen, M. Jallinoja ja H.-R. Kymäläinen, "Elintarviketuotannon sivujakeiden hyödyntäminen: Liha-, kala- ja kasvituotannon sivujakeet," Luonnonvarakeskus, Helsinki, 2021.
- [8] D. Ozcelik, S. Suwal, C. Ray, B. K. Tiwari ja P. E. Jensen, "Valorization of dairy side-streams for the cultivation of microalgae for value added food products," *Trends in food science & technology*, nro 146, p. 104386, 2024.
- [9] Valio Oy, "Artikkelit: Kuinka hera muuttui hylkiöstä halutuksi?," Valio Oy, 24.7.2019. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.valio.fi/artikkelit/kuinka-hera-muuttui-hylkiosta-halutuksi/>. [Haettu 29.4.2024].



- [10] I. Riipi, H. Hartikainen, K. Silvennoinen, K. Joensuu, M. Vahvaselkä, M. Kuisma ja J.-M. Katajajuuri, "Elintarvikejätteen ja ruokahävikin seuranta järjestelmän rakentaminen ja ruokahävikkitiekartta," *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus*, nro 49, p. 72, 2021.
- [11] T. Suojala-Ahlfors, K. Joensuu ja E. Lehtonen, "Puutarhatuotannon hävikki ja sivuvirrat," teoksessa: *Puutarhatuotannon kasvisperäiset sivuvirrat hyödyksi*, Hämeen ammattikorkeakoulu, Hämeenlinna 2020, pp. 13–19.
- [12] M. Kymäläinen, T. Pirttijärvi, J. Katri, H. Eric, E. Järvenpää ja K. Haga, "Kasvihuonetuotannon viherbiomassat," teoksessa: *Puutarhatuotannon kasvisperäiset sivuvirrat hyödyksi*, Hämeen ammattikorkeakoulu, Hämeenlinna, 2020, pp. 20–32.
- [13] A-Tuottajat Oy; A-Rehu Oy, "A-Rehun sivuvirrat," A-Rehu Oy, 2019. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.atriatuottajat.fi/arehu/2019/sivuvirrat/>. [Haettu 30.4.2024].
- [14] Ruokavirasto, "Uuselintarvikkeet ja uudet prosessit," Ruokavirasto, 5 9 2023. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/ainesosat-ja-sisalto/uuselintarvikkeet-ja-uudet-prosessit/>. [Haettu 15.4.2024].
- [15] Maa- ja metsätalousministeriö, *517/2015 Laki eläimistä saatavista sivutuotteista*, Helsinki: www.finlex.fi, 2015.
- [16] Aitojamakuja.fi, "Aitoja makuja yritystilasto 2023, jalostavat elintarvikeyritykset toimipaikoittain," 2024. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://aitojamakuja.fi/yritystilastot/>. [Haettu 26.4.2024].
- [17] M. Haavisto, M. Luhtanen, J. Vuorela, A. Autioniemi, P. Maijala, S. Jaakkola, T. Kirkkala ja E. Mikkilä, "Satakunnan biokaasulaitokset osana tehokasta ravinteiden kierrätystä," Prizztech Oy ja Pyhäjärvi-instituutti, Eura, 2020.
- [18] M. Tiiri, "Sivuvirrasta raaka-aineeksi; Elintarviketeollisuuden biosivuvirrat Satakunnassa," Satafood Kehittämisyhdistys ry, Huittinen, 2019.
- [19] Finnamyl Oy, "Finnamyl.fi," finnamyl.fi, n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://finnamyl.fi/>. [Haettu 15.4.2024].
- [20] Ympäristöministeriö, *646/2011 Jätelaki*, Helsinki: Ympäristöministeriö, 2012.



