

# Arvoa ainekiirroista – teollisten symbioosien globaali markkinakatsaus

23.4.2013

**Maija Aho, Laura Hakala, Ville Karttunen, Tiina Pursula,  
Mari Saario, Paula Tommila, Juha Vanhanen**  
Gaia Consulting Oy

# Sisällysluettelo

<b>Tiivistelmä</b>	<b>3</b>
<b>Summary</b>	<b>5</b>
<b>Esipuhe</b>	<b>7</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>8</b>
1.1 Tausta ja tavoitteet	8
1.2 Teollinen symbioosi ja liiketoimintaekosysteemit	9
1.3 Markkinakatsauksen rajaukset ja painopisteet	10
<b>2 Seitsemän näkökulmaa teollisiin symbiooseihin</b>	<b>12</b>
2.1 Nestemäiset liikenteen biopolttoaineet sivuvirroista	14
2.2 Ravinteet kierrättävä elintarviketuotanto	18
2.3 Hajautetut uusiutuvan energian järjestelmät	22
2.4 Biokemikaalit sivuvirroista	25
2.5 Mineraalisivuvirtojen hyödyntäminen	29
2.6 Levätuotannolla biopolttoaineita ja kemikaaleja	32
2.7 Kehittyvien kaupunkien ainekierron infrastruktuuri	36
<b>3 Esimerkkejä teollisista symbiooseista ja liiketoimintaekosysteemeistä</b>	<b>39</b>
3.1 Teollisia symbiooseja ja liiketoiminta-ekosysteemejä kohdemarkkinoilta	39
3.2 Suomalaisia teollisia symbiooseja ja liiketoimintaekosysteemejä	49
<b>4 Hot spot -tarkastelut</b>	<b>56</b>
4.1 Kalankasvatuksen ympärille rakentuvat suljetun kierron ratkaisut ja kokonaiskonseptit	56
4.2 Teollisten symbioosien optimointi ja hallinta	66
4.3 Jätteiden ja sivuvirtojen uusiokäytön modulaariset ratkaisut	73
4.4 Biojalostamoiden tuotannon laitteistot, hallinta ja optimointi	81
4.5 Sivuvirtapohjaisen sokerin tuotanto biojalostamoiden syötteenä	86
<b>5 Valikoitujen liiketoimintamahdollisuuksien analyysi ja suositukset</b>	<b>96</b>
5.1 Yhteenveto liiketoimintamahdollisuuksista	96
5.2 Suomalaisen yritysten tarjoaman soveltuvuus	99
5.3 Johtopäätökset ja suositukset	100

## Tiivistelmä

Teolliset symbioosit tuottavat yrityksille taloudellista lisäarvoa vähentäen samalla luonnonvarojen kulutusta ja jätteen määrää. Materiaalit, energia, vesi ja sivuvirrat hyödynnetään yhteistyössä yritysten kesken tavalla, joka tuottaa lisäarvoa kaikille osapuolille. Teolliset symbioosit muodostuvat usein yli perinteisten toimialarajojen, ja ne poikkeavat vakiintuneista arvoketjuista. Teollisten symbioosien ympärille muodostuvaan liiketoimintaekosysteemiin kuuluvat myös teknologian ja palvelujen tuottajat. Etsimällä teollisia symbiooseja voidaan tunnistaa liiketoimintamahdollisuuksia myös siellä, missä perinteiset arvoketjut eivät pysty tuottamaan kannattavaa liiketoimintaa.

Sitran tavoitteena on tehostaa luonnonvarojen käyttöä vauhdittamalla globaalisti kilpailukykyisten teollisten symbioosien muodostumista sekä edistämällä yritysten ymmärrystä omasta roolistaan liiketoimintaekosysteemeissä. Pyrkimyksenä on saattaa yritykset yhteen luomaan resurssitehokasta ja ainekiertoja optimoivaa liiketoimintaa ja vauhdittaa valikoituja biotalouden yrityksiä kasvuun ja kansainvälistymiseen. Tämän työn tueksi Sitra tilasi Gaia Consultingilta teollisten symbioosien globaalin markkinakatsauksen.

Tässä markkinakatsauksessa tarkastelun taustalla ovat megatrendit, kuten ilmastonmuutos, niukkenevat luonnonvarat, väestönkasvu ja kaupungistuminen, elintason nousu ja kehittyvät markkinat sekä ekosysteemien ja ympäristön tilan heikkeneminen. Yhdessä yritysten kanssa tarkasteluun valitut, mielenkiintoisimmat teollisten symbioosien näkökulmat olivat:

1. nestemäiset liikenteen biopolttoaineet sivuvirroista
2. ravinteet kierrättävä elintarviketuotanto
3. hajautetut uusiutuvan energian järjestelmät
4. biokemikaalit sivuvirroista
5. mineraalisivuvirtojen hyödyntäminen
6. levätuotannolla biopolttoaineita ja kemikaaleja
7. kehittyvien kaupunkien ainekierron infrastruktuuri.

Työssä etsittiin näihin näkökulmiin liittyviä esimerkkejä teollisista symbiooseista ja liiketoimintaekosysteemeistä. Jokaisesta näkökulmasta tuotettiin myös näkemys liiketoimintalogiikasta sekä markkina-ajureista 1–3 valitulla maantieteellisellä kohdemarkkina-alueella.

Näkökulmatarkastelun perusteella valittiin hot spot -tarkasteluihin viisi konkreettista teollisten symbioosien liiketoimintamahdollisuutta. Näistä liiketoimintamahdollisuuksista sekä mahdollisista teollisen symbioosin konsepteista tuotettiin tietoa valituilta kohdemarkkinoilta. Lisäksi tarkasteltiin mahdollisia reittejä markkinoille.

Hot spot -alueet ovat seuraavat:

- kalan kasvatuksen ympärille rakentuvat suljetun kierron ratkaisut ja kokonaiskonseptit
- teollisten symbioosien optimointi ja hallinta
- jätteiden ja sivuvirtojen uusiokäytön modulaariset ratkaisut
- biojalostamoiden tuotannon laitteistot, hallinta ja optimointi
- sivuvirtapohjaisen sokerin tuotanto biojalostamoiden syötteenä.

Markkinakatsaus osoittaa, että megatrendit ja markkina-ajurit teollisille symbiooseille ovat vahvat. Monelta osin markkinaehtoinen liiketoiminta on vasta kehitymässä, mutta kannattavuuden ja markkinaehtoisuuden kehittyminen tulee kuitenkin olemaan lähivuosina merkittävää. Resurssitehokkuuden ratkaisussa on erinomaiset mahdollisuudet markkinaehtoiseen liiketoimintaan.

Markkinoille pääsemiseksi keskiössä on yritysten roolin ja tarjonnan hahmottaminen osana isompaa konseptia, ratkaisua ja liiketoimintaekosysteemiä sekä saumaton nivoutuminen erilaisiin kokonaisuuksiin. Ratkaisujen liityntäpinnat kokonaiskonseptiin vaativat usein kehitystyötä ja paikallista sovittamista, mutta joustavuutta ja monistettavuutta voidaan parantaa mm. tuotekonseptoinnilla, modulaarisilla osaratkaisuilla, kohdemarkkinakohtaisilla lisäosilla sekä kehittämällä ratkaisun skaalautuvuutta. Monella markkinalla tarvitaan yksittäistä teknologia- tai palveluratkaisua laajempi konsepti teollisten symbioosien edistämiseksi. Yritykset voivat kehittää ja koota tarjoomastaan näitä kokonaiskonsepteja ja myydä niitä yhdessä kohdemarkkinoille. Konseptivienti vaatii myös toimivan demonstraation, sillä markkina aukeaa vasta, kun ratkaisun toimivuus on todennettu kaupallisessa mittakaavassa. Demonstraatioille on oiva mahdollisuus suurissa investointi- ja aluekehityshankkeissa, kuten ekokaupunginosat ja -kaupungit, ekotehokkaat teollisuuspuistot sekä biojalostamoinvestoinnit.

Keskeiset suositukset ovat seuraavat:

- Sitra voi teollisten symbioosien kautta tukea kohdemarkkinakohtaisten laajempien konseptien tarjoomakokonaisuuksien muodostumista.
- Sitra voi edistää teollisten symbioosien ratkaisujen ja konseptien markkinan avautumisen kannalta kriittisiä demonstraatioita tuomalla yhteen ratkaisutoimittajat ja mahdolliset pilotointiympäristöt ja asiakkaat niin kotimaassa kuin globaaleillakin markkinoilla.
- Sitra voi tukea lupaavien, teollisten symbioosien globaaliin kysyntään vastaavien pk-yritysten liittymistä osaksi laajempia konsepteja yrityskehittämisen työkaluina, tekemällä yrityksiin pääomasijoituksia ja sparraamalla liiketoiminnan kehittämistä ja kansainvälistymistä.

## Summary

Industrial symbiosis generates economic added value for companies, while reducing consumption of natural resources and curbing waste volumes. Through symbiosis, companies jointly utilise materials, energy, water and by-product flows in a manner that generates added value for all parties concerned. Industrial symbioses are often formed across traditional sector boundaries and are distinct from established value chains. Technology and service providers are included in the business ecosystem formed around industrial symbioses. The search for industrial symbioses provides the opportunity to identify new business prospects, even in locations where traditional value chains are unable to generate profitable business.

Sitra aims to enhance the use of natural resources by accelerating the formation of globally competitive industrial symbioses, and promoting companies' understanding of the role they play in business ecosystems. The purpose of this is to bring companies together in the creation of resource-efficient business that optimises material cycles, and to spur the growth and entry of Finnish companies on global markets. In support of this work, Sitra commissioned Gaia Consulting Ltd. with a global market review of industrial symbiosis.

Megatrends set the backdrop for this review. These include climate change, depletion of natural resources, population growth and urbanisation, rising standard of living and developing markets, as well as the decline of ecosystems and the environment. Key aspects of industrial symbiosis selected for review include

1. liquid transport biofuels from by-product flows
2. food production involving nutrient recycling
3. decentralised renewable energy systems
4. biochemicals from by-product flows
5. utilisation of mineral by-product flows
6. biofuels and chemicals via algae production
7. developing the material recycling infrastructure in cities.

The review sought examples of industrial symbioses and business ecosystems related to these aspects. Under each aspect, an outlook with business logic and market drivers was formulated for selected geographical target market areas.

On the above basis, five concrete industrial symbiosis business prospects were selected for hot spot reviews. In relation to selected target markets, information was generated on business prospects and potential industrial symbiosis concepts. Possible entry routes into these markets were also examined.

---

The hot spots in question are:

- closed cycle solutions and holistic concepts built around fish farming
- optimisation and management of industrial symbioses
- modular solutions for material recovery of waste and by-product flows
- production equipment, management and optimisation of production in biorefineries
- production of by-product flow based sugar as input for biorefineries.

The market review confirms the strength of megatrends and market drivers for industrial symbioses. In many respects, while market-driven business is just emerging in this sector, profitability and market-drivenness are likely to grow remarkably over the next few years. Resource efficiency solutions provide excellent opportunities for market-driven business.

Outlining the role and product range of companies as part of a broader business ecosystem, concept and solution, as well as seamless integration with various entities, will play a key role in market entry. Solution interfaces with the overall concept often require development efforts and local adaptation. Correspondingly, flexibility and duplicability can be improved e.g. through product concept development, modular partial solutions, target-market-specific tweaks and by developing the solution's scalability. For the effective promotion of industrial symbiosis on many markets, a broader concept is required than individual technological or service solutions. Companies can create joint concepts from their solutions and offerings and sell them to target markets. However, a functioning demonstration is required before concept export becomes possible – to open up, the markets require proof that a solution is commercially viable. Major investment and regional development projects, such as eco districts and eco cities, eco-efficient industrial parks and biorefinery investments, provide excellent opportunities for demonstrations.

Key recommendations:

- Through industrial symbiosis, Sitra could support the formation of target-market-specific solutions, based on broader concepts.
  - Sitra could promote demonstrations deemed critical in terms of industrial symbiosis solutions and the opening up of markets, by bringing together solution providers, potential piloting environments and clients, both in Finland and on global markets.
  - Sitra could support the efforts of promising SMEs to create broader concepts in response to the global demand for industrial symbiosis. Such support could be provided through the use of business development tools, by making capital investments in companies, and through sparring on business development and internationalisation.
-

## Esipuhe

Suomi tarvitsee uusia tukijalkoja talouteen, globaaleilla markkinoilla toimivaa monipuolista teollisuutta ja resurssien tehokkaampaa käyttöä. Talouden rakenteiden muuttuminen, kärjistyneet ympäristöongelmat sekä kysynnän vaatimusten nopeat syklit eivät ratkea pelkästään yhden yrityksen kehittämistoimilla eivätkä klusteri- tai toimialapohjaisella lähestymistavalla. Yritysten välillä tarvitaan innovatiivisia teollisia liiketoimintamalleja, joita pitää kaupallistaa. Lisäksi toimintaympäristön esteitä pitää purkaa.

Teollisten symbioosien mahdollistama yhteiskehittäminen tuo uuden tehokkaan tavan ideoita, kehittää ja testata tuote- ja palveluinnovaatioita ja rakentaa uutta osaamista ja liiketoimintaa. Teollisissa symbiooseissa teollinen toiminta, energiantuotanto, alkutuotanto ja jätteen käsittely sekä näitä tukevat palvelut muodostavat kokonaisuuden, joka tuottaa tuotteita ja palveluita loppukäyttäjien tarpeisiin resurssien käytön optimoiden.

Teolliset symbioosit -avainalueella Sitra panostaa yritysten ainekiertojen ja uusiutuvien luonnonvarojen käytön fiksujen liiketoimintamallien kehittämiseen. Etsimme läpimurtoyrittäjiä, jotka tekevät tämän mahdolliseksi. Samalla lisäämme uutta liiketoiminta-ajattelua ja pyrimme löytämään yhteisiä näkemyksiä ekologisten ongelmien ratkaisusta ja niiden kiireellisyydestä.

Maailmalla on kasvavaa kysyntää uudesta osaamisesta sekä uusista ekologisten haasteiden tuomista ratkaisuista ympäristön, energian ja raaka-aineiden suhteen. Tämä kysyntä on kuitenkin todennettava ja identifioitava, eli on paikallistettava maailmalta ne "ekolokerot", joihin suomalaisten yritysten muodostamien konsortioiden ratkaisut istuvat teknologian, raaka-aineiden, tunnistettujen ainekiertojen osaamisen sekä prosessien ja lopputuotosten suhteen. Tällainen verifiointi vaatii eri markkinoiden dynamiikan ja draivereiden ymmärtämistä sekä sellaisten teollisen symbioosien pohjalle rakentuvien liiketoiminnan ekosysteemien löytämistä, joihin suomalaisten edelläkävijäyritysten ratkaisut voivat kiinnittyä ja luoda lisäarvoa. Raportin tuloksena on maailmalta paikallistettu viisi Hot Spot -kysyntäkohdetta, joihin suomalaisilla yrityksellä on tarjota täydentävät ratkaisut.

Raportti tuo kaikille yrityksille ja liiketoiminnan kehittäjille eväitä ymmärtää, miten kasvavia vientituloja luodaan yhdessä kestäväällä liiketoiminnalla. Se myös muuttaa liiketoiminta-ajattelua kohti synergisiä teollisia symbiooseja ja liiketoimintaekosysteemejä sekä niiden tuomia hyötyjä.

Helsingissä huhtikuussa 2013

Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra

**Jyri Arponen**

# 1 Johdanto

## 1.1 Tausta ja tavoitteet

Sitra on käynnistänyt Teollisten symbioosien avainalueen, jonka ensisijaisena tavoitteena on *tehostaa luonnonvarojen käyttöä vauhdittamalla globaalisti kilpailukykyisten teollisten symbioosien muodostumista sekä yritysten ymmärrystä omasta roolista niiden ympärille muodostuvissa liiketoimintaekosysteemeissä*. Luonnonvarojen käyttöä tarkastellaan kokonaisvaltaisesti: teollisissa symbiooseissa niin biomassan, veden, energian kuin ravinteiden ja mineraalien käytön on oltava tehokasta.

Toisena tavoitteena on *saattaa yritykset yhteen luomaan resurssitehokasta ja ainekiertoja optimoivaa liiketoimintaa*. Tehtävänä on auttaa yrityksiä löytämään toisensa. Sitra tuo yrityksille palvelun<sup>1</sup>, jonka avulla yritykset voivat tehokkaasti hyödyntää ja yhdistää materiaalivirtojaan sekä mahdollistaa ainekiertojen sulkemista todennettuja malleja hyödyntäen. Lisäksi luodaan uusia yhteiseen toimintaan perustuvia toimintamalleja ja poistetaan markkinoiden esteitä.

Kolmantena tavoitteena on *vauhdittaa valikoituja biotalouden yrityksiä globaaliin kasvuun ja pääsyyn kansainvälisiin teollisiin liiketoimintaekosysteemeihin*. Tätä tuetaan sijoitustoiminnalla ja yrityskehityksellä sekä edistämällä kaupallistumista ja demonstraatioiden toteutumista. Lisäksi autetaan löytämään globaaleja kumppaneita kasvuhakuisille yrityksille.

Teollisten symbioosien käynnistymisen tueksi Sitra päätti tilata markkinakatsauksen. Tavoitteena oli *tunnistaa globaalisti kiinnostavimmat suomalaisille yrityksille tarjoutuvat liiketoimintamahdollisuudet teollisten symbioosien alueella*.

Tavoitteen saavuttamiseksi markkinakatsauksessa

- kuvataan teollisten symbioosien globaalia kysyntäpotentiaalia ja markkinoiden ajureita sisältöalueittain
- tunnistetaan ja kuvataan olemassa olevia teollisia symbiooseja ja ekosysteemiäihioita ja näihin kytkeytyviä avainyrityksiä kohdemarkkinoilla ja kotimarkkinalla
- tunnistetaan suomalaisille yrityksille tarjoutuvia liiketoimintamahdollisuuksia teollisissa symbiooseissa
- kuvataan työn tulosten perusteella johtopäätökset ja suositukset teollisten symbioosien kannalta.

Toteutuksesta vastasi Gaian projektitiimi, vastuullisena johtajana Tiina Pursula, projektipäällikköinä Ville Karttunen ja Mari Saario sekä asiantuntijoina Maija Aho, Laura Hakala ja Paula Tommila. Työn laatuvaastaavana toimi Juha Vanhanen. Työ tehtiin tiiviissä yhteistyössä Sitran teollisten symbioosien tiimin kanssa.

---

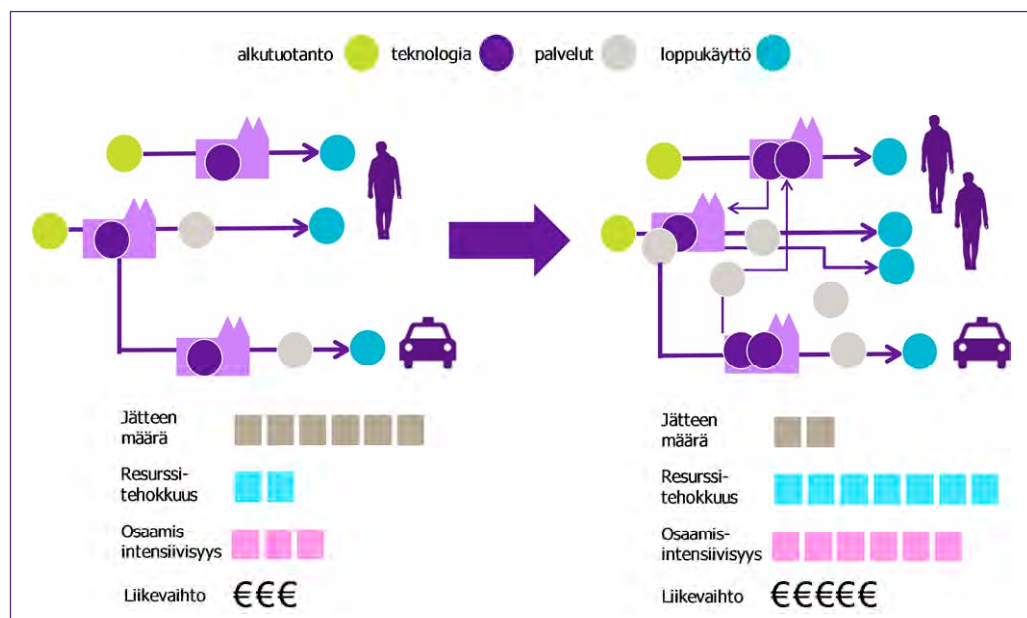
<sup>1</sup> vastaava palvelu kuin Iso-Britanniassa toimiva NISP (National Industrial Symbiosis Programme)



## 1.2 Teollinen symbioosi ja liiketoimintaekosysteemit

Teollinen symbioosi tarkoittaa kahden tai useamman yrityksen välistä yhteistyötä materiaalien, energian, veden ja/tai tuotannon sivuvirtojen hyödyntämiseksi tavalla, joka tuottaa lisäarvoa kaikille osapuolille. Teollinen symbioosi edistää resurssitehokkuutta ja lisäarvon muodostumista yksittäisiä yrityksiä laajemmalla tasolla. Erityistä teollisissa symbiooseissa on se, että ne muodostuvat usein yli perinteisten toimialarajojen ja poikkeavat vakiintuneista arvoketjuista. Lisäksi teollisissa symbiooseissa lisäetuja luo tyypillisesti siihen osallistuvien yritysten maantieteellinen läheisyys.<sup>2</sup> Teollisiin symbiooseihin liittyvät läheisesti liiketoimintaekosysteemit.

Liiketoimintaekosysteemi koostuu toisiinsa kytkeytyvistä arvoketjuista, mukaan lukien varsinaisten tuotannollisten yritysten lisäksi myös niitä palvelevat teknologian ja palveluntuottajat. Osaan liiketoimintaekosysteemin sisältämistä arvoketjuista voi liittyä teollisia symbiooseja. Teollinen symbioosi on siis liiketoimintaekosysteemin osa. Yhdessä liiketoimintaekosysteemissä voi olla useita teollisia symbiooseja. Teollisten symbioosien ja uusien liiketoimintaekosysteemien avulla voidaan tuottaa enemmän taloudellista lisäarvoa, kun samalla vähennetään luonnonvarojen kulutusta ja jätteen määrää (kuva 1).



**Kuva 1.** Teollisten symbioosien ja uusien liiketoimintaekosysteemien tuoma muutos. Vasemmalla on esitetty perinteinen lineaaristen arvoketjujen tuotantomalli. Oikealla puolestaan arvoketjut ovat kytkeytyneet teollisten symbioosien muodostamaksi uudeksi liiketoimintaekosysteemiksi<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Chertow, Marian (2000), Industrial symbiosis: Literature and Taxonomy, Annual Review of Energy and the Environment, Vol. 25, s. 313–337.

<sup>3</sup> Teollisten symbioosien avainalueen suunnitelma, Sitra 2012.

Symbioosi-ajattelun vahvuus on nimenomaan sen arvoketjut ja toimialarajat ylittävä luonne. Tämän tarkastelutavan avulla voidaan tunnistaa liiketoimintamahdollisuuksia myös siellä, missä perinteiset arvoketjut eivät pysty kannattavaan liiketoimintaan. Esimerkiksi teollisen symbioosin avulla voi olla mahdollista järjestää yrityksen sivuvirtojen käsittely perinteisestä poiketen uudella kustannustehokkaalla tavalla, mitä ilman koko liiketoiminta voi olla kannattamatonta.

Tässä työssä teollisia symbiooseja on tarkasteltu puhtaasti liiketoimintalähtöisesti. Symbioosin täytyy perustua kannattavaan liiketoimintaan: jos yhteistyö ei synnytä arvoa molemmille osapuolille, niin ei ole symbioosiakaan. Kuitenkaan symbioosissa yritysten välillä ei välttämättä tarvitse liikkua rahaa lainkaan, vaan arvo voi syntyä yrityksille muuta kautta, esimerkiksi kustannussäästöt jätteiden käsittelyssä tai raaka-aineiden hankinnassa.

Perinteisessä alihankinnassa, johon luetaan mukaan myös jätteiden käsittely, liiketoiminta perustuu asemaan osana asiakkaan arvoketjua ja toiminnan kustannukset siirtyvät lopulta asiakkaan asiakkaiden maksettaviksi. Sen sijaan teollisessa symbioosissa materiaali on mahdollista saada jalostettavaksi parhaimmillaan korvauksella tai omakustannushintaan.

## 1.3 Markkinakatsauksen rajaukset ja painopisteet

Selvitykselle on asetettu seuraavat painopisteet:

**1. Liiketoimintakeskeisyys:** Tarkoituksena on kuvata liiketoimintaa ja syntyvää lisäarvoa. Tarkoituksena ei ole paneutua teknologisten ratkaisujen vertailuun ja teknologiakuvauksiin. Myös käsiteltävät materiaalivirrat ovat taustalla ja etusijalla ovat yritysten väliset suhteet ja roolit. Mahdollisia rooleja ovat esimerkiksi ankkuriyritys<sup>4</sup>, symbioosia täydentävä yritys ja symbioosia tukeva yritys.

**2. Resurssivetoisuus vs. tarvevetoisuus:** Kumpaakaan näkökulmaa ei ole erikseen rajattu tai painotettu. Näkökulmaero on kuitenkin merkittävä ja syytä tiedostaa.

Globaaleja tarpeita on useita. Esimerkiksi maapallon väestön kasvu sekä kehittyvien maiden kasvava elintaso synnyttävät tarpeita esimerkiksi maatalouden, ruoantuotannon, elintarvikkeiden valmistuksen ja jakelun tehostamiseksi.

Resurssivetoisuus puolestaan perustuu resurssiylimäärien saattamiseen hyötykäyttöön. Toiminnan maksaja voivat olla joko resurssin omistaja tai sen ostaja. Käytännön esimerkkinä on toiminta, jossa yritykset ilmoittavat kauppapaikkaan ylimääräisestä materiaalista, josta haluavat päästä eroon. Samassa paikassa toiset toimijat voivat ilmoittaa resurssitarpeistaan.

<sup>4</sup> Roolit on kuvattu tarkemmin Liitteessä 1.

**3. Olemassa oleva kotimainen liiketoiminta:** Koska tarkoituksena on löytää uusia liiketoimintamahdollisuuksia suomalaisille yrityksille, tarkasteluun on valittu vain sellaisia teollisia symbiooseja, joihin voi luontevasti liittyä olemassa olevaa suomalaista osaamista. Uskottavuuden takaamiseksi kotimarkkinareferenssi tai vähintään pilotti on välttämätön, joten puhtaasti tutkimukselliset ratkaisut on rajattu pois tarkastelusta.

**4. Ratkaisujen konkreettisuus ja monistettavuus:** Liiketoimintamahdollisuuksia tunnistettaessa korostettiin konseptien ja ratkaisujen monistettavuutta ja konkreettisuutta. Ratkaisuista pitää olla olemassa vähintään pilotti. Toisaalta sen pitää olla kopioitavissa ja yhdistettävissä sellaiseen konseptiin, joka vastaa kasvaviin ja houkutteleviin maailmanlaajuisiin markkinoihin.

## 2 Seitsemän näkökulmaa teollisiin symbiooseihin

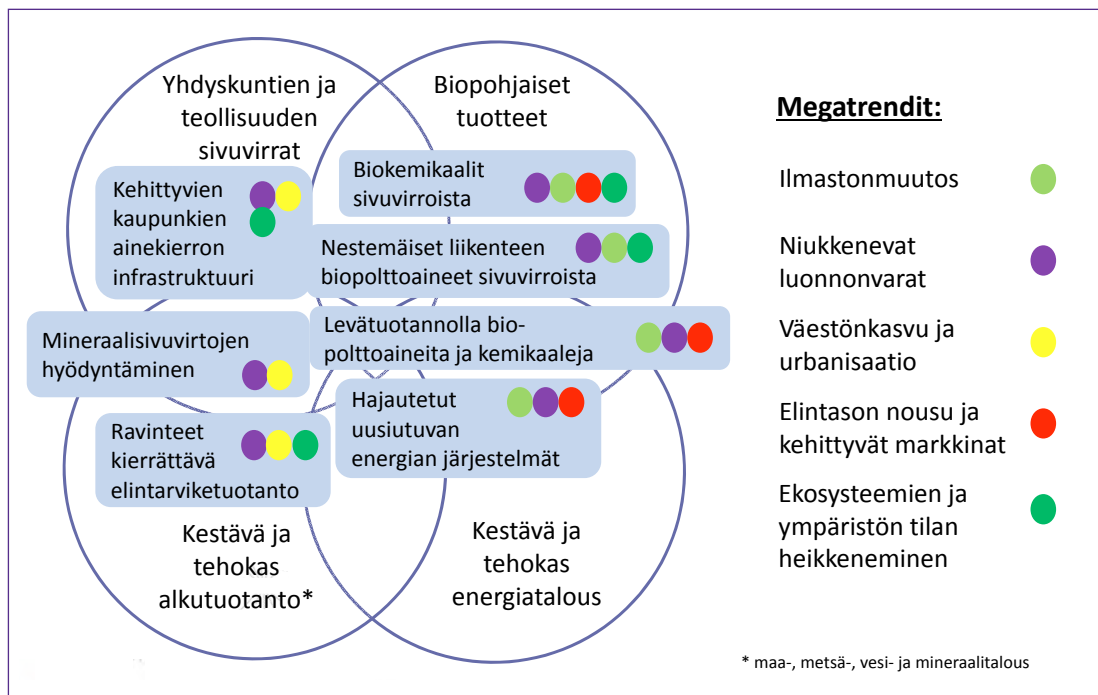
Erilaiset megatrendit, kuten ilmastonmuutos, niukkenevat luonnonvarat, väestönkasvu ja kaupungistuminen, elintason nousu ja kehittyvät markkinat sekä ekosysteemien ja ympäristön tilan heikkeneminen synnyttävät tarpeita uusille teollisille symbiooseille. Yksi keskeinen teollisten symbioosien alue on kehittyvä biotalous. Biotalous rakentuu uusiutuvista luonnonvaroista saatavan monipuolisen hyödyn ympärille. Teollisia symbiooseja tarvitaan mm. biomassan resurssitehokkaissa jalostusketjuissa ja biojalostamokonsepteissa. Biotalous ja biopohjaisen tuotannon lisäksi teolliset symbioosit liittyvät vahvasti resurssitehokkaaseen alkutuotantoon, yhdyskuntiin ja teollisuuteen sekä kehittyneeseen energiatalouteen. Alkutuotannon osalta on huomiotava kokonaisuutena maa- ja metsätalous, mineraalitalous ja vesitalous. Teollisia symbiooseja esiintyy monilla eri toimialoilla ja tyypillisesti ne ylittävät perinteiset toimialarajat.

Mahdollisia näkökulmia teollisiin symbiooseihin koottiin hankkeen aikana laajalti. Ideoita kerättiin Sitran järjestämässä yritystapaamisissa ja niitä jalostettiin edelleen keskusteluissa Sitran kanssa. Lisäksi hankkeessa hyödynnettiin Gaian aiempia töitä biotalouden ja teollisten symbioosien alalla. Näin syntyi suuri joukko teollisten symbioosien aihioita. Näistä muodostettiin lopulta seitsemän erilaista näkökulmaa, joiden tarkastelu toisi työn tavoitteiden kannalta mielenkiintoista tietoa.

Valitut näkökulmat olivat seuraavat:

- nestemäiset liikenteen biopolttoaineet sivuvirroista
- ravinteet kierrättävä elintarviketuotanto
- hajautetut uusiutuvan energian järjestelmät
- biokemikaalit sivuvirroista
- mineraalisivuvirtojen hyödyntäminen
- levätuotannolla biopolttoaineita ja kemikaaleja
- kehittyvien kaupunkien ainekierron infrastruktuuri.

Nämä seitsemän näkökulmaa, niiden suhteutuminen toisiinsa sekä niitä eteenpäin ajaviin megatrendeihin on kuvattu kuvassa 2.



**Kuva 2.** Seitsemän näkökulmaa teollisiin symbiooseihin.

Kunkin näkökulman osalta on valittu tarkasteltavaksi joitakin kiinnostavia maantieteellisiä kohdemarkkinoita, jotka on esitetty kuvassa 3. Markkina-alueiden ajureiden analysointiin on työssä käytetty PESTEL<sup>5</sup>-viitekehystä. Poliittisia ajureita ovat esimerkiksi biopolttoaineiden kannusteet, taloudellisia ajureita markkinan kasvu, ja sosiaalisia ajureita kuluttajakysyntä puhtaille ja biopohjaisille tuotteille. Teknologisia ajureita voivat olla uuden teknologian kaupallistuminen, ympäristöajureita esimerkiksi luonnonvarojen niukkeneminen ja elinympäristöjen tuhoutuminen. Lainsäädännöllisiä ajureita ovat esimerkiksi olemassa olevat lait ja määräykset kuten jätelait.

<sup>5</sup> Political, Economical, Social, Technological, Environmental, Legal (PESTEL) = poliittiset, taloudelliset, yhteiskunnalliset, teknologiset, ympäristö- ja lainsäädännölliset tekijät.

	EU	P-Amerikka	Lat. Amerikka	Kiina, Intia, Venäjä	Korea, Japani
Nestemäiset liikenteen biopolttoaineet sivuvirroista					
Ravinteet kierrättävä elintarviketuotanto					
Hajautetut uusiutuvan energian järjestelmät					
Biokemikaalit sivuvirroista					
Mineraalisivuvirtojen hyödyntäminen					
Levätuotannolla biopolttoaineita ja kemikaaleja					
Kehittyvien kaupunkien ainekierron infrastruktuuri					

**Kuva 3.** Teollisten symbioosien näkökulmat ja tarkastellut kohdemarkkinat.

## 2.1 Nestemäiset liikenteen biopolttoaineet sivuvirroista

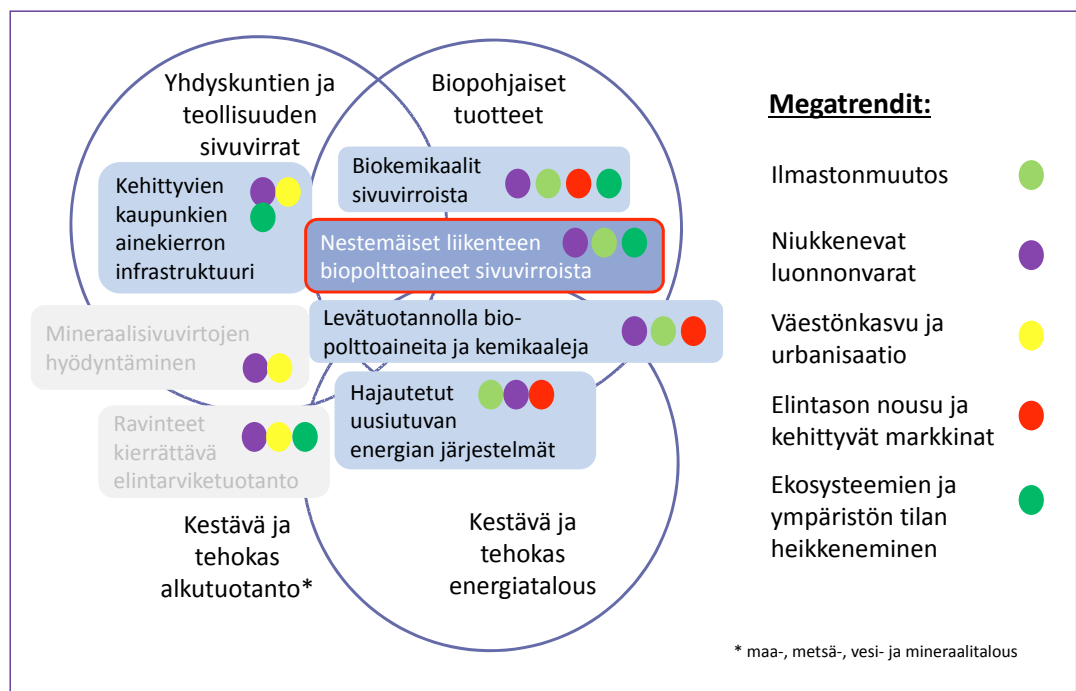
Megatrendit, kuten ilmastonmuutos ja luonnonvarojen rajallisuus, tekevät sivuvirtapohjaisten nestemäisten liikenteen biopolttoaineiden tuotannosta kiinnostavaa. Nestemäisille biopolttoaineille on myös erityinen markkinatarve, sillä niitä tarvitaan liikenteen polttoaineeksi. Olemassa olevaa infrastruktuuria ja ajoneuvokantaa ei helposti ja nopeasti voida korvata helposti muilla vaihtoehdoilla. Vaikka esimerkiksi sähköautot lisääntyisivät yksityisliikenteessä, nestemäistä polttoainetta tarvitaan edelleen esim. raskaaseen liikenteeseen ja lentoliikenteeseen.

Nestemäisten biopolttoaineiden tuotanto ei ole kaikilta osin vielä nykyisellään markkinaehtoisesti kannattavaa toimintaa. Biopolttoaineiden tuotanto on tällä hetkellä pääosin riippuvaista tuista ja regulaation tuomista kannusteista. Biopolttoaineiden tuotannon kannattavuutta voidaan parantaa kytkeytymällä tiiviiseen symbioosiin sivuvirtaraaka-ainetta tuottavien ja biopolttoainetuotannon omia sivuvirtoja edelleen jalostavien tuotantolaitosten kanssa. Sivuvirtoja hyödyntämällä biopolttoaineiden tuotanto kytkeytyy muun muassa maatalouteen, metsäteollisuuteen sekä biojätettä tuottavaan elintarviketeollisuuteen. Lopputuotteiden näkökulmasta kemianteollisuus linkittyy vahvasti biopolttoaineiden tuotantoon.

Kannattavuutta voidaan parantaa myös tuottamalla biopolttoaineiden ohella korkeamman lisäarvon tuotteita, kuten biopohjaisia kemikaaleja. Biokemikaaleja voidaan tuottaa biopolttoaineiden kanssa samalla tuotantoalustalla, lisäämällä tuotantoketjuun jatkojalostusteknologiaa, jonka avulla raaka-aineen arvokkaimmat ainesosat saadaan hyödynnettyä tuotteiksi, joiden myyntiarvo on korkeampi kuin biopolttoaineiden. Biopolttoaineiden tuotanto toimii hyvänä alustana ja kapasiteetti-investointina korkeamman jalostusarvon biokemikaaleille, joiden volyymit ovat huomattavasti pienempiä.

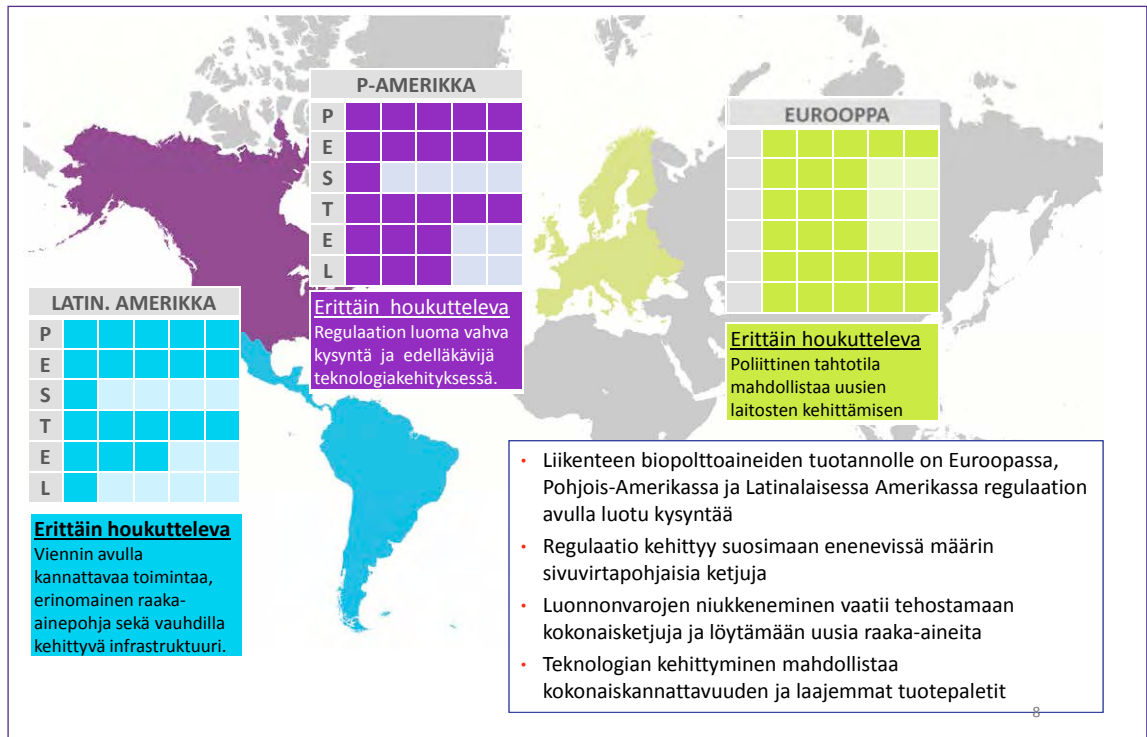
Infrastruktuurin ja uudenlaisten energiantuotannon konseptien kautta biopolttoaineiden tuotanto on tulevaisuudessa luontevasti myös osa hajautettua energiantuotantoa, kaasutaloutta sekä energiantuotannon sivuvirtojen hyödyntämistä. Levätuotanto kytkeytyy myös biopolttoaineiden kestävään tuotantoon, sillä levää voidaan käyttää biopolttoaineiden raaka-aineena, ja toisaalta sen ominaisuuksien ansiosta se sopii myös erinomaisesti yhdistettyyn polttoaineiden ja korkeamman jalostusarvon tuotteiden, kuten kemikaalien ja ravintoaineiden, tuotantoon.