- [21] REFRESH Food Waste, "REFRESH Food Waste webinar: Adding value to food waste and by products," 1.1.2020. [verkkolähde]. Saatavissa: https://www.youtube.com/watch?v=xkPU_XeM-YE. [Haettu 5.4.2024].
- [22] Motiva, "Biokaasu," 6.8.2020. [verkkolähde]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/biokaasu. [Haettu 15.4.2024].
- [23] Suomen virallinen tilasto (SVT), "Kiertotalousliiketoiminnan indikaattorit: Biokaasun tuotanto ja hyödyntämisaste," Tilastokeskus, www.stat.fi, 2023.
- [24] J. Joensuu, "Säkylän biokaasulaitos haettu konkurssiin," Yle, 27.12.2023. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://yle.fi/a/74-20066717>. [Haettu 15.4.2024].
- [25] Satafood Kehittämisyhdistys ry, "Biokaasutuotannon selvitys Huittisten BioParkin alueelle," 15.1.2024. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.satafood.net/hankkeet/biokaasutuotannon-selvitys-huittisten-bioparkin-alueelle/>. [Haettu 16.4.2024].
- [26] A.-M. Seppänen, S. Luostarinen ja L. Pesonen, "Kierrätyslannoitus: Suunnittelu, käytännöt ja mahdollisuudet tulevaisuudessa," Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki, 2019.
- [27] Maa- ja metsätalousministeriö, "8.7.2022/711 Lannoitelaki," Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki, 2022.
- [28] Ympäristöministeriö, "Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta," Ympäristöministeriö, Helsinki, 2014.
- [29] BiolanSuomi, "Mullan valmistus Biolanilla," 22.3.2022. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.biolan.fi/artikkelit/millaista-on-hyva-puutarhamulta.html>. [Haettu 13.5.2024].
- [30] Soilfood, "Soilfood etusivu," soilfood.fi, n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://soilfood.fi/etusivu/>. [Haettu 10.5.2024].
- [31] M. Surakka, "Öljyhiilivedyillä pilaantuneen maan kunnostus lihaluujauholla," Opinnäytetyö, Lahden ammattikokeakoulu, Lahti, 2017.
- [32] M. Kymäläinen, T. Suojala-Ahlfors, K. Joensuu, E. Harrisson, E. Järvenpää ja K. Haga, "Kasvihuonetuotannon viherbiomassat," teoksessa: *Puutarhatuotannon*



kasvisperäiset sivuvirrat hyödyksi, Hämeen ammattikorkeakoulu, Hämeenlinna, 2020, pp. 20 - 32.

- [33] Tutkimuskeskus WANDER, "BIOVAHVA – Satakunnan biotalouden vahvistaminen ja varmistaminen," Satakunnan ammattikorkeakoulu, 2024. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.wander.fi/projektit/biovahva/>. [Haettu 13.5.2024].
- [34] HKScan Finland Oy, "Sivujakeet," HKScan Agri, 2024. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.hkscanagri.fi/ruokinta-ja-palvelut/sianlihantuottajille/sivujakeet/>. [Haettu 13.5.2024].
- [35] V. Sandström, A. Chrysafi, M. Lamminen, M. Troell, M. Jalava, J. Piipponen, S. Siebert, O. van Hal, V. Virkki ja M. Kummu, "Food system by-products upcycled in livestock and aquaculture feeds can increase global food supply," *Nature food*, nro 3, p. 729–740, 2022.
- [36] O. v. Hal, I. d. Boer, A. Muller, S. d. Vries, K.-H. Erb, C. Schader, W. Gerrits ja H. v. Zanten, "Upcycling food leftovers and grass resources through livestock: Impact of livestock system and productivity," *Journal of Cleaner Production*, osa/vuosik. 2019, nro ISSN 0959-6526, pp. 485-496, 2019.
- [37] Oy Karl Fazer Ab, "Pohjoismainen kaura valloittaa maailman kosmetiikkamarkkinoilla – Fazer valmistaa ksylitolia ja kauraöljyä kosmetiikkateollisuuden käyttöön," n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.fazergroup.com/fi/medialle/uutiset2/?id=4526814>. [Haettu 25.3.2024].
- [38] P. Niemi, "Yli 50 miljoonan euron ainutlaatuinen Fazerin tehdas valmistaa nyt kaurankuorista ksylitolia Lahdessa." *Yle uutiset*, 28.4.2022. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://yle.fi/a/3-12421813>. [Haettu 25.3.2024].
- [39] Suomen Ympäristökeskus, "Vuoden Kiertopalkinto Fazerin ksylitolitehtaalle – edelläkävijäyritys valmistaa teollisesti ksylitolia kauran kuoresta. Uutinen," 22.4.2021. [verkkolähde]. Saatavissa: [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Vuoden_Kiertopalkinto_Fazerin_ksylitolit\(60467\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Vuoden_Kiertopalkinto_Fazerin_ksylitolit(60467)). [Haettu 25.3.2024].
- [40] Tampereen ammattikorkeakoulu, "Kauran kuoresta keksitty: Akanoista tehty leipäpussi on arkipäivän kiertotaloutta parhaimmillaan," 29.4.2021. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.tuni.fi/fi/ajankohtaista/kauran-kuoresta-keksitty-akanoista-tehty-leipapussi-arkipaivan-kiertotaloutta>. [Haettu 25.3.2024].



- [41] P. Silventoinen, "Dry fractionation and functionalisation of cereal side streams for their improved food applicability," Väitöskirja, VTT Technical Research Centre of Finland Ltd, Helsinki, 2021.
- [42] T. Kakko, "Alternative approaches to improve the processing and quality of under-utilized fish," Väitöskirja, Food Chem. and Food Dev. Dep. Of Life Technologies, Turun yliopisto, Turku, 2023.
- [43] L. Peitilä, "Puutarhatuotannon sivuvirtojen hyödyntäminen ammattikeittiöllä," opinnäytetyö, palveluliiketoiminta, Tampereen ammattikorkeakoulu, Tampere, 2023.
- [44] P. Pöri, M. Lille, M. Edelmann, H. Aisala, D. Santangelo, R. Coba ja N. Sozer, "Technological and sensory properties of plant-based meat analogues containing fermented sunflower protein concentrate," *Future Foods*, nro 8, p. 100244, 2023.
- [45] Editors of Encyclopedia Britannica, "Britannica, science & tech: fermentation," Encyclopedia Britannica, 28.3.2024. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.britannica.com/science/fermentation>. [Haettu 8.4.2024].
- [46] N. Raak, S. Struck, D. Jaros, I. Hernando, İ. Gülseren, A. Michalska-Ciechanowska, R. Foschino, M. Corredig ja H. Rohm, "Blending side streams. A potential solution to reach a resource efficient, circular, zero-waste food system," *Future Foods*, nro 6, p. 100207, 2022.
- [47] Alanne Joonas, "Sirkkaleivän nousu ja tuho, Iltalehden artikkeli," 24.1.2021. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.iltalehti.fi/kotimaa/a/97837ac9-2876-47ef-b802-e25506f16bb3>. [Haettu 24.5.2024].
- [48] O. Vartiainen, A.-L. Elorinne, M. Niva ja P. Väisänen, "Finnish consumers' intentions to consume insect-based foods," *Journal of insects as food and feed*, osa 6, nro 3, pp. 261-272, 2020.
- [49] T. Pirttijärvi, S. Kivimäki, M. Kymäläinen, K. Joensuu ja H. Eric, "Puutarhatuotannon sivuvirrat hyönteiskasvatuksessa," julkaisussa: *Puutarhatuotannon kasvisperäiset sivuvirrat hyödyksi*, HÄMEENLINNA, Hämeen ammattikorkeakoulu, 2020, pp. 33–37.
- [50] Volare Oy, "Volare.fi about us," volare.fi, 2023. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://volare.fi/about/>. [Haettu 16.4.2024].



- [51] Enifer Oy, "Our Technology," enifer.com, n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://enifer.com/technology>. [Haettu 23.4.2024].
- [52] Enifer Oy, "Press Release: Enifer and Valio team up to bring PEKILO® protein to the dinner table," 10.5.2022. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://enifer.com/enifer-and-valio-team-up-to-bring-pekilo-protein-to-the-dinner-table-2>. [Haettu 23.4.2024].
- [53] Ecovative LLC, "Nettisivut," ecovative.com, 2024. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.ecovative.com/>. [Accessed 23.5.2024].
- [54] PermaFungi, "Nettisivut," permafungi.be, 2018. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.permafungi.be/en/>. [Haettu 23.5.2024].
- [55] T. Joukanen, "Kahvinjuonti opitaan edelleen kotona, mutta Suomen perinteinen suosikkimaku on vaihtumassa," 29 10 2023. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://yle.fi/a/74-20055812>. [Haettu 23.5.2024].
- [56] SYMBIOMA project, "symbioma.interreg-npa.eu," SYMBIOMA project, n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://symbioma.interreg-npa.eu/>. [Haettu 26.3.2024].
- [57] M. Junttila, N. Nguyen ja H. Pirinen, "Report on Extractions of proteins and hemicellulose from brewers' spent grain (BSG) and use of fractions in cosmetic products," Centria University, n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://symbioma.interreg-npa.eu/outputs-and-results/>. [Haettu 26.3.2024].
- [58] A. R. Ganesan, "Report of pilot – Utilization of potato waste as a biostimulant for plant growth," n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://symbioma.interreg-npa.eu/outputs-and-results/>. [Haettu 26.3.2024].
- [59] INGREEN-Project, "An overview of the INGREEN project results," ingreenproject.eu, 2023. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://ingreenproject.eu/ingreen-project-results/>. [Haettu 23.5.2024].
- [60] M. C. Bier, S. Kohn, N. Grimmelsmann, S. V. Homburg, A. Rattenholl ja A. Ehrmann, "Investigation of eco-friendly casein fibre production," *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, osa/vuosik. 19, nro 254, p. 192004, 2017.
- [61] Flocon Technologies Oy, "Flocon Vedenpuhdistus," flocon.fi, 2024. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.flocon.fi/>. [Haettu 10.5.2024].
- [62] E. Kaustara, "Lahdessa poimitaan ravinteet sivuvirroista," *Kemia*, nro 2, pp. 48–50, 2020.