Biopolttoaineiden tuotanto onkin tulevaisuudessa yhä useammin osa laajempia biojalostamokonsepteja, joissa tuotetaan kestävästä raaka-aineesta niin biopolttoaineita, biomateriaaleja, biokemikaaleja kuin energiaa. Tarkasteltu näkökulma liittyy siis läheisesti myös useisiin muihin tässä työssä tarkasteltuihin näkökulmiin, kuten kuvassa 4 esitetään.



**Kuva 4.** Tarkastellun näkökulman (nestemäiset liikenteen biopolttoaineet sivuvirroista) suhteutuminen megatrendeihin ja muihin valittuihin näkökulmiin. Vaaleansiniset näkökulmat ovat läheisesti liittyviä, harmaisiin näkökulmiin liittymäpinnat ovat vähäisemmät.

### Markkina-ajurit valituilla kohdemarkkinoilla



**Kuva 5.** Nestemäisten sivuvirtapohjaisten liikenteen biopolttoaineiden PESTEL-analyysin mukaiset markkina-ajurit ja yhteenveto markkinan houkuttelevuudesta valituilla kohdemarkkinoilla Latinalaisessa Amerikassa, Pohjois-Amerikassa ja Euroopassa.

Euroopassa biopolttoaineiden tuotannolle on luotu kysyntä regulaation avulla. RES-direktiivi<sup>6</sup> asettaa yhteiseksi tavoitteeksi jäsenmaille nostaa biopolttoaineiden osuus liikenteessä 10 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. EU-maissa biopolttoaineiden käyttöä edistetään jakeluväyloin, veroeduin ja energiatuoin. Energiatuet kohdistuvat toimenpiteisiin, joilla edistetään uusiutuvien energialähteiden käyttöä ja uuden tehokkaan energiateknologian käyttöönottoa sekä vähennetään energian tuotannon ja käytön ympäristöhaittoja. Esimerkiksi Suomessa energiatukia myönnettäessä etusija on annettu uuden teknologian kaupallistamista edistäville hankkeille. Biopolttoaineiden tuotantoa tuetaan Euroopassa myös NER 300 -rahoituksella (New Entrants' Reserve), joka perustuu päästökauppatuloihin. Vuoden 2012 lopussa rahoitusta myönnettiin yhteensä 1,2 miljardia euroa 23 eri projektille, joista kahdeksan on bioenergian tuotantoon keskittyviä projekteja ja osa kohdistuu nestemäisiin liikenteen biopolttoaineisiin<sup>7</sup>. Näissä projekteissa kehitetään uutta teknologiaa, joka on kaupallistumisen kynnyksellä.

<sup>6</sup> RES Directive 2009/28/EC, luettavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=Oj:L:2009:140:0016:0062:en:PDF>, viitattu 20.3.2013.

<sup>7</sup> European Commission Climate Action, 23 innovative renewable energy demonstration projects receive €1.2 billion EU funding, uutinen, luettavissa: [http://ec.europa.eu/clima/news/articles/news\\_2012121801\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/news/articles/news_2012121801_en.htm), viitattu 20.3.2013.



Biopolttoaineiden käytön edistämisen ja suosimisen taustalla on hiilidioksidipäästöjen vähentäminen. Lisäksi RES-direktiivi edellyttää biopolttoaineiden olevan kestävyyskriteerien mukaisia, jotta ne lasketaan mukaan RES-direktiivissä asetettuun tavoitteeseen. Kestävyyskriteereihin kuuluu hiilidioksidipäästövähennysten lisäksi myös muun muassa biodiversiteettiin ja maankäytön muutokseen liittyviä kriteereitä. Samaten biopolttoaineiden on oltava kestävyyskriteerien mukaisia, kun sovelletaan biopolttoaineiden kansallisia velvoitejärjestelmiä, kuten biopolttoaineiden jakeluvelvoitetta sekä kun niiden käyttöä tuetaan taloudellisesti, esimerkiksi energiatuella tai verodulla. Uusiutuvan energian direktiivin ja kestävyyskriteerien mukaiset vaatimukset tulee liittää jäsenmaissa myös maakohtaisiin lakeihin.

Yhdysvalloissa nestemäisten liikenteen biopolttoaineiden poliittisena ajurina on energiaomavaraisuuden turvaaminen, muun muassa useilla biopolttoaineiden edistämishojelmilla.<sup>8</sup> Esimerkiksi Yhdysvaltojen *Environmental Protection Agency (EPA)* on asettanut biopolttoaineivaatimuksia ja puolustusvoimat ovat sitoutuneet biopolttoaineiden käyttöön.<sup>9</sup> Taloudellisia ajureita sekä Yhdysvalloissa että Kanadassa ovat mm. rahoitus ja tukijärjestelmät toisen sukupolven biopolttoaineille, sekä valtiolta että riskisijoittajilta.<sup>10</sup> Teknologisena ajurina toimii Yhdysvaltain vahva nuorten kasvavien teknologiayritysten kenttä, jolla on hyvät yhteydet muun muassa suuriin kemian alan yrityksiin. Ympäristötavoitteina on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja biopolttoainetuotantoon tarvittavaa maapinta-alaa. Yhdysvalloissa uusiutuvan energian tavoitteet ja vaatimukset on viety myös lakeihin.

Latinalaisessa Amerikassa etanolin ja biodieselin käytölle on asetettu määräyksiä, ja esimerkiksi Brasiliassa etanolin sekoittaminen liikennepolttoaineisiin on pakollista. Lisäksi muut maat ovat arvioineet Latinalaisen Amerikan maat kestävien biopolttoaineiden tuottajiksi, mikä kasvattaa kysyntää. Brasilia on suuri nestemäisten biopolttoaineiden tuottaja ja viejä, jolla on pääosin sokeriruokoon perustuva suuri raaka-ainepotentiaali. Latinalaisen Amerikan maissa on kaupallisen mittakaavan bioetanoli- ja dieselveikostusta. Maihin tehdään useita myös sivuvirtapohjaisiin raaka-aineisiin pohjautuvia biopolttoainelaitosinvestointeja. Teknisiä ajureita ovat etanoliautojen kasvava lukumäärä sekä vahva etanolinjakeluinfrastruktuuri.<sup>11</sup> Kestävän raaka-ainepohjan turvaaminen toimii ajurina siirtyä sivuvirtapohjaisten biopolttoaineiden tuotantoon.

## Liiketoimintalogiikka

Biopolttoaineiden tuotanto uusiutuvista sivuvirtapohjaisista raaka-aineista on kiinnostava lähtökohta teollisen symbioosin muodostumiselle. Biopolttoaineiden tuotannon ympärille on mahdollista syntyä uutta liiketoimintaa sekä jalostusketjun alku- että loppupäähän, erilaisten sivuvirtojen ympärille. Tämä biopolttoaineiden tuotannon ympärille kehittyvä liiketoiminta voi synnyttää ensin yksittäisiä teollisia symbiooseja, ja myöhemmin yhä laajempia liiketoimintaekosysteemejä.

<sup>8</sup> European Biofuels Technology Platform, Biofuels in North America, luettavissa [http://www.biofuelstp.eu/n\\_america.html](http://www.biofuelstp.eu/n_america.html), viitattu 20.3.2013.

<sup>9</sup> Solazyme, Market Area Overview, luettavissa: <http://solazyme.com/market-areas>, viitattu 20.3.2013.

<sup>10</sup> European Biofuels Technology Platform, Biofuels in North America, luettavissa [http://www.biofuelstp.eu/n\\_america.html](http://www.biofuelstp.eu/n_america.html), viitattu 20.3.2013.

<sup>11</sup> European Biofuels Technology Platform, Biofuels in South America and Central America, luettavissa [http://www.biofuelstp.eu/s\\_america.html](http://www.biofuelstp.eu/s_america.html), viitattu 20.3.2013.

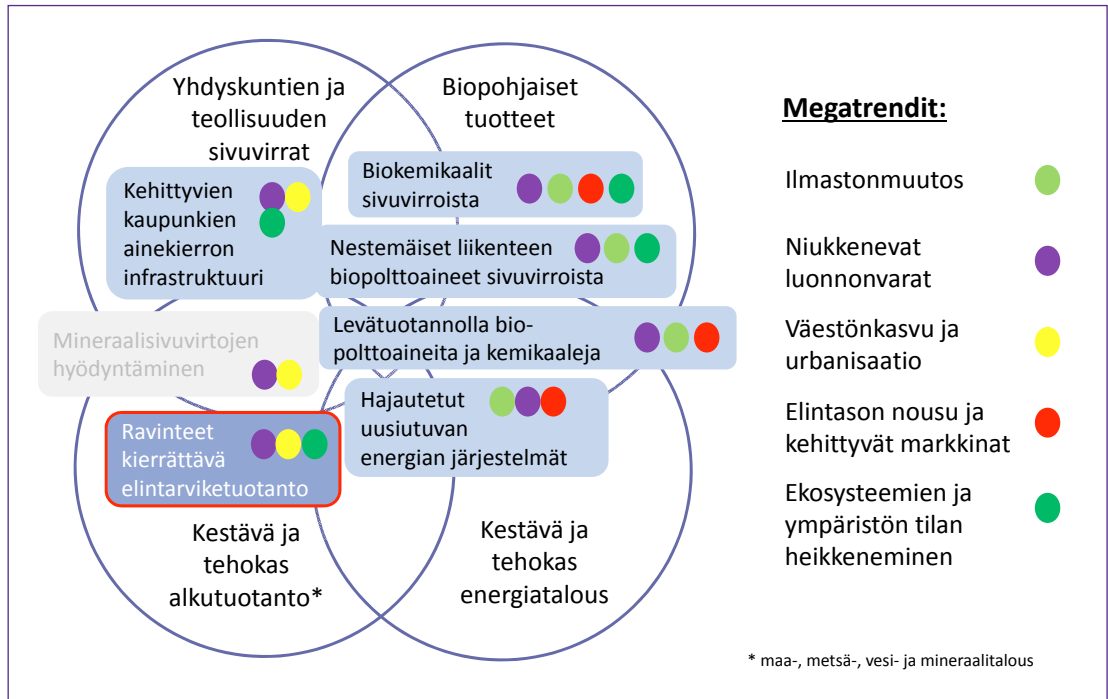
Jalostusketjun alkupäässä sivuvirtapohjaisen raaka-aineen käsittely, logistiikka ja välittäminen ovat liiketoimintaa, jota tarvitaan täydentämään arvoketjua. Teknologiatoimittajille liiketoiminta-mahdollisuuksia on biojalostamoiden teknologian soveltamisessa erilaisille sivuvirroille soveltuvaksi sekä sivuvirtaraaka-aineen esikäsittelyissä.

Biopolttoaineiden tuotannon ohella voidaan tuottaa myös korkeamman jalostusarvon tuotteita kuten kemikaaleja, mikä saattaa olla jopa ratkaisevaa biopolttoaineiden tuotannon markkinaehtoisen ja regulaatioista riippumattoman kannattavuuden muodostumiseksi. Kemikaalien tuotanto voi tapahtua tiiviissä yhteistyössä kemian alan yritysten kanssa, jotka jatkojalostavat biopolttoainetuotannon sivuvirtajakeita tai välituotteita. Biopolttoainetuotannon sivuvirroista saadaan myös ravinteita ja energiatuotteita.

## 2.2 Ravinteet kierrättävä elintarviketuotanto

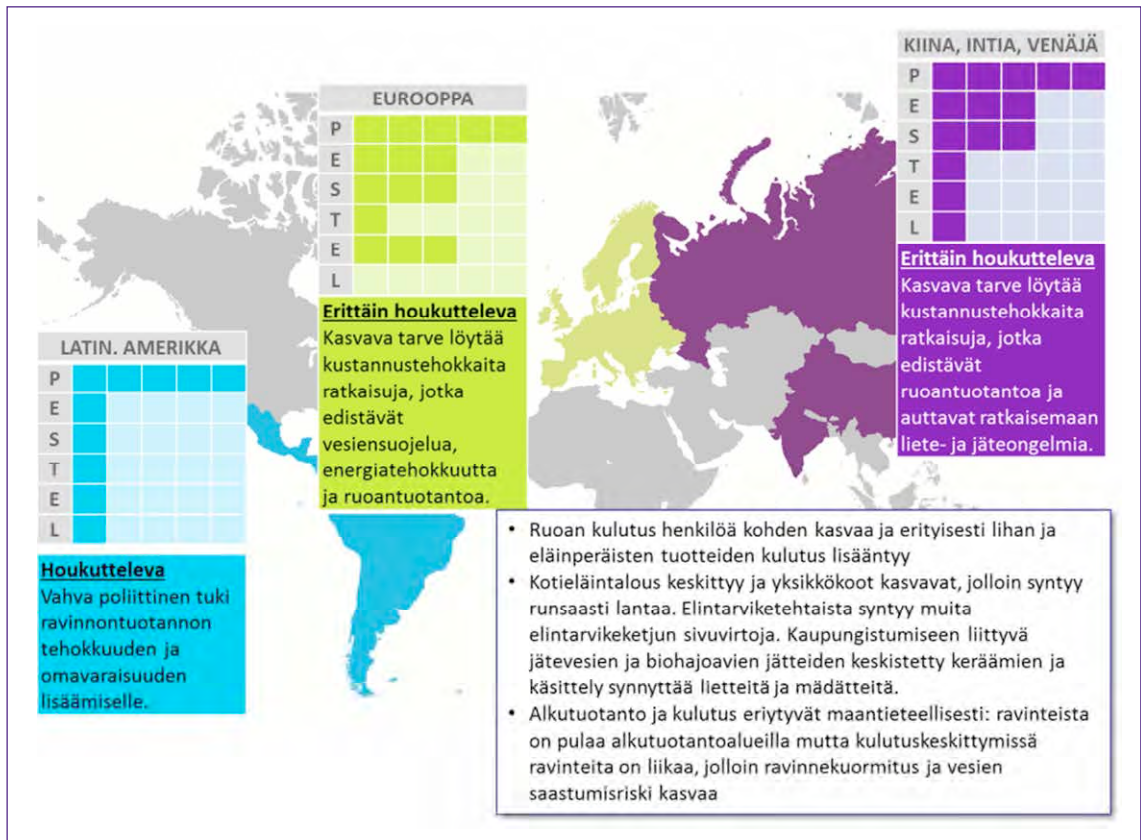
Tärkeinä ajureina suljetulle ravinnekierrolle toimivat niukkenevat luonnonvarat, väestönkasvu ja ekosysteemien ja ympäristön tilan heikkeneminen. Lannoitetuotannon käyttämät globaalit mineraalivarannot hupenevat samaan aikaan, kun kasvava väestö ja tuotannollisen viljelypinta-alan väheneminen mm. eroosion kautta asettavat paineita viljelyalan entistä tehokkaammalle käytölle. Lannoitteiden huuhtoutuminen vesistöihin aiheuttaa myös rehevöitymistä, joka kuormittaa vesiekosysteemejä.

Ravinteet kierrättävä elintarviketuotanto hakee ratkaisuja näihin ongelmiin. Ravinteet kierrättävässä elintarviketuotannossa ravinteet ja hiili kiertävät "pellon ja pöydän" välillä eli kulkevat alkutuotannosta elintarvikejalostuksen ja kuluttajien käytön jälkeen takaisin alkutuotantoon. Sivuvirtojen energiasisältö hyödynnetään mahdollisimman tehokkaasti tuottaen esimerkiksi mädättämällä biokaasua tai tuottamalla kiinteitä polttoaineita voimalaitoksiin. Samalla huolehditaan ravinteiden tehokkaasta talteenotosta energiantuotantoprosessin jäännöksistä (esimerkiksi biovoimalaitosten tuhkasta tai biokaasulaitosten mädätteestä). Hyödynnettävinä biomassoina verkostossa kulkevat esimerkiksi lietteen, lanta, olki, elintarvikejalostamisen jätteet ja jalosteina ovat esimerkiksi ravinnetuotteet. Tärkeää on myös huolehtia valumavesien ja prosessoinnissa syntyvien nesteiden ravinnesisällön hyödyntämisestä. Biomassoista voidaan myös erottaa ja jalostaa arvokemikaaleja, jos markkinakysyntää ilmenee ja prosessointiin on kustannustehokkaita ratkaisuja tarjolla.



**Kuva 6.** Tarkastellun näkökulman (ravinteet kierrättävä elintarviketuotanto) suhteutuminen megatrendeihin ja muihin valittuihin näkökulmiin. Vaaleansiniset näkökulmat ovat läheisesti liittyviä, harmaita näkökulmiin liittymäpinnat ovat vähäisemmät.

### Markkina-ajurit valituilla kohdemarkkinoilla



**Kuva 7.** Ravinteet kierrättävän elintarviketuotannon PESTEL-analyysin mukaiset markkina-ajurit ja yhteenveto markkinan houkuttelevuudesta valituilla kohdemarkkinoilla Latinalaisessa Amerikassa, Euroopassa sekä Kiinassa, Intiassa ja Venäjällä.

Kohdemarkkina-alueiksi on valittu EU, Latinalainen Amerikka sekä Kiina, Intia ja Venäjä. Kaikkia näitä alueita yhdistävät ravinnontuotantoon liittyvät globaalit ilmiöt, jossa ruoan kulutus henkilöä kohden kasvaa ja erityisesti lihan ja eläinperäisten tuotteiden kulutus lisääntyy elintason noustessa. Kysynnän tyydyttämiseen tarvittava kotieläintalous keskittyy ja yksikkökoot kasvavat. Tällöin syntyy runsaasti lantaa ja muita elintarviketun sivuvirtoja. Kaupungistuminen synnyttää lietteitä jätevesien ja biohajoavien jätteiden käsittelemisestä. Kaikki nämä asiat toimivat ajureina aiempaa tehokkaammalle ravinteiden tehokkaalle hyötykäytölle.

Euroopassa maataloustuotteiden hinnat heilahtelevat rajusti. Elintarvikkeiden hinnat ovat vakaampia, koska jalostuksen ja kaupan osuus arvomuodostuksesta on suuri. Kehittyvissä maissa alkutuotannon hintamuutokset heijastuvat suuremmin ruoan hintaan. Hintaan vaikuttavia tekijöitä ovat mm. kysyntä, kauppapolitiikka, öljyn hinta, sääolot ja varastot sekä ravinteiden saatavuus ja hinta.

Toisaalla ravinteista on pulaa, toisaalla niitä on liikaa, jolloin ravinnekuormitus ja vesien saastumisriski kasvaa. Venäjän osalta tärkeä näkökulma on myös Suomenlahteen kulkeutuvan ravinnekuormituksen vähentäminen ja näitä ratkaisuja on tuettu myös Euroopan Unionin taholta. Esimerkiksi Leningradin alueella oli vuoden 2011 tilaston mukaan siipikarjaa 20 miljoonaa, nautakarjaa 172 000 ja sikoja 157 000. Ne tuottivat lantaa yhteensä noin 2,4 miljoonaa tn/vuodessa, joka vastaa 18 600 tn tyypeä ja 4 600 tn fosforia.

Lanta-, liete- ja jäteongelman ratkaisujen perustana ovat myös terveys- ja hygienia-vaikutukset, nämä tarpeet ovat yhteisiä kaikille kaupungeille ja markkinoille. Ravinnekäytön lisäksi biohajoavien jätteiden hyötykäytön lisäämispaineita lisäävät ilmasto- ja energiatavoitteet, nämä ovat markkina-ajureina erityisesti Euroopan Unionissa.

Ruokaketjun toimintaan kohdistuu useita haasteita, kuten väestön nopea kasvu, maatalousmaan rajallisuus ja kuluminen (erosio), makean veden saatavuus, energian saatavuus ja hinta, biodiversiteetin vahingot sekä ilmastonmuutos ja sään ääri-ilmiöt. World Food Programmen mukaan Eurooppa ja Venäjä eivät ole merkittäviä riskialueita. Sen sijaan Kiina sekä eräät Etelä-Amerikan valtiot on määritelty hivenen korkeamman riskin alueeksi ja esimerkiksi Peru, Venezuela ja Kolumbia keskisuuren riskin alueiksi<sup>12</sup>. Poliittisesti paikallisiin raaka-aineisiin ja energialähteisiin perustuvaa tuotantoa voidaan tukea esimerkiksi osana maatalouspolitiikkaa tai yhteiskunnan huoltovarmuutta.

## Liiketoimintalogiikka

Kalastusta lukuun ottamatta ruoantuotannon alku on maataloudessa, kasvibiomassan tuottamisessa joko ihmisille tai ravintoeläimille. Kasvit tarvitsevat maata, vettä, aurinkoa ja ravinteita. Lisäarvoa voidaan tuottaa tarjoamalla edullisia ja turvallisia ravinteita tai tehostamaan maan, veden ja ravinteiden käyttöä suhteessa tuotettuun elintarvikemäärään. Ravinteita, kuten ureaa, käytetään myös prosessiteollisuudessa.

Kasveista, kaloista ja eläimistä voidaan ruoaksi hyödyntää ainoastaan tietyt osat ja jalostusketjusta syntyy aina sivuvirtoja. Myös jalostetun ja valmistetun ruoan pilaantumisen johtaa siihen, että ruokaketjusta poistuu erilaisia biomassoja. Hävikkiin voivat johtaa yhtä lailla kehittyvien maiden tehoton logistiikka kuin kehittyneiden maiden tiukka elintarviketurvallisuus. Ihmisten tai eläinten käytön jälkeen ruoka muuttuu lannaksi tai jätevesilietteiksi. Sekä lietteet, lanta että biohajoavat jätteet ovat riski ihmiselle ja ympäristölle, joten markkinat ovat perustuneet näiden haittojen poistamiselle.

Poistettava haitta on kuitenkin pohjimmiltaan arvokkaiden kemikaalien muodostama biomassa, josta on puhdistettavissa erilaisia myyntikelpoisia jalosteita. Ravinteiden ja biomassaan sitoutuneen energian lisäksi hyödynnettävissä ovat esimerkiksi kuidut. Toisaalta mihin tahansa kohtaan arvoketjua jäävä biomassa muodostaa kustannusrasitteen, jos se joudutaan hävittämään kalliisti jätteenä.

Perinteinen liiketoiminta ruokaketjussa on perustunut mineraalisten lannoitteiden myymiseen sekä toisaalta biohajoavia massoja vastaanottaviin jätehuoltoalan toimijoihin, joiden tulot tulevat ns. porttimaksuista sekä vähäisemmässä määrin energian myymisestä.

<sup>12</sup> World Food Programme, WFP Hunger map, 2011

Aineita kiertoon palauttava teollinen symbioosi syntyy tilanteessa, jossa:

- kierrätettävien ravinteiden käyttäminen on edullisempaa kuin mineraalisten lannoitteiden; sivuvirtojen vastaanottaja myy ravinnetuotteita loppukäyttäjille (tarvevetoisuus)
- syntyy kysyntää uudentilaisille biohajoavista massoista erotettaville jalosteille, esimerkiksi kuiduille; sivuvirtojen vastaanottaja myy välituotteita jatkojalostajille (tarvevetoisuus)
- sivuvirtojen energia- ja materiaalihyödyntäminen laskee ruokaketjun tuotantokustannuksia; sivuvirtojen vastaanottaja tuottaa palvelun jalostusketjulle (resurssivetoisuus).

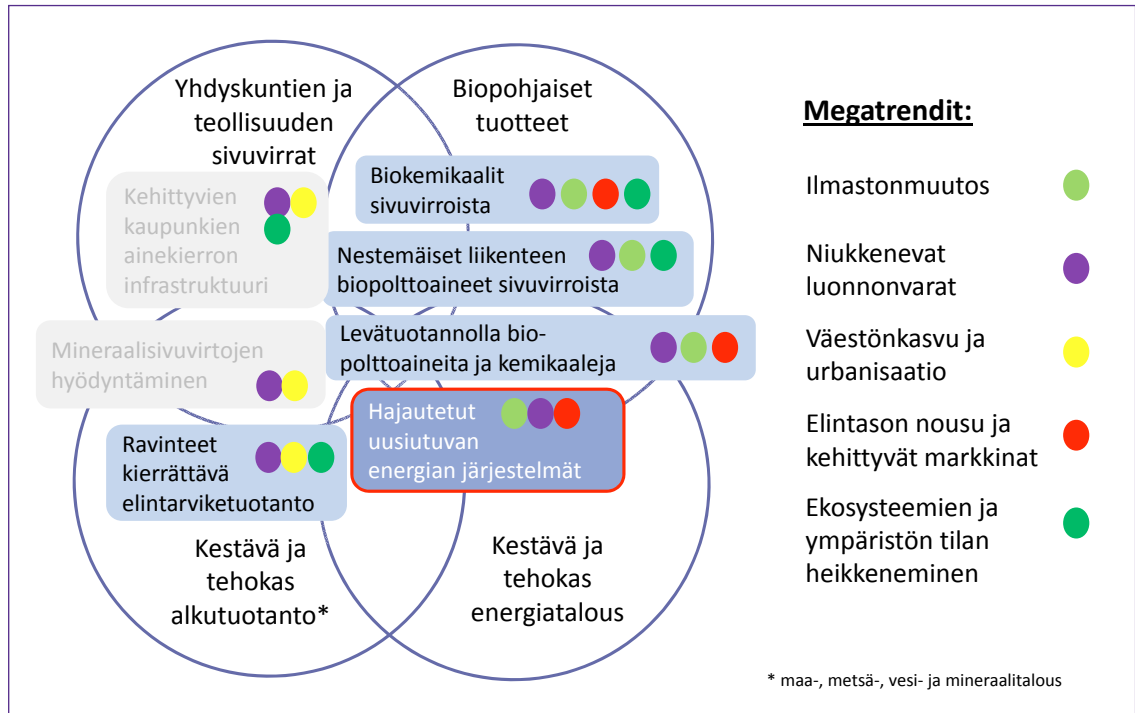
## 2.3 Hajautetut uusiutuvan energian järjestelmät

Uusiutuvan energian tuotantomuotojen kasvava käyttö luo tarpeen eri tuotantomuotojen sovittamiseksi osaksi laajempaa energiajärjestelmää. Uusiutuvien tuotantomuotojen, kuten biomassapohjaisen sähkön ja lämmön tuotannon, biokaasun, tuulivoiman ja aurinkosähkön tuotannon myötä voimalaitosten koko tyypillisesti pienenee ja tuotanto muuttuu vaikeammin ohjattavaksi ja ennustettavaksi. Tuotannon huiput eivät välttämättä osu yksin kysynnän huippujen kanssa. Tällöin syntyy ongelmia esimerkiksi sähköverkkojen toiminnan kannalta. Tuotanto myös hajautuu uusiutuvien energialähteiden saatavuuden perusteella. Osin tuotanto voi sijoittua kauemmaksi kulutuksesta, kuten suurten tuulivoimapuistojen tapauksessa, mikä vaatii sähkön siirtoverkkojen vahvistamista. Toisaalta kulutus voi integroitua suoraan kulutuskohteisiin, kuten talokohtaisissa aurinkosähköjärjestelmissä, jolloin paikallisen jakeluverkon pitää pystyä sopeutumaan vaihteleviin tuotanto- ja kulutustilanteisiin.

Näiden ongelmien ratkaisemiseksi tarvitaan eri energiantuotantomuotojen symbiooseja, joissa yhdistelemällä eri tuotantotapoja voidaan vähentää investointitarpeita ja parantaa sähkön toimitusvarmuutta.<sup>13,14</sup> Voi syntyä myös teollisia symbiooseja, joissa biomassajakeita hyödynnetään optimaalisesti tuottamalla niistä energian ohella korkeamman jalostusarvon tuotteita, kuten biomateriaaleja, biopoltoaineita ja kemikaaleja optimoiden tuotantoa eri tuotteiden kysynnän ja hinnan mukaan.

<sup>13</sup> APS Physics (2010), Integrating Renewable Energy on the Grid. A Report by the APS Panel on Public Affairs. Saatavilla online: <http://www.aps.org/policy/reports/popa-reports/upload/integratingelec.pdf>, viitattu 21.1.2013.

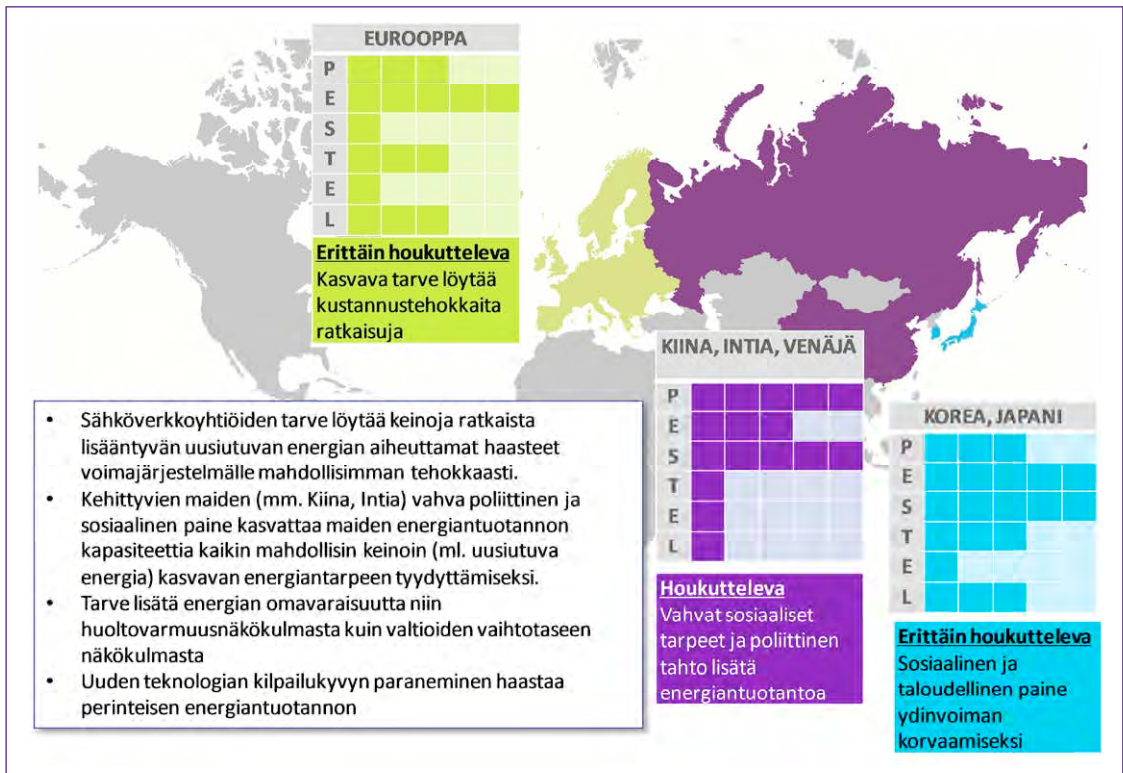
<sup>14</sup> IEC (2012), Grid integration of large-capacity Renewable Energy sources and use of large-capacity Electrical Energy Storage. White paper. Saatavilla online: <http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-gridintegrationlargecapacity-LR-en.pdf>, viitattu 21.1.2013.



**Kuva 8.** Tarkastellun näkökulman (hajautetut uusiutuvan energian järjestelmät) suhteutuminen megatrendeihin ja muihin valittuihin näkökulmiin. Vaaleansiniset näkökulmat ovat läheisesti liittyviä, harmaisiin näkökulmiin liittymäpinnat ovat vähäisemmät.



### Markkina-ajurit valituilla kohdemarkkinoilla



**Kuva 9.** Hajautettujen uusiutuvan energian järjestelmien PESTEL-analyysin mukaiset markkina-ajurit ja yhteenveto markkinan houkuttelevuudesta valituilla kohdemarkkinoilla Euroopassa, Kiinassa, Intiassa ja Venäjällä sekä Koreassa ja Japanissa.

Eryisesti Euroopan, mutta myös Japanin ja Korean osalta keskeinen markkina-ajuri on sähköverkkoyhtiöiden taloudellinen tarve löytää keinoja ratkaista lisääntyvän uusiutuvan energian aiheuttamat energiajärjestelmän ongelmat mahdollisimman tehokkaasti. Euroopan kantaverkko-operaattorien järjestön arvion mukaan tarvitaan vuosittain noin 4–5 miljardin euron investoinnit kantaverkon uusimiseen ja kehittämiseen, jotta se kykenisi vastaamaan uusiutuvan energian ja korkeampaa käyttövarmuutta vaativien asiakkaiden ja tiukenevan regulaation asettamiin tarpeisiin<sup>15</sup>.

Kehittyvien maiden (Kiina, Intia) kohdalla on myös vahva poliittinen ja sosiaalinen paine, mutta syy uusiutuvan energian lisäämiseksi on lähinnä tarve kasvattaa maiden energiantuotannon kapasiteettia kaikin mahdollisin keinoin kasvavan energiantarpeen tyydyttämiseksi. Näillä markkinoilla myös taloudelliset mahdollisuudet ovat luomassa markkinoita. Koreassa ja Japanissa uusiutuvan energian järjestelmille on vahva tarve ydinvoiman korvaajana.

<sup>15</sup> ENTSO-E (2010), Ten-Year Network development plan 2010–2020, European Network of Transmission System Operators for Electricity.



Globaalisti uusiutuvan energian järjestelmien markkinoita ajaa vahvasti teknologian kehittyminen ja yksikkökustannusten lasku, mikä on mahdollistanut uusien, aiemmin hyödyntämättömien raaka-aineiden käytön energiantuotannossa ja samalla myös parantanut muun muassa bioenergiahankkeiden kannattavuutta.

### Liiketoimintalogiikka

Aiemmin mainitut energiajärjestelmiin liittyvät ongelmat luovat tarvevetoisia symbiooseja, joissa avainyrityksenä on joko uusiutuvaa energiaa tuottava yritys, jolla on tarve tasoittaa uusiutuvan energian tuotannon vaihteluita, tai sähköverkko-yhtiö, jonka tarpeena on ylläpitää sähköverkon tasapainoa mahdollisimman pienillä investoinneilla itse verkon vahvistamiseen ja/tai säätövoiman hankintaan. Nämä avainyritysten tarpeet luovat liiketoimintamahdollisuuden myös mm. energiajärjestelmän hallintaa parantavalle teknologialle ja palveluille (esim. älykkäät sähköverkkojen ratkaisut, kuten reaaliaikaiset mittaus- ja hallintajärjestelmät).

Hajautetun uusiutuvan energian tuotannon materiaalivirtoihin liittyvät symbioosit ovat pääasiassa resurssivetoisia. Tavoitteena on löytää korkeimman lisäarvon tuottavat tavat hyödyntää teollisuuden polttokelpoisia sivuvirtoja tai tietyllä maantieteellisellä alueella syntyvää biomassaa (esimerkiksi puubiomassa, yhdyskuntien biohajoavat jätteet). Näissä tapauksissa symbioosi voi tuottaa lisäarvoa hyödyntämällä biomassasta eroteltavissa olevia arvokkaita raaka-aineita tai auttaa ratkaisemaan biomassan käsittelyyn liittyviä logistisia ongelmia, kuten markkinoiden etäisyys raaka-ainelähteistä ja raaka-aineiden hajautuminen maantieteellisesti pieniin eriin.

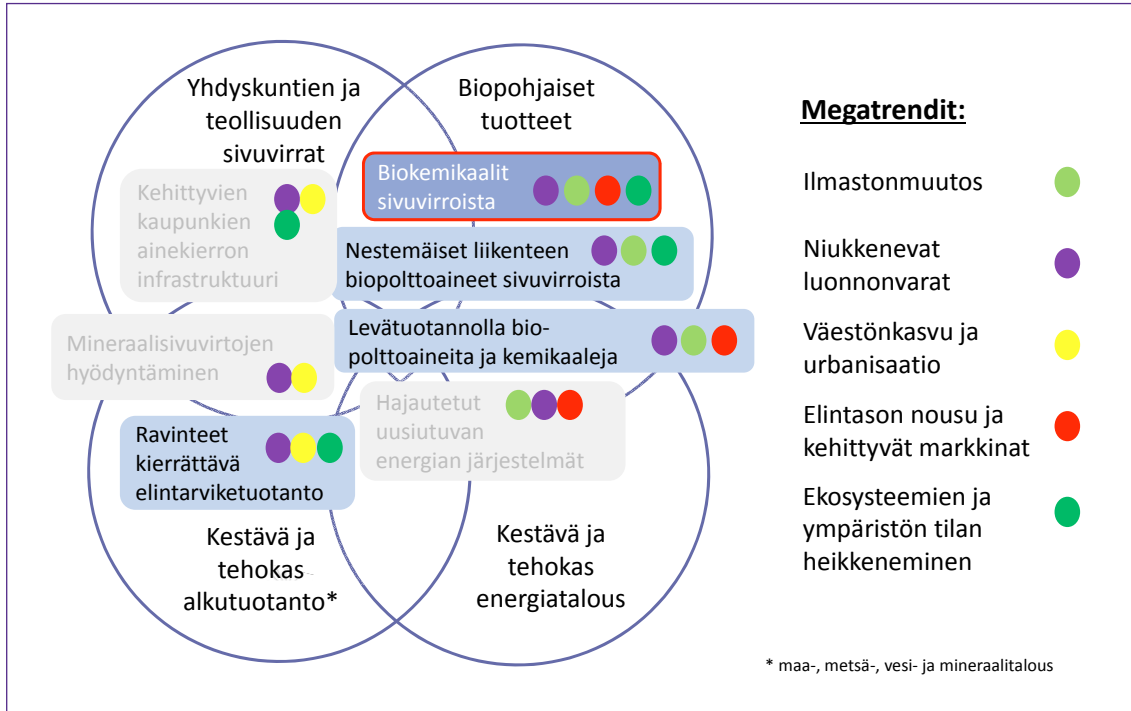
## 2.4 Biokemikaalit sivuvirroista

Biokemikaalit ovat uusiutuvista raaka-aineista, biomassasta valmistettuja kemian tuotteita. Tyypillisiä tuotteita ovat mm. peruskemikaalit, platform-kemikaalit<sup>16</sup>, biomuovit, sideaineet, aktiiviset ainesosat, vitamiinit ja entsyymit. Biokemikaaleille on vahva kasvava markkinatarve niiden ainutlaatuisien toiminnallisten ominaisuuksien ja biopohjaisuuden tuomien etujen vuoksi (kuten biohajoavuus, kierrätettävyys, puhtaus, luonnollisuus).

Teollisten symbioosien kannalta erityisen kiinnostava kasvava markkina-alue ovat sivuvirroista valmistettavat biokemikaalit. Näiden tuotanto tapahtuu jo nyt usein muun teollisen tuotannon läheisyydessä, kuten esimerkiksi mäntyöljyphajisten kemikaalien tuotanto sellutehtaan sivuvirrasta ja betaiinin tuotanto biopolttoainetuotannon sivuvirrasta. Biokemikaalien sivuvirtaraaka-aine on tyypillisesti peräisin maa- ja metsätalouden, metsäteollisuuden, elintarviketeollisuuden ja biopolttoaineteollisuuden sivuvirroista.

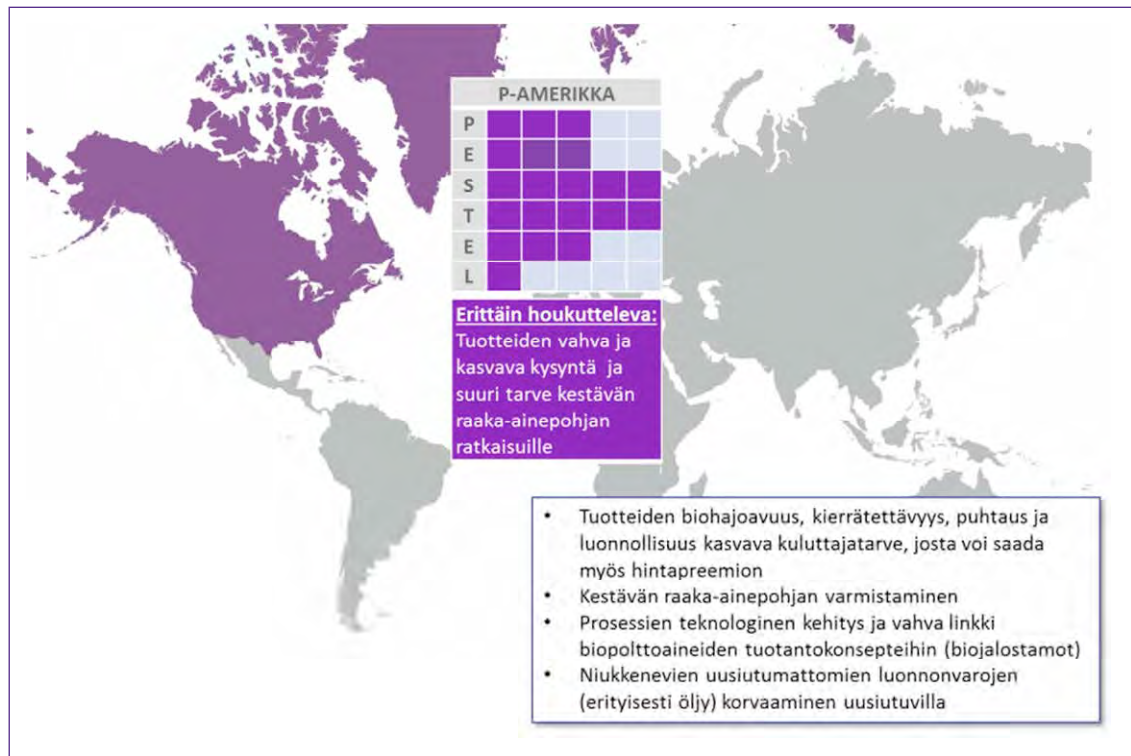
Tulevaisuudessa biokemikaalien tuotannon oletetaan tapahtuvan kasvavissa määrin osana laajempia biojalostamoita, joissa tuotetaan tehokkaasti biomassasta biopohjaisia kemikaaleja, materiaaleja, biopolttoaineita ja energiaa. Biokemikaalit muodostavat tyypillisesti biojalostamojen jalostusarvoltaan korkeimman tuotesegmentin, jolla on näin ollen tuotantokokonaisuuden kannattavuuteen merkittävä positiivinen vaikutus.

<sup>16</sup> Platform-kemikaalit ovat kemian välituotteita, jotka ovat prosessoitavissa useiksi eri lopputuotteiksi.



**Kuva 10.** Tarkastellun näkökulman (biokemikaalit sivuvirroista) suhteutuminen megatrendeihin ja muihin valittuihin näkökulmiin. Vaaleansiniset näkökulmat ovat läheisesti liittyviä, harmaisiin näkökulmiin liittymäpinnat ovat vähäisemmät.

## Markkina-ajurit valituilla kohdemarkkinoilla



**Kuva 11.** Sivuvirtapohjaisten biokemikaalien PESTEL-analyysin mukaiset markkina-ajurit ja yhteenveto markkinan houkuttelevuudesta valituilla kohdemarkkinoilla Pohjois-Amerikassa.

Pohjois-Amerikalla tarkoitetaan tässä ensisijaisesti Yhdysvaltoja. Siellä poliittiset kannusteet biopohjaisille tuotteille ovat vahvoja. Esimerkiksi USDA on käynnistänyt BioPreferred-ohjelman<sup>17</sup> ja lisäksi fossiilisten kemikaalien ja materiaalien käyttö on asetettu rajoituksia. Taustalla vaikuttavia tekijöitä ovat elintarviketurva, raaka-aineturva, paikallisten biomassojen käyttö ja haja-asutusalueiden elinkeinot sekä öljyriippuvuuden vähentäminen. Lainsäädännöllisesti vaikuttavat fossiilisia tuotteita kieltävä jättesääntely sekä biopohjaisia tuotteita suosivat lakikokonaisuudet<sup>18</sup>. On kuitenkin huomattava, että edellä mainitut seikat koskevat myös muita kuin sivuvirtapohjaisia biokemikaaleja.

Taloudellisesti on olemassa selkeä markkinatarve biotuotteilla erottumiselle ja valmius maksaa selkeitä hintapreemioita erityisesti tietyissä tuotesegmenteissä. Vahvasti kasvavaa kuluttajakysyntää on erityisesti pakkaus- ja materiaalikemian puolella (biomuovit), sekä lisäravinteiden ja ravintolisien markkinoilla. Sivuvirtapohjaisten biokemikaalien kustannuskilpailukyky markkinoita johtavia fossiilisia tuotteita ja agroketjua vastaan on vielä heikohko peruskemian tuotteissa (kuten platform-kemikaaleissa), mutta pitkälle jalostetuissa erikoistuotteissa, kuten ravintolisissä ja puhdistetuissa luonnon erikoiskemikaaleissa, fossiilisia kilpailijoita ei ole ja tuotteiden puhtaus ja luonnollisuus ovat kasvava kuluttajatarve.

<sup>17</sup> Tällä hetkellä ohjelmassa on 900 USDA sertifioimaa biotuotetta, joille julkisten hankintojen sekä tuotteiden kuluttajamerkinän tukea.

<sup>18</sup> Farm Security and Rural Investment Act (2002 Farm Bill), Food, Conservation, and Energy Act (2008 Farm Bill)

Teknologisesti bioprosessien kehitys on vahva ajuri, jossa Yhdysvallat on maailman huippua. Vakiintuneita yrityksiä sparraa suuri teknologia-alan start up -yritysten joukko, joka tekee runsaasti yhteistyötä mm. kemian alan suuryritysten kanssa. Biopohjaiseen kemikaalituotantoon tarkoitettuja, pääosin agrobiomassapohjaisia demonstraatio- ja kaupallisia laitoksia on runsaasti (mm. Amyris, BioAmber, LS9, Reverdia, Rivertop Renewables, Solazyme, ja Myriant Technologies, OPX Biotechnologies ja ZeaChem). Biopolttoaineiden osalta myös puolustuksen ja raaka-aineturvan tarpeet ovat vahva kannustin ja luovat panostuksia teknologiakehitykseen, jolla on spill over-vaikutusta myös biokemikaalimarkkinaan, joka hyödyntää osin samoja teknologia-alustoja. Erityisesti tämä koskee platform-kemikaalien tuotantoa.

Ekologisena ajurina on siirtyminen sivuvirtapohjaisiin kestäviin raaka-aineisiin, jolloin peltopinta-ala vapautuu ruokatuotannolle. Sivuvirtapohjaisten raaka-aineiden käyttö on haastavaa niiden heterogeenisen koostumuksen myötä, joten laaja käyttöönotto uusissa sovelluksissa vaatii vielä teknologiakehitystä.

## Liiketoimintalogiikka

Sivuvirtapohjaisten biokemikaalien liiketoiminnan kehittymisen vahvoina ajureina ovat kestävä raaka-ainepohjan kehittäminen sekä biotuotteiden tuoteominaisuudet. Biotuotteiden kysyntää kasvattavat useat näkökulmat, tuoteominaisuuksista mm. biohajoavuus ja kierrätettävyys. Myös biopohjaisuuteen liittyvät puhtauden ja ekologisuuden mielikuvat ovat tärkeitä kuluttajakysynnän ajureita. Tuotesegmenteistä erityisesti ne, joissa kuluttajamarkkinoilla differoiminen ja hintapreemio on mahdollinen, ovat kaupallistaneet biopohjaisia kemikaalituotteita. Esimerkkejä näistä ovat biomuovit esim. pakkauksissa. Toinen vahva tuotesegmentti ovat alueet, joilla ei ole suoraan kilpailevia tuotteita, kuten aktiiviset ainesosat ravintolisissä ja kosmetiikassa. Toistaiseksi tuotteet ovat kuitenkin pääosin ruokaketjun raaka-aineista peräisin ja kestäviin sivuvirtapohjaisiin raaka-aineisiin siirtyminen t&k -vaiheessa. Tämä on valtava haaste, johon tarvitaan teknologisia ratkaisuja.

Biokemikaalien tuotanto on teknologia- ja osaamisintensivistä liiketoimintaa. Uusien prosessien kaupallistaminen on pääomaintensivistä ja riskialtista, erityisesti kun kyseessä ovat bioprosessit. Bioprosesseja käyttävillä teknologiayrityksillä on varsin usein tuotannon skaalausongelmia. Esimerkiksi Gevo joutui 2012 syksyllä perääntymään biobutanolilaitoksensa ylösajossa. Teknologiariskiä jakamaan Pohjois-Amerikassa on syntynyt runsaasti teknologiayritysten (usein start-up:eja) ja kemian yritysten yhteisyrityksiä ja muita kumppanuusmalleja. Tyypillisesti teknologiayritys on näissä malleissa kemianyrityksen raaka-ainetoimittaja, tuottaen biopohjaisia kemian välituotteita. Myös pääomasijoittajat ovat tärkeässä asemassa teknologiakehityksessä ja kaupallistamisessa. Joillain öljy- ja energiayrityksillä on myös raaka-ainepohjan kehittämisen kautta intressi olla aktiivinen biokemikaaliliiketoiminnassa, vastaavalla logiikalla kuin kemian yrityksillä.

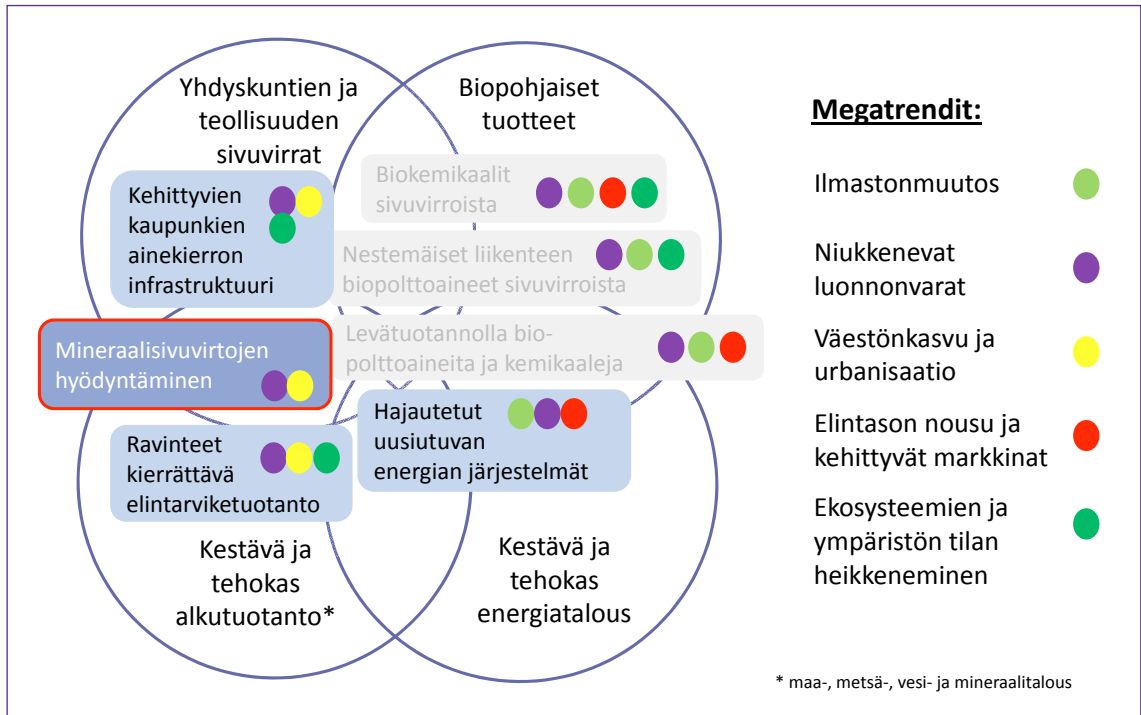
Pohjois-Amerikassa on korkealuokkaista bioprosessiosaamista ja kemian tuoteosaamista, mutta sivuvirtabiomassan käsittelyn osaamisessa ja arvoverkossa on puutteita. Tässä on yksi merkittävä liiketoimintamahdollisuus. Raaka-aineketjun hallitsevat toimijat voivat pyrkiä kumppanuuksiin sivuvirtapohjaisiin raaka-aineisiin siirtymistä suunnittelevien yritysten kanssa. Käytännössä tarvitaan mm. biomassan esikäsittelyn, hankintaketjun ja laadunhallinnan ratkaisuja arvoketjun alkupäähän.

Sivuvirtapohjaisen kemikaalituotannon kannattavuuden yksi tärkeä elementti on sivutuotteista saatava lisäarvo. Käytännössä sivuvirtapohjaisiin haastaviin raaka-aineisiin siirryttäessä täytyy myös tuotepalettia ja kokonaistehokkuutta kehittää, jotta tuotanto on kannattavaa. Sivutuotteena voidaan tuottaa mm. biopolttoaineita, ravinnetuotteita sekä biomateriaaleja. Myös tuotettujen kemikaalien, jotka ovat tyypillisesti kemian välituotteita, jatkojalostusketjujen kehittäminen ja optimointi on keskeistä. Tämä tarjoaa liiketoimintamahdollisuuksia loppukäyttöihin kytkettyneille niche-yrityksille.

## 2.5 Mineraalisivuvirtojen hyödyntäminen

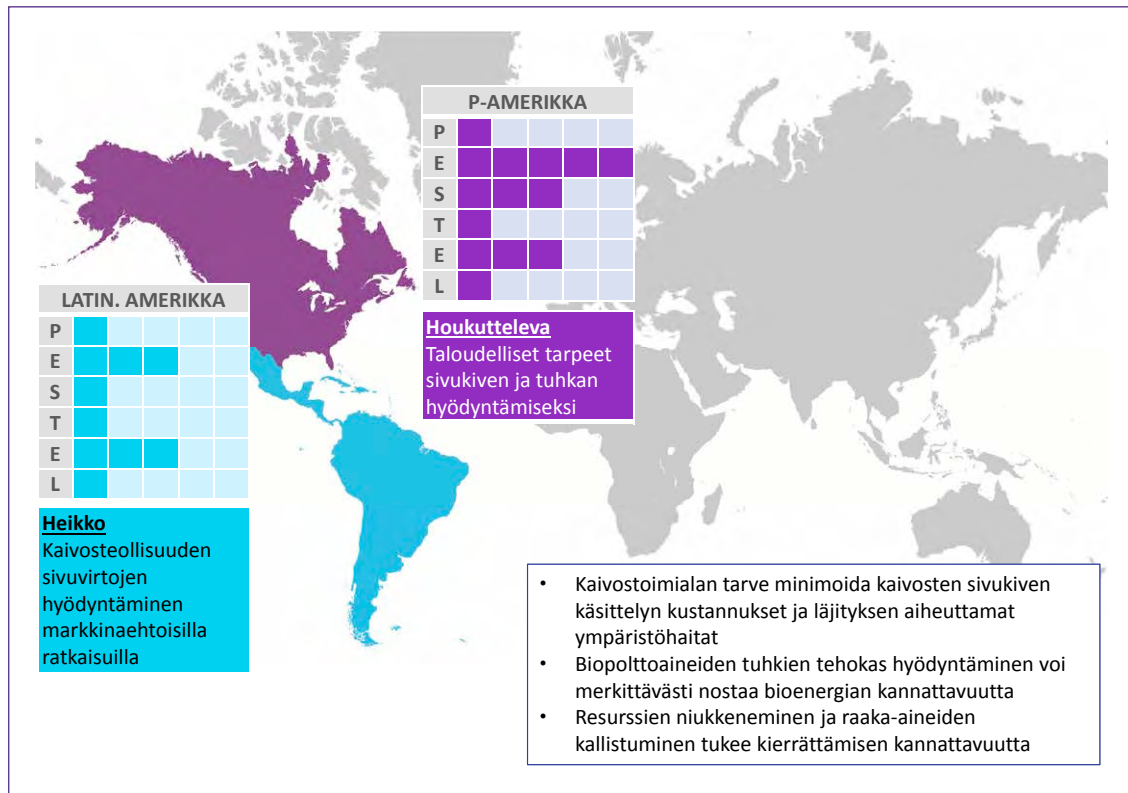
Niukkenevat luonnonvarat ja kasvava tarve mineraaleille luovat kasvavan tarpeen kaatopaikalle tai läjitykseen menevien maa-ainesten ja mineraalien hyödyntämiseen korvaamaan neitseellisiä raaka-aineita, ravinteita tai maa-ainesta logistisesti tehokkaalla tavalla.

Esimerkiksi kaivosteollisuuden sivukivien, paperiteollisuuden pigmenttien sekä energiantuotannon tuhkien hyötykäyttö minimoiden kuljetukset ja varastointitarve ovat konkreettisia mineraalisivuvirtojen hyödyntämisen osa-alueita. Haasteena mineraalisivuvirtojen hyötykäytölle on usein arvokkaiden aineiden matalat pitoisuudet ja/ tai tarve haitta-aineiden eliminoinnille. Nämä luovat tarpeen prosessoinnille, jonka kustannuksia lopputuotteiden myynnistä saatavilla tuloilla tai neitseellisten raaka-aineiden käytön vähentymisestä aiheutuvilla kustannussäästöillä voi olla haastavaa kattaa. Teknologinen kehitys luo kuitenkin jatkuvasti uusia mahdollisuuksia, ja jätelainsäädännön kiristyminen sekä jätteenkäsittelyn hintojen nousu tekevät sivuvirtojen prosessoinnista entistä houkuttelevampaa.



**Kuva 12.** Tarkastellun näkökulman (mineraalisivuvirtojen hyödyntäminen) suhteutuminen megatrendeihin ja muihin valittuihin näkökulmiin. Vaaleansiniset näkökulmat ovat läheisesti liittyviä, harmaisiin näkökulmiin liittymäpinnat ovat vähäisemmät.

## Markkina-ajurit valituilla kohdemarkkinoilla



**Kuva 13.** Mineraalisivuvirtojen hyödyntämisen PESTEL-analyysin mukaiset markkina-ajurit ja yhteenveto markkinan houkuttelevuudesta valituilla kohdemarkkinoilla Latinalaisessa Amerikassa ja Pohjois-Amerikassa.

Kohdemarkkinoiksi on valittu Pohjois-Amerikka ja Latinalainen Amerikka. Mineraalisivuvirtojen hyödyntämisen osalta molempia markkinoita ajavat kaivostoimialan tarpeet minimoida kaivosten sivukiven käsittelyn kustannukset ja sivukiven läjityksen aiheuttamat ympäristöhaitat. Kustannusajuri on vahvemman ympäristösääntelyn Pohjois-Amerikassa merkittävämpi kuin Latinalaisessa Amerikassa. Myös yhteiskunnalliset paineet kaivosten haittojen ehkäisyyn ovat kasvamassa. Kun mineraaliluonnonvarojen tarve kasvaa ja uudet esiintymät muuttuvat yhä haastavammiksi hyödyntää, nousevat sivukivet aiempaa kiinnostavammaksi raaka-aineiden lähteiksi.

Teollisuusmineraalien osalta tuotteiden loppukäyttäjillä on intressi hyödyntää tehokkaasti arvokas raaka-aine. Esimerkiksi painopaperien tuotannossa pigmentit voidaan kierrättää lietteistä uusiotäyteaineeksi, jolloin säästetään raaka-ainehankinnassa ja parannetaan lietteiden jatkohyötykäytön mahdollisuuksia esimerkiksi biokaasun tuotannossa.

Energiantuotannon osalta biomassapohjaisten kiinteiden polttoaineiden käyttö on vaikeuttanut tuhkien hyödyntämistä perinteisillä keinoilla, koska biomassapohjainen tuhka on kemiallisesti aktiivisempaa kuin kivihiilituhka. Tuhkien tehokas hyödyntäminen on myös bioenergian osalta ennen kaikkea taloudellinen kysymys, jonka ratkaiseminen voi merkittävästi nostaa bioenergian kannattavuutta.

### Liiketoimintalogiikka

Mineraalisivuvirtojen hyödyntämisen symbioosit syntyvät ankkuriyityksen ympärille, joka voi olla esimerkiksi kaivos, malmin rikastamo tai suuri voimalaitos. Symbioosit ovat resurssivetoisia: ankkuriyitykselle syntyy suuri määrä tuotannon mineraalisivuvirtoja, jotka täytyy käsitellä tehokkaasti.

Lisäarvo symbioosista syntyy kahta kautta. Ensiksi mineraalijätteiden hyödyntäminen vähentää ankkuriyityksen jätteen käsittelyn kustannuksia. Toinen arvonluoja on mineraalijätteiden hyödyntäminen ja jalostaminen korkeampi arvoiseksi tuotteiksi. Käytännössä hyödyntäminen voidaan jakaa kahteen kategoriaan:

1. mineraalisivuvirtojen sisältämien arvokkaiden aineiden talteenotto
2. mineraalisivuvirtojen käyttäminen materiaalina (esim. rakennusmateriaalina, betonin sidosaineena tai maanrakennusaineena).

Ensimmäisen kategorian osalta liiketoimintalogiikka on varsin suoraviivainen. Symbioosin synty riippuu siitä, onko arvokkaita aineksia mineraalisivuvirrassa riittävästi, jotta niiden erottelu on taloudellisesti kannattavaa. Jälkimmäisessä hyödyntämiskategoriassa sen sijaan sivuvirran kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet voivat rajata hyödyntämismahdollisuuksia. Esimerkiksi maanrakennuskäytössä sivukiven kannattava käyttö rajoittuu usein alle 100 km säteelle syntypaikasta<sup>19</sup>.

## 2.6 Levätuotannolla biopolttoaineita ja kemikaaleja

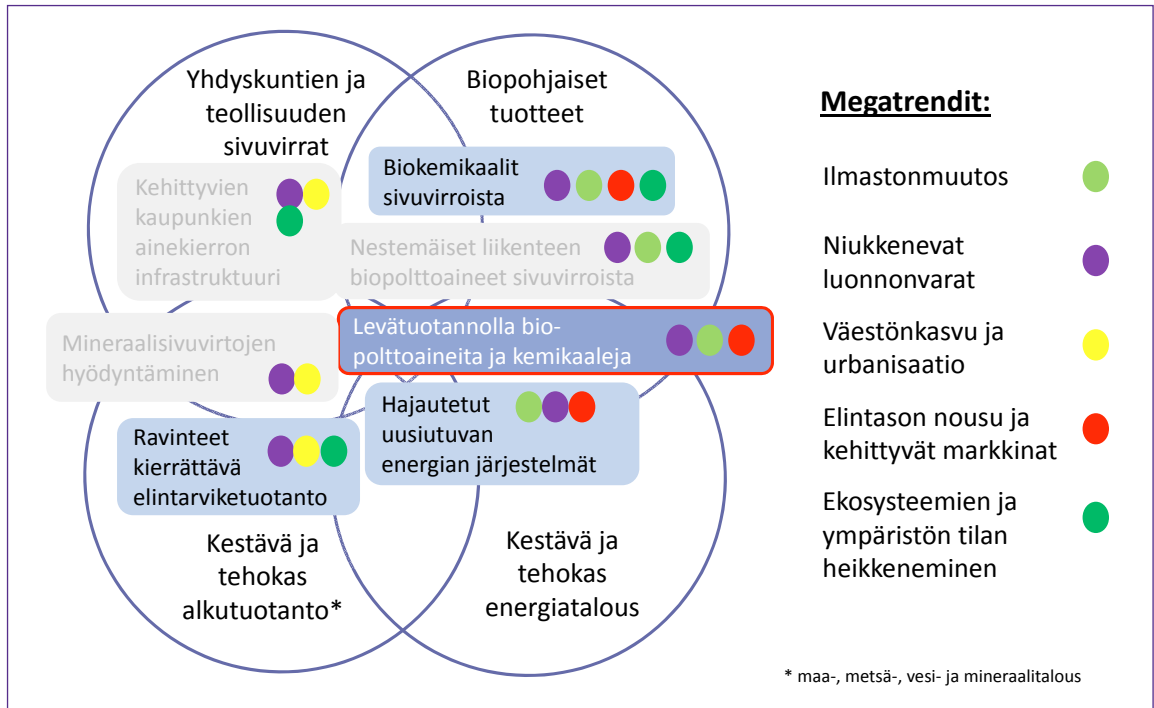
Biopolttoaineiden tuotannon raaka-aineena ovat tällä hetkellä pääosin biomassajakeet, jotka tulevat osittain ruokaketjusta, kilpailevat viljelypinta-alasta sekä aiheuttavat muutoksia maankäytössä. Vaihtoehtoisten biomassajakeiden kartoittaminen ja käyttöönotto on sekä taloudellisesta että kestäväyysnäkökulmasta katsottuna kiinnostavaa.

Levä on mahdollinen vaihtoehtoinen biomassalähde, jonka tuotannon vaikutukset ravinnontuotantoon ja maankäyttöön ovat perinteisiä biomassalähteitä pienemmät. Levätuotannon konseptien etuna on myös levän soveltuvuus monenlaisten lopputuotteiden raaka-aineeksi.

Levää käytetään jo kaupallisesti kemian tuotteiden lähtöaineena, ja leväpohjaisten liikenteen biopolttoaineiden jakelukokeilu on käynnissä Yhdysvalloissa. Leväpohjaisen tuotannon kokonaiskannattavuuden odotetaan myös kohoavan, kun levästä kyetään tehokkaasti jalostamaan useita lopputuotteita.

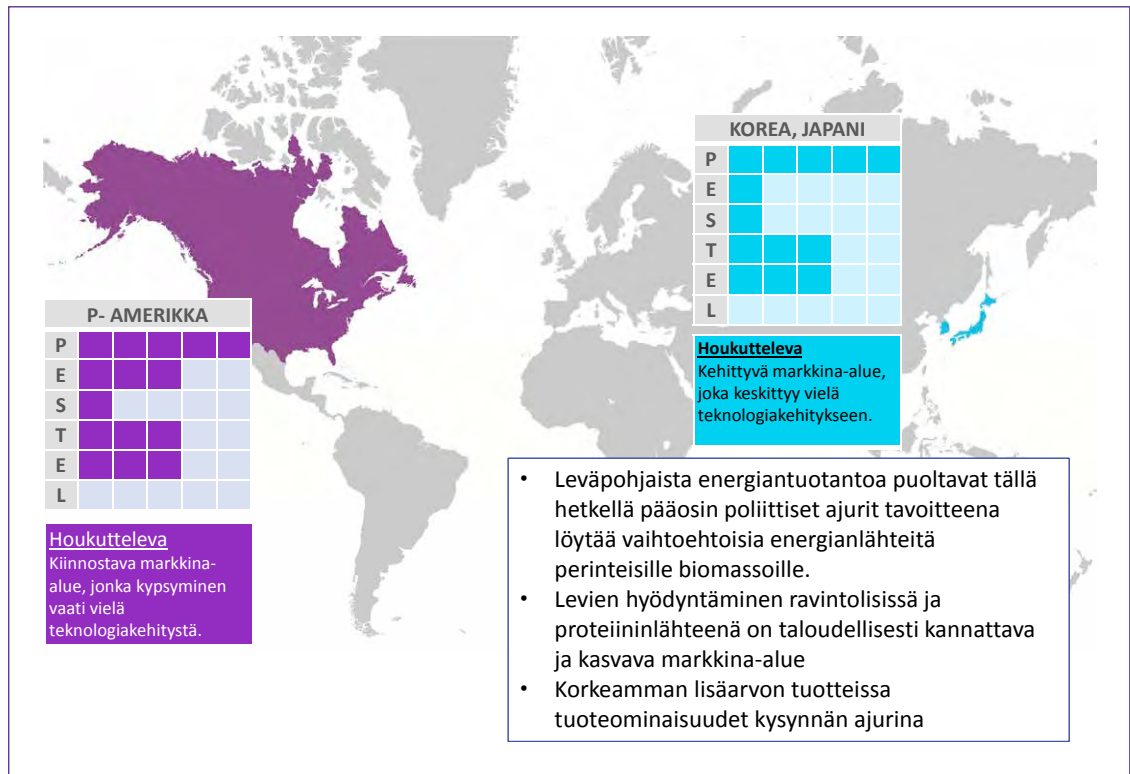
<sup>19</sup> Gaian analyysi.





**Kuva 14.** Tarkastellun näkökulman (levätuotannolla biopolttoaineita ja kemikaaleja) suhteutuminen megatrendeihin ja muihin valittuihin näkökulmiin. Vaaleansiniset näkökulmat ovat läheisesti liittyviä, harmaita näkökulmiin liittymäpinnat ovat vähäisemmät.

## Markkina-ajurit valituilla kohdemarkkinoilla



**Kuva 15.** Levätuotannolla biopolttoaineita ja kemikaaleja -näkökulman PESTEL-analyysin mukaiset markkina-ajurit ja yhteenveto markkinan houkuttelevuudesta valituilla kohdemarkkinoilla Pohjois-Amerikassa sekä Koreassa ja Japanissa.

Valitut kohdemarkkina-alueet ovat Pohjois-Amerikka, Korea ja Japani. Levätuotantoa biopolttoaineisiin puoltavat näillä markkinoilla tällä hetkellä pääosin poliittiset ajurit. Poliittisten linjausten tavoitteena on löytää vaihtoehtoisia paikallisia energianlähteitä perinteisille biomassoille. Tutkimus- ja kehitystyötä rahoitetaan useilla eri kohdemarkkinoilla, mutta toistaiseksi levätuotannon konseptit eivät ole vielä kaupallistuneet energiantuotannossa. Tähän syynä ovat toistaiseksi korkeat t&k-toiminnan ja tuotannon kustannukset. Ravintolisinä ja korkeamman lisäarvon tuotteina esimerkiksi kosmetiikassa levät ovat jo kaupallisessa tuotannossa. Näissä käytöissä pääajurina ovat tuoteominaisuudet: levän sisältämät aktiiviset toiminnalliset ainesosat. Levää käytetään myös ravinnoksi proteiininlähteenä. Levän osalta ruokaketjun kanssa ei nähdä vastaavaa kilpailuasetelmaa ja kestävyyshaastetta kuin muilla biomassoilla, sillä levää voidaan kasvattaa muualla kuin nykyisillä pelloilla, joista on globaalisti kasvava tarve.

Yhdysvallat ja Uusi-Seelanti ovat levätutkimuksen edelläkävijöitä. Yhdysvalloissa muun muassa Department of Energy rahoittaa rahoittaa levätutkimusta, jolla tutkitaan mahdollisuuksia korvata Yhdysvaltojen perinteisiä biopolttoaineiden raaka-aineita, kuten maissia, sillä ruokaketjuun liittyvien raaka-aineiden hinnat ovat nousussa<sup>20</sup>. Levien genetiikkaa ja fysiologiaa tutkitaan muun muassa San Diegon yliopiston leväbioteknologian keskuksessa (SD-CAB). Japanissa hallitus on asettanut uusiutuvan energian tuotannon edistämisen tärkeään rooliin Fukushima tapahtumien jälkeen, ja siellä leväkonsepteihin liittyy bioenergian tuotannon lisäksi myös tutkimus levän mahdollisuuksista myrkyllisten aineiden ja radioaktiivisuuden poistajana (toxic remediation)<sup>21</sup>. Japanissa hallitus tukee vahvasti innovatiivisten teknologioiden kehittämistä biopolttoaineiden valmistukseen, ja Japanissa biopolttoaineet nähdään myös maaseudun ja maataloustuotantoon painottuneiden alueiden uusina liiketoimintamahdollisuuksina<sup>22</sup>. Myös Koreassa levän mahdollisuuksia biodieselin ja bioetanolin tuotannossa tutkitaan.

## Liiketoimintalogiikka

Levätuotantoon liittyvillä konsepteilla voidaan tuottaa biodieseliä ja bioetanolia sekä korkeamman jalostusarvon tuotteita, kuten ravintolisiä, lääketieteellisten tuotteita ja biokemikaaleja. Levälaitos tuottaa usein samanaikaisesti montaa eri lopputuotetta, esimerkiksi energiatuotteita ja korkeamman jalostusarvon tuotteita. Pelkkä polttoainetuotanto, ilman kalliimpia tuotteita, ei ole kannattavaa vielä lähitulevaisuudessa. Korkeamman jalostusarvon tuotteiden jatkojalostus voi myös tapahtua yhteistyössä kemian teollisuuden yritysten kanssa.

Levätuotanto tarvitsee raaka-ainekseen hiilidioksidia ja ravinteita, joten se soveltuu hyvin liitettäväksi symbioottisesti sellaisiin teollisuudenaloihin, joista syntyy kyseisiä sivuvirtoja, esimerkiksi ravinnepitoisia jätevesiä ja hiilidioksidipäästöjä. Ravinnepitoisten jätevesien saatavuus on hyvä lähtökohta levien viljelylle, sillä levätuotanto vaatii myös runsaasti vettä. Lisäksi levätuotanto tarvitsee yhteyttämiseen valoa. Valontarpeen vuoksi suurin tuotantopotentiaali liittyy alueille, joissa valoa on luonnollisesti runsaasti saatavilla.

Leväntuotannon vaatimat fotobioreaktorit ovat kaupallistumassa olevaa teknologiaa, ja tarve teknologisille ratkaisuille ja konsepteille on suuri.

<sup>20</sup> Whitlock, R. (2012), US Department of Energy funds microalgae biomass research, Renewable Energy Magazine, uutinen, 6.12.2012, luettavissa: <http://www.renewableenergymagazine.com/article/us-department-of-energy-funds-microalgae-biomass-20121206>, viitattu 20.3.2012.

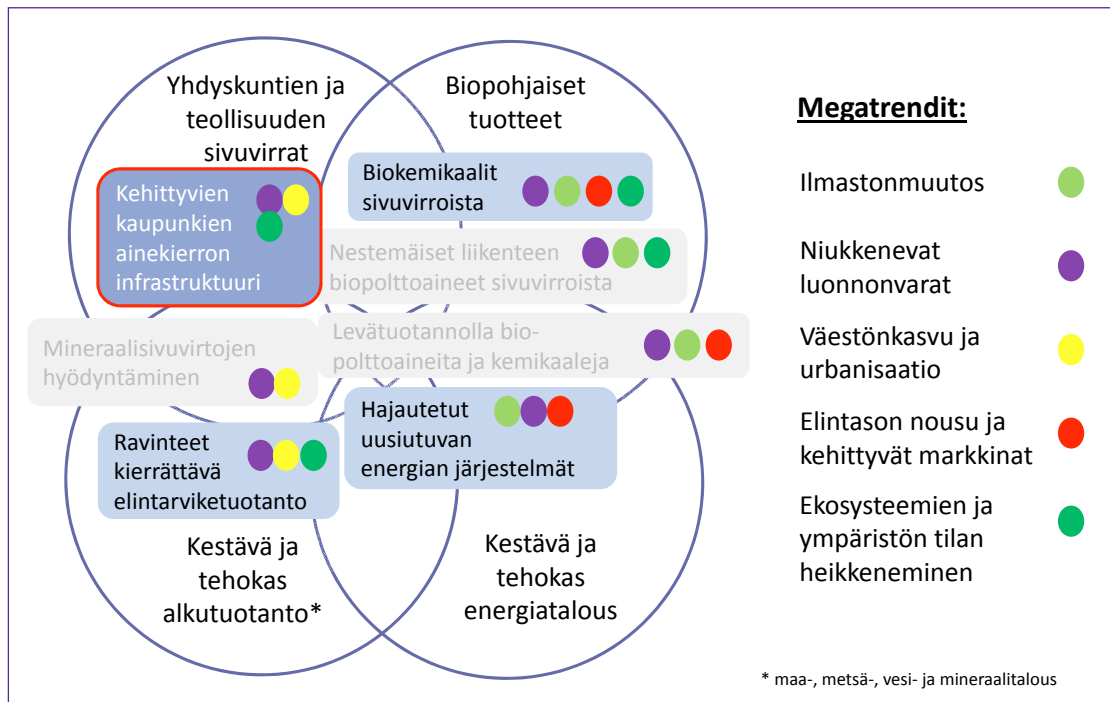
<sup>21</sup> RenewableEnergyFocus, Japanese Research Institute Receives Funding For Algae Harvesting Biofuel Project, uutinen, luettavissa: <http://www.renewableenergyfocus.com/view/27990/japanese-research-institute-receives-funding-for-algae-harvesting-biofuel-project/>, viitattu 20.3.2013.

<sup>22</sup> APEC Biofuels, Japan Biofuel Activities, luettavissa: [http://www.biofuels.apec.org/me\\_japan.html](http://www.biofuels.apec.org/me_japan.html), viitattu 20.3.2013.

## 2.7 Kehittyvien kaupunkien ainekierron infrastruktuuri

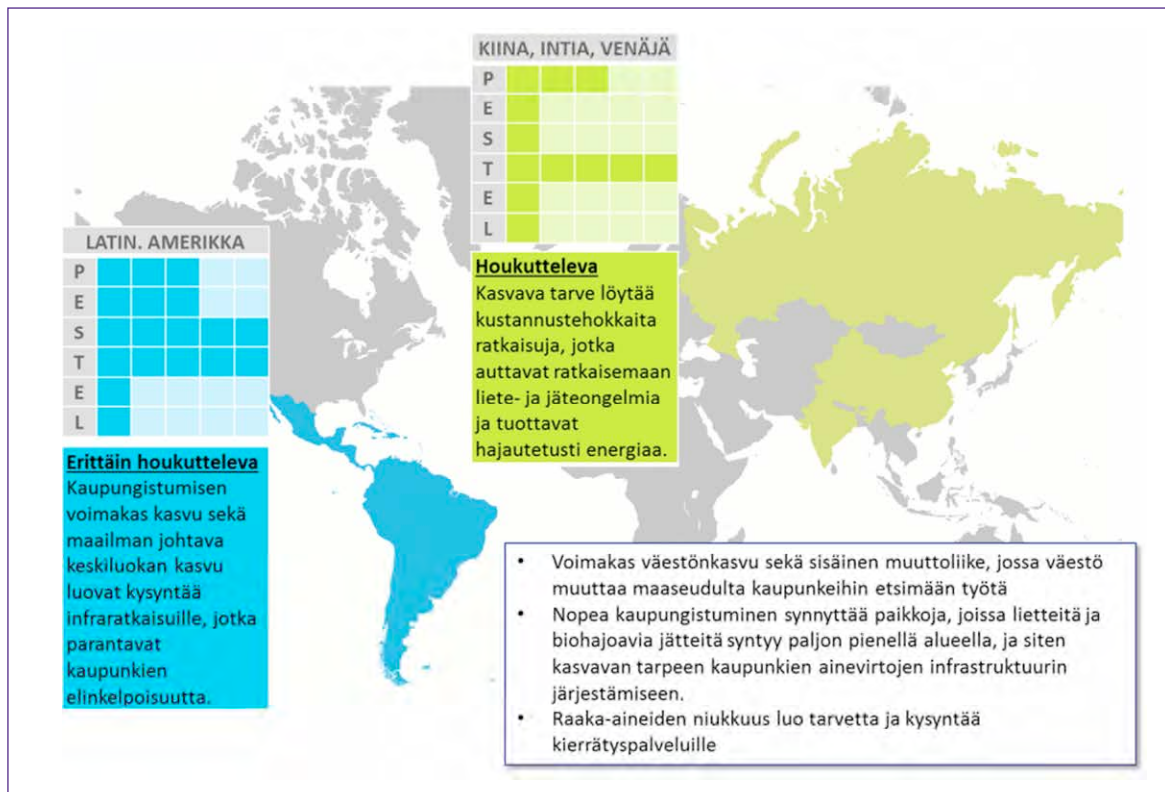
Kehittyvillä markkinoilla väestönkasvu, elintason nousu ja urbanisoituminen on voimakasta. Suuria kaupunkialueita rakennetaan alusta alkaen ja nopeasti. Infrastruktuuri toteutetaan kasvun myötä, eikä suuriin keskitettyihin järjestelmiin ole välttämättä investointimahdollisuuksia tai hallinnollisia puitteita. Nopean kaupungistumisen ongelmat näkyvät esimerkiksi energia-, vesi-, jäte- ja jätevesihuollon puutteina, jotka aiheuttavat haittaa sekä ihmisille että ympäristölle.