- [63] A. Vastamäki, T. Nummi, H. Perko ja K. Tupala, "Satakunnan metsätalouden kasvuohjelma," Satakuntaliitto, Pori, 2020.
- [64] J. J. Kaschuk, Y. Al Haj, O. J. Rojas, K. Miettunen, T. Abitbol ja J. Vapaavuori, "Plant-Based Structures as an Opportunity to Engineer Optical Functions in Next-Generation Light Management," *Advanced Materials*, osa/vuosik. 6, nro 34, p. 2104473, 2022.
- [65] B. Naik, V. Kumar, S. Rizwanuddin, M. Chauhan, A. K. R. S. Gupta ja V. G. S. Kumar, "Agro-industrial waste: a cost-effective and eco-friendly substrate to produce amylase," *Food Production, Processing and Nutrition*, vol. 30, no. 5, 2023.
- [66] D. A. Teigiserova, L. Hamelin ja M. Themsen, "Review of high-value food waste and food residues biorefineries with focus," *Resources, Conservation & Recycling*, nro 149, pp. 413-426, 2019.
- [67] M. A. L. & L. I. Jallinoja, "Biopohjaisten eristemateriaalien LCA: Paikalliset biopohjaiset rakennusmateriaalit -projektin TP3:n tutkimusraportti," Luonnonvarakeskus, Helsinki, 2020.
- [68] O. Mrajji, M. El Wazna, Y. Boussoualem, A. El Bouari ja O. Cherkaoui, "Feather waste as a thermal insulation solution: Treatment, elaboration and characterization," *Journal of Industrial Textiles*, osa/vuosik. 10, nro 50, p. 1674–1697, 2021.
- [69] M. Z. Chowdhury ja E. Ehimen, "Techno-economic feasibility analysis of the oyster shell valorisation for solid surface countertop- an Irish perspective. SYMBIOMA results and outputs,," n.d. [Online]. Available: <https://symbioma.interreg-npa.eu/outputs-and-results/>. [Haettu 25 3 2024].
- [70] M. Ahanchi, T. Jafary, P. F. R. Anteneh Mesfin Yeneneh, A. Shafizadeh, H. Shahbeik, J. Pan, M. Tabatabaei ja M. Aghbashlo, "Review on waste biomass valorization and power management systems for microbial fuel cell application," *Journal of Cleaner Production*, no. 380, p. 134994, 2022.
- [71] O. Bretschger, JB. Osterstock, WE. Pinchak, S. Ishii ja KE. Nelson, "Microbial fuel cells and microbial ecology: applications in ruminant health and production research," *Microbial Ecology Online* 22.12.2009, doi: 10.1007/s00248-009-9623-8
- [72] A.V.Bridgwater, "Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading," *Biomass and Bioenergy*, no. 38, pp. 68 - 94, 2012.