Tilanne muodostaa kysynnän ratkaisuille, jotka ovat nopeasti rakennettavia, joustavia ja ympäristöönsä mukautuvia. Modulaarisuus on tähän hyvä ratkaisu. Järjestelmät hyödyntävät paikallisia ihmisten ja teollisuuden tuottamia jätteitä ja sivuvirtoja tuottaen esimerkiksi kierrätysmateriaaleja, ravintoa ja energiaa. Kehittyvässä kaupungissa tämä näkyy kasvavan keskiluokan arvostamina tekijöinä, kuten siistiyden, ilmanlaadun ja terveellisyyslisäntymisenä.



**Kuva 16.** Tarkastellun näkökulman (kehittyvien kaupunkien ainekierron infrastruktuuri) suhteutuminen megatrendeihin ja muihin valittuihin näkökulmiin. Vaaleansiniset näkökulmat ovat läheisesti liittyviä, harmaitiin näkökulmiin liittymäpinnat ovat vähäisemmät.

## Markkina-ajurit valituilla kohdemarkkinoilla



**Kuva 17.** Kehittyvien kaupunkien ravinnekierron infrastruktuurin PESTEL-analyysin mukaiset markkina-ajurit ja yhteenveto markkinan houkuttelevuudesta valituilla kohdemarkkinoilla Latinalaisessa Amerikassa sekä Kiinassa, Intiassa ja Venäjällä.

Kohdemarkkina-alueiksi on valittu Latinalainen Amerika, sekä Kiina, Intia ja Venäjä. Venäjä pois lukien näitä alueita yhdistävät voimakas väestönkasvu sekä sisäinen muuttoliike, jossa väestö muuttaa maaseudulta kaupunkiin etsimään työtä. Uusille asukkaalle on tarpeen saada nopeasti asuntoja. Nopea kaupungistuminen synnyttää paikkoja, joissa lietteitä ja biohajoavia jätteitä syntyy paljon pienellä alueella.

Vaikka kaupungeissa olisikin tiloja kotitarveviljelyyn, pääosa ruoasta hankitaan kaupoista ja ravintoloista, joista syntyy runsaasti biojätettä. Mikäli esimerkiksi elintarvikkeiden logistiikka, pakkaaminen ja säilytysketjut eivät ole kehittyneet, ruokaa menee runsaasti hukkaan. Erityisesti lämpimillä alueilla jätteiden joukossa olevat ruokamassat aiheuttavat haittaeläinten ja tuhohyönteisten lisääntymistä. Myös jätehuoltoinfrastruktuuri on usein alikehittynyt, yhdyskuntajätettä kertyy esimerkiksi Venäjällä 35–40 miljoonaa tonnia vuodessa, mutta tilastojen mukaan vain noin 15 % yhdyskuntajätteestä menee uusioraaka-aineeksi.

Latinalainen Amerikka on alue, jossa keskiluokka kasvaa voimakkaasti. Tällöin asuinalueilta aletaan vaatia myös laatua ja terveellisyttä, esimerkiksi toimivaa sanitointia ja jätehuoltoa. Toisaalta elintason noustessa myös lihan ja eläinperäisten tuotteiden kulutus lisääntyy ja elintarvikkeiden laatuun aletaan kiinnittää huomiota.

Kaupungeissa ihmiset ovat ulkoa tuodun ruoan varassa, ruokaketjun toimintaan kohdistuu useita uhkia ja esimerkiksi Peru, Venezuela ja Kolumbia ovat viljelyolosuhteiden osalta keskisuuren riskin alueita<sup>23</sup>. Poliittisesti paikallisiin raaka-aineisiin ja energialähteisiin perustuvaa tuotantoa voidaan tukea osana yhteiskunnan huoltovarmuutta ja erityisesti Kiina on lanseerannut energiaturvallisuuden käsitteen.

Kehittyvillä markkinoilla kaupunkeja tuotetaan nopeasti, rakentaen tyhjästä ja edullisesti. Infrastruktuurittomia slummeja puretaan ja niiden asukkaat asutetaan suuriin asuinalueisiin, jotta olemassa olevat kaupungit voivat kasvaa edelleen entisille slummialueille. Koska maankäyttöä ei suunnitella pitkällä tähtäimellä, myös teollisuuslaitokset voivat olla keskellä kasvavaa kaupunkia. Näin syntyy hyvin kirjavia alueita, joilla elintasokuilut voivat olla moninkertaisia kaupunginosarajojen eri puolilla. Keskitetyn, suuriin laitoksiin perustuvan infrastruktuurin toteuttaminen on kallista ja hankalaa. Sen sijaan erilaiset modulaariset järjestelmät voivat olla esimerkiksi kaupunginosakohtaisia.

## Liiketoimintalogiikka

Kehittyvissä maissa nopeasti kasvava kaupunki ei välttämättä pysty toteuttamaan kattavia, kiinteitä ja keskittyneitä jäte-, vesi ja ja energiainfrastruktuureja. Ehkä vain muutamassa kaupunginosassa asuu riittävän varakkaita ihmisiä, jotka voivat maksaa jäte- ja jätevesihuollosta. Toisaalta yksi yritys tai suuri kauppakeskus voivat tuottaa jo yksinään riittävästi biohajoavaa materiaalia jalostamon raaka-aineeksi. Paikan päällä tuot etulle energialle, ravinteille tai elintarvikkeille ovat olemassa valmiit paikalliset markkinat.

Koska valmista vanhaa rakennetta ei ole, se ei myöskään sido erilaisten järjestelmien rakentamista. Ne voidaan sovittaa kulloinkin olemassa oleviin resursseihin ja optimoida paikallisten olojen ja ratkaisutarpeiden mukaan. Modulaariset järjestelmät keskustelevat keskenään ja kapasiteettia voidaan kasvattaa tarpeen mukaan. Mikäli keskitetty infrastruktuuri rakennetaan myöhemmin, voidaan modulaarisesta rakenteesta siirtää prosessi seuraavaan kohteeseen.

Liiketoiminnan kannalta kiinnostavia ovat sekä jalostamisprosessit että niiden soveltaminen urbaaniin ympäristöön, modulosointi, sivuvirtojen karakterisointiin, laadunhallintaan ja logistiikkaan liittyvät ratkaisut sekä helppous rakentamisessa ja asentamisessa. Urbaani voittajasovellus on siirrettävä käyttövalmis plug-and-play -biojalostamo.

Urbaani teollinen symbioosi syntyy tilanteessa, jossa:

- teollisen toimijan sivuvirtoja hyödynnetään yhdyskunnan jäte-, energia- ja vesihuollossa tai päinvastoin (resurssivetoisuus)
- kaupungin jättemassoista syntyy paikan päällä myytäviä ravinnetuotteita, elintarvikkeita tai energiaa (resurssivetoisuus).

<sup>23</sup> World Food Programme, WFP Hunger map, 2011

## 3 Esimerkkejä teollisista symbiooseista ja liiketoimintaekosysteemeistä

Seuraavissa luvuissa on esitelty lyhyesti edellä kuvattuihin teollisten symbioosien näkökulmiin liittyviä konkreettisia esimerkkejä teollisista symbiooseista ja niiden ympärille rakentuvista laajemmista liiketoimintaekosysteemeistä. Lisäksi on kuvattu tarpeita liikeotikmintaekosysteemiä täydentäville yrityksille ja ratkaisuille. Eriteltyt symbioosit ja liiketoimintaekosysteemit liittyvät usein useaan näkökulmaan, ja sen vuoksi niitä ei ole jaoteltu minkään tietyn näkökulman alle. Symbiooseja ja liiketoimintaekosysteemejä on kuvattu niin valituilta kohdemarkkinoilta kuin Suomestakin.

### 3.1 Teollisia symbiooseja ja liiketoimintaekosysteemejä kohdemarkkinoilta

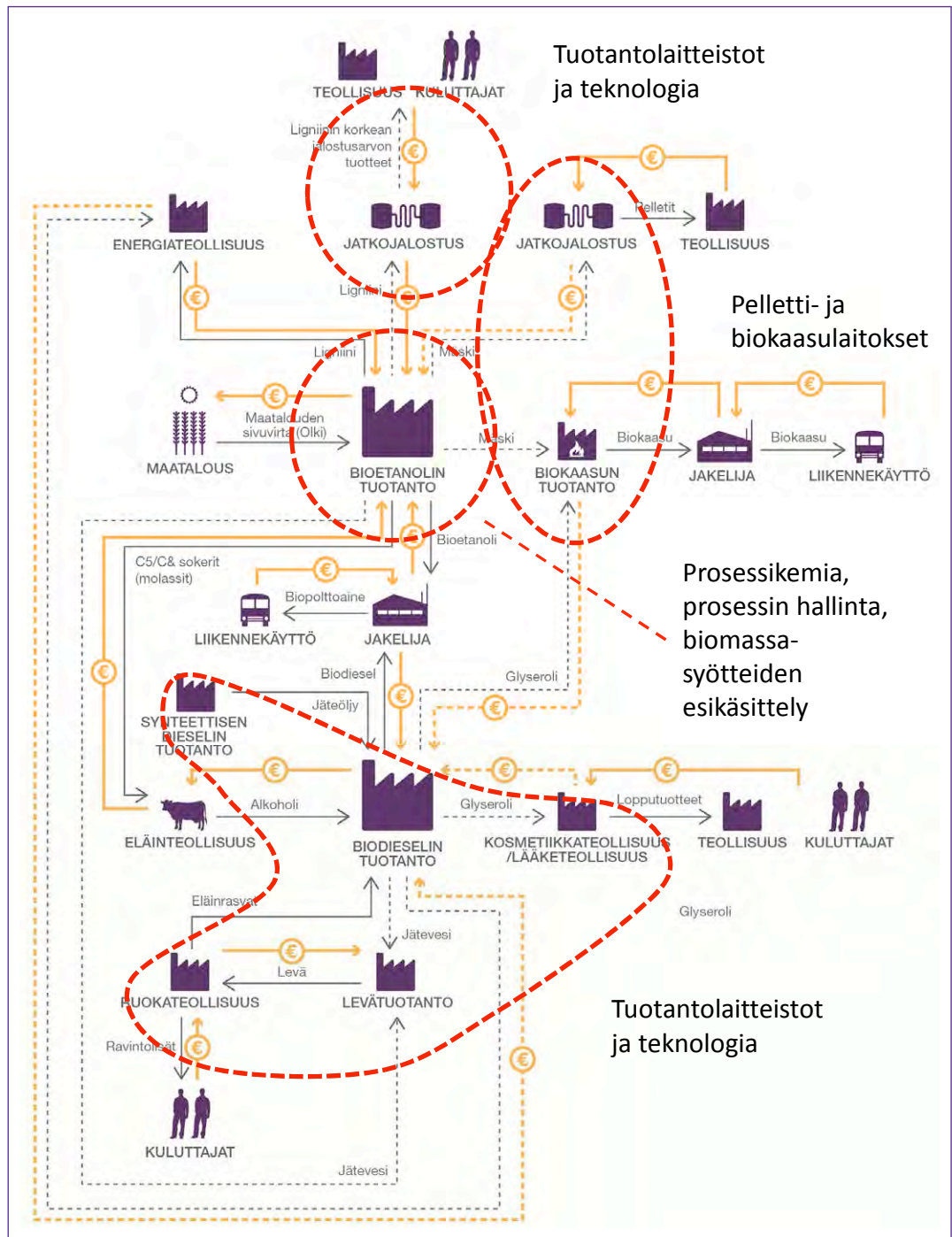
#### Kalundborg – case Inbicon

Inbiconin biojalostamo tuottaa maatalouden sivuvirrasta, oljesta bioetanolia. Prosessienergia tulee läheiseltä voimalaitokselta. Etanolin lisäksi laitos tuottaa melassia, joita hyödynnetään eläinten rehuna ja ligniinipellettejä, joilla voidaan korvata fossiilisia polttoaineita energiantuotannossa. Jatkokehityksellä ligniiniä voitaisiin hyödyntää myös korkeamman jalostusarvon tuotteeksi<sup>24</sup>.

---

<sup>24</sup> Chemicals-technology.com, Kalundborg Bioethanol Demonstration Plant, Denmark, uutinen, luettavissa: [http://www.chemicals-technology.com/projects/kalundborg\\_bioethano/](http://www.chemicals-technology.com/projects/kalundborg_bioethano/), viitattu 20.3.2013.



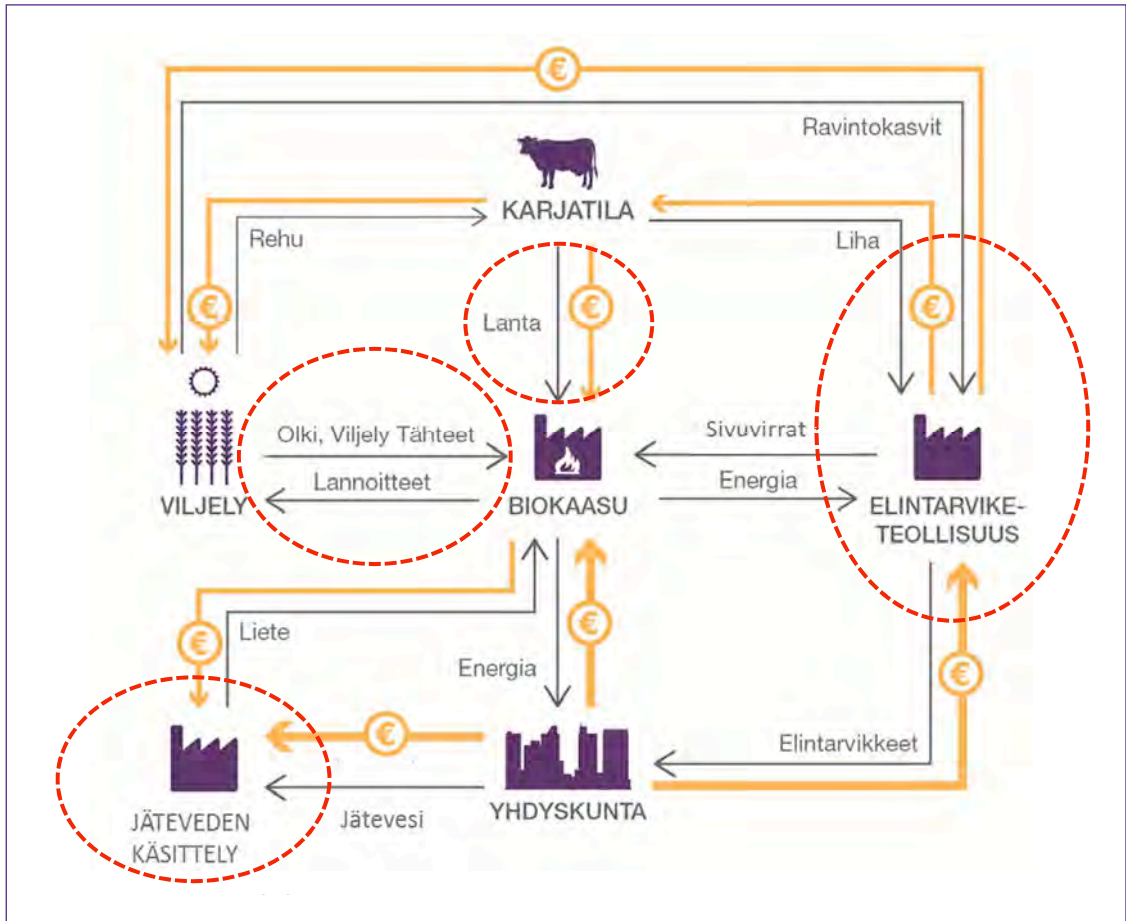


**Kuva 18.** Biopolttoaineiden tuotannon ympärille muodostunut symbioosi ja liiketoimintakosmos Kalundborgissa, Tanskassa ja tarpeita täydentäville yrityksille ja ratkaisuille (punainen katkoviiva).



## Biomaxtech – Case Rapid Thermophilic Digestion Technology (RTDT)

Singaporeen sijoittuvan Biomaxtechin RTD-teknologia perustuu lämpöä suosivaan termofiliseen mikrobikantaan ja nopean massankäsittelyn mahdollistavaan laitteistoon. Korkeassa lämpötilassa biologinen prosessi tehostuu ja hajottaa erilaisia yhdisteitä tehokkaammin, näin kasvavat sekä kaasun tuotto että käsittelykapasiteetti. Tuotteena on energian lisäksi tasalaatuista ravinteikasta massaa, joka on käytettävissä maanparanteena. Raaka-aineiksi sopivat esimerkiksi lanta ja biohajoavat jätteet. Biomaxtechin liiketoiminta perustuu mikrobikannan sekä teknologialisenssin myymiseen asiakkaan biolaitoksiin.



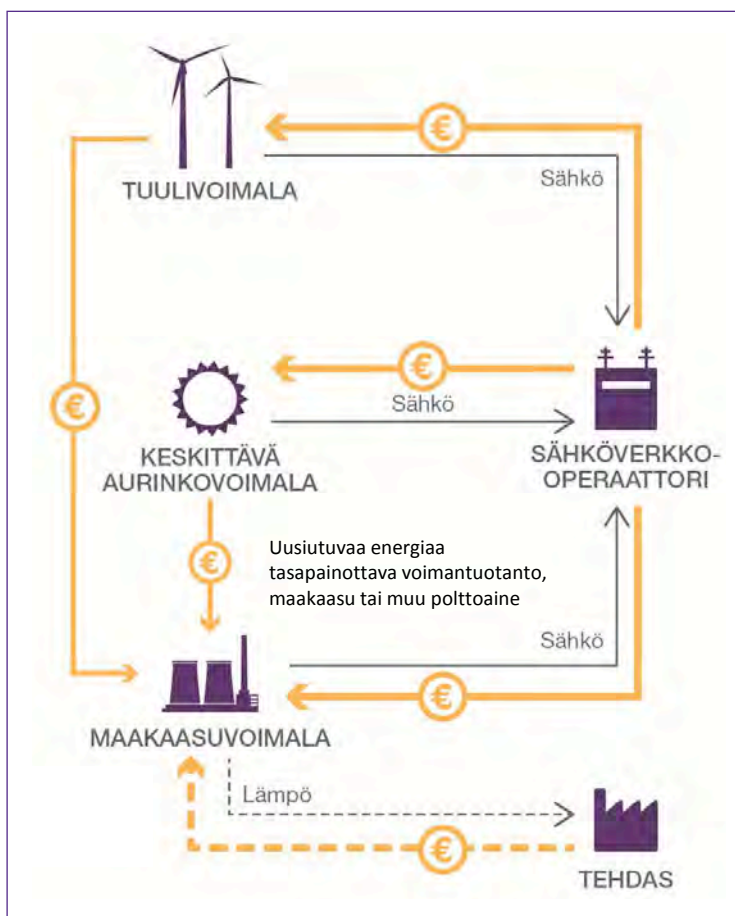
**Kuva 19.** Biomaxtechin biokaasulaitoksen ympärille muodostuva teollinen symbioosi Singaporessa ja tarpeita täydentäville yrityksille ja ratkaisuille (punainen katkoviiva).

## Karaman hybridivoimalaitos, Turkki, tuuli- ja aurinkoenergiavoimalaitosten kytkeminen maakaasuvoimalaitokseen

Turkkilainen MetCap Energy rakentaa Karamaniin Etelä-Turkkiin hybridivoimalaitoksen, jossa tuuli- ja aurinkoenergiavoimalaitosten sähköntuotanto on kytketty yhteen maakaasuvoimalan kanssa. General Electricin toimittama voimalaitos pystyy nopeasti säätämään kaasulla tuotettavan energian määrää sen mukaan, miten tuuli- ja aurinkovoimalat tuottavat.<sup>25</sup> Hybridivoimalaitoksen tasainen ja ennustettava tuotanto helpottaa sähköverkon hallintaa sekä vähentää uusiutuvan energian voimalaitosten tasehallintaan liittyviä riskejä<sup>26</sup>.

<sup>25</sup> Wald, Mathew (2011), A Hybrid Power Plant Takes Shape in Turkey, The New York Times, 7.7.2011. Saatavilla: <http://green.blogs.nytimes.com/2011/06/07/a-hybrid-power-plant-takes-shape-in-turkey/>, viitattu 28.1.2013.

<sup>26</sup> Tasehallinnalla tarkoitetaan sitä, että voimalaitosten täytyy etukäteen ilmoittaa tuotantoennusteensa (tuotantotase) ja jos todellinen tuotanto poikkeaa ilmoitetusta, niin voimalaitoksen täytyy ostaa joltain toiselta voimalaitokselta puuttuva tuotantoteho (tilanteessa, jossa todellinen tuotanto jää ennustettua pienemmäksi) tai myydä yli ennusteen tuotettu energia erikseen joko kuluttajille tai toisille tuottajille. Käytännöt vaihtelevat maittain. Esimerkiksi Saksassa uusiutuvalla energialla ei ole tasevastuuta. Tässä tutkimuksessa ei ole selvitetty esimerkiksi mainitun Turkin sähkömarkkinoiden toimintatapaa.



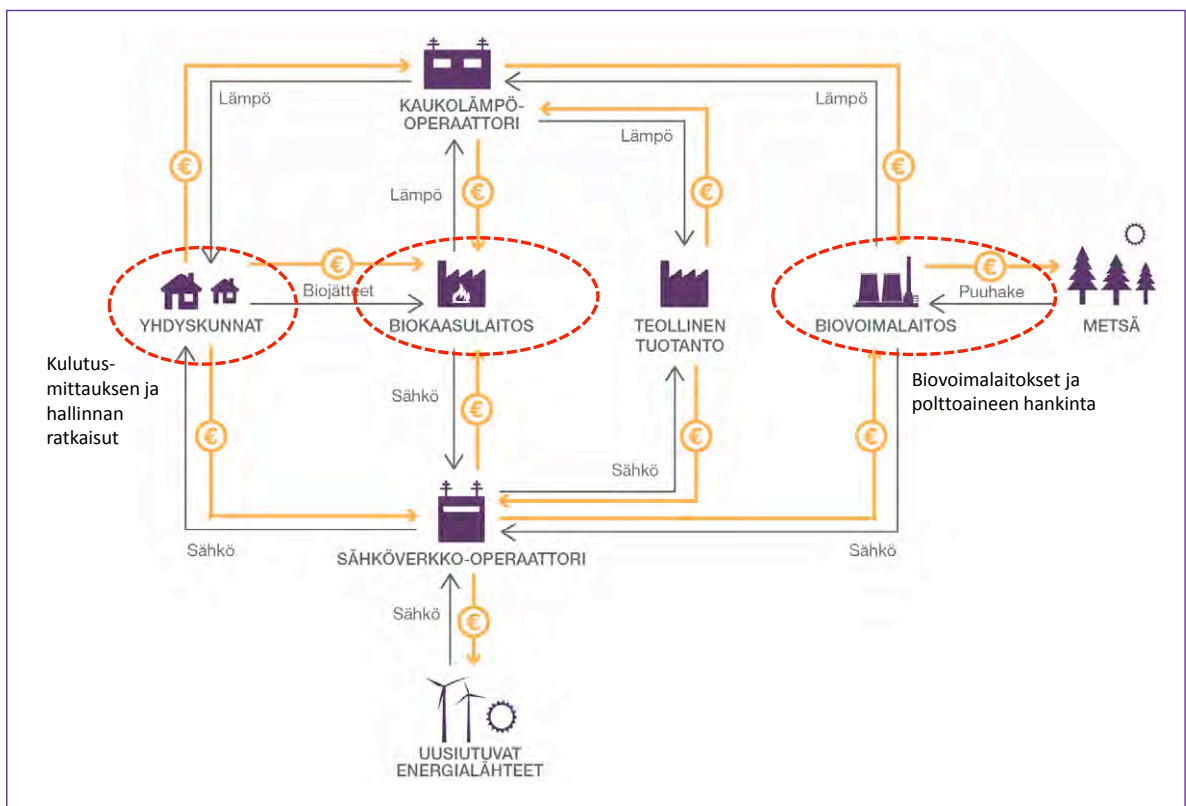
**Kuva 20.** MetCap Energy'n Karaman, Turkki, voimalaitoksen muodostama energiavirtoja hyödyntävä symbioosi.

### EcoGrid EU -hankkeen pilotti älykkästä sähköverkosta

EcoGrid EU -hankkeessa on luotu suuren mittakaavan pilotti älykkästä, pääosin uusiutuvaan energiaan perustuvasta sähköverkosta. Hankkeen tarkoituksena on demonstroida, kuinka sähköjakelusta yli puolet voidaan kattaa uusiutuvista raaka-aineista tuotetulla sähköllä hyödyntämällä "älykästä", reaaliaikaista kommunikaatio- ja myyntiteknologiaa. Järjestelmässä tietojärjestelmät ja uudet myyntijärjestelmät mahdollistavat yksittäisten kuluttajien määrittämisen ja pienten energiantuottajien tarjoaman, entistä tehokkaamman energianjakelujärjestelmän säätämisen.

Projekti kattaa tanskalaisen Bornholmin saaren, jossa 28 000 asukkaan kotitaloudet on kytketty sähköverkkoon älykkäiden sähkön syöttöä ja kulutusta hinnan ja saataavuuden perusteella säätelävien laitteiden avulla. Saarella kulutetusta energiasta yli puolet tuotetaan monipuolisista uusiutuvista energianlähteistä tuulivoiman, biomassaa hyödyntävien CHP-laitosten, biokaasun sekä aurinkopaneelien avulla.

Uusiutuvan energian suuri osuus on mahdollista nopeasti kysyntään reagoivan tuotannonohjauksen avulla. Lisäksi energiaa varastoidaan ilmalämpöpumppujen ja kaukolämpöjärjestelmien avulla. Älykäs sähköverkko tuo loppukäyttäjille taloudellisia etuja, koska sähkönkulutus voidaan optimoida mahdollisimman edullisiin aikoihin. Kuluttajien täytyy kuitenkin opetella järjestelmän peruseriaatteet saadakseen siitä suurimman hyödyn.



**Kuva 21.** Uusiutuvan ja perinteisen energiantuotannon optimointiin perustuva teollinen symbioosi Bornholmilla, Tanskassa ja tarpeita täydentäville yrityksille ja ratkaisuille (punainen katkoviiva).

## ZeaChem

ZeaChem valmistaa etanolia, polttoaineita sekä kemikaaleja selluloosapohjaisista biomassoista. Selluloosapohjaisten biomassojen käytön hyöty on se, että ne eivät kilpaile raaka-aineesta ruokaketjun kanssa, kuten esimerkiksi maissista valmistetut etanolit. ZeaChem käyttää valmistusprosessina biokemiallisen ja termokemiallisen prosessin yhdistelmää, jossa hyödynnetään molempien prosessien parasta tuottoa sekä tehokkuutta. Itse tuotanto on suunniteltu siten, että lopputuotteet voidaan valita markkinavetoisesti parhaan kysynnän mukaisiksi. Lopputuotteina on noin kahdeksan eri kemikaalia, joita voi suoraan tai jatkojalostamalla hyödyntää erittäin laajasti.<sup>27</sup>

<sup>27</sup> ZeaChem internetsivut, luettavissa <http://www.zeachem.com/>, viitattu 31.1.2013.

Yksi lopputuotteista on maailman käytetyin teollisuuskemikaali etyleeni, joka on sellaisenaan tärkeä kasvuhormoni maanviljelyssä ja jatkojalostettaessa sopii mm. muovin raaka-aineeksi ja pesuaineeksi. Heksanolia prosessoimalla valmistetaan puolestaan biohajoavia muoveja, ja butanoli on huomattavasti etanolia tehokkaampi biopolttoaine. Näiden lisäksi tässä biojalostamossa voidaan valmistaa maitohappoja lääketieteellisuuden ja elintarviketeollisuuden käyttöön, etikkahappoa useille eri teollisuusaloille, etyyliasetaattia, etyyliglykolia sekä etanolia.

ZeaChemin prosessin etanolisaanto on viisinkertainen verrattuna maissista saatavan etanolin valmistusprosessiin sekä kolminkertainen verrattuna muihin selluloosaa etanolin valmistuksessa hyödyntäviin prosesseihin. Korkea saantoprosentti pitää pääoma- ja käyttökustannukset matalina. Lisäksi raaka-aineen kaikkien osien monipuolinen hyödyntäminen vähentää hiilidioksidipäästöjä ja kasvattaa raaka-aineen tuotantoon käytettävän maan tuottavuusluvut liki viisinkertaiseksi esimerkiksi muihin etanolin tuotantoon verrattuna.

ZeaChemin symbioosin osapuolia ovat metsäteollisuuden sivuvirtojen tuottajat, maissinviljelijät ja maanviljelijät. Itse prosessi on suojattu patentein, mutta taustajatus on monistettavissa.

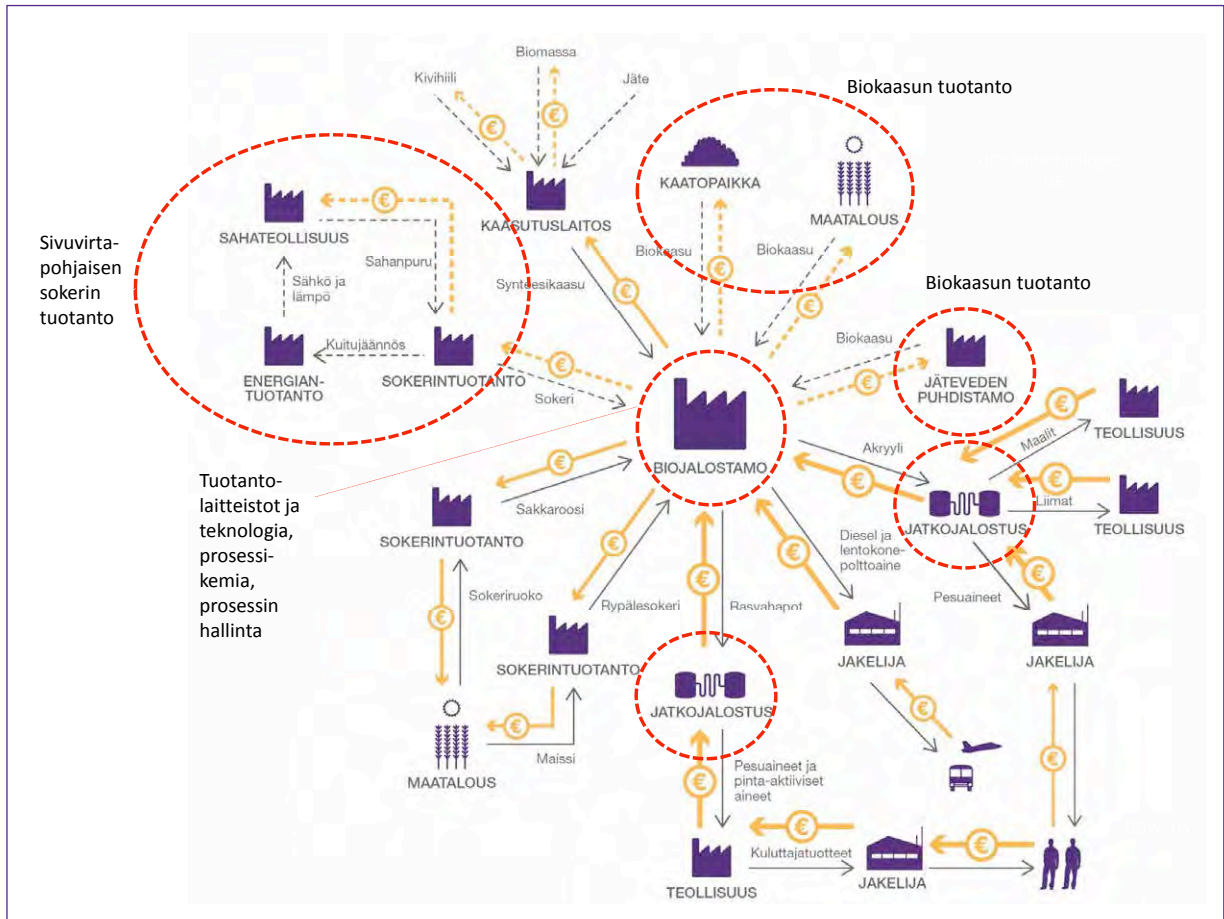
## OPX Biotechnologies

OPXBIO valmistaa kemikaaleja ja polttoaineita uusiutuvista raaka-aineista (sokeriruoko, maissitärkkelys sekä synteetikaasu) pilotti-mittakaavassa. OPXBIO on kehittänyt mikrobi- ja bioprosessin, joka tuottaa bioakryyliä 25 % edullisemmin ja 75 % pienemmillä hiilidioksidipäästöillä kuin perinteinen öljypohjaisen akryylin valmistusprosessi. Akryyllillä on 10 miljardin USD markkinapotentiaali ja sitä käytetään mm. maaleissa, liimoissa ja pesuaineissa. Lisäksi OPXBIO kehittää bioprosessiaan tuottamaan hiilidioksidista ja vedystä dieseliä ja lentokonepolttoainetta. OPXBIO:n suunnitelmissa on laajentaa toimintaa myös rasvahappojen valmistukseen. Rasvahappoja hyödynnetään mm. pinta-aktiivisina aineina ja pesuaineina.<sup>28</sup>

Yhdysvaltojen ARPA-E projekti tukee OPXBIO:n kehitystyötä merkittävällä panoksella ja kaupallisen tuotannon odotetaan käynnistyvän 2014–2016. Vuonna 2011 OPXBIO aloitti yhteistyön Dow:n kanssa.<sup>29</sup>

<sup>28</sup> Lane J., OPX Biotechnologies: Biofuel Digest's 5-minute guide. Biofuels Digest artikkeli, luettavissa: <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2012/11/19/opx-biotechnologies-biofuels-digests-5-minute-guide/>, viitattu 1.2.2013.

<sup>29</sup> OPXBIO:n internetsivut, luettavissa: <http://www.opxbio.com/>, viitattu 1.2.2013.



**Kuva 22.** OPX Biotechnologiesin biojalostamon, Boulder, Colorado, Yhdysvallat, ympärille syntynyt teollinen symbioosi ja liiketoimintaekosysteemi ja tarpeita täydentäville yrityksille ja ratkaisuille (punainen katkoviiva).

### Biovoimalaitosten tuhkan hyödyntäminen betonteollisuudessa

Biopolttoaineiden tuhkassa on kalkkia (kalsiumoksidia, CaO). Tämä vaikeuttaa voimalaitosten tuhkan perinteistä hyötykäyttöä maanrakennuksen täyteaineena<sup>30</sup>, sillä kun kalkki kastuu tai siihen lisätään vettä, niin syntyy vahvasti emäksistä kalsiumhydroksidia. Jos biovoimalaitosten tuhka joudutaan käsittelemään vahvasti emäksisenä jätteenä, se aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia voimalaitoksille. Tuhkasta eroteltavaa kalkkia voidaan kuitenkin käyttää sementin ja laastin raaka-aineena sekä vaihtoehtoisesti maataloudessa peltojen kalkitsemiseen<sup>31</sup>.

<sup>30</sup> Kiviniemi, Olli et al. (2012), Tuhkarakentamisen käsikirja, energiantuotannon tuhkat väylä-, kenttä- ja maarakenteissa, Energiateollisuus ry, verkkojulkaisu saatavilla [http://energia.fi/sites/default/files/tuhkarakentamisen\\_kasikirja.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/tuhkarakentamisen_kasikirja.pdf), viitattu 2.1.2013.

<sup>31</sup> Kalkitseminen nostaa maaperän pH-arvoa ja parantaa ravinteiden saatavuutta ja siten pellon satotaso.

Betoniteollisuuden kannalta biomassatuhkien hyödyntämisellä on sekä taloudellisia että ympäristön kannalta myönteisiä vaikutuksia. Sementti on betonin kallein raaka-aineosa ja normaalisti sementissä tarvittavaa kalkkia valmistetaan kuumentamalla kalkkikiveä (kalsiumkarbonaattia), josta samalla vapautuu runsaasti hiilidioksidia. Tuhkaa hyödyntämällä voidaan siten myös pienentää betonintuotannon CO<sub>2</sub>-päästöjä.<sup>32</sup>

### See Algae Technology

Itävaltalainen **See Algae Technology (SAT)** perustaa levätuotantoon perustuvan biopolttoainelaitoksen Brasiliaan. Tuotanto käynnistetään vuoden 2013 lopulla. Leväpohjaisen biopolttoaineiden vuosituotannon volyymiksi on arvioitu 1,2 miljoona litraa. Tuotantolaitos toimii sokeriruokopohjaisen etanolintuotantolaitoksen yhteydessä, hyödyntäen rakennetun suoran yhteyden avulla sokeriruokojätteen polttamisessa syntyvät hiilidioksidipäästöt levätuotannossa. Lopputuotteita ovat eläinten rehu, jolla korvataan soijapapujen viljelyä ja käyttöä sekä leväöljyt (algal lipids), joista voidaan tuottaa biodieseliä sekä biokemikaaleja. Lisäksi levää hyödynnetään omega-3 -ravintolisänä, jolla pyritään korvaamaan kalan käyttöä, sillä ylikalastus on aiheuttanut ympäristöongelmia.<sup>33</sup>

### Solazyme

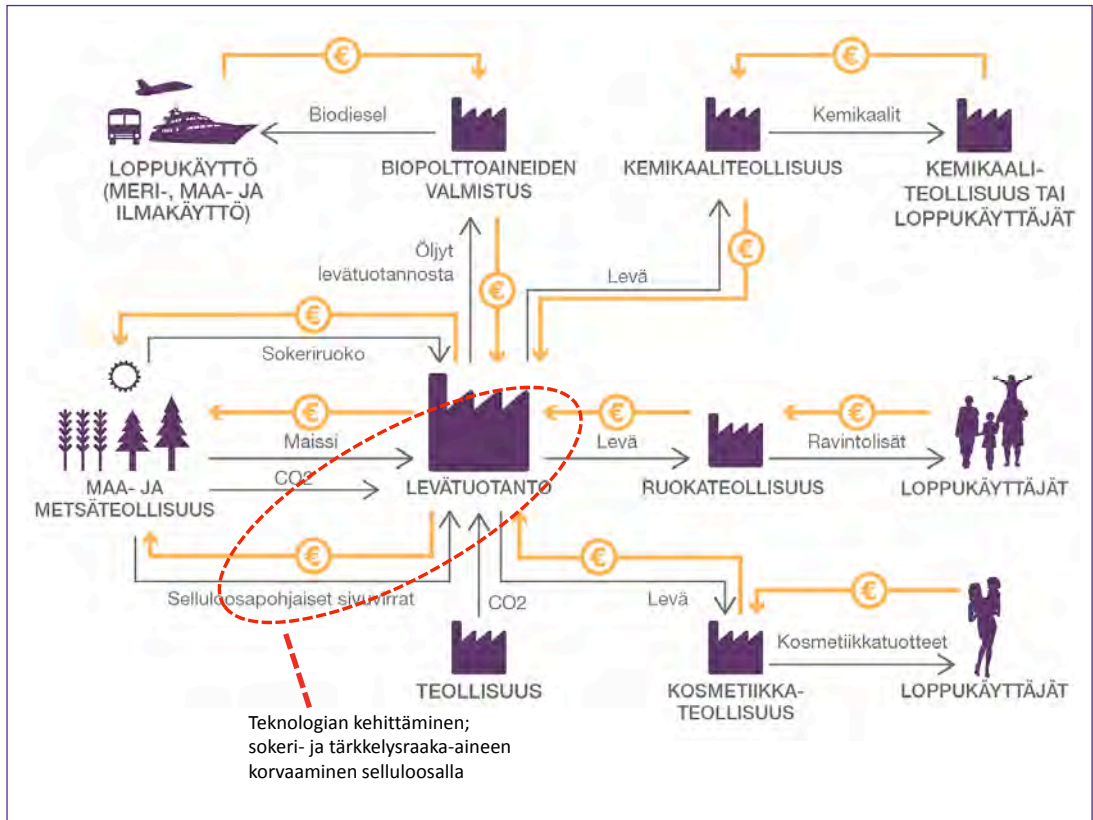
Solazyme (US) hyödyntää levätuotannossa mm. sokeriruokoa, maissia ja ruoho- ja heinäkasveja sekä maa- ja metsätalouden selluloosapitoisia sivuvirtoja. Levä kasvatetaan suljetuissa säiliöissä, ilman auringonvaloa. Tuotettua levää hyödynnetään useissa sovelluksissa. Solazyme tuottaa biodieseliä pääosin US:n armeijan käyttöön, sekä meriliikenteelle että lentopetroliksi. Kemikaalien tuotannon osalta Solazymellä on dielektristen nesteiden tuottamiseen liittyvä yhteistyöhanke Dow Chemicalsin kanssa. Unileverin kanssa Solazymella on t&k -hanke levän soveltamisesta henkilökohtaisiin hygieniatuotteisiin. Ravintoteollisuuden osalta Solazymella on Roquette Freresin kanssa joint venture, Solazyme Roquette Nutritionals, joka kehittää ravintolisiä. Kosmetiikkateollisuuden osalta Solazyme tekee yhteistyötä Sephoran kanssa, joka jakelee levästä eristettyjä ainesosia sisältävää kosmetiikkasarjaa.<sup>34</sup>

<sup>32</sup> Vornanen, Camilla ja Penttala, Vesa (2008), Puuperäisestä lentotuhkasta uusi betonin seos-aine, *Betoni* 4/2008 s. 72–77.