- [73] B. M. Matsagar, K. C.-W. Wu, Y.-S. O. (editor) ja D. C. W. T. (editor), "Agricultural waste-derived biochar for environmental management," in *Biochar in agriculture for achieving sustainable development goals*, London, Academic Press, 2022, pp. 3-13.
- [74] T. Tuomo, "Kiertotalouden toimintamalli – hyödyntämisketjujen rakentuminen," tekijä: *Puutarhatuotannon kasviperäiset sivuvirrat hyödyksi*, Hämeen ammattikorkeakoulu, Hämeenlinna, 2020, pp. 54–58.
- [75] Elintarviketeollisuusliitto, "Elintarviketeollisuuden tiekartta vähähiilisyteen," Elintarviketeollisuusliitto, Helsinki, 2020.
- [76] T. Ngo, "The operational environment of circular bio-based side and waste streams for biogas and nutrient recovery," pro gradu, Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta, Tampereen yliopisto, Tampere, 2023.
- [77] S. Hongel, "Elintarviketeollisuuden haasteet sivuvirtojen hyödyntämisessä, Logistinen ratkaisumalli pk-yrityksille," opinnäytetyö, liiketalous ja logistiikka, LAB Ammattikorkeakoulu, Lappeenranta, 2024.
- [78] Honkajoki Oy, "Honkajoki Oy: Tietoa meistä," honkajokioy.fi, n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://honkajokioy.fi/tietoa-meista/>. [Haettu 4.6.2024].
- [79] Y. Wei, M. Rodriguez-Ilлера, X. Guo, M. Vollebregt, X. Li, H. H. Rijnaarts ja W.-S. Chen, "The complexities of decision-making in food waste valorization: A critical review," *Journal of Environmental Management*, vol. 359, p. 120989, 2024.
- [80] Elintarviketeollisuusliitto, "Tiedote: Kuluttajien hintaherkkyys iskee elintarviketeollisuuden kysyntään," 13.6.2023. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.etl.fi/uutishuone/kuluttajien-hintaherkkyys-iskee-elintarviketeollisuuden-kysyntaan/>. [Haettu 24.5.2024].
- [81] Satafood Kehittämisyhdistys ry, "Sivuvirtaporssi.fi," satafood.net, n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://sivuvirtaporssi.fi/>. [Haettu 8.4.2024].
- [82] M. Kaljonen ja M. Niva, "Kestävä syöminen ja arkisten käytäntöjen muutos," tekijä: *Planeetan kokoinen arki: Askelia kestävämpään politiikkaan*, Helsinki, Gaudeamus, 2022, pp. 136-151.
- [83] Satafood Kehittämisyhdistys ry, "satafood.net," satafood.net, n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.satafood.net/>. [Haettu 8.4.2024].



- [84] Prizztech Oy, "Prizztech etusivu," prizz.fi, n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.prizz.fi/etusivu.html>. [Haettu 8.4.2024].
- [85] Prizztech Oy, "Bio- ja kiertotalous -teeman hankkeet," prizz.fi, n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.prizz.fi/kehittamisteemat/bio-ja-kiertotalous.html>. [Haettu 8.4.2024].
- [86] Pyhäjärvi-instituutti, "Hankkeet," Pyhäjärvi-instituutti, 2024. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://pyhajarvi-instituutti.fi/hankkeet/>. [Haettu 9.4.2024].
- [87] Tutkimuskeskus WANDER, "Tutkimuskeskus WANDER," Satakunnan ammattikorkeakoulu, n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.wander.fi/>. [Haettu 11.4.2024].
- [88] Satakunta.fi, "Ammattikoulutus," Satakuntaliitto, 14.12.2020. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://satakunta.fi/ammattikoulutus/>. [Haettu 6.3.2024].
- [89] Satakunnan ammattikorkeakoulu, "Tutkimus SAMK:issa," samk.fi, 2024. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.samk.fi/tutkimus/tutkimus-samkissa/>. [Haettu 3.6.2024].
- [90] Satakunnan ammattikokeakoulu, "SAMK käynnissä olevat Resurssiviisauden hankkeet," samk.fi, 2024. [verkkolähde]. Saatavissa: https://www.samk.fi/tutkimus/hankkeet/?research-center=283&project_status=3. [Haettu 3.6.2024].
- [91] Ekokumppanit Oy, "Ekokumppanit Oy," Ekokumppanit.fi, 2024. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://ekokumppanit.fi/>. [Haettu 3.6.2024].
- [92] Ruralia-Instituutti, "Tietoa meistä," Helsingin yliopisto, 2024. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.helsinki.fi/fi/ruralia-instituutti/tietoa-meista>. [Haettu 18.4.2024].
- [93] Luomuinstituutti, "Luomuinstituutti.fi sivusto," luomuinstituutti.fi, n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://luomuinstituutti.fi/>. [Haettu 3.6.2024].
- [94] Luonnonvarakeskus, "Tietoa Lukesta, Esittely," luke.fi, n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.luke.fi/fi/tietoa-lukesta/esittely>. [Haettu 10.4.2024].
- [95] DeliSoil hanke, "DeliSoil about," DeliSoil hanke, n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://delisoil.eu/about>. [Haettu 10.4.2024].