<sup>33</sup> Energy.Korea.com, Brazil to build first algae-based biofuel plant, uutinen 24.7.2012, luettavissa: <http://energy.korea.com/archives/31850>, viitattu 20.3.2013, sekä Pasolini, A. (2012), Austrian algae biofuel-production technology to debut in Brazil, uutinen 20.7.2012, luettavissa: <http://www.gizmag.com/algae-biomass-plant-brazil/23378/>, viitattu 20.3.2013.

<sup>34</sup> Solazymen kotisivu, <http://solazyme.com/>, viitattu 1.2.2013



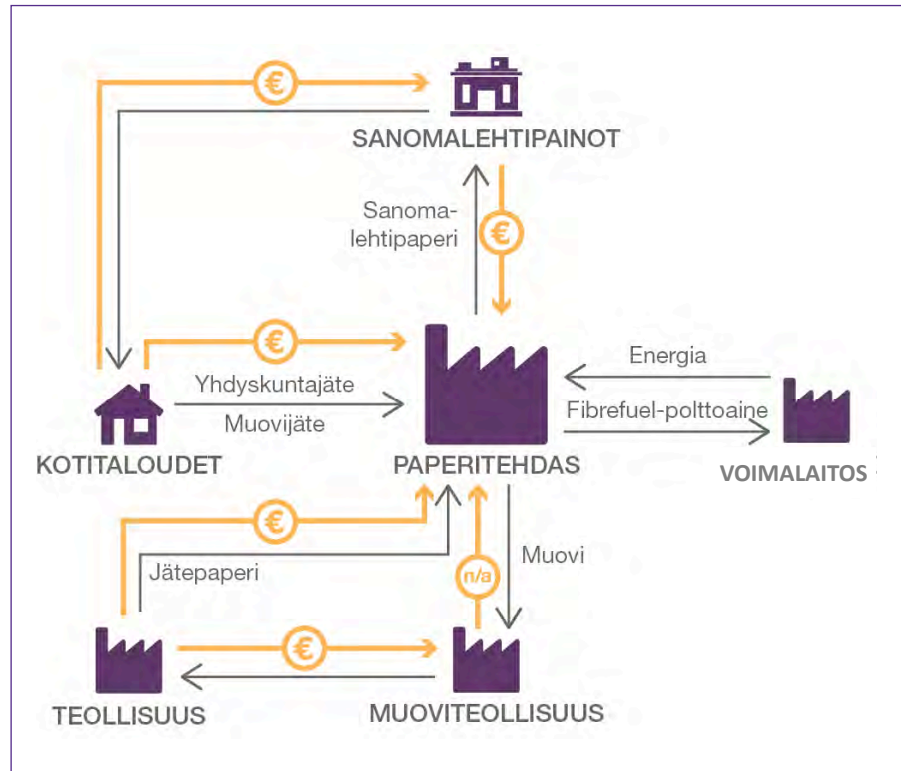


**Kuva 23.** Levätuotannon liiketoimintaekosysteemi ja tarpeita täydentäville yrityksille ja ratkaisuille (punainen katkoviiva).

### UPM – Shottonin paperitehdas osana jätteiden käsittelyä

UPM:n Shottonin (UK) kaupungissa sijaitseva laitos käsittelee joka vuosi 640 000 tonnia keräyspaperia. Tämän lisäksi laitos prosessoi nykyisin myös alueen kotitalouksista kerättävää yhdyskuntajätettä, joka sisältää esimerkiksi muovia ja paperia. Yhdessä partnereidensa kanssa laitos kehitti myös Fibrefuel-kuitupolttoainepelletin, jonka raaka-aineena ovat kuituhyödyntämiseen sopimattomat kierrätysmassat. Pelletit käytetään laitoksen energiantuotantoon.





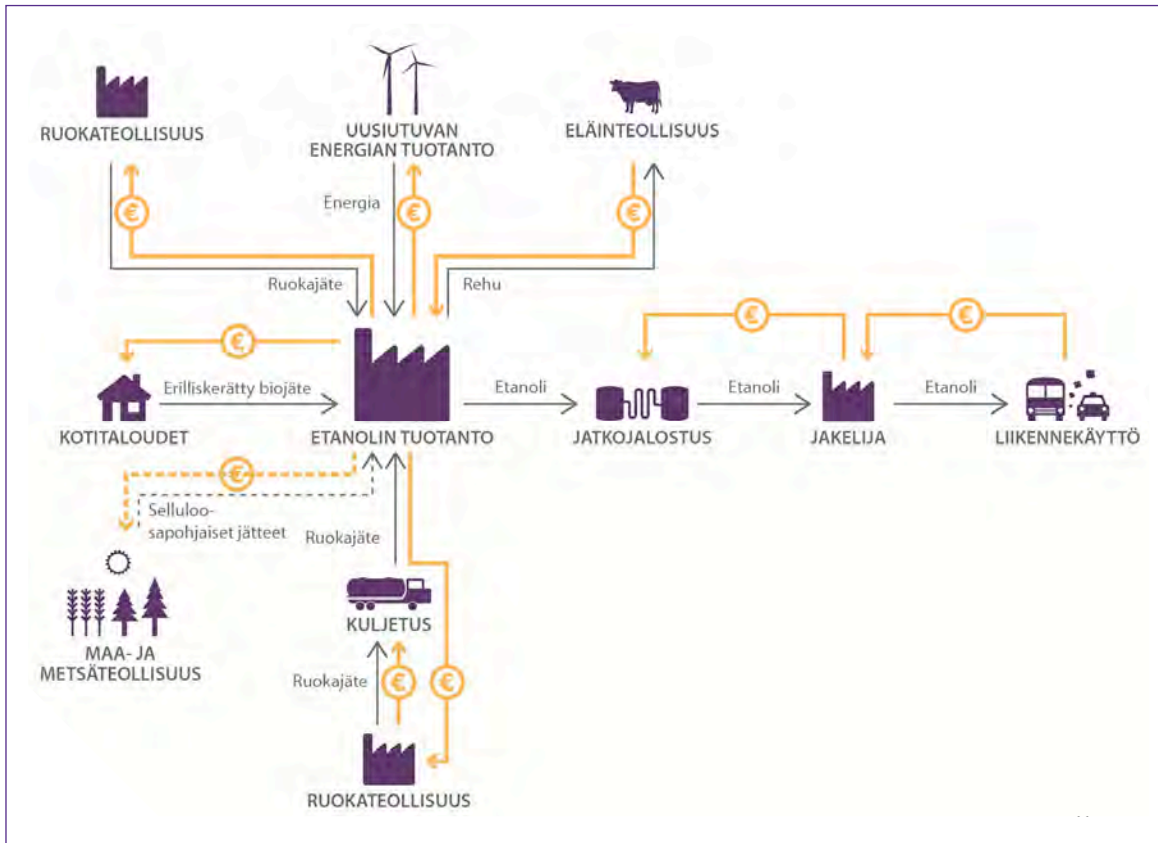
Kuva 24. Jätteiden kierrätys osana metsäteollisuuden infrastruktuuria.

## 3.2 Suomalaisia teollisia symbiooseja ja liiketoimintaekosysteemejä

### St1:n Etanolix-konsepti

St1:n Etanolix-konseptilla voidaan valmistaa bioetanolia käymiskelpoisista prosessitähhteistä, kuten panimo- ja leipomojätteistä sekä entsyymivalmistuksen prosessitähhteistä. Sivutuotteena on mahdollista tuottaa rehua tai lannoitetta, ja sivutuote voidaan myös hyödyntää biokaasuntuotannossa, mikäli tuotantoyksikköön yhdistetään biokaasulaitos. Etanolintuotantoyksikkö voidaan integroida suoraan jätteitä ja tähteitä toimittavaan teollisuuslaitokseen tai se voi toimia stand alone -laitoksena. Tuotantoyksikköön voidaan myös liittää esikäsittelylinja vastaanotettavan jätteen ja tähteiden käsittelyyn. Tapauksessa, jossa etanolintuotanto liitetään teollisuuslaitokseen, voidaan hyödyntää myös teollisuuslaitoksen ylijäämälämpöä.<sup>35</sup>

<sup>35</sup> St1:n kotisivu, luettavissa: <http://www.st1.fi/index.php?id=5833>, viitattu 20.3.2013.



Kuva 25. Etanolin tuotannon ympärille muodostuva liiketoimintaekosysteemi.

## Biovakan biokaasun tuotanto ja biohajoavan raaka-aineen käsittely

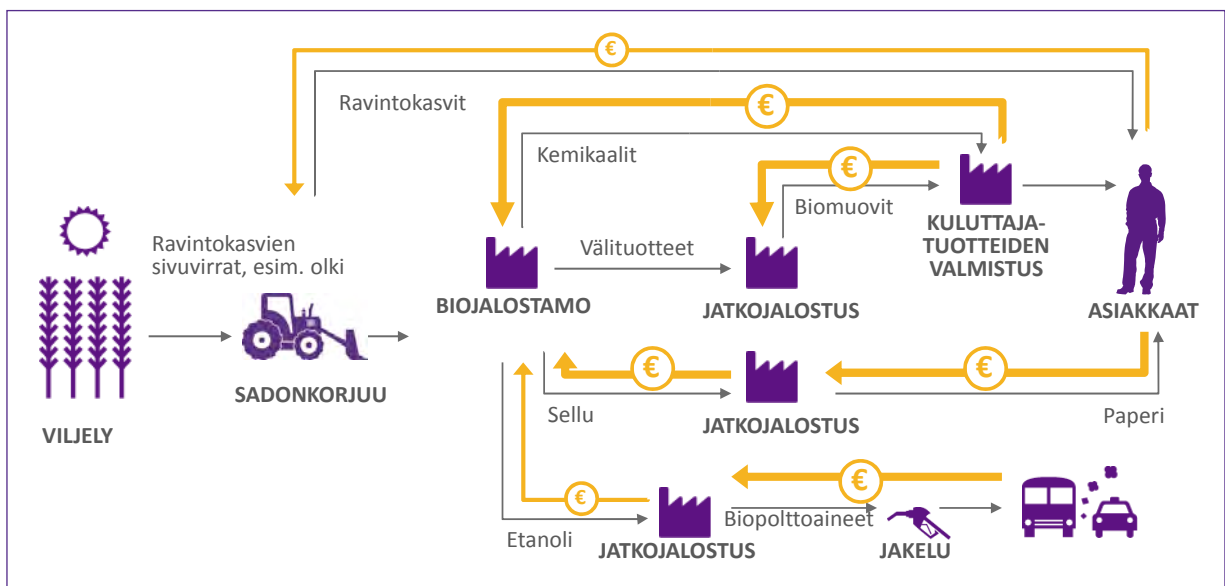
**Biovakka Oy** on yritys, joka on kehittymässä biokaasun tuottajasta biohajoavan raaka-ainejalostuksen moniosaajaksi. Yritys käsittelee kahdessa laitoksessaan tällä hetkellä sekä Turun jätevedenpuhdistamon lietteitä, elintarviketeollisuuden jätteitä että sian- ja kananlantaa. Yritys käyttää termofiilistä prosessia, joka kykenee ottamaan vastaan hyvin erilaisia raaka-aineita. Monikonsepti vähentää haavoittuvuutta, lisää monistettavuutta ja tuottaa yritykselle kaupallistettavissa olevaa tietoa prosessinhallinnasta. Lisäksi yritys on tuotteistanut useita kierrätysravinteita, kuten nestemäisen ammoniumsulfaatin, nestemäisen ammoniumtypen, nestemäisen moniravinteen ja kiinteän humusvoima-maanparanteen. Tuotettu kaasu jalostetaan nykyisin sähköksi kaasumootorivoimalassa, mutta yritys on kumppanina myös Turun seudun liikennebiokaasuhankkeissa. Lisäksi se pyrkii tuotteistamaan jatkossa erityisesti kiinteistä massoista suuremman jalostusarvon tuotteita. Symbioosin osapuolia ovat myös lihantuottajat, elintarviketaloustajat, jätevesilaitokset, viherrakentajat, viljelijät ja teollisuuden ravinteita vaativat prosessit (esim. metsäteollisuus). Vientikelpoista osaamista ovat mikrobikanta, prosessinhallinta, tuoterseptit ja kokonaiskonsepti. Konsepti on monistettava.

## Sybimarin ravinteet kierrättävä kalankasvattamo

**Sybimar Oy:n** suljetun kierron kokonaisuuteen kuuluvat kalankasvattamo, kasvi-huone, biokaasulaitos, generaattori, tuulivoimala ja biodieselin tuotantolaitos. Tällä hetkellä ensimmäinen kokonaisuus on rakenteilla Uudenkaupungin kaatopaikan kupeeseen, jossa se hyödyntää myös kaatopaikkakaasuja. Sybimar vastaanottaa biohajoavia jätteitä, muttei käsittele lietteitä tai lantaa. Valmistuttuaan laitos tuottaa sähköä, biodieseliä, kalaa sekä vihanneksia tai marjoja. Prosessi ei tuota lainkaan jätteitä ja käsittelee itse myös omat jätevetensä. Symbioosin osapuolia ovat myös elintarviketeollisuuden tuottajat, kauppa ja elintarvikkeiden jalostajat. Vientikelpoista osaamista ovat prosessinhallinta ja kokonaiskonsepti. Konsepti on monistettava.

## Chempolis – Case formico

Chempoloksen formico-tekniikalla maatalouden sivuvirroista, kuten oljesta, voidaan tuottaa kuituja, sokereita, biokemikaaleja, hartseja tai muita raaka-aineita. Chempolis toimittaa asiakkaalle teknologialisenssin sekä suunnittelu-, hankinta-, käyttöönotto- ja käynnistyspalvelut.



**Kuva 26.** Biojalostamon ympärille muodostuva liiketoimintaekosysteemi.

## Elixin pellavaöljyn tuotanto

Elix Oy on Suomen johtava pellavaa jalostava yritys, joka prosessoi vain sopimusviljelijöidensä öljypellavaa. Kylmäpuristusprosessi tähtää mahdollisimman korkeaan jalostusasteeseen ja materiaalitehokkuuteen, jossa hyödynnetään kaikki siemenen osat. Laadukkaimmat tuotteet ovat erilaisia ravintoöljyjä ja pellavakuituvalmisteita, asiakkaina ovat kuluttajat, elintarviketeollisuus ja ravintolisävalmistajat. Alemman laatutason tuotteet hyödynnetään rehuteollisuudessa ja puunsuoja-aineina.

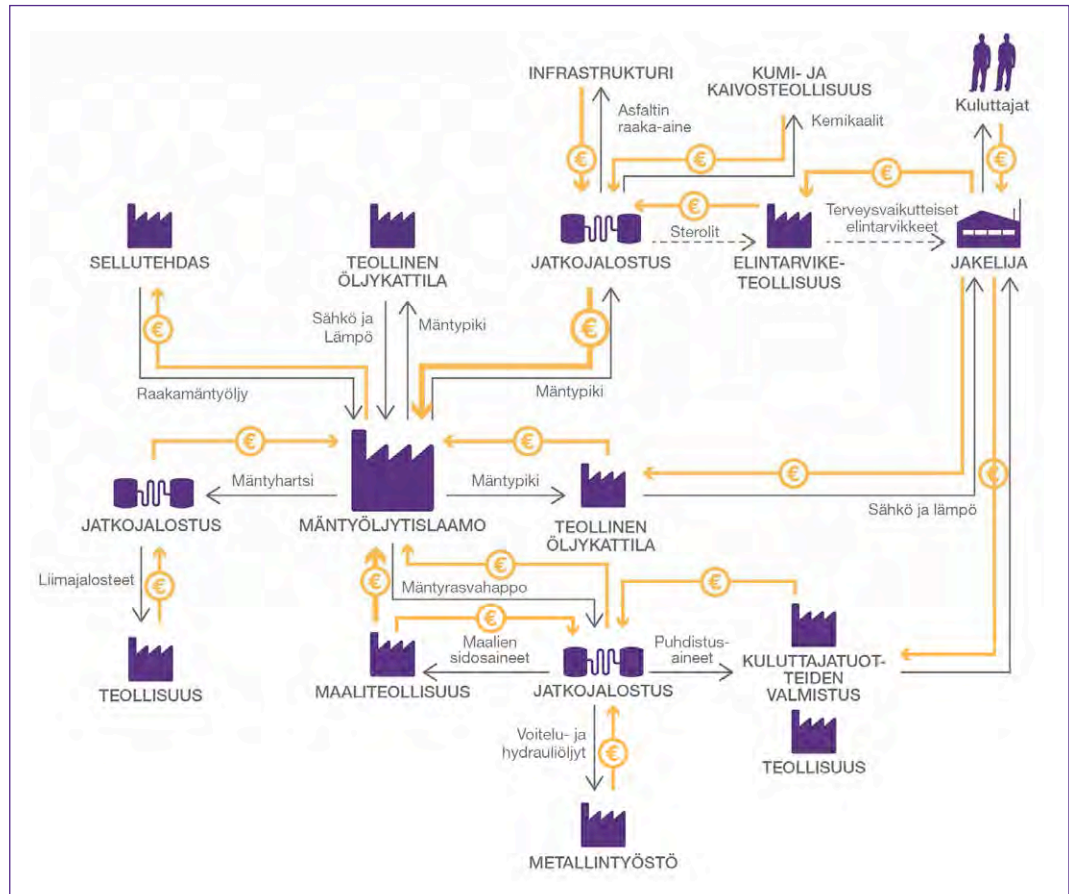
Symbioosin osapuolia ovat viljelijä/karjankasvattaja, kauppa ja elintarvikkeiden jalostajat. Vientikelpoista osaamista on kokonaiskonsepti. Monistettavuus vaatii viljelijäyhteistyötä.

### Forchemin mäntyöljyn jatkojalostamo

Suomalainen Forchem valmistaa useita kemikaaleja sekä biopolttoainetta sellutehtaan sivuvirrasta saatavasta raakamäntyöljystä. Forchemin mäntyöljytislaamon päätuotteita ovat liimajalosteisiin käytettävät mäntyhartsit, maaliteollisuuden öljymaalien sideaineina käytettävät mäntyrasvahapot sekä vähärikkinen biopolttoaineena käytettävä mäntypiki. Forchemin tislamia rasvahappoja käytetään myös puhdistusaineiden valmistuksessa sekä voitelu- ja hydraulioöljyinä. Forchem tuottaa prosessissa tarvitsemansa energian täysin uusiutuvalla energialla.<sup>36</sup> Forchem on vuodesta 2005 asti suunnitellut myös rakentavansa sterolitehtaan mäntyöljytislaamonsa yhteyteen. Mäntyöljystä erotettavat kasvisterolit alentavat kolesterolia ja niitä käytetään funktionaalisten elintarvikkeiden valmistuksessa.<sup>37</sup>

<sup>36</sup> Forchem internetsivut, luettavissa: <http://www.forchem.com/index.phtml?s=112> (viitattu 5.2.2013)

<sup>37</sup> Kauppalehti 8.11.2006, luettavissa: <http://www.kauppalehti.fi/5/i/talous/uutiset/avoinarkisto/indexjsp?xid=2115457&dte=2006/11/08> (viitattu 5.2.2013)



Kuva 27. Mäntyöljyjalostamon liiketoimintaekosysteemi.

## Stora Enson Oulun pigmentin talteenotto ja paperin täyteaineiden korvaaminen tuhalla

Stora Enson Oulun tehtaalla on toteutettu pigmentin erottelu ja talteenotto tehtaan jätevesilaitoksen kuitulietteestä. Jatkokäsittelyn jälkeen pigmenttiä voidaan käyttää paperinvalmistuksessa täyteaineena korvaamaan ulkopuolelta ostettuja raaka-aineita. Samalla jätevedenpuhdistuksesta kaatopaikoille toimitettava jätemäärä vähenee. Pigmentin erottelussa syntyy myös polttokelpoinen sivuvirta, joka voidaan käyttää hyväksi energiantuotannossa.<sup>38,39</sup>

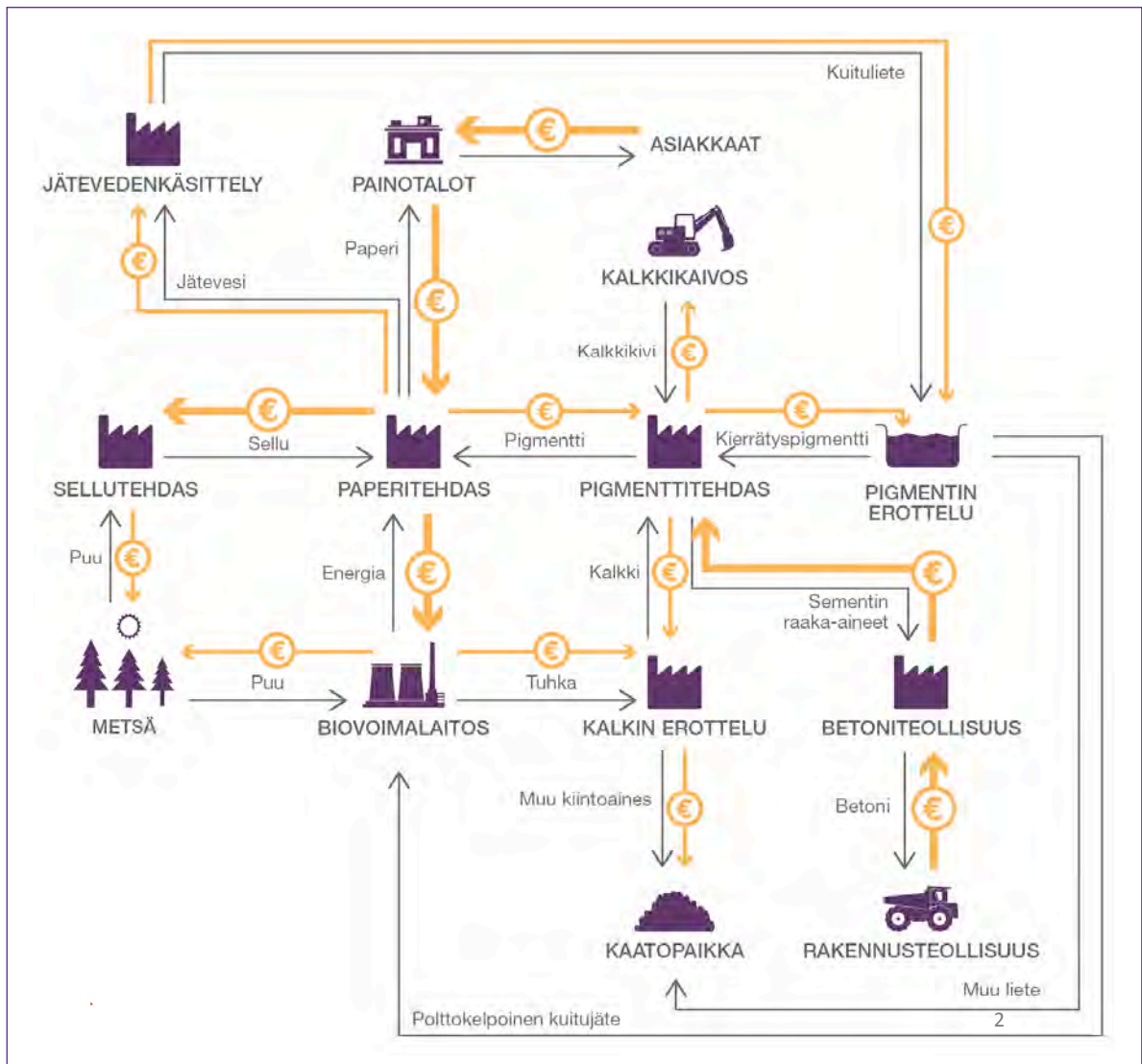
Hiilivoimalaitosten tuhkaa voidaan käyttää paperin täyteaineena värillisille pohjapapereille, välillisille lehdille sekä julisteille, joissa vaaditaan läpinäkymättömyyttä, mutta joissa paperin vaaleus ei ole vaadittu ominaisuus.<sup>40</sup>

<sup>38</sup> Jortama, Pirjo (2003), Implementation of a novel pigment recovery process for a paper mill, Dissertation 19.12.2003, University of Oulu.

<sup>39</sup> Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto (2007), Stora Enson Oulun tehtaan ympäristö- ja vesitalouslupa, Dnro Psy-2004-y.181, 12.6.2007.

<sup>40</sup> Tappi Journal, luettavissa: <http://www.tappi.org/Downloads/Journal-Articles/TAPPI-JOURNAL/08sep03.aspx>, viitattu 1.2.2013.

Tuhkan hienoaineen (<38 mikrometriä) fyysiset ominaisuudet, kuten tiheys, huokoisuus sekä partikkelikoko sopivat hyvin paperin täyteaineiksi. Kun tuhkaa verrattiin kaoliiniin, saavutettiin tuhalla huomattavasti kaoliinia korkeampi opasiteetti (läpinäkyväisyys), kun taas vaaleus laski täyteainepitoisuutta nostettaessa.



**Kuva 28.** Tuhkan ja kuitulietteen käyttö paperin täyteaineena.

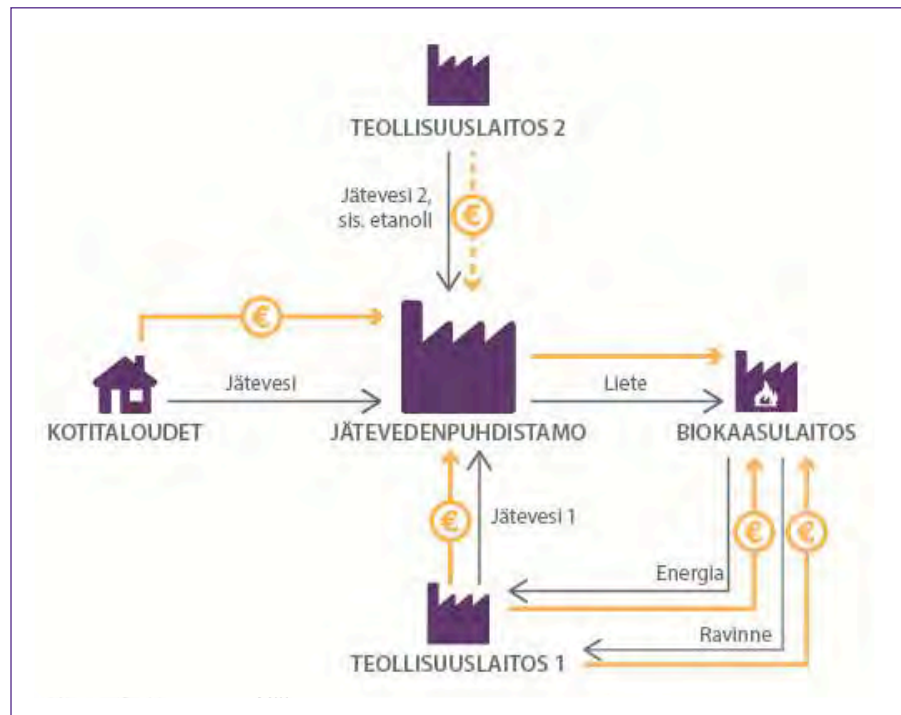
### Ecosirin jätehuoltojärjestelmät

Ecosir on yritys, joka on erikoistunut jätehuoltojärjestelmiin. Yritys tuottaa erilaisia keräys- ja siirtoratkaisuja biohajoavalle jätteelle, energiajätteelle, sekajätteelle, paperi/pahvimateriaalille ja pyykille. Esitettyjen markkinoiden kannalta kiinnosta-

via ovat sekä maanalaiset puristimet että pneumaattiset siirtojärjestelmät, joissa jätteet voidaan siirtää ilman autoliikenteen tarvetta hygieenisesti suoraan hyödynnettäväksi. Putki- ja kuiluratkaisut ovat energiatehokkaita, helposti skaalattavissa ja sopivat myös sellaisiin kohteisiin, joiden jätteen käsittelyminen ihmistyövoimalla olisi riskialtista. Järjestelmät mahdollistavat myös erilaisten jätteiden pakkaamisen poiskuljetusta varten. Yritys on myynyt puristintuotantonsa ja keskittyy vaativiin jätteesiirto- ja ratkaisuihin rakennushankkeissa. Referenssinä on esimerkiksi Pekingin Olympialaisten kongressikeskuksen biojätejärjestelmän rakentaminen.

### Suomalainen jätevesihuolto

Suomalainen kunnallinen jätevesilaitos käsittelee tyypillisesti sekä toimialueensa asukkaiden että myös yritysten jätevedet. Euroopassa on erittäin harvinaista, että väkevienkin teollisuusjätevesien tuottajat, esimerkiksi meijerit, voivat olla yhteistyössä kunnallisen puhdistamon kanssa. Puhdistamon prosessi on tällöin mitoitettu huomioimaan teollisuusasiakkaan jätevedet ja näistä voi olla jopa etua, esimerkiksi mieto alkoholipitoinen jätevesi vähentää hiililähteen ostotarvetta puhdistamalla. Teollinen toimija puolestaan saa ulkoistettua prosessin ylläpidon ammattilaisille eikä sen tarvitse tehdä investointeja laitteisiin. Yhteistyön ja liiketoiminnan mallit ja prosessien hallinta voisivat olla lisensoitavissa oleva kokonaisuus. Myös jätevesien lieteistä erotettavat ravinnetuotteet voivat sopia raaka-aineiksi teollisiin prosesseihin.



Kuva 29. Modulaarinen jätevedenpuhdistus-biokaasulaitos.



## 4 Hot spot -tarkastelut

Hot spot -tarkasteluihin valittiin edellä esitelyjen teollisten symbioosien näkökulmien ja konkreettisten esimerkkien analyysin perusteella esiin nousseita liiketoimintamahdollisuuksia. Tarkasteluihin valitut alueet ovat:

- Kalan kasvatuksen ympärille rakentuvat suljetun kierron ratkaisut ja kokonaiskonseptit
- Teollisten symbioosien optimointi ja hallinta
- Jätteiden ja sivuvirtojen uusiokäytön modulaariset ratkaisut
- Biojalostamoiden tuotannon laitteistot, hallinta ja optimointi
- Sivuvirtapohjaisen sokerin tuotanto biojalostamoiden syötteenä.

Kustakin hot spot -alueesta on seuraavissa kappaleissa esitetty visualisaatio ja sanallinen kuvaus, valitun kohdemarkkinan kuvaus (markkinoiden koko, kehitysnäkymät, markkinadynamiikka, markkina-ajurit), ratkaisun toimivuus (ansaintalogiikka, täydennystarve, monistettavuus, resurssitehokkuus), reitti markkinoille (liittyminen symbioosiin, keskeiset reunaehdot, etenemistapa, Sitran rooli) sekä suomalaisen tarjonnan soveltuvuus (yrityslistaus).

### 4.1 Kalankasvatuksen ympärille rakentuvat suljetun kierron ratkaisut ja kokonaiskonseptit

#### Hot spotin kuvaus ja valitut markkinat

Esiteltävässä ratkaisussa paikallisiin raaka-aineisiin ja kysyntään sovitettavat, skaalautuvat ja monistettavat konseptit tuottavat ravintoa, kemikaaleja ja energiatuotteita hyödyntäen laajasti sivuvirtoja. Konseptien ytimessä on kalankasvatus. Konseptiin kuuluvat myös konseptikehitys, tuotteistus ja myynti palveluna sekä konseptin lisensointi. Konseptiin linkittyvät liiketoiminta-alueet luvusta 4 ovat ravinteet kierrätävä elintarviketuotanto, hajautetun energian järjestelmät, kehittyvien kaupunkien ainekierron infrastruktuuri, biopolttoaineet ja levätuotanto.

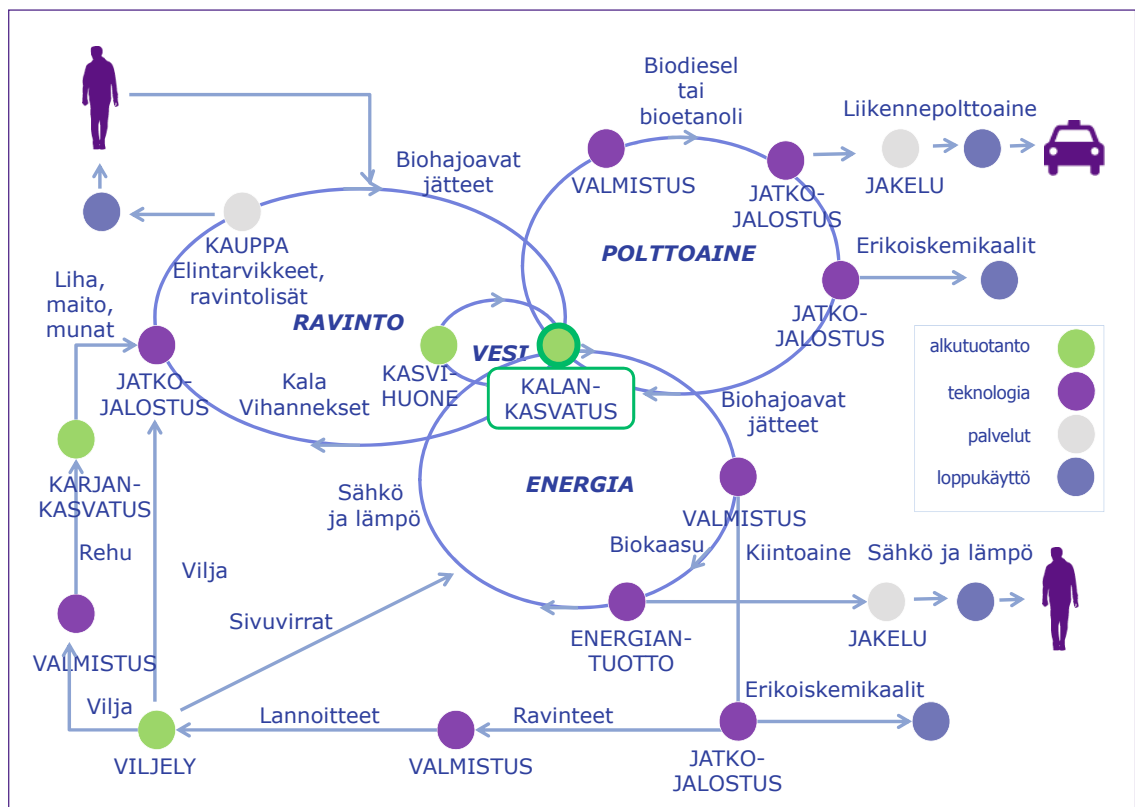
Tarkasteluun valitut markkina-alueet ovat Kaakkois-Aasia (ASEAN), sekä Euroopan Unioni. ASEAN-alue on valittu maaliman keskeisenä kalantuotantoalueena. Tarkastelun kannalta kiinnostava näkökulma on kalantuotannon ja siihen linkittyvän muun elintarvikeketjun ja biopolttoainetuotannon yhteen kytkeminen kehittyvillä markkinoilla sekä trooppisiin ilmasto-oloihin sopivat ratkaisut. Euroopan Unioni on merkittävä kalan tuojana, ja kalan kulutusta kasvattavat useat erilaiset trendit, joista osa synnyttää kysyntää kestävästi tuotetulle kalalle. Tarkastelun ytimenä on kuivaman kalankasvatus tiukassa sääntely-ympäristössä.

Suljetun kierron konsepteissa eri prosessit tai toiminnot syöttävät toisilleen raaka-aineita omista lopputuotteistaan tai sivuvirroistaan, pyrkimyksenä on kaikkien osajärjestelmien mahdollisimman suuri energia- ja materiaali-tehokkuus.



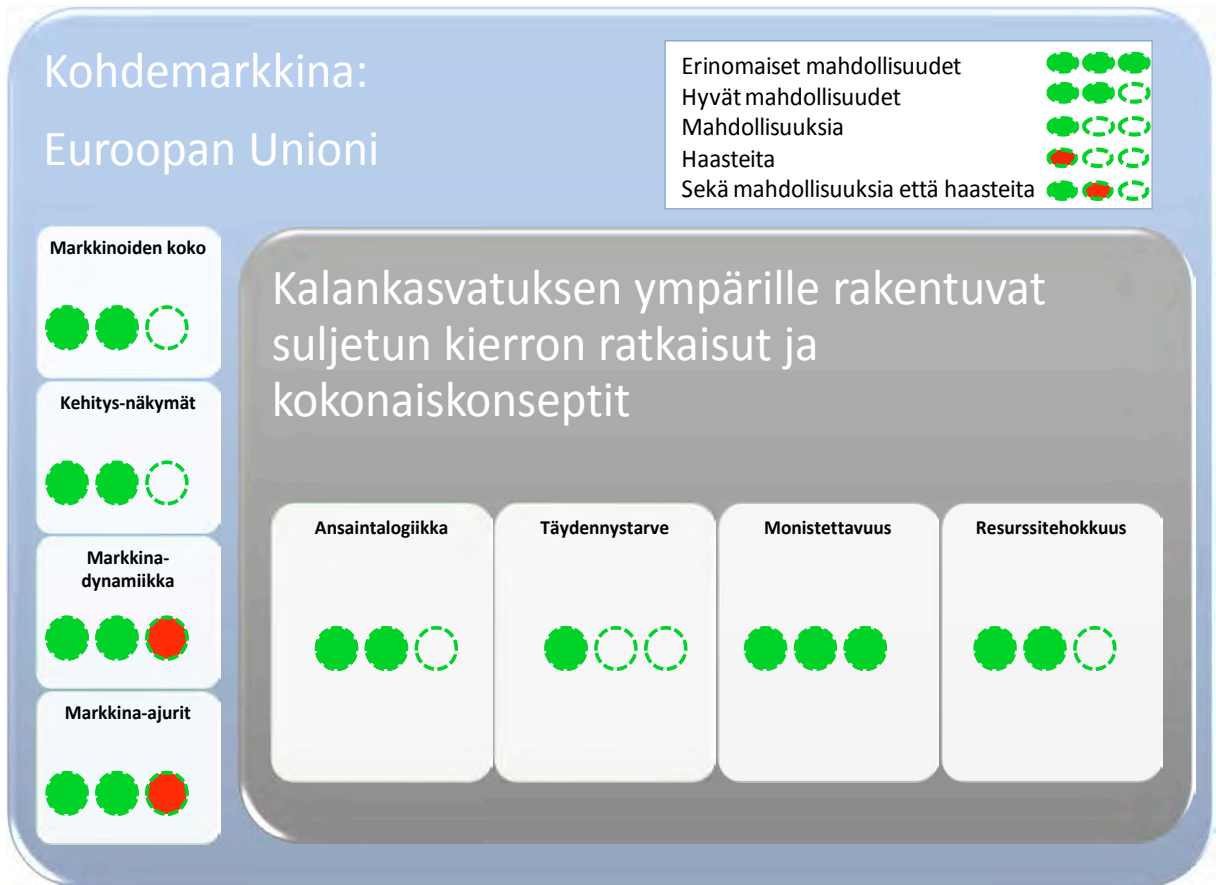
Konseptissa syntyy luonnollisesti myös kierron ulkopuolelle tarkoitettuja tuotteita ja energiaa ja siinä hyödynnetään kierron ulkopuolisia panoksia. Näiden ulkopuolisten liityntäpintojen kysyntä tai tarjonta ja niihin liittyvä liiketoiminta määrittelevät kunkin suljetun kierron tarkemman rakenteen, liiketoimintamallin ja kannattavuuden. Symbioosin oma tarve ja ulkopuolinen tarve tulee priorisoida tapauskohtaisesti kannattavuuden ja kestävyysnäkökulmista.

Logistiikan tehokkuus on keskeistä suljetun kierron kannattavuudelle ja kestävyydelle. Tuotettua sähköenergiaa, polttoainetta ja pitkälle jalostettuja elintarvikkeita, ravintolisiä tai kemikaaleja voi viedä kannattavasti kauaskin, joskaan tällöin jätteet eivät pala symbioosiin. Sen sijaan lämmön ja ravinteiden käyttäjien tulee sijoittua lähelle (< 50 km), koska niiden siirto kauas ei ole välttämättä kannattavaa. Samaten ulkopuoliset raaka-aineet, sivuvirrat ja jätteet on löydettävä läheltä (< 150 km), jottei syötteiden tuottaminen paikalle vie kestävyyttä ja kannattavuutta.



**Kuva 30.** Kalankasvatuksen ympärille rakentuvat suljetun kierron ratkaisut ja kokonaiskonseptit.

Kohdemarkkinan kuvaus ja arviointi / EU



**Kuva 31.** EU-kohdemarkkinan arviointi kalankasvatuksen ympärille rakentuvat suljetun kierron ratkaisut ja kokonaiskonseptit -hot spotin näkökulmasta.

**Markkinoiden koko tarjoaa hyvät mahdollisuudet.** Biotaloussektori tarjoaa 22 miljoonaa työpaikkaa, mikä vastaa 9 % EU:n työvoimasta, ja sen vuosittainen liikevaihto on 2 biljoonaa euroa. Maa-, metsä- ja kalatalousjätteitä syntyi 39 miljoonaa tonnia vuonna 2010. Tämä on merkittävä sivuvirtapotentialiaali, jota hyödyntämään arvioidaan vuoteen 2022 mennessä rakennettavan jopa 1 800 biojalostamoja. Näistä 925 ei oletettavasti käytä ravintokasviperäisiä biomassoja<sup>41</sup>. Euroopan jätehuollon kokonaismarkkinoiden arvioidaan olevan noin 110 miljardia euroa. Tästä noin puolet tulee jätteen keräyksestä ja puolet käsittelystä, kierrätyksestä ja loppusijoituksesta. Saksa, Ranska ja Iso-Britannia muodostavat näistä markkinoista yli 60 %. Kalateollisuuden jäte on tilastoitu erikseen noin 200 000 tonniin vuodessa (Eurostat 2008).

<sup>41</sup> Business Wire, Global Investment in New Biorefinery Infrastructure will Total \$170 Billion through 2022, luettavissa <http://www.businesswire.com/news/home/20120926005205/en/Global-Investment-Biorefinery-Infrastructure-Total-170-Billion>, viitattu 25.2.2013

Kalan kulutus on EU:ssa keskimäärin noin 25 kg/hlö/vuosi, suurin kulutus on Ranskassa 34 kg/hlö/vuosi. Kaikesta kulutuksesta 60 % on tuontikalaa, kalan tuonnin vuosittainen arvo on jopa 15,5 mrd euroa (2009). Vesiviljely kattaa noin 20 % omasta kalan kulutuksesta ja työllistää 65 000 henkilöä. Tuotantomäärä on 2,5 milj. t/vuosi, mikä vastaa 4,2 % maailman tuotannosta (2010).

Vihannesten kulutus on EU:ssa keskimäärin noin 200 kg/hlö/vuosi, suurin kulutus on Kreikassa yli 400 kg/hlö/vuosi. Vihanneksia tuodaan alueelle 1,9 miljoonaa tonnia ja tuonnin arvo noin 1,5 mrd euroa (2009). Maailman viljasta noin 20 % tuotetaan Euroopassa. Kaiken maa- ja metsätalouden typen tarve on 8 miljoonaa tonnia joka vuosi ja vain pieni osa siitä tuotetaan kierrättämällä ravinteita. Vuonna 2010 vain 25 % lannoitteista käytettiin ruoan tuotantoon.

**Markkinoiden kehitysnäkyvät ovat hyvät.** Euroopan kalastusala vaivaa runsas ylikapasiteetti, mikä johtaa liian suuriin kiintiöihin ja ylikalastukseen. Nykyiset määrä- ja vähimmäiskorajoitukset aiheuttavat sen, että nykyään noin neljäsosa unionin alueen kalasaaliista heitetään kuolleena takaisin mereen. Tunnistettujen ongelmien purkaminen on kuitenkin vaikeaa kansallisten intressien vuoksi. Täysistunnossa 6.2.2013 hyväksytyssä mietinnössä Euroopan parlamentti asettui kuitenkin tukemaan komission tavoitetta, jonka mukaan kaikki kalakannat on saatettava kestävän enimmäistuoton mahdollistavalle tasolle vuoteen 2015 mennessä. Muutokset tarkoittavat merkittäviä uudistusta ja kalastuksen kestävyiden paranemista. Toisaalta syntyy vahvaa tarvetta löytää korvaavia kalan tuottamisen tapoja, koska tarve ei vähene. Vesiviljely on eräs nopeimmin kasvavista ruoantuotannon aloista, 90-luvulta lähtien lähes nollasta alkanut kasvu on ollut vuosittain noin 10 %. Vihannesten ja viljan tuotantoon tarvittavien lannoitemarkkinoiden arvioidaan kasvavan yli 15 mrd euron arvoon 2018 mennessä. Typen tarve kasvaa erityisesti Itä-Euroopassa, muilta osin kulutusarviot ovat tasaisia.

**Markkinadynamiikka on ruoantuotannon ratkaisuille edullinen, mutta sisältää erityisiä haasteita erityisesti investointien osalta.** Täysin vapaita liityntäpintoja uusille ratkaisuille on niukasti. Alueella on paljon olemassa olevia jalostusketjuja ja intressitahoja, joille kokonaan uudet ratkaisut ovat kilpailijoita. Täydentäville kilpailukykyä lisääville ratkaisuille on kuitenkin tarvetta, kun perinteiset jätteen toimijat etsivät uusia aloja. Lainsäädännöllinen ohjaus, ruoka- ja kemikaaliturvallisuus, kuluttajansuoja ja kansalaisliikkeet ovat vahvoja tekijöitä näillä markkinoilla toimittaessa.

EU:n alueella asuu noin 503 miljoonaa ihmistä ja väestönkasvu on alle 0,3 %. Yli 75 % alueen ihmisistä asuu jo kaupungeissa, joten kaupungistuminen jatkuu lähinnä Itä-Euroopassa. Uusia kaupunkeja ei juuri synny, vaan lähinnä olemassa olevat kaupunkiseudut kasvavat. Osa alueista ja myös suurista kaupungeista on taantuvia ja niillä investointihalukkuus ja mahdollisuudet ovat alhaisia. Sisäiset aluepoliittiset syyt voivat kuitenkin puoltaa ja tukea syrjäseutujen alkutuotantoon kytkeytyvien elinkeinojen kehittämistä.

Lihan kulutus ei enää merkittävästi kasva EU:ssa. Kalan kulutus kasvaa. Euroopan kalakannoista 90 % kalastetaan liikaa, joten kalan kulutus on erittäin riippuvaista tuonnista kolmansista maista ja kalastussopimuksista näiden kanssa. Nykyään 20 % Euroopassa syödystä kalasta on vesiviljelty ja määrää halutaan kasvattaa pienemmän ympäristökuorman vuoksi.

Biopolttoaineiden tarve kasvaa ja kestävyysvaatimukset tiukentuvat estäen ravintokasvien polttoainekäyttöä. Ravintokasvit yritetään tuottaa vähemmällä ravinteilla, tavoitellen typen ja fosforin tarpeen irtikytkentää. Typpi- ja urealannoitteiden välillä tulee olemaan voimakas kilpailutilanne. Biohajoavien jätteiden määrän ei oleteta kasvavan, mutta lakimuutoksilla jätteen kaatopaikalle vientiä rajoitetaan. Tämä tuo hyödyntämisvelvoitteen piiriin enemmän biojätettä.

#### **Markkina-ajurit ovat pääasiassa ratkaisuille edullisia:**

- Kalankasvatuksen ja kalastuksen kestävyden lisääminen
- Kalastuksen korvaaminen vesiviljelyllä ja sisämaan vesiviljelyn (aquaponiset ratkaisut) ympäristökuormituksen vähentäminen
- Kasvihuonetuotanto ilman fossiilisia polttoaineita
- Ravinteiden kierrättäminen ja säästäminen
- Tietoisten kuluttajien määrän kasvu ja kestävien elintarvikkeiden suosiminen
- Biopohjaisten erikoiskemikaalien tarve korvaamaan fossiilipohjaisia
- Ruokakasveja käyttämättömien biopolttoaineiden kasvava tarve
- Sivuvirtojen hyödyntämisen tuoma liiketoimintaetu, esim. elintarviketalostuksen rasvaiset jätteet, ruokaketjun sivuvirrat, kaupan elintarvikėjätteet.

### Ratkaisun toimivuus / EU

**Ansaintalogiikka on kohdemarkkinoilla hyvä.** Mahdollisuuksia liiketoimintaan ovat lopputuotteiden myyminen, energian myyminen, omien energia- ja jättekulujen minimointi, jätteiden porttimaksut, palveluratkaisut ja lisenssit.

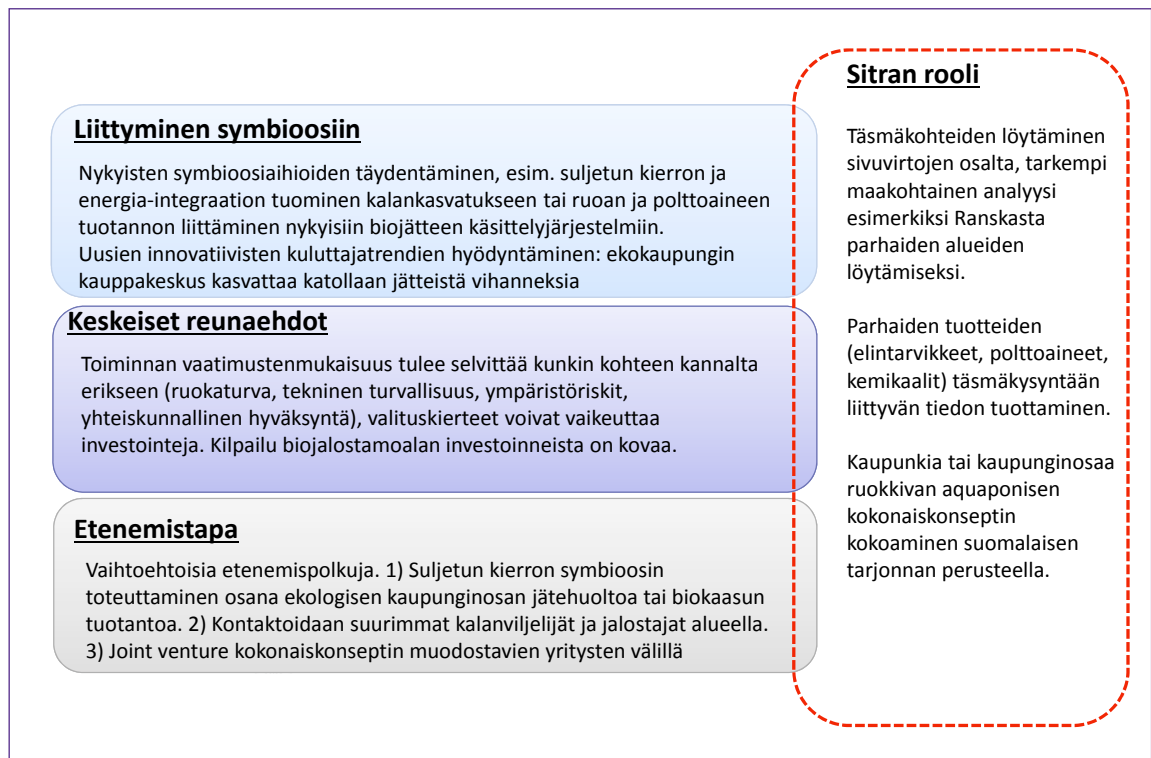
**Täydennystarve on mahdollisuutena vain kohtalainen.** Erilaisia kilpailevia ratkaisuja on Euroopassa runsaasti markkinoilla sekä ruoan että polttoaineen valmistamiseen. Liityntäpintana voi olla olemassa oleva elintarviketuotanto, josta rakennetaan suljettu. Joissakin kohteissa voidaan lähteä paikallisesta lähiruoan ja puhtaan energian tarpeesta, jolloin kokonaisuus voidaan tehdä alusta alkaen.

**Monistettavuus on erinomainen.** Ratkaisujen teknologia perustuu olemassa oleviin komponentteihin ja järjestelmiin, joiden toimivuus on sinällään osoitettu ja referenssejä löytyy kotimarkkinoilta ja monelta osin myös kansainvälisesti. Monistaminen tapahtuu kuitenkin pala kerrallaan, kokonaisratkaisut riippuvat kohdemarkkinan tarpeista. Tuotteet (esim. kalat ja vihannekset) voivat olla kunkin alueen loppukäyttäjille tuttuja lajikkeita ja kokonaisuus voidaan säätää paikallisten ainevirtojen mukaan.

**Resurssitehokkuus on hyvä.** Kokonaiskonseptin keskeinen liiketoimintaetu on polttoaineen ja ruoan tuottamisen resurssi- ja energiatehokkuudessa. Veden kierrättäminen on keskeinen ympäristötekijä ja vaikuttaa kannattavuuteen minimoiden jätevesikustannukset ja tarjoten kilpailuedun suhteessa vesistöjä kuormittavaan avovesikasvatukseen. Tehokkuusetuja ei kuitenkaan vielä ole laskennallisesti kokonaisuudessaan osoitettu, joten niitä ei voida arvioida erinomaiseksi.

## Reitti markkinoille / EU

Suomalaisten ratkaisujen mahdolliset reitit EU:n markkinoille kohdistuvat edellä esitetyn arvion pohjalta erityisesti kalantuotannon kestävyden lisäämiseen ja toisaalta nykyisten sivuvirtoja hyödyntävien symbioosien täydentämiseen. Tällöin olennaista on aloittaa alueen suurista toimijoista ja muokata tarjottava ratkaisu kunkin alueen sivuvirtoihin ja tuotekesyntään sopivaksi niin, että kokonaisuus on vaatimusten mukainen, resurssitehokas ja kannattava. Kilpailutilanteessa menestyvä ratkaisu pystyy tunnistamaan kriittiset sijoittumisen tekijät, ja tuomaan oman hyötynsä näkyville ja osoittamaan sen. Mahdollinen reitti on hahmoteltu seuraavassa kuvassa.



**Kuva 32.** Reitti EU:n markkinoille kalankasvatuksen ympärille rakentuvat suljetun kierron ratkaisut ja kokonaiskonseptit -hot spotin näkökulmasta.

### Kohdemarkkinan kuvaus / ASEAN



**Kuva 33.** ASEAN-kohdemarkkinan arviointi kalankasvatuksen ympärille rakentuvat suljetun kierron ratkaisut ja kokonaiskonseptit -hot spotin näkökulmasta.

**Markkinoiden koko tarjoaa erinomaiset mahdollisuudet.** ASEAN vastaa yksinään 50 %:sta maailman kalatuotannosta ja ala työllistää 32 miljoonaa henkilöä. Vesiviljelyn vuosittainen tuotanto on 11,3 miljoonaa tonnia, joka vastaa noin 17 % koko maailman tuotannosta. Suurimmat tuottajat ovat Indonesia ja Vietnam, molempien vuosituotanto noin 3 miljoonaa tonnia. ASEANin lähialueista on syytä mainita vielä erikseen Kiina, joka on maailman johtava vesiviljelijä ja vastaa 60 % koko maailman tuotannosta.

Koko Aasiassa kulutetaan kaksi kolmasosaa maailman kalasta, erityisesti Kiinassa kalan kulutus on kasvanut vuosikymmeniä voimakkaasti, joten se tuo kalaa ASEANin alueelta ja tuottaa myös yhä enemmän itse. Kalan kulutus on ASEAN-alueella keskimäärin noin 25 kg/hlö/vuosi, suurin kulutus Filippiineillä 28–30 kg/hlö/ vuosi. Sen sijaan vihannesten kulutus on maasta riippuen vain 70–90 % suositellusta 400 g päiväannoksesta, esimerkiksi Filippiineillä kulutus on 100 kg/hlö/vuosi. Tässä alhaisessa lukemassa näkyvät köyhyys ja myytyjen vihannesten suhteessa korkea hinta alueella.

Koska infrastruktuuri on osittain kehittämätöntä, eri jätteiden määrätietoja on heikosti saatavissa. Suurin osa biohajoavasta jätteestä on muun sekalaisen yhdyskuntajätteen seassa, tuotantomääräksi on arvioitu 0,2–1,2 kg/hlö/vuosi. Yhdyskuntien biojätteen lisäksi alueella syntyy myös muita todella suuria biohajoavia jätefraktioita ja sivuvirtoja, sillä esimerkiksi sokerin, riisin ja palmuöljyn tuotannon sivuvirrat ovat vuosittain 200–230 miljoonaa tonnia ja niiden energiapotentialiksi biokaasutuksessa on arvioitu 16–19 GW.

**Markkinoiden kehitysnäkymät** ovat hyvät. Kala vastaa noin 15 prosentista koko ihmiskunnan eläinproteiinin kulutuksesta, ja ASEAN-alueella se on tärkein yksittäinen eläinproteiinin lähde. Kulutus kasvaa sekä vauriissa maissa terveellisyys- ja vähärasvaisuuden vuoksi että köyhemmissä maissa, koska kala on suhteessa edullinen eläinproteiinin lähde. ASEAN-alueella sekä lihan että kalan kulutus kasvavat elintason kasvaessa, erityisesti lisääntyvät keskiluokalle sopivat kalajalosteet. Toisaalta köyhien ruokavalioon kuuluu liian vähän tuoreita vihanneksia, tämä korostuu erityisesti kaupungeissa, joissa ei ole mahdollisuutta kotitarveviljelyyn. Tällä on useita haitallisia terveysvaikutuksia, ja vihannesten kulutusta yritetään lisätä erilaisilla yhteiskunnallisilla toimenpiteillä.

Kalantarpeen tyydyttämiseksi vesiviljely on eräs nopeimmin kasvavista ruoantuotannon aloista, kasvua 115 % vuosina 2003–2008 ja kasvun ennustetaan jatkuvan edelleen. Sen sijaan merikalastuksessa saaliit eivät ole kasvaneet kahteen vuosikymmeneen, mikä johtunee luonnonkantojen vähenemisestä liikakalastuksen vuoksi.

Biojätteen määrä alueella kasvaa myös muun kulutuksen kasvaessa, mutta sen erilliskeräykseen ja hyödyntämiseen ei välttämättä ole vielä laillisia velvoitteita tai muuta syytä. Kansalliset lainsäädännöt voivat kiristyä hygieniaoirengelmien lisääntymisenä. Myös sään ääri-ilmiöt synnyttävät tarvetta turvallisille ja hajautetuille ratkaisuille. Biokaasun tuotannon arvioidaan moninkertaistuvan sekä energian kysynnän että jätehuollon tarpeiden vuoksi.

**Markkinadynamiikka on ruoantuotannon ratkaisuille edullinen, mutta sisältää erityisiä haasteita erityisesti kustannusrakenteen ja epäreilun kilpailun vuoksi.** Valtioilla on paljon rantaviivaa ja kalastus ja kalanviljely ovat eräs tärkeimmistä elinkeinoista, joka työllistää jopa 5 % koko väestöstä. Ala kattaa kaikki muodot perinteisestä kalastamisesta ja torikaupasta uiviin jalostamoihin. Hallinto on hajanaista ja laitonta kalastusta sekä ryöstökäkalastusta esiintyy runsaasti. Uudet kasvatusinnovaatiot tuodaan siis suurille ja kasvaville markkinoille, joilla on selvä tehokkuuden lisäämisen tarve, mutta alhaiset työvoimakulut ja laittomien keinojen runsaus voivat vähentää korkean teknologian houkuttelevuutta.

Kehittyvillä alueilla on runsaasti vapaita liityntäpintoja ja tilaisuuksia täysin uusiin kokonaisratkaisuihin. Väkiluku on voimakkaasti kasvamassa ja sen ennustetaan nousevan vuosittain 1,14 %. Alueella elää noin 601 miljoonaa ihmistä, eli 9 % maailman väestöstä. Kaupungistuminen jatkuu voimakkaasti, rakennetaan uusia kaupunkeja ja olemassa olevat kaupungit kasvavat. Alueen talouskasvu on ollut viime vuodet 3–6 % ja investointeja tehdään runsaasti. Edelleen kuitenkin 13 % ihmisistä elää alle maailmanpankin köyhyysrajan. Maiden välillä on suuria eroja infrastruktuurin kehittyneisyydessä. Singapore on valittu maailman parhaaksi kaupunki-infrastruktuuriksi, mutta yksikään muu alueen kaupunki ei päässyt vastaavassa vertailussa 50 parhaan joukkoon. Muuttoliikkeen ja väestönkasvun vuoksi

asumista ja infrastruktuuria rakennetaan nopeasti ja halvalla. Ilmastonmuutos aiheuttaa alueelle monia uhkakuvia sekä asumisen että elinkeinojen osalta.

Euroopan ja Yhdysvaltojen suhtautuminen sademetsien raivaamiseen palmuöljyn tuotantoon ja luonnonkalakantojen kestävämpään kalastukseen voivat tulevaisuudessa vaikuttaa alojen kestävyys. On mahdollista, että Kiinan ja Intian kaltaiset kasvavat taloudet ostavat löyhemmin kriteerein tuotettuja raaka-aineita, jolloin voivat syntyä kahdet markkinat, toiset kestäville ja sertifioiduille tuotteille ja toiset sääntelyn ulkopuolelle.

#### **Markkina-ajurit ovat pääasiassa ratkaisuille edullisia:**

- Eläinproteiinin kasvava tarve
- Kalankasvatuksen ja kalastuksen kestävyyslisäminen
- Kalastuksen korvaaminen vesiviljelyllä (aquaponiset ratkaisut)
- Suljetun vesikierron elintarviketuotanto
- Ruokakasveja käyttämättömien biopolttoaineiden kasvava tarve
- Sivuvirtojen hyödyntämisen tuoma liiketoimintaetu, esimerkiksi elintarviketalouksien rasvaiset jätteet, ruokaketjun sivuvirrat, kaupan elintarvikeljätteet.

### Ratkaisun toimivuus / ASEAN

**Ansaintalogiikka on kohdemarkkinoilla vielä avoin ja sisältää sekä haasteita että mahdollisuuksia.** Mahdollisuuksia liiketoimintaan ovat tuotteiden myyminen, energian myyminen, jatkojalostus, kauppa ja jakelu, lisenssien myyminen, toiminnan teollistaminen ja työvoiman kouluttaminen. On kuitenkin epävarmaa, miltä osin resurssitehokkuudesta saatava liiketoimintaetu pystytään realisoimaan esimerkiksi kuluttajatuotteiden ja energian hinnassa.

Täydennystarve on hyvä. Liityntäpintana voi olla olemassa oleva kalanjalostus, jolle rakennetaan teollinen ja kestävä laadukas tuotantoketju. Joissakin kohteissa voidaan lähteä paikallisesta ravinnon ja energian tarpeesta, jolloin kokonaisuuden tarkoituksena on myös luoda uusia elinkeinoja ja kouluttaa ammattitaitoisia työvoimaa.

**Monistettavuus on hyvä.** Ratkaisujen teknologia perustuu olemassa oleviin komponentteihin ja järjestelmiin, joiden toimivuus on sinällään osoitettu ja referenssejä löytyy kotimarkkinoilta ja monelta osin myös kansainvälisesti. Kehittyneen teknologian toimivuus puutteellisen infrastruktuurin kanssa ja trooppisissa oloissa voi kuitenkin vaatia uusia ratkaisuja, jotta toimintavarmuus ja hintakilpailukyky varmistetaan. Kokonaisratkaisut riippuvat kohdemarkkinan tarpeista, markkinoilla käytettyjen kalorien ja vihannesten tuottamista kasvattamalla ei välttämättä ole testattu. Jäteperäisten raaka-aineiden laatu ja saatavuus voivat vaihdella voimakkaasti.

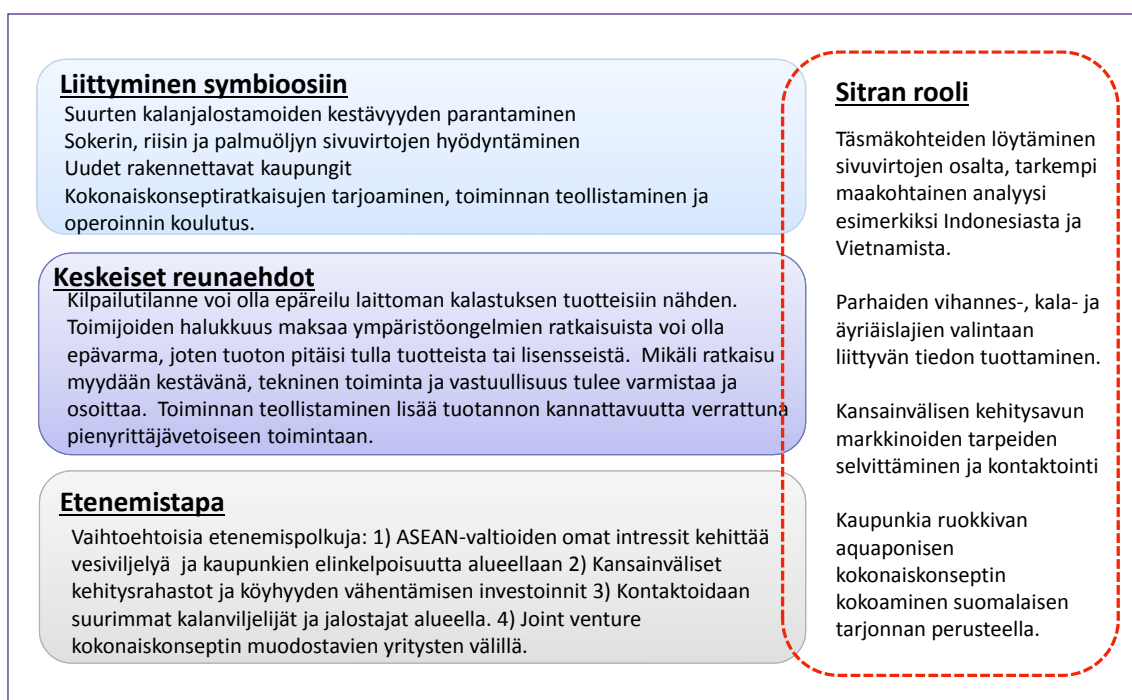
**Resurssitehokkuus on erinomainen.** Kokonaiskonseptin keskeinen liiketoimintaetu on polttoaineen ja ruoan tuottamisen resurssi- ja energiatehokkuudessa. Verrattuna luonnonkantojen liikakalastukseen kestävyysero on kiistaton. Veden kierrättäminen on keskeinen ympäristökäytäntö erityisesti kuivilla alueilla.



## Reitti markkinoille / ASEAN

Suomalaisten ratkaisujen mahdolliset reitit ASEAN-alueen markkinoille kohdistuvat edellä esitetyn arvion pohjalta erityisesti kalantuotannon kestävyden lisäämiseen, nykyisten teollisten sivuvirtojen hyödyntämiseen sekä uusien kaupunkien ja kaupunkinosien elinympäristöä parantavien ratkaisujen toteuttamiseen.

Tarjottava ratkaisu tulee sovittaa kunkin alueen sivuvirtoihin ja tuotekysyntään sopivaksi huomioiden esimerkiksi erilaisten kala- ja vihanneslajikkeiden kysyntä ja jatkojalostuksen tarve. Kuluttaja- ja vientimarkkinat voivat olla tarpeeltaan merkittävästi erilaisia ja tuleekin päättää, suuntautuuko kotimaiseen vai vientiin tähtäävään toimintaan. Hintakilpailu on molemmissa voimakasta, joten ratkaisuja voi joutua yksinkertaistamaan ja laskemaan teknologian ja investointien hintaa ja suorituskykyä. Mahdollinen rahoitusmuoto ovat myös erilaiset kehitysyhteistyötahot tai kansalliset toimijat, jotka haluavat parantaa kalastuksen varassa elävien ihmisten toimeentuloa tai tarjota laadukkaita elintarvikkeita köyhille alueille. Tällöin paikallisen työvoiman käyttäminen ja kouluttaminen on välttämätön osa konseptin viemistä, samoin kuin ns. do-no-harm -periaate, joka vaatii järjestelmältä luotettavuutta, kestävyttä ja turvallisuutta. Mahdollinen reitti on hahmoteltu seuraavassa kuvassa.



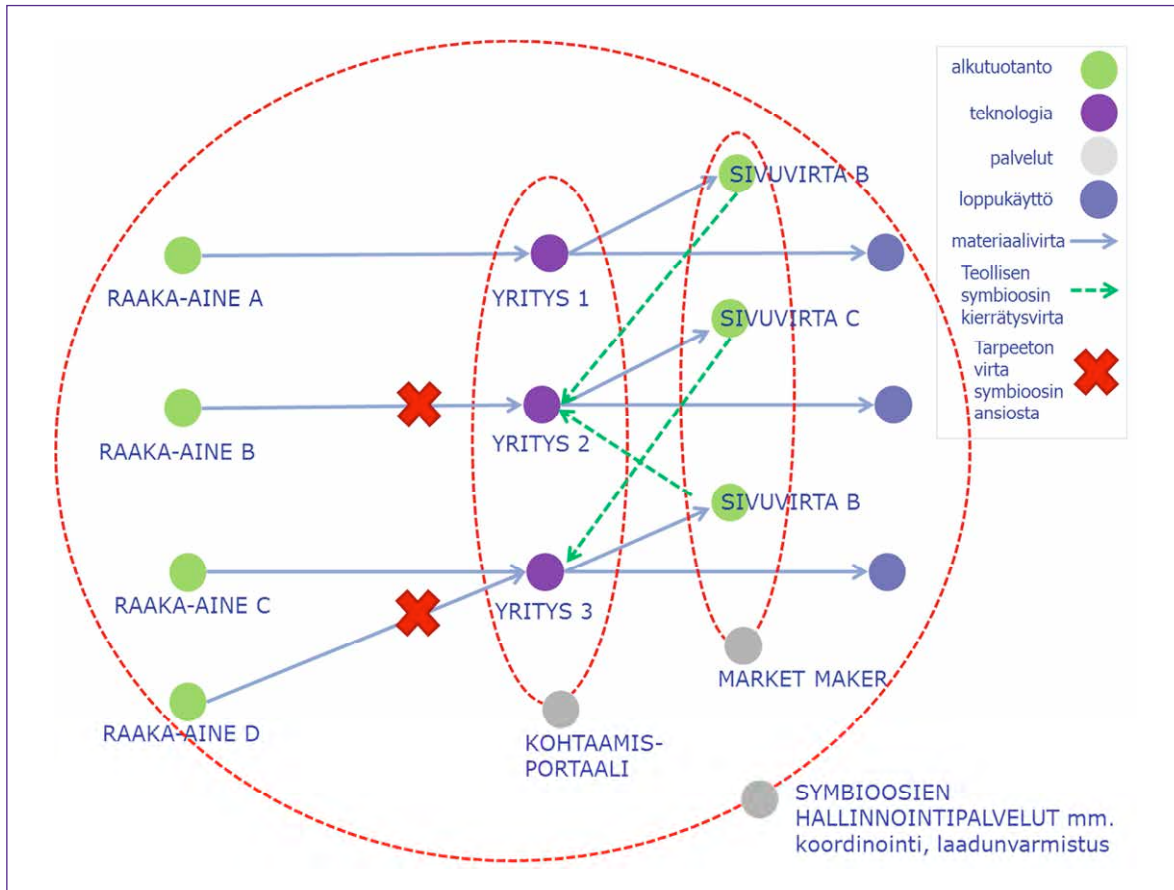
**Kuva 34.** Reitti ASEAN-markkinoille kalan kasvatuksen ympärille rakentuvat suljetun kierron ratkaisut ja kokonaiskonseptit -hot spotin näkökulmasta.

## 4.2 Teollisten symbioosien optimointi ja hallinta

### Hot spotin kuvaus ja valittu markkina-alue

Teollisten symbioosien optimoinnissa ja hallinnassa on kyse ratkaisuista yritysten välisten resurssien ja tarpeiden yhteensovittamiseksi. Ratkaisut voivat sisältää tuotannon suunnittelun ja optimoinnin työkalut teollisten symbioosien tasolla kattaen esimerkiksi usean yrityksen välisen teollisen symbioosin koordinoinnin sekä sivuvirtojen markkinoiden muodostamisen ja logistiikan. Konseptina teollisen symbioosin optimointi ja hallinta sopii hyvin monenlaiseen teolliseen symbioosiin, sillä sen ydinidea on koordinoita sivuvirtoja, jotka voivat kohteesta riippuen olla hyvinkin erilaisia. Tätä hot spot -aluetta voidaan siis soveltaa kaikkiin aiemmin kuvattuun seitsemään teollisten symbioosien näkökulmaan.

Mahdollisia tarjottavia ratkaisuja teollisen symbioosin optimointiin ja hallintaan voidaan lähteä tarkastelemaan useasta tulokulmasta. Kuvaan 35 on hahmoteltu kolme mahdollista lähestymistapaa. Ensimmäisenä tarjottava ratkaisu voi olla teollisten symbioosien muodostumisen fasilointi (kuvassa 35 kohtaamisportaali alueen yrityksille eli sivuvirtojen myyjille ja ostajille). Toiseksi ratkaisu voi liittyä sivuvirtojen tunnistaminen ja niiden käytön tehostaminen (kuvassa 35 market maker). Kolmanneksi ratkaisut voivat olla kokonaisvaltaisia symbioosien hallinnointipalveluita (kuvassa 35 symbioosien hallinnointipalvelut) sisältäen yritysten ja teollisuuden alojen välisen resurssien optimoinnin, koordinoinnin, tarjottavien sivuvirtojen analysoinnin ja laadunvarmistuksen sekä logistiikkapalveluiden suunnittelun ja tarjonnan.



**Kuva 35.** Teollisen symbioosin optimointi ja hallinta.

Mahdollinen toteutustapa edellämainittujen palveluiden tarjoamiseen on kaikille toimijoille avoin kohtaamis- ja tiedonjakoportaali<sup>42</sup>, joka voidaan toteuttaa esimerkiksi karttapohjaisena<sup>43</sup>. Mahdollisia muita toteutustapoja ovat tiettyjen yritysten omistama ja näiden yritysten välisen resurssien koordinoitijärjestelmä eli laajennettu resurssi- ja prosessioptimointi sekä virtuaalinen kauppapaikka, "sivuvirtapörssi", jonne voidaan muodostaa sivuvirtamarkkinat. Lisäksi ratkaisun tarjoaja voi toimia nk. resource brokerina, erityyppisiin sivuvirtoihin ja toimialoihin erikoistuen. Koordinointipalvelut voidaan myös rakentaa jätehuollon ja -logistiikan tarjonnan yhteyteen.

<sup>42</sup> Tällainen kohtaamisportaali on esimerkiksi meriteollisuuden tarpeisiin luotu Shipsu, lisätietoa shipsu.com.

<sup>43</sup> Kierrätystä tehostavaa karttapohjaista GIS-järjestelmää on testattu Saksassa (Oldenburger Munsterlandissa) sekä Itävallassa, lisätietoja esim. [http://www.eco.at/news/docs/1150\\_Eco-Industrial%20Networking%20-%20MMag%20%20Arnulf%20Hasler%20und%20Mag%20%20Birgit%20Tr%C3%A4ger.pdf](http://www.eco.at/news/docs/1150_Eco-Industrial%20Networking%20-%20MMag%20%20Arnulf%20Hasler%20und%20Mag%20%20Birgit%20Tr%C3%A4ger.pdf), viitattu 20.3.2013.

Huomioitavaa toimintamallin valinnassa on se, että sivuvirtojen tehokkaan käytön fasilitoinnin lisäksi myös logistiikka kytkettävä mukaan.<sup>44</sup> Lisäksi on erittäin tärkeää huomioida alueellinen tulokulma, sillä sivuvirtojen markkinat ovat kannattavat va in tietyllä kuljetussäteellä.

Teollisen symbioosin optimoinnin ja hallinnan osalta tarkasteltavaksi kohdemarkkina-alueeksi on valittu Pohjois-Amerikka ja markkina-ajureiden osalta kohdistettu tarkastelu Kaliforniaan. Perustelu valinnalle on se, että teollisten symbioosien optimoinnin ja hallinnan kannalta kriittistä on teollisten jätemarkkinoiden volyymit ja liikevaihto, sillä optimointi- ja hallintapalveluiden tarve on verrannollinen kierrätetävän materiaalin (sivuvirrat, jätteet) määrään. Pohjois-Amerikassa nämä kriteerit täyttyvät; siellä on suuret jätevirrat ja merkittävä liiketoimintavolyymi jätteiden ympärillä sekä kierrätykseen kannustava regulaatio.

### Kohdemarkkinan kuvaus ja arviointi / Pohjois-Amerikka



**Kuva 36.** Pohjois-Amerikan kohdemarkkina-arviointi teollisten symbioosien optimointi ja hallinta -hot spotin näkökulmasta.

<sup>44</sup> Kuluttajapuolelta esimerkkinä Netcycler, jolla on sähköinen kauppapaikka sekä logistiikka järjestetty postikuljetuksin. Tällainen malli on mahdollista laajentaa business-to-business-tasolle. Lisätietoja [www.netcycler.com](http://www.netcycler.com), viitattu 20.3.2013.

**Markkinoiden koko ja kehitysnäkymät ovat erinomaiset.** USA:n teollisen jätteen määrä vuonna 2011 oli 700 miljoonaa tonnia ja sen on ennustettu kasvavan yli 850 miljoonaan tonniin vuoteen 2017 mennessä<sup>45</sup>. Teollisen jätteen ympärillä olevan palveluliiketoiminnan liikevaihto oli 100 miljardia USD vuonna 2011. Huomioitavaa on, että Amerikassa 57 % (2011) teollisesta jätteestä päätyy kaatopaikalle, mikä tarkoittaa huomattavan kierrätyspotentiaalin olemassa oloa. Lisäksi 50 % teollisesta jätteestä tulee rakennusteollisuudesta, jonka kasvunäkymät ovat vahvat.

**Markkinadynamiikka on suotuisa uusille teollisten symbioosien optimoinnin ja hallinnan ratkaisuille.** Perinteiset teollisuuden alat kuten sellu- ja paperiteollisuus ovat kehittäneet prosessioptimointijärjestelmät huippuunsa. Resurssioptimointijärjestelmiä on tarjolla lukuisilla valmistajilla yritysten sisäiseen resurssien ja prosessien optimointiin. Seuraavaksi oleellinen kehitys liiketoiminnan tehostamisen osalta tulisi tapahtua teollisuuden alojen rajapinnoilla, ja tästä johtuen myös yritysten välillä tapahtuvaan tiedon ja resurssien hallintaan tarvitaan ratkaisuja. Erityisesti teollisten symbioosien yhteydessä yritysten välisten resurssi- ja tietovirtojen hallinta on avainasemassa. Yritysten väliseen resurssien hallintaan ja optimointiin järjestelmiä ei toistaiseksi ole laajasti tarjolla, joten odotettavissa on mahdollisesti kysyntä-vetoiset markkinat resurssitehokkuuden merkityksen kasvaessa ja luonnonvarojen niukentuessa.

Kuluttajamarkkinoilla kierrätyksen tehostamisen ratkaisuja on jo (esim. Netcycler). Yritysten välille on rakennettu työpajakonseptilla toimivia palveluja (esim. NISP) sekä tietyille toimialoille kohtaamisportaaleja (esim. Shipsu).

USA:ssa on kehitetty Eco-industrial park (EIP)-konsepti<sup>46</sup>, jonka perusteella 18 kohdetta on rakennettu teolliseksi symbiooseiksi tähtäimenään suljettu kierto. Useat EIP:t ovat osittain epäonnistuneet. Analyysien mukaan tämä on johtunut siitä, että tarkalla sääntelyllä synnytetty symbioosi ei ole kestänyt markkinaehtoisena ja muun muassa alueelle jälkepäin liittyneille toimijoille resurssitehokkuuteen tähtäävä alueen regulaatio on ollut keinotekoinen. Kaliforniassa on kaksi suunniteltua kohdetta (East Shore Eco-Industrial Park, Oakland ja Cabazon Resource Recovery Park, Indio), jotka eivät toteutuneet EIP-laajuudessaan.