- [96] Luonnonvarakeskus, "NurmiProteiini: Nurmesta elintarvikekelpoista proteiinia hanke esittely," luke.fi, 2022. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.luke.fi/fi/projektit/nurmiproteiini>. [Haettu 10.4.2024].
- [97] Luonnonvarakeskus, "BioDigi2 01: BioDigi 2 – Orgaaniset sivuvirrat kestäviksi tuotteiksi digitalisaation keinoin 01 hanke esittely," luke.fi, 2022. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.luke.fi/fi/projektit/biodigi2-01>. [Haettu 10.4.2024].
- [98] Luonnonvarakeskus, "BIO4P: BIOPRODUCTS FROM NATURE – High value added products from forest and agricultural sidestreams," luke.fi, 1.4.2023. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.luke.fi/en/projects/bio4p>. [Haettu 22.4.2024].
- [99] VTT, "Tietoa VTT:stä," vttresearch.com, 2024. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/fi/tietoa-vttsta>. [Haettu 15.4.2024].
- [100] VTT Palvelut, "Biomassan jalostus ja jätevirtojen hyödyntäminen," vttresearch.com, 2024. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/fi/palvelut/biomassan-jalostus-ja-jatevirtojen-hyodyntaminen>. [Haettu 15.4.2024].
- [101] VTT, "Tietoa meistä: Yhteistyö kanssamme - miksi ja miten," vttresearch.com, 2024. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/fi/tietoa-meista/nain-ratkomme-tulevaisuuden-haasteita-yhdessa#yhteistymallit>. [Haettu 15.4.2024].
- [102] VTT Uutiset, "Auringonkukkaöljyn tuotannon sivuvirroista saadaan maukkaita vaihtoehtoja lihalle," vttresearch.com, 25.8.2022. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/auringonkukkaoljyn-tuotannon-sivuvirroista-saadaan-maukkaita-vaihtoehtoja>. [Haettu 15.4.2024].
- [103] FinnCERES, "FinnCERES: Materiaalien biotalouden lippulaiva," finnceres.fi, 2022. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.finnceres.fi/in-finnish>. [Haettu 11.4.2024].
- [104] Y. Al Haj, S. Mousaviihashemi, D. Robertson, M. Borghei, T. Pääkkönen, O. J. Rojas, E. Kontturi ja T. V. J. Kallio, "Biowaste-derived electrode and electrolyte materials for flexible supercapacitors," *Chemical Engineering Journal*, no. 3, p. 435, 2022.
- [105] Pellervon Taloustutkimus PTT, "Tietoa PTT:stä," ptt.fi, n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.ptt.fi/tietoa-pttsta/>. [Haettu 3.6.2024].
- [106] Pellervon Taloustutkimus PTT, "Hankkeet: Ruokaketjun toimivuus ja arvomuodostus (RUOKAKETJU)," ptt.fi, 2023. [verkkolähde]. Saatavissa:



<https://www.ptt.fi/hankkeet/ruokaketjun-toimivuus-ja-arvonmuodostus-ruokaketju/>. [Haettu 3.6.2024].

[107] Suomen itsenäisyyden juhlarahasto, "Rahoitus hankkeisiin," sitra.fi, n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/aiheet/rahoitus-hankkeisiin/>. [Haettu 10.4.2024].

[108] EIT Food, "EIT Food: What we do," eitfood.eu, 2024. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://www.eitfood.eu/what-we-do>. [Haettu 3.6.2024].

[109] Brave New Food, "Brave New Food: Our Mission," bravenewfood.com, n.d. [verkkolähde]. Saatavissa: <https://bravenewfood.com/en/about>. [Haettu 3.6.2024].