USAssa on lukuisia nk. Resource Recovery Parks -kohteita, joissa on pyrkimyksenä tehostaa sekä yhdyskunta- että teollisen jätteen kierrätystä ja hyötykäyttöä. Puistot ovat pääasiallisesti jätteen vastaanottokeskuksia, ja palvelevat pitkälti kuluttajia. Jätteen kierrätyksen lisäksi puistoissa on myös jätteiden jatkojalostusta ja yritysten sivuvirtojen koordinoimiseen liittyvää toimintaa. Puistot ovat useissa kohteissa julkisen sektorin fasilitoimia, mutta niiden tavoitteena on olla liiketoiminnallisesti kannattavia. Kaliforniassa tällaisia kohteita ovat Monterey Resource Recovery Park, Urban Ore Resource Recovery Park ja San Leandro Resource Recovery Park.

<sup>45</sup> Frost & Sullivan (2012), The Global Industrial Waste Recycling & Service Markets, Top Level Market screening & Identification of Country and Industry Hotspots, Final Report, luettavissa: [http://www.tekes.fi/fi/gateway/PTARGS\\_0\\_201\\_403\\_994\\_2095\\_43/http%3B/tekes-ali1%3B7087/publishedcontent/publish/programmes/kestavatalous/documents/lisaa\\_aiheesta/global\\_industrial\\_waste\\_recycling\\_markets\\_report/global\\_industrial\\_waste\\_recycling\\_and\\_services\\_market\\_tekes\\_report\\_v1.pdf](http://www.tekes.fi/fi/gateway/PTARGS_0_201_403_994_2095_43/http%3B/tekes-ali1%3B7087/publishedcontent/publish/programmes/kestavatalous/documents/lisaa_aiheesta/global_industrial_waste_recycling_markets_report/global_industrial_waste_recycling_and_services_market_tekes_report_v1.pdf)

<sup>46</sup> Konsepti on perustettu 90-luvulla The President's Council for Sustainable Development -ohjelmassa. Lisätietoa esim. Chertow, M. R. (2007), Uncovering Industrial Symbiosis, Journal of Industrial Ecology, 11:1 2007, luettavissa: <http://www.rshanthini.com/tmp/CP551/M07R01JofIEUncoveringIndustrialSymbiosis.pdf>, viitattu 20.3.2013.

**Markkina-ajurit ovat hyvät.** Yleisiä ajureita teollisten symbioosien syntymiseen ja tehostamiseen ovat kestävyiden ja resurssiniukkuuden huomioiminen sekä raaka-ainemarkkinoiden volatiliiteetti, jotka kaikki ohjaavat eri aloja etsimään uusia raaka-ainelähteitä. Erityisesti aloilla, joilla jätevolyymit ovat erityisen suuria, kuten rakennusteollisuudessa, resurssiniukkuuskehitys ja resurssitehokkuuden kautta liiketoiminnan kannattavuuden parantaminen ovat merkittäviä ajureita. Muita ajureita ovat myös teollisuuden tuotannon kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen ja ruokaruokaketjupohjaisten raaka-aineiden korvaaminen sivuvirtapohjaisilla raaka-aineilla.

Teollisten symbioosien "fasilitaattoria" puoltavia ajureita ovat yritysten keskittyminen ydinliiketoimintaan ja muun ostaminen palveluna sekä yritysten haasteet kumppaneiden tunnistamisessa muilla teollisuuden aloilla. Sivuvirtojen hinnat voivat myös muodostua markkinaehtoiseksi, kun niistä päästään käymään kauppaa kahdenvälisen sopimusten sijaan, mikä voi innostaa yrityksiä yhteisen kauppapaikan käyttämiseen. Lisäksi resurssien optimointi on hyvin monimutkaista ja mahdollisesti liian suuri rasite symbioosin avainyritykselle, kun mukana on lukuisia toimijoita. USA:ssa ja Kanadassa jätteiden kierrätyksen osalta merkittäviä ajureita ovat monipuoliset luonnonvarat (mineraalit, maatalous) ja niihin perustuva runsas liiketoiminta, mikä luo hyvän pohjan tehokkaiden kierrätysjärjestelmien rakentamiselle. Molemmissa maissa on myös vahva ympäristö- ja jätelainsäädäntö. Pohjois-Amerikassa markkinoiden haasteena ovat alhaiset kaatopaikkamaksut verrattuna kierrätysmaksuihin<sup>47</sup>.

Kalifornia pyrkii aktiivisesti edistämään resurssitehokkuutta. Osavaltio on listannut kierrätyksen eduksi mm. kierrätyksen työllistävyysvaikutuksen, kasvihuonekaasujen vähentämisen sekä arvokkaiden jätteiden hyötykäytön<sup>48</sup>. Kaliforniassa on useita tavoitteita sekä yhdyskuntajätteen että teollisuusjätteen kierrättämiseen liittyen. Näistä esimerkki on *California's 75 Percent Initiative*, jonka tavoitteena on kierrättää, kompostoida tai vähentää kiinteän jätteen osuudesta 75 % vuoteen 2020 mennessä. Kaliforniassa on myös *Mandatory Commercial Recycling Law*, jonka mukaan tietyn koon ylittävien yritysten on kierrätettävä jätteensä. Kalifornia on ottamassa käyttöön myös direktiivin laajennetusta tuottajan vastuusta (Strategic Directive: Extended Producer Responsibility (EPR))<sup>49</sup>, jolla pyritään kehittämään tapoja edistää lakisääteisesti cradle-to-cradle -näkökulman mukaista tuottajan vastuuta, mukaan lukien vastuun antaminen tuottajalle eri materiaalien pois heittämisen seurauksista.

Kaliforniassa on useita toimintatapoja, joilla pyritään edistämään resurssitehokkuutta. Monet toimintatavat ja aloitteet liittyvät toistaiseksi veden ja energiankäytön tehostamiseen toimistotiloissa, mutta on myös laajempia ja kokonaisvaltaisempia sivuvirtojen tehostamiseen pyrkiviä keinoja, joiden pohjalta California's Department of Resources Recycling and Recovery (CalRecycle) työstää osavaltion jätteen kierrätyksen tavoitteita ja ohjelmia sekä toimii tiedotuskanavana yrityksille ja kansalaisille. The California Green Business Programin avulla paikalliset viranomaiset auttavat yrityksiä rakentamaan vihreän toimintamallin. UC Berkeleyn yliopistossa on

<sup>47</sup> Frost & Sullivan (2012), The Global Industrial Waste Recycling & Service Markets, Top Level Market screening & Identification of Country and Industry Hotspots, Final Report, luettavissa: [http://www.tekes.fi/fi/gateway/PTARGS\\_0\\_201\\_403\\_994\\_2095\\_43/http%3B/tekes-ali1%3B7087/publishedcontent/publish/programmes/kestavatalous/documents/lisaa\\_aiheesta/global\\_industrial\\_waste\\_recycling\\_markets\\_report/global\\_industrial\\_waste\\_recycling\\_and\\_services\\_market\\_\\_\\_tekes\\_report\\_v1.pdf](http://www.tekes.fi/fi/gateway/PTARGS_0_201_403_994_2095_43/http%3B/tekes-ali1%3B7087/publishedcontent/publish/programmes/kestavatalous/documents/lisaa_aiheesta/global_industrial_waste_recycling_markets_report/global_industrial_waste_recycling_and_services_market___tekes_report_v1.pdf)

<sup>48</sup> CalRecycle, luettavissa: <http://www.calrecycle.ca.gov/>, viitattu 20.3.2013.

<sup>49</sup> CalRecycle, luettavissa: <http://www.calrecycle.ca.gov/>, viitattu 20.3.2013.

tutkimusyksikkö *The Center for Resource Efficient Communities*. Kaliforniassa on myös pääasiassa vesi- ja energiatehokkuuteen keskittyvä rahoittaja, FARECal (the Financing Authority for Resource Efficiency of California).

## Ratkaisun toimivuus

**Ansaintalogiikan osalta tähän hot spotiin liittyy useita mahdollisuuksia, mutta myös haasteita.** Teollisen symbioosin optimointiin ja hallintaan tähtäävien palvelujen ansaintalogiikalle on useita vaihtoehtoja, jotka riippuvat kohdemarkkinaa enemmän tarjotun ratkaisun muodosta. Kun kyseessä on resurssien optimointijärjestelmä tai muu vastaava ohjelmisto, jota myydään esimerkiksi teollisen symbioosin avainyrityksille, tulot tulevat järjestelmäkehityksestä maksettavasta palkkiosta ja/tai lisenssoinnista. Kohtaamisportaalien ja kauppapaikkojen tulot voivat muodostua liittymismaksuista, syötettävien tietojen verifiointista perittävästä maksusta ja/tai mikromaksuina tietyinä osana kaupankäynnin volyyymiin tai toteutuneeseen kauppahintaan perustuen<sup>50</sup>. Teollisen symbioosin osapuolille tai mahdollisille uusille teolliseen symbioosiin liittyville yrityksille voidaan tarjota palvelumaksuun tai tunti-hinnoitteluun perustuen täsmennettyä tiedonhakua ja -tuottamista. Tämä tiedontuottaminen voi olla "sivuvirtakonsultointia" eli selvityksen ja analyysin tekemistä alueen yritysten jätevirroista ja raaka-ainetarpeista ja tietopankin muodostamista eri sivuvirtojen hyötykäyttö- ja kierrätysmahdollisuuksista sekä hinnoista. Lisäksi tähän voi liittyä yritysten match making, kontaktitietoineen ja suosituksineen.

Palvelut voivat myös olla success fee -perusteisia konsulttipalveluita, esim. partnereiden löytämiseen ja resurssitehokkuuden parantamiseen<sup>51</sup> liittyen. Liiketoiminta voi myös perustua alueen avainyritysten ja esimerkiksi suomalaisen toimijan perustaman yhteisyrityksen pohjalle. Haasteena on löytää toimiva ansaintalogiikka, jonka hyödyt osataan kommunikoida mahdollisen symbioosin yrityksille, joille vahvasti sivuvirtojen hyödyntämiseen perustuva ajattelu voi olla totutusta poikkeavaa ja vierasta.

**Täydennystarve on hyvä.** Teollisten symbioosien optimointiin ja hallintaan tarjottavien ratkaisujen osalta täydennystarvetta on, mutta myös haasteita. Haasteet liittyvät toisaalta tarjottavaan ratkaisuun ja sen ansaintalogiikkaan, kuten edellä on esitetty, toisaalta myös oikeiden toimijoiden löytämiseen. Markkinoilla ei tällä hetkellä ole yritysten ja teollisuuden alojen rajojen ylittäviä optimointi- ja hallintapalveluita tarjoavia yrityksiä. Järjestelmä- ja ohjelmistomarkkinat ovat keskittyneet yritysten sisäisten prosessien optimoimiseen. Haasteena on löytää teollinen symbioosi tai sen aihio, joka on valmis maksamaan symbioosin optimoinnin ja hallinnan palveluista.

**Monistettavuus on hyvä.** Optimointi- ja hallintakonseptit ovat monistettavissa useille toimialoille, samaan tapaan kuin nykyiset yritysten sisäiset resurssienhallintajärjestelmät soveltuvat erilaisille yrityksille toimialasta riippumatta. Mahdolliset optimointi- ja hallintajärjestelmät ovat monistettavissa myös jo olemassa olevista malleista, kuten resurssioptimoinnin it-järjestelmistä tai erilaisista kohtaamisportaalista ja virtuaalisista kauppapaikoista<sup>52</sup> muilta toimialoilta. Huomioitavaa kuitenkin on, että hallinta- ja optimointipalvelua tarjoavan toimijan tulee myös ymmärtää teollisen symbioosin toimijoiden toimialaa ja sivuvirtojen ominaisuuksia, jotta tar-

<sup>50</sup> Vertaa esimerkiksi Paypal, jonka ansaintalogiikka perustuu mikromaksuihin.

<sup>51</sup> Vertaa esimerkiksi energiansäästön ESCO-malli, jossa ansainta on sidottu energiansäästöihin.

<sup>52</sup> Vertaa esimerkiksi palvelut kuten Shippu.com, Keikkatori.com, ICTportti.com, Huuonet ja Hilma.

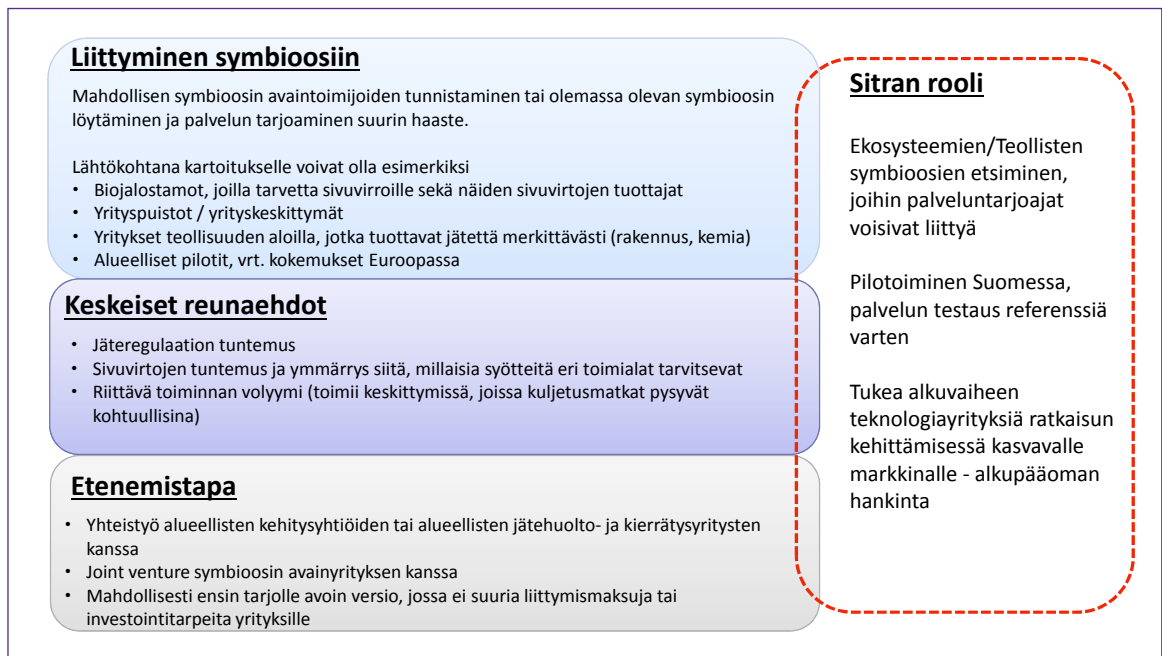


jottava palvelu varmasti toimii halutusti eli kestävän liiketoiminnan ja resurssitehokkuuden edistäjänä.

**Resurssitehokkuus on erinomainen.** Teollisten symbioosien optimointi ja hallinta tähtää resurssien käytön tehostamiseen. Optimoinnilla pyritään korvaamaan neitseellisiä raaka-aineita sivuvirtapohjaisilla kierrätysvirroilla. Ideaalisesti toimiva teollinen symbioosi käyttää hyvin vähän uusia raaka-aineita ja hyötykäyttää kaikki sivuvirtansa ja jätteensä. Tavoitteena voivat olla jopa paikalliset, suljetun kierron ekosysteemit.

## Reitti markkinoille / Pohjois-Amerikka

Teollisen symbioosin optimoinnin ja hallinnan osalta tärkeintä on teollisen symbioosin aihion ja avainyritysten tunnistaminen, jotta löydetään oikeat toimijat, joille palvelua tarjotaan. Mahdollinen reitti on myös liittyminen yhteen alueellisten kehitysyhtiöiden ja kierrätyskeskusten (vrt. Resource Recovery Parks ja CalRecycle) kanssa, sillä näillä toimijoilla on jo tuntuma alueen yrityksiin ja jätevirtoihin. Avain-toimijoiden tunnistamisen lisäksi tärkeää markkinoille pääsyn kannalta on sivuvirtojen ja niihin liittyvän regulaation tunteminen. Mahdollinen reitti markkinoille on hahmoteltu tarkemmin kuvassa 37.



**Kuva 37.** Reitti Pohjois-Amerikan markkinoille teollisten symbioosien hallinta ja optimointi -hot spotin näkökulmasta.

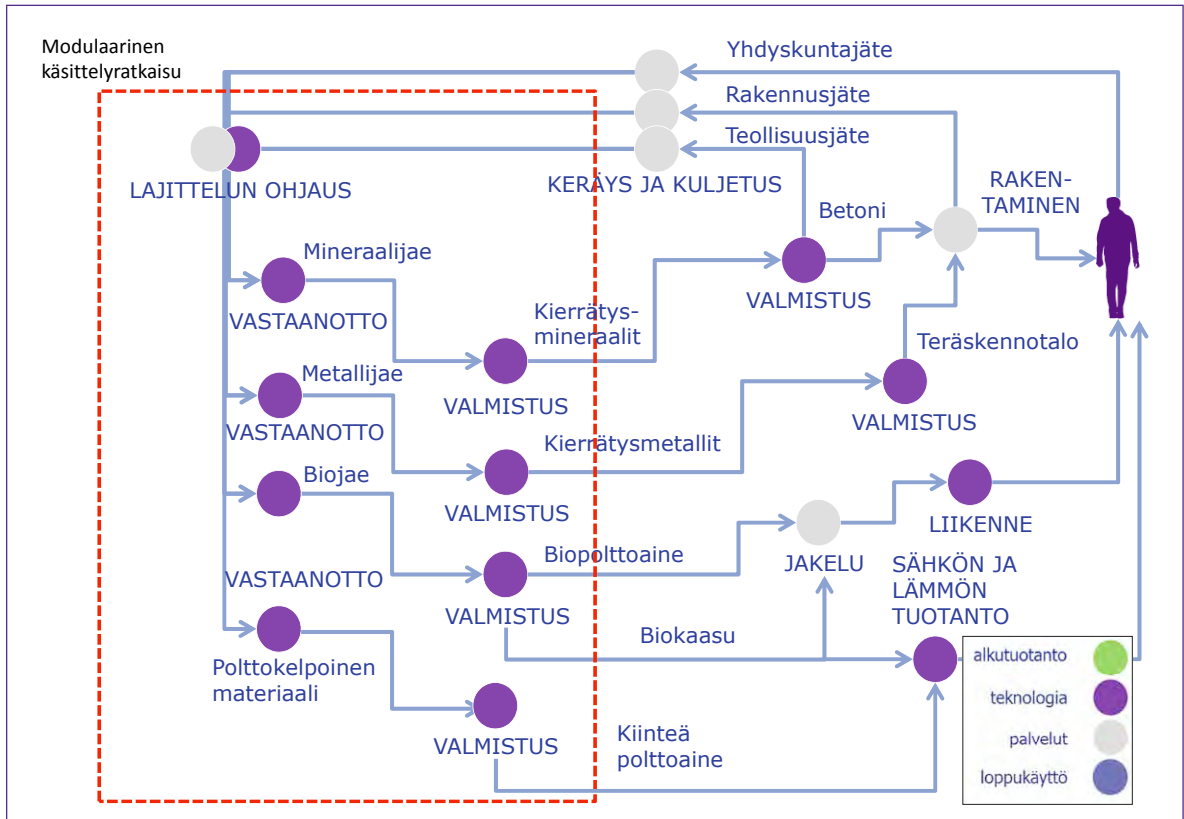


## 4.3 Jätteiden ja sivuvirtojen uusiokäytön modulaariset ratkaisut

### Hot spotin kuvaus ja valitut markkinat

Jätteitä ja sivuvirtoja voidaan hyödyntää myytävänä uusioraaka-aineina, mutta tehokas hyödyntäminen vaatii riittävät paikalliset volyymit, räätälöitävän käsittelyratkaisun ja konseptin sekä toimivan logistisen kokonaisuuden. Jätteiden ja sivuvirtojen modulaariset ja integroitavat, paikalliseen yhdyskunta- ja toimialarakenteeseen räätälöitävät käsittelyteknologiat tarjoavat mahdollisuuden sivuvirtojen tehokkaaseen hyödyntämiseen. Toimintamalli vaatii perinteisten toimialarajojen ylittämistä. Pelkän teknologisen ratkaisun lisäksi tarpeen voi olla järjestää käytännössä sivuvirtojen käsittely ja logistiikka eli tarjota kokonaiskonsepti; teollisten symbioosien optimointi ja hallinta (ks. luku 4.2). Teknologiatoimittajat voivat myös saada kilpailuetua huomioimalla teollisen symbioosin vaatimat toimintatavat omissa ratkaisuissaan.

Modulaarisuus on toimintamallin ytimessä. Teollisuuden ja yhdyskuntien sivuvirtojen käsittelyn modulaarisuuteen voisi kiinnittää huomiota esimerkiksi tarjoamalla konttikokoluokan jätteiden ja sivuvirtojen lajittelulaitteita, kierrätysmineraalin prosessointikontteja, polttokelpoisen jakeen pelletöintikontteja, CHP-kontteja, biokaasulaitoskontteja, jne. Yhteisenä periaatteena olisi, että eri moduulit, jotka tulevat mahdollisesti eri valmistajilta, olisivat helposti toisiinsa liitettävissä järkeväksi, paikallisen toimintaympäristön mukaan räätälöidyksi, skaalautuvaksi kokonaisuudeksi. Konseptia tulee myös räätälöidä paikallisesti kytkien mukaan jakeiden logistiikka, palveluyrittäjät ja muu olemassa oleva infrastruktuuri. Lopputuloksena olisi suomalaisten ja paikallisten toimijoiden muodostama jätteiden ja sivuvirtojen uusiokäytön teollinen symbioosi, joka hyödyntäisi keskeisissä osissaan suomalaista teknologiaa (ks. kuva 38).



**Kuva 38.** Jätteiden ja sivuvirtojen uusiokäytön modulaaristen ratkaisujen esimerkkikonsepti.

Tarkasteltaviksi kohdemarkkinoiksi valittiin Venäjä ja Kiina, koska Venäjällä on vahva luonnonvaroja jalostava teollisuus ja koska vanhojen kaupunkien jäte- ja hygieni-ongelmat luovat maan jätehuollon tarpeille erityispiirteitä. Kiinassa puolestaan uudet, kehittyvät kaupungit, keskiluokan kasvu ja monipuolinen teollisuus tarjoavat toisen kiinnostavan ympäristön jäteratkaisujen kehittämiseksi.

### Kohdemarkkinan kuvaus ja arviointi

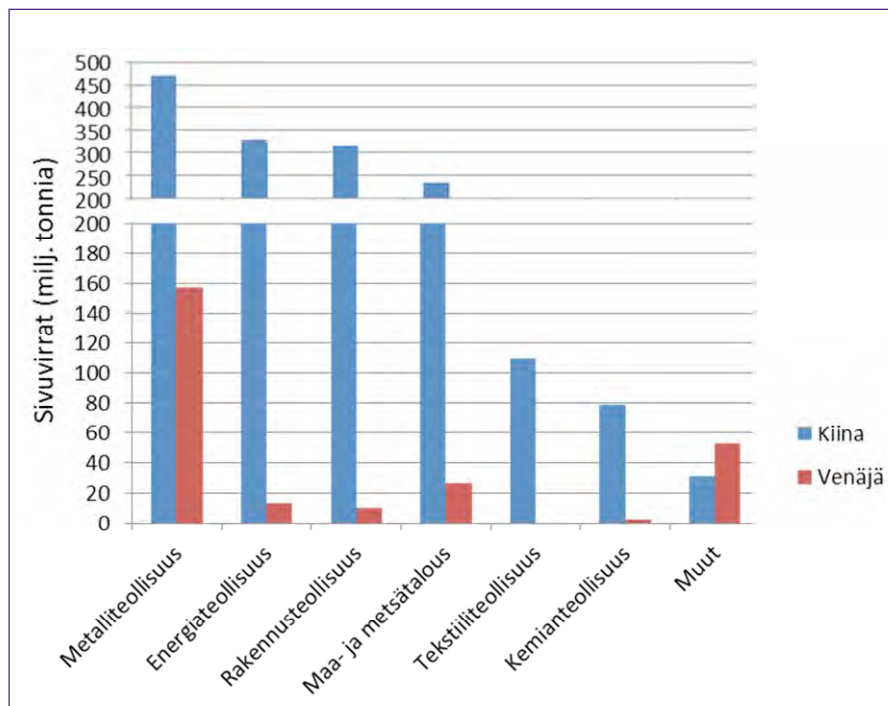


**Kuva 39.** Venäjän kohdemarkkina-arviointi jätteen ja sivuvirtojen uusiokäytön modulaariset ratkaisut -hot spotin näkökulmasta.



**Kuva 40.** Kiinan kohdemarkkina-arviointi jätteen ja sivuvirtojen uusiokäytön modulaariset ratkaisut -hot spotin näkökulmasta.

**Markkinoiden koko ja kehitysnäkymät ovat Kiinassa erinomaiset ja Venäjällä hyvät.** Teollisuuden jätteen määrä Venäjällä on noin 400 miljoonaa tonnia vuodessa ja Kiinassa 2 400 miljoonaa tonnia vuodessa. Teollisuuden jätteen koostumus eroaa Kiinassa ja Venäjällä selvästi toisistaan. Venäjällä merkittävintä jätettä tuottava teollisuudenala on metalliteollisuus, josta syntyy noin 60 % kaikista sivuvirroista. Kiinassa metalliteollisuuden, energiantuotannon ja rakennusteollisuuden jätteet ovat kukin noin 20–30 % kaikista teollisuuden jätevirroista (ks. kuva 41).



Kuva 41. Teollisuuden jätteen koostumus Kiinassa ja Venäjällä<sup>53</sup>.

Kiinassa syntyy yhdyskuntajätettä 250 kg vuodessa henkeä kohti, määrän ollessa Venäjällä lähes kaksinkertainen, 480 kg. Väestön määrän erojen takia Kiinan yhdyskuntajätteen kokonaismäärä 336 miljoonaa tonnia vuodessa on kuitenkin lähes nelinkertainen Venäjään verrattuna, jossa yhdyskuntajätettä syntyy 68 miljoonaa tonnia vuosittain<sup>54</sup>.

Teollisuusjätteen määrän ennustetaan kasvavan Venäjällä noin 10 % ja Kiinassa 16 % vuodessa seuraavien viiden vuoden aikana, jo tällä hetkellä maat ovat suurimpien teollisuusjätteen tuottajien joukossa.<sup>55</sup>

Molemmissa maissa myös yhdyskuntajätteen määrän odotetaan kasvavan, Venäjällä lähinnä kaupungistumisen myötä, Kiinassa väestön ja erityisesti keskiluokan kasvun sekä kaupungistumisen myötä. Kehittyvissä maissa yhdyskuntajätteen asukas-kohtainen määrä kasvaa lähes lineaarisesti yhdyskunnan koon kasvaessa 500 000 asukkaasta 6 miljoonaan (200 gm/cap/d → 500 gm/cap/d)<sup>56</sup>. Venäjälle ja Kiinalle on yhteistä jätemarkkinoiden voimakas kasvu lähivuosina.

<sup>53</sup> Frost & Sullivan (2012), The Global Industrial Waste Recycling & Services Markets, Final Report, October 2012.

<sup>54</sup> OECD (2013), OECD Factbook 2013, Economic, Environmental and Social Statistics.

<sup>55</sup> Frost & Sullivan (2012), The Global Industrial Waste Recycling & Services Markets, Final Report, October 2012.

<sup>56</sup> Chandrappa ja Das (2012), Solid Waste Management, Principles and Practice, Springer Verlag.

Molemmilla markkina-alueilla kaupungistumiskehitys luo materiaalikierron infrastruktuurille liiketoimintamahdollisuuksia, kun yhdyskuntajätettä syntyy yhä enemmän melko rajatuilla kaupunkialueilla. Venäjällä kaupungistuminen keskittyy vanhoihin kaupunkeihin ja niiden kasvuun. Kiinassa syntyy myös uusia kaupunkeja ja teollisuuspuistoja, joissa voidaan hyödyntää kokonaisvaltaista ekologista lähestymistapaa suunnitteluvaiheesta lähtien.

**Markkinadynamiikassa on sekä mahdollisuuksia että haasteita.** Kustannustehokkuus on keskeinen kilpailutekijä jätteiden ja sivuvirtojen käsittelyssä. Alhaisen työvoimakustannuksen takia teknologian ei välttämättä tarvitse olla tarkastelluilla kohdemarkkinoilla yhtä korkealla tasolla kuin länsimaissa. Olennaista on pyrkiä kohdentamaan toiminta niihin paikallisiin jätejakeisiin ja sivuvirtoihin, joista saadaan käsittelyn jälkeen myyntituloa. Näin voidaan vähentää riippuvuutta mahdollisista porttimaksuista ja tehdä käsittelystä kustannustehokasta myös kohdemarkkinoiden heikon ympäristösääntelyn toimintaympäristössä. Tämä on ansaintalogiikan kannalta merkittävin haaste: mahdollistaako myyntituotteista saatava hinta käsittelyratkaisuun tarvittavan investoinnin.

Kiinassa ja Venäjällä markkinoille tulon tekee haasteelliseksi markkinoiden vahva paikallisuus sekä heikon lainvalvonnan mahdollistamat väärinkäytökset ja jätteiden kaataminen luontoon.

Yhdyskuntajätteiden käsittelylle on olemassa vakiintuneet menetelmät, joiden kustannustehokkuuden kanssa voi olla vaikeaa kilpailla. Sen sijaan kohdemarkkinoiden yhteiskunnan kehittymisen muutos ja laajempi näkökulma huomioiden myös teollisuuden sivuvirrat ja jätteet voivat avata uusia kierrätysmahdollisuuksia, joita ei vielä ole osattu hyödyntää.

Modulaarinen ja kaupunkirakenteen muuttuessa purettavissa, liikuteltavissa tai kasvatettavissa oleva järjestelmä voisi koostua ensin paikallisen teollisuuden ja yhdyskunnan kiinteän jätteen esikäsittely- tai lajittelujärjestelmästä ja tähän liitettävistä käsittelyprosesseista. Modulaarinen sivuvirtojen hyödyntämisen konsepti olisi kiinnostava erityisesti paikoissa, joista puuttuu vakiintunut kierrätysinfrastruktuuri, mutta joista löytyy paikalliset isot materiaalivolyymit ja kierrätysmateriaalien markkinat. Tällaisia ovat kohdemarkkinoilla erityisesti voimakkaasti kasvavat kaupunkiseudut ja uudet kaupungit ja teollisuusalueet. Konseptin monistettava ja siirrettävä luonne vähentää investoinnin riskiä ja helpottaa markkinoille tuloa. Modulaarinen rakenne voi tuottaa polttokelpoisesta jakeesta paikallista energiaa, mikä on merkittävä etu erityisesti paikoissa, joissa energiainfrastruktuuri on heikko.

Jätteiden ja sivuvirtojen kustannuskilpailukyky syntyy siitä, että liiketoiminta ei perustu pelkästään jätteiden hävittämiseen, vaan että osa tuotosta syntyy tarjoamalla sivuvirtoja uudelleen hyödynnettäviksi. Kun jätteestä, jota kukaan ei halua, tulee raaka-aine, jolla on arvoa, niin se väistämättä lisää myös käsittelyketjun vastuullisuutta ja resurssitehokkuutta.

Sivuvirtojen hyödyntäminen raaka-aineena vaatii usein perinteisten toimialarajojen ylittämistä. Yksittäisen teknologiatoimittajan voi olla tällöin vaikea löytää liiketoimintamahdollisuutta, sillä sivuvirran tuottajalla harvoin on halua laajentaa toimintaansa sivuvirran jatkokäsittelyyn ja myyntiin uudelle liiketoiminta-alalle. Sama koskee myös mahdollisia sivuvirran hyödyntäjiä. Käytännössä teollisen symbioosin synnyttäminen saattaa siis vaatia, että tarjotaan pelkän teknologisen ratkaisun lisäksi to-

dellinen käytännöllinen ratkaisu eli tarjoudutaan järjestämään sivuvirtojen käsittely. Teknologiatoimittajan lisäksi tarvitaan siis täydentävä yritys, jolla on halukkuutta ottaa operatiivinen vastuu jätteiden ja sivuvirtojen käsittelyn järjestämisestä.

Toisaalta suomalaiset teknologiatoimittajat voivat saada ylimääräistä kilpailuetua huomioimalla teollisen symbioosin vaatimat toimintatavat omissa tuotteissaan. Oikeanlaisella suunnittelulla voidaan tarjota suoraan teollisen symbioosin toimintaa tukevia koneita ja laitteita.

**Markkina-ajurit tarjoavat Kiinassa hyvät mahdollisuudet ja Venäjälläkin on mahdollisuuksia.** Markkina-ajurit on koottu taulukkoon 1.

**Taulukko 1.** Sivuvirtojen ja jätteiden käsittelyratkaisujen markkina-ajurit Venäjällä ja Kiinassa.

Positiiviset markkina-ajurit	Negatiiviset markkina-ajurit
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kustannustehokas jätteiden ja sivuvirtojen käsittely myyntikelpoisiksi uusiotuotteiksi</li> <li>• Resurssiniukkuuden ja ympäristön pilaantumisen aiheuttamat vaatimukset resurssitehokkuudelle</li> <li>• Voimakkaan kaupungistumiskehityksen aiheuttama kasvava materiaalien käsittelyratkaisujen ja paikallisen energiantuotannon tarve</li> <li>• Teollistumiskehityksen aiheuttama sivuvirtojen ja jätteiden käsittelyn tarve</li> <li>• Sosiaalisten ongelmien ratkaisutarve: liete ja jäteongelmat, siisteys, terveellisyys</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heikon ympäristösääntelyn kautta jätteiden tehokkaalle käsittelylle ei ole voimakasta sääntelykannustetta ja jätettä myös kaadetaan luontoon</li> <li>• Lainsäädännöllisen toimintaympäristön haasteet, esim. protektionismi ja oman tuotannon tuki</li> <li>• Tottumus perinteisiin jätteenkäsittelymenetelmiin voi vaikeuttaa yhdyskuntajätteen keräyksen toteuttamista</li> </ul>

## Ratkaisun toimivuus

**Ansaintalogiikkaan sisältyy sekä mahdollisuuksia että haasteita.** Jätehuollon ja sivuvirtojen ratkaisuisa kustannuskilpailukyyn kannalta on keskeistä, että liiketoiminta ei perustu pelkästään jätteiden hävittämiseen, vaan osa tuotosta syntyy tarjoamalla sivuvirtoja ja jalosteita välituotteina uudelleen hyödynnettäviksi. Lisäksi ratkaisun tulee olla riittävän laaja mahdollistaakseen riittävät syötemäärät ja eri jakeiden kustannustehokkaan käsittelyn. Ansaintalogiikan kannalta merkittävin haaste on varmistaa, että myyntituotteilla ja vastaanottomaksuilla katetaan investointi käsittelylaitteistoon.

**Täydennystarve on hyvä.** Jätehuollon ja sivuvirtojen hyödyntämisessä on kehitettävää molemmilla markkinoilla. Tehokkaille, paikallisiin tarpeisiin räätälöityville ratkaisuille on tarvetta, mutta markkinoille pääseminen vaatii hyvät, paikalliset olosuhteet tuntevat kumppanit.

**Monistettavuus on erinomainen.** Modulaarisia yksiköitä on helppo hyödyntää erilaisissa ympäristöissä. Yhdistelemällä erilaisia yksiköitä ja muokkaamalla liityntäpintoja olemassa olevaan infrastruktuuriin sopivaksi perusmalleja voidaan hyödyntää laajasti eri puolilla markkina-alueita.

**Resurssitehokkuus on erinomainen.** Jätteiden ja sivuvirtojen aiempaa tehokkaampi hyödyntäminen vähentää neitseellisten raaka-aineiden tarvetta ja parantaa näin resurssitehokkuutta. Jätepohjaisella raaka-aineella voidaan korvata fossiilisia raaka-aineita energiantuotannossa ja kemianteollisuudessa.

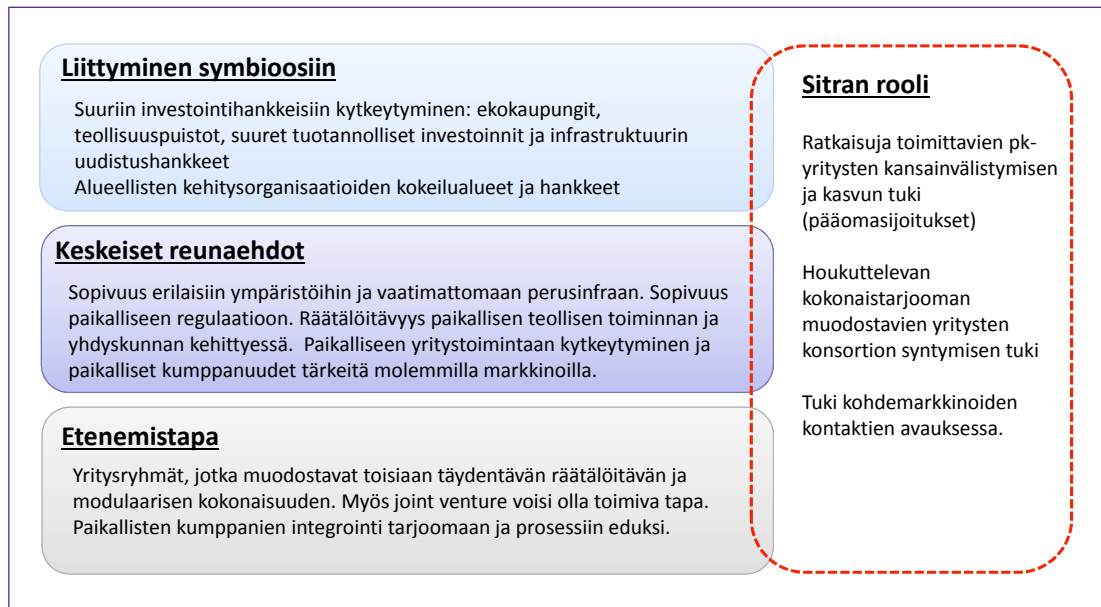
## Reitti Venäjän ja Kiinan markkinoille

Venäjällä modulaarisille jätehuollon järjestelmille on kysyntää erityisesti vajavaisesti käsiteltyjen jätevirtojen yhteydessä ja silloin, kun kyetään tuottamaan myyntikelpoisia uusiotuotteita. Jätteen odotetaan kasvavan tulevaisuudessa erityisesti metalliteollisuuden kohdalla. Yhdyskuntajätteiden käsittelyjärjestelmille on kysyntää kasvavissa kaupungeissa, joissa vanha infrastruktuuri saattaa kuitenkin asettaa uusien järjestelmien luomiselle omat haasteensa. Suomalaisille yrityksille Venäjän markkinat näyttävät kiinnostavina myös suurimpien kaupunkien maantieteellisen läheisyyden sekä aiempien yhteistyökokemusten ansiosta. Venäläisen toimintakulttuurin tunteminen ennestään helpottaa markkinoille pääsyä myös uusilla toimialoilla.

Kiinassa teollisuuden monipuoliset kasvavat sivuvirrat tarjoavat mielenkiintoisia mahdollisuuksia jätteiden ja sivuvirtojen käsittelyratkaisuille. Myös nopea kaupungistuminen, kuluttajien elintason nousu ja kaupunki-infrastruktuurin rakentaminen kokonaan uusille alueille tarjoavat kiinnostavan toimintaympäristön modernien jätteiden käsittelyratkaisujen kehittämiseksi.

Suomalaisyrittäjille luonteva tapa päästä mukaan Venäjän ja Kiinan jätekäsittelyjärjestelmien markkinoille on linkittyä suuriin investointi- ja kokeiluhankkeisiin. Markkinoille pyrittäessä on tärkeää ymmärtää erilaisten fyysisten ja poliittisten toimintaympäristöjen asettamat vaatimukset. Markkinoille astuminen on tehokkainta hyvien paikallisten kumppaneiden kanssa yhteistyössä (kuva 42).





**Kuva 42.** Reitti Kiinan ja Venäjän markkinoille jätteiden ja sivuvirtojen uusiokäytön modulaariset ratkaisut -hot spotin näkökulmasta.

## 4.4 Biojalostamoiden tuotannon laitteistot, hallinta ja optimointi

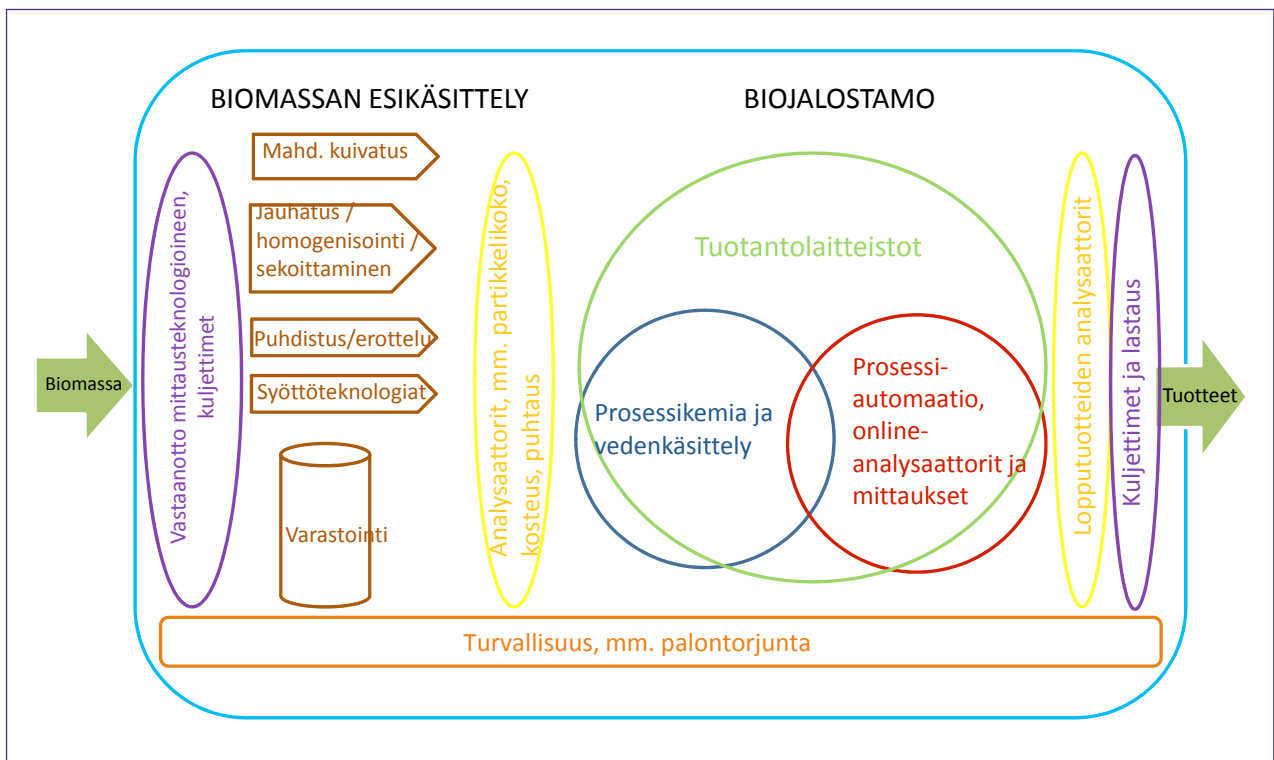
### Hot spotin kuvaus ja valitut markkinat

Biomassasta monipuolisia tuotteita, kuten materiaaleja, kemikaaleja ja biopolttoaineita valmistavien biojalostamoiden tuotantolaitteistoille ja laitteistojen suunnittelulle sekä konseptoinnille on kasvava markkinatarve<sup>57</sup>. Biojalostamon tuotannon laitteistojen hallinta ja optimointi on ensiarvoisen tärkeää prosessien resurssi- ja kustannustehokkuuden saavuttamiseksi. Biojalostamoprosessien tehokkuutta voidaan parantaa merkittävästi mm. prosessiautomaatiolla, prosessin optimoinnilla ja prosessikemian hallinnalla. Uusissa prosesseissa tehostamispotentiaali on tyypillisesti erittäin merkittävä verrattuna vakiintuneisiin prosesseihin. Lisähaastetta tuo myös siirtyminen sivuvirtapohjaisiin raaka-aineisiin, jotka ovat heterogeenisiä ja vaativat esikäsittelyä ja tehostettua raaka-aineen laadun hallintaa ja testausta.

Tuotantolaitteistojen lisäksi biojalostamoinvestointi pitää sisällään kokonaiskonseptin ja biojalostamon osaprosessien suunnittelutyön, prosessiautomaation, prosessikemian sekä vedenkäsittelyn. Erityyppisten biomassojen käsittely niin vastaanotossa kuin esikäsittelyssä, varastoinnissa, kuljettamiseen ja syöttöteknologioineen vaatii erityisosaamista ja ymmärrystä biomassoista. Laadunhallinta ja turvallisuuden hallinta ovat kokonaisuuksia, joista löytyy paljon liiketoimintapotentiaalia. Laadunhallinnassa tarvetta on sekä kokonaisratkaisuille että pienemmille osille, joita myös pk-yritykset voivat tarjota. Laadunhallinta pitää sisällään mm. online-mittareita ja analysointilaitteita muun muassa raaka-ainetta, prosessia, lopputuotetta ja päästöjä varten.

<sup>57</sup> Tässä tarkastelussa biojalostamo käsitellään laajasti kattaen biomateriaalit, biopohjaiset kemikaalit ja energiatuotteita tuottavat laitokset, pois lukien vakiintuneet teollisuusalat kuten paperiteollisuus.

Turvallisuuden hallintaan sisältyvät esimerkiksi riskien hallinta ja palontorjunta. Myös biojalostamossa muodostuvien sivuvirtojen käsittelyyn tarvitaan ratkaisuja. Kokonaisuutta on kuvattu kuvassa 43.



**Kuva 43.** Biojalostamojen tuotannon laitteistot, hallinta ja optimointi.

Tarkasteltavaksi kohdemarkkinaksi valittiin Eurooppa, jossa olemassa olevan teollisuuden ja biomassojen käsittelyn muodostamat markkinat uusille tehokkaammille ratkaisuille ovat merkittävät ja uusia biojalostamoja rakennetaan vauhdilla.

## Kohdemarkkinan kuvaus ja arviointi



**Kuva 44.** EU-kohdemarkkinan arviointi biojalostamoiden tuotannon laitteistot, hallinta ja optimointi -hot spotin näkökulmasta.

**Markkinoiden koko tarjoaa hyvät mahdollisuudet.** Fossiilisten raaka-aineiden ja luonnonvarojen ehtyessä siirtyminen resurssitehokkaaseen ja kestävään bionalouteen on Euroopassa keskeinen strateginen tavoite. EU on käynnistänyt bionalousstrategiansa (Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe) vuonna 2012. EU:n bionaloussektorin vuosittaiseksi liikevaihdoksi on arvioitu 2 000 miljardia euroa. Bionaloussektori tarjoaa yli 22 miljoonaa työpaikkaa, mikä vastaa noin 9 % EU:n työvoimasta.<sup>58</sup> EU komissio päätti vuonna 2010 tukea biojalostamotutkimusta 52 miljoonalla eurolla neljän vuoden ajan. Lisäksi 81 yliopistoa, tutkimusinstituuttia tai teollisuusyritystä investoi biojalostamotutkimukseen 28 miljoonaa euroa.<sup>59</sup> Euroopan nykyiset biomassavarat ovat 314 Mt ja kestävä käyttöpotentiaali on 375–429 Mt, kestävyyskriteereiden määrittelystä riippuen.<sup>60</sup> EU:n maa-, metsä- ja kalatalousjätteet olivat 39 Mt vuonna 2010, ja ne luovat merkittävän sivuvirtapotentin.

<sup>58</sup> European Commission, Bio-economy strategy, luettavissa [http://ec.europa.eu/research/bio-economy/pdf/201202\\_innovating\\_sustainable\\_growth.pdf](http://ec.europa.eu/research/bio-economy/pdf/201202_innovating_sustainable_growth.pdf), viitattu 23.2.2013.

<sup>59</sup> European Commission, Research & Innovation News Alert, luettavissa <http://ec.europa.eu/research/index.cfm?pg=newsalert&lg=en&year=2010&na=na-010310>, viitattu 23.2.2013.

<sup>60</sup> BE Sustainable, Sustainable biomass supply in EU, luettavissa <http://www.besustainablemagazine.com/cms2/?p=26>, viitattu 14.2.2013.

tiaalin biojalostamoille.<sup>61</sup> Globaali biopolttoainekapasiteetti oli 100 miljoonaa tonnia vuonna 2012<sup>62</sup> ja biokemikaalikapasiteetti 50 miljoonaa tonnia<sup>63</sup>. Biojalostamoita oli vuonna 2012 maailmanlaajuisesti 1 415. Näistä kolmannes (noin 450) sijaitsee Euroopassa, muut pääasiassa Yhdysvalloissa ja Brasiliassa. Lähes kaikki maailmanlaajuiset uudet biojalostamoinvestoinnit keskittyvät ns. edistyneisiin biojalostamoihin, poissulkien mm. ensimmäisen sukupolven biopolttoaineet.

#### **Markkinoiden kehitysnäkymät tarjoavat erinomaiset mahdollisuudet.**

Tämän vuosikymmenen aikana arvioidaan rakennettavan 1 800 biojalostamoita, joista 925 hyödyntää ei-ruoaksi käytettävää biomassaa. Globaalien biojalostamoinvestointien ennustetaan olevan yhteensä 132 miljardia euroa vuosina 2012–2022 ja kapasiteetin saavuttavan 240 miljoonan tonnin vuosimäärän.<sup>64</sup> Biojalostamoinvestoinnin koko vaihtelee merkittävästi biojalostamotyypistä riippuen. Keskimääräinen biojalostamoinvestoinnin koko on 100–150 M€, josta tuotantolaitteistot muodostavat merkittävän osan. Modulaarinen etanolintuotantolaitosinvestointi on esimerkiksi suurusluokaltaan 30 M€, kun taas biodieseliä tuottava Fischer Tropsch kaasutuslaitos vaatii jopa 500 M€:n investoinnin.

**Markkinadynamiikka tarjoaa erinomaiset mahdollisuudet.** Biojalostamoiden tuotantoteknologian markkinoilla osa ratkaisuista riippuu voimakkaasti biojalostamon tuotantotyyppistä, osa ratkaisuista on puolestaan sovellettavissa hyvinkin laajasti. Yksikköprosessien ja tukitoimintojen tuottaminen on usein monistettavaa useisiin eri tuotantolaitostyyppeihin. Tuotannon kokonaiskonseptit voivat myös monistua tehokkaasti ensimmäisen kaupallisen demonstraation myötä.

Teknologiatoimittajat tekevät tyypillisesti t&k -yhteistyötä tuotannollisten toimijoiden kanssa, ja pilotoivat ja demoavat teknologiaa yhdessä, jakaen näin riskiä. Tällöin teknologiatoimittaja saattaa olla rajattu ainakin joksikin aikaa monistamasta samaa konseptia muualle (lead time). Kehitystyö ja pilotointi tapahtuu usein myös laajemmissa vertikaalisissa konsortioissa raaka-ainetoimittajien ja lopputuotevalmistajien kanssa. Tällaiseen toimintaan on saatavissa myös varsin kattavasti julkista t&k -tukea. Ensimmäinen kaupallinen referenssi on keskeisessä avainasemassa. Näitä tuetaan EU-markkinalla mm. investointiavustuksin (esimerkiksi NER-300 New Entrants Reserve).

**Markkina-ajureissa on myös haasteita.** Vaikka pääosin markkina-ajurit ovat positiivisia, investointirahoituksen saatavuus ja öljyn hinta ovat reunaehjoja, jotka saattavat haitata erityisesti biopolttoaineita tuottavien biojalostamojen markkinakehitystä.

<sup>61</sup> Eurostat, Generation of waste, luettavissa [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env\\_wasgen&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wasgen&lang=en), viitattu 5.3.2013.

<sup>62</sup> Green Car Congress, Pike Research forecasts surge in investment and growth in advanced biorefineries through 2022, luettavissa <http://www.greencarcongress.com/2012/09/pike-biorefs-20120922.html>, viitattu 26.2.2013.

<sup>63</sup> NNFCC 2010

<sup>64</sup> Business Wire, Global Investment in New Biorefinery Infrastructure will Total \$170 Billion through 2022, luettavissa <http://www.businesswire.com/news/home/20120926005205/en/Global-Investment-Biorefinery-Infrastructure-Total-170-Billion>, viitattu 25.2.2013.

Taulukko 2. Markkina-ajurit EU:ssa.

Positiiviset markkina-ajurit	Negatiiviset markkina-ajurit
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Halu vähentää riippuvuutta fossiilisista raaka-aineista</li> <li>• Ympäristölainsäädäntö</li> <li>• Biopohjaisten polttoaineiden tavoitteet</li> <li>• Investointituet</li> <li>• Kysyntä biopohjaisille tuotteille</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investointirahoituksen saatavuus</li> <li>• Öljyn hinta</li> </ul>

## Ratkaisun toimivuus

**Ansaintalogiikka on selvä ja mahdollisuudet ovat hyvät.** Biojalostamoja rakennetaan nopealla tahdilla, mikä luo vahvan kysynnän kustannustehokkaille ja toiminnaltaan kaupallisessa demonstraatiolaitoksessa varmennetuille teknologisille ratkaisuille. Biojalostamoiden resurssitehokkuutta voidaan myös parantaa merkittävästi tuotannon laitteistojen hallinnalla ja optimoinnilla. Resurssitehokkuutta parantamalla biojalostamo säästää raaka-ainekustannuksissa sekä energian ja veden käytössä. Erilaiset laadunhallinnalliset teknologiat ja palvelut auttavat varmistamaan tuotteiden laadun ja prosessin sujuvuuden. Tasainen laatu tuo myös kustannussäästöjä, sillä tasalaatuisesta tuotteesta saa paremman hinnan ja hävikki pienenee. Turvallisuudenhallinta laitoksella vähentää onnettomuusriskejä ja sitä kautta mahdollisia merkittäviä lisäkustannuksia.

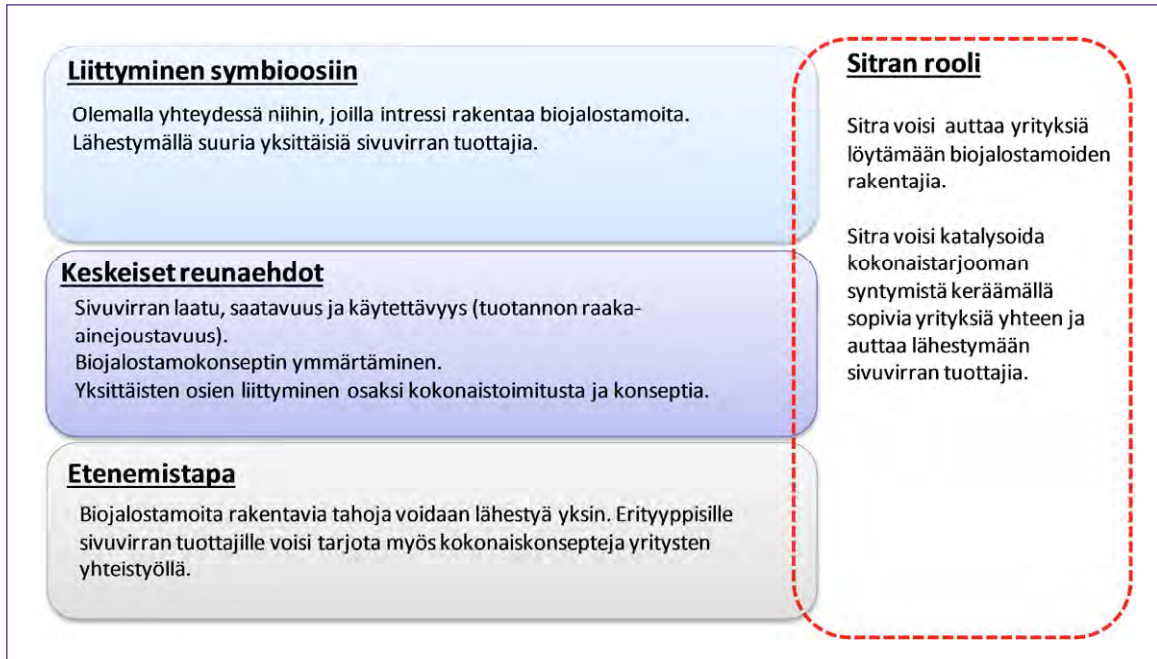
**Täydennystarve on hyvä.** Erityyppisten biomassojen käsittelylle ja uusille biojalostamoteknologioille on selkeä tarve, samoin biojalostamon laitteistojen hallinnalle ja optimoinnille. Kehittyvällä teollisuudenalalla mahdollisia teknologioita ja osaprosesseja on paljon. Laitoskokonaisuuksiin tarvitaan toimivia ja kaupallisesti demostroituja osaratkaisuja, joiden pohjalta biojalostamo suunnitellaan paikalliseen raaka-aineeseen ja tuotetarpeisiin soveltuvaksi.

**Monistettavuus on hyvä.** Vaikka laitteistot riippuvatkin biomassan tyypistä, prosessityypistä ja tuotevalikoimasta, on niiden hallinnassa ja optimoinnissa runsaasti hyvin monistettavia komponentteja. Myös biomassan-, prosessi- ja tuotekohtaiset osaratkaisut ovat monistettavissa ja liitettävissä monenlaisiin kokonaisuuksiin.

**Resurssitehokkuus on erinomainen.** Hyvin suunnitellulla tuotantoprosessilla, tuotannon laitteistoilla sekä niiden optimoinnilla ja laadunhallinnalla vaikutetaan nimenomaan resurssitehokkuuteen sitä parantavasti.

## Reitti markkinoille

Euroopan markkinalla on suunnitteilla paljon biojalostamoinvestointeja. Reitti markkinoille avautuu teknologiatoimittajille yksin tai yhdessä kokonaisratkaisun toimittajina olemalla yhteydessä investointeja suunnitteleviin yrityksiin. Tärkeää on ymmärtää eri kokonaiskonseptit ja oman osaratkaisun rooli niissä.



**Kuva 45.** Reitti EU-markkinalle biojalostamoiden tuotannon laitteistot, optimointi ja hallinta - hot spotin näkökulmasta.

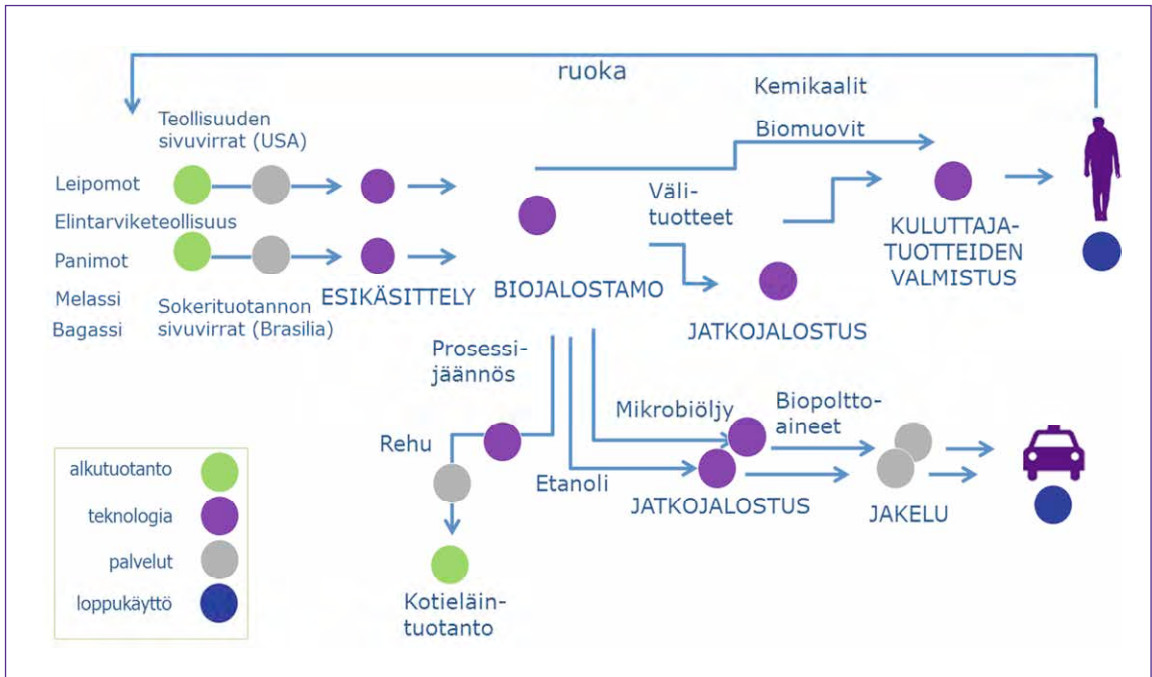
## 4.5 Sivuvirtapohjaisen sokerin tuotanto biojalostamoiden syötteenä

### Hot spotin kuvaus ja valitut markkinat

Sokerin erotus biojalostamon syötteenä tarjoaa useita liiketoimintamahdollisuuksia sekä teknologiatoimittajan että palveluiden osalta. Sivuvirtoja hyödyntävässä laitoksessa sivuvirran vastaanottaminen, esikäsittely, hajottava käsittely (esim. höyryräjäytys, mekaanis-termiskäsittely, kemiallinen käsittely tai happohydrolyysi), entsyymaattinen käsittely sekä ligniinin erotus ja käsittely vaativat erityisosaamista. Prosessin aikana mahdollisesti syntyvät uudet sivuvirrat sekä laitoksen laitteistot, kuten säiliöt, kuljettimet ja analysaattorit, tarjoavat liiketoimintamahdollisuuksia uusille toimijoille.

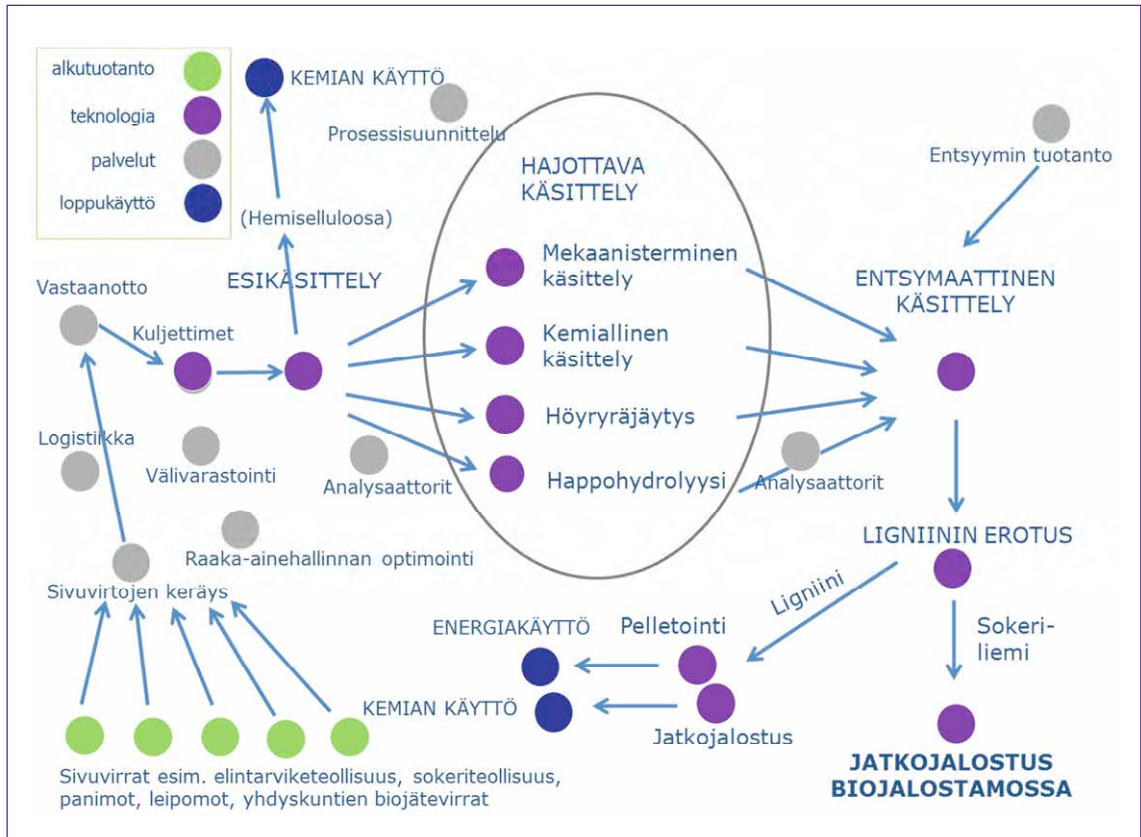
Monet sokerisivuvirrat hyödynnetään tällä hetkellä energiantuotannossa polttamalla tai kaasuttamalla (esim. bagassi). Sivuvirtojen arvoa voidaan nostaa hyödyntämällä niiden sisältämät sokerit korkeamman arvonlisän tuotteissa, esim. kemikaaleissa ja biopolttoaineissa, ja loput energiana. Osaa sivuvirroista hyödynnetään alle tarjolla olevan kapasiteetin (esim. kotitalouksien biojäte).

Yhdysvallat on maailman suurin bioetanolin tuottaja ja kuluttaja Brasilian seuratesa toisena. Molemmassa maissa syntyy myös potentiaalisia, vajaasti hyödynnettyjä sokerisivuvirtoja hyvin erilaisista lähteistä, joten maat olivat luonteva valinta hot spotissa tarkasteltaviksi markkina-alueiksi.



**Kuva 46.** Sivuvirtapohjaisen sokerin tuotanto biojalostamoiden syötteenä, laajempi liiketoimintaekosysteemi.





**Kuva 47.** Sivuvirtapohjaisen sokerin tuotanto biojalostamoiden syötteenä, sivuvirtojen käsittelyn ja sokeriliemen tuotannon liiketoimintaekosysteemi.



## Kohdemarkkinan kuvaus ja arviointi / Yhdysvallat



**Kuva 48.** Yhdysvaltojen kohdemarkkina-arviointi sivuvirtapohjaisen sokerin tuotanto biojalostamoiden syötteeksi -hot spotin näkökulmasta.

**Markkinoiden koko on hyvä.** Yhdysvallat on maailman suurin kansantalous ja sen teollisuus tuottaa myös maailman suurimman määrän jätettä. Vuonna 2011 maassa tuotettiin 686,8 miljoonaa tonnia jätettä, joista kerättiin 631,8 Mt. Maatalouden ja metsäteollisuuden jätteet kattoivat jätteistä 6 % eli 36,72 Mt. Biohajovassa jätteessä on merkittävä potentiaali sivuvirtapohjaisen sokerin tuotannolle. Yhdysvalloissa on noin kolmannes (500) maailman 1 415 biojalostamosta. Maan nykyinen biojalostamokapasiteetti hyödyntää pääasiallisesti ruokaketjun raaka-aineita sekä maatalousjätteitä, lähinnä vehnän olkea. Elintarviketeollisuus, leipomot, panimot, ja metsäteollisuus tarjoavat suurimman potentiaalisen biojalostamoiden syötteeksi tuotettaviksi sivuvirtasokereiksi. Lisäksi yhdyskuntien biojätevirrat muodostavat raaka-ainepotentiaalia erityisesti pikaruokalojen yhteydessä.

**Kehitysnäkymät ovat hyvät.** Yhdysvaltojen väestönkasvu on melko nopeaa useimpiin teollisuusmaihiin verrattuna, joten ravinnontuotantoon liittyvien sivuvirtojen voidaan odottaa kasvavan myös jatkossa. Väestönkasvun myötä myös metsäteollisuuden tuotteiden kulutus kasvaa, mutta metsäteollisuuden tuotanto siirtyy yhä enenevässä määrin Aasiaan ja Latinalaiseen Amerikkaan, joten teollisuudenalan sivuvirtojen ei odoteta kasvavan merkittävästi lähivuosina.

**Markkinadynamiikka on hyvä.** Ravinnoksi kelpaavia raaka-aineita pyritään välttämään useimmilla teollisuuden aloilla. Erityisesti biopohjaisia kuluttajatuotteita tekeillä kemianyrityksillä on vahva strateginen tahtotila kehittää tuotantoaan kohti sivuvirtapohjaisia biomassoja. Tämä tarjoaa merkittäviä kasvavia liiketoimintamahdollisuuksia sokerisivuvirtojen parissa toimiville yrityksille.

Myös regulaatio ja kuluttajakiinnostus kasvattavat biopohjaisten tuotteiden kysyntää. Yhdysvalloissa on asetettu vuosittain kasvavat vähimmäisvaatimukset uusiutuvan polttoaineen osuudelle liikennepolttoaineissa<sup>65</sup>. Pääosa bioetanolista on ollut perinteisesti maissipohjaista, mutta vuonna 2010 käyttöön otettu päivitetty uusiutuvan polttoaineiden standardi (RFS2) huomioi biopolttoaineiden elinkaaren hiilidioksidipäästöt. Päivitetyssä standardissa on asetettu kiintiöt mm. selluloosapohjaiselle etanolille ja biopohjaiselle dieselille. Standardin mukaan vuonna 2022 yli 49 % eli 61 miljoonaa kuutiota Yhdysvalloissa käytettävästä biopolttoaineesta tulee olla selluloosapohjaista etanolia. Vuoden 2011 tavoite oli alle miljoona kuutiota.

Osa maissietanolivalmistajista on jo siirtymässä kohti biojalostamointia vaihtamalla etanolin raaka-ainetta, sekoittamalla maissiin selluloosapohjaisia sokereita, muokkaamalla prosessia siten, että etanolin sijaan valmistetaan butanolia, rakentamalla etanolitehtaan yhteyteen itsenäisiä selluloosapohjaisia tuotantoyksiköitä ja hyödyntämällä etanolin fermentoinnin sivutuotetta, hiilidioksidia, levien kasvattamista varten<sup>66</sup>. Tuotantomuutoksiin vaikuttavat regulaation lisäksi kuivuuden aiheuttamat huonot maissisadot.

Biopolttoaineiden lisäksi biopohjaiset tuotteet valtaavat alaa myös muiden kuluttajatuotteiden parissa. BioPreferred-ohjelma tukee biopohjaisten tuotteiden myyntiä sertifoimalla biopohjaisia tuotteita ja luomalla julkisille hankinnoille biopohjaisten tuotteiden preferenssikategorioita biopohjaisten hankintojen edistämiseksi<sup>67</sup>.

Sokerisivuvirtojen hyödyntämiseen liittyvä kehitystyö tapahtuu tyypillisesti yritysten välisessä yhteistyössä. Teknologia start up-yrityksillä ja kaupallisilla demoilla on tällä merkittävä rooli. Sokerisivuvirtojen markkinoiden kehittymisen edellytys on, että sivuvirtasokerin tuottajat kytkeytyvät vahvasti biojalostamoihin ja niiden erityisiin tarpeisiin, koska Yhdysvalloissa ei vielä ole saatavilla merkittäviä määriä "geneeristä" sivuvirtasokeria. Lisäksi sokeripohjaisten tuotteiden taloudellisen kilpailukykyyn tulee olla riittävän hyvä vaihtoehtoisiin tuotteisiin verrattuna.

**Markkina-ajureiden osalta mahdollisuudet ovat hyvät, mutta ne aiheuttavat myös haasteita.** Markkina-ajurit on esitetty taulukossa 3.

<sup>65</sup> United States Environmental Protection Agency (EPA), Renewable Fuel Standard, luettavissa: <http://www.epa.gov/otaq/fuels/renewablefuels/index.htm>, viitattu 20.3.2013

<sup>66</sup> BiofuelsDigest, The Biorefinery Project of the Future –Today, luettavissa <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2013/02/20/the-biorefinery-project-of-the-future-today/>, viitattu 25.2.2013

<sup>67</sup> US Biopreferred, luettavissa <http://www.biopreferred.gov/>, viitattu 20.3.2013.

Taulukko 3. Yhdysvaltojen markkina-ajurit.

Positiiviset markkina-ajurit	Negatiiviset markkina-ajurit
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suuri määrä biopohjaista sivuvirtaa</li> <li>• Tarve siirtyä pois ruokaketjun raaka-aineista (esim. biopohjaiset kemialliset tuotteet ja EU-vientiin suuntautuvat tuotteet)</li> <li>• Uusiutuvan polttoaineen standardi lisää biopohjaisten polttoaineiden kysyntää vuosittain</li> <li>• Jäte- ja ympäristölainsäädäntö</li> <li>• Investointien edistäminen</li> <li>• BioPreferred-ohjelma edistää biopohjaisten kemikaalien käyttöä kuluttajatuotteissa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaihtelevat lainsäädäntöjen täytäntöönpanot eri osavaltioissa</li> <li>• Sivuvirtojen esikäsittelyratkaisujen kehittymättömyys</li> </ul>

## Ratkaisun toimivuus / Yhdysvallat

**Ansaintalogiikan osalta mahdollisuuksia on, mutta myös haasteita.** Yhdysvalloissa teollisuuden sokerisivuvirrat hyödynnetään usein suoraan teollisuuden omassa suoraan energiantuotannossa polttamalla tai kaasuttamalla, sen sijaan että niitä hyödynnettäisiin korkeamman jalostusarvon tuotteissa. Osavaltioista riippuen myös yhdyskuntien biojätteen hyödyntämisessä on usein runsaasti kehitettävää. Riippumatta sivuvirran lähteestä, haasteena on biomassan keräysketjun tehostaminen, jotta sivuvirtojen tehokkaammasta hyödyntämisestä saadaan kannattavaa.

**Täydennystarve on erinomainen.** Sivuvirtojen hyödyntäminen biojalostamoiden raaka-aineena vaatii sivuvirtojen keräämisen ja prosessoinnin biojalostamoihin sopivaksi raaka-aineeksi. Paikallisiin tarpeisiin soveltuville kuljetus- ja esikäsittelyjärjestelmille on kysyntää, kun sivuvirtojen hyödyntämistä tehostetaan.

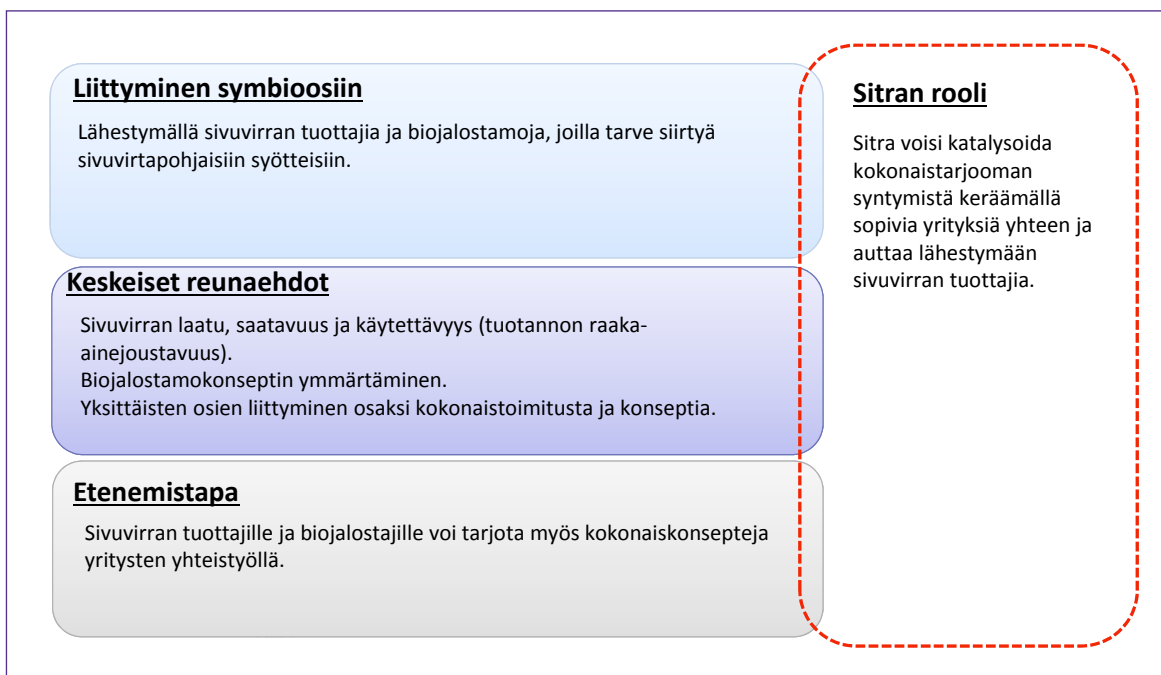
**Monistettavuus on hyvä.** Sivuvirtojen tehokkaampi hyödyntäminen biojalostamoiden raaka-aineena vaatii sivuvirtojen keräämisen ja prosessoinnin biojalostamoihin sopivaksi raaka-aineeksi. Samankaltaisia sivuvirtoja syntyy eri puolilla maailmaa useissa tuotantoyksiköissä, joten toimivan sivuvirtoja hyödyntävän konseptin monistaminen on suhteellisen helppoa.

**Resurssitehokkuus on erinomainen.** Sokerisivuvirtojen nykyistä tehokkaampi hyödyntäminen parantaisi resurssitehokkuutta, ja niiden avulla voidaan korvata fossiilisia raaka-aineita mm. energian, polttoaineiden ja kemikaalien tuotannossa.

## Reitti Yhdysvaltojen markkinoille

Yhdysvaltojen sivuvirtasokerit voivat tarjota suomalaisille yrityksille melko hyviä liiketoimintamahdollisuuksia. Markkinat kehittyvät nopeasti, ja uusia liiketoimintamahdollisuuksia syntyy erityisesti monipuolistuvan biopolttoainetuotannon ympärille sekä kemianteollisuuteen. Eri osavaltiojen vaihtelevat säädökset ja markkinatilanteet tekevät toimintaympäristöstä osin pirstoutuneen, mikä vaikeuttaa konseptien monistettavuutta, muttei kuitenkaan estä sitä.

Luontevin tapa lähestyä Yhdysvaltain markkinoita on aloittaa sivuvirran tuottajista sekä biojalostamoista, jotka ovat siirtymässä sivuvirtapohjaisiin syötteisiin. Biojalostamokonseptien mahdollisuuksien ja haasteiden sekä eri sivuvirtojen erityispiirteiden ymmärtäminen voivat toimia suomalaisten toimijoiden vahvuutena. Reitti Yhdysvaltojen sivuvirtasokerimarkkinoille on esitetty kuvassa 49.



**Kuva 49.** Reitti Yhdysvaltojen markkinoille sivuvirtapohjaisen sokerin tuotannon modulaariset ratkaisut -hot spotin näkökulmasta.

### Kohdemarkkinan kuvaus ja arviointi / Brasilia



**Kuva 50.** Brasilian kohdemarkkina-arviointi sivuvirtapohjaisen sokerin tuotanto biojalostamoiden syötteenä -hot spotin näkökulmasta.

**Markkinoiden koko on erinomainen.** Brasiliassa on valtava määrä luonnonvaroja valtion suuren pinta-alan ja monipuolisen luonnon ansiosta. Maan talous on maailman seitsemänneksi suurin bruttokansan tuotteella mitattuna. Vuonna 2011 Brasiliassa syntyi 116 miljoonaa tonnia teollisia jätteitä, joista 58 miljoonaa tonnia kerättiin. Teollisten jätteiden kierrätyksen liikevaihto oli 0,58 miljardia dollaria. Maatalouden ja metsäteollisuuden jätteet kattoivat 16 %, eli 9,28 miljoonaa tonnia kerätystä teollisuusjätteistä. Jätepohjaiset sokerinlähteet ovat siis potentiaalisia. Maatalous vastaa 5,5 prosentista Brasilian bruttokansantuotteesta. Maassa syntyy vuosittain noin 600 miljoonaa tonnia biomassan sivuvirtoja pääosin maataloustuotannosta. Sokeriruoko on Brasilian kolmanneksi suurin viljelykasvi viljelypinta-alassa mitattuna soijapavun ja maissin jälkeen.

Valtaosa Brasilian bioetanolista tuotetaan sokerintuotannon sivuvirroista. Huonot sokerisadot ovat kuitenkin saaneet Brasilian tuomaan maissietanolia Yhdysvalloista, ja nyt maissietanolin tuotantoa suunnitellaan myös Brasiliassa.

Sokerintuotannon sivuvirtoina syntyi 146 miljoonaa tonnia bagassia<sup>68</sup>, eli sokeriruo'on kuituista osaa vuonna 2009. Bagassia hyödynnetään laajalti sokeritehtaiden sähkön ja lämmön tuotannossa, ja tuotettua energiaa myydään myös laitosten ulkopuolelle. Bagassia voidaan hyödyntää myös esimerkiksi selluloosapohjaisen etanolin, paperin sekä kuitulevyjen raaka-aineena, mutta näiden tuotanto on Brasiliassa vielä melko vähäistä. Sokerintuotannon sivuvirtoina syntyi myös 14 miljoonaa tonnia melassia<sup>69</sup>, joka on sokerimehun sivuvirta. Melassia käytetään rehuna, makeutusaineena, ravintolisänä sekä alkoholi- ja panimoteollisuuden raaka-aineena. Melassia voidaan hyödyntää myös kemikaaliteollisuudessa, ruosteenpoistossa sekä maanparannusaineena. Sokeriruo'on sivuvirtojen lisäksi merkittäviä määriä sivuirtasokereita saadaan Brasiliassa maissista, vehnästä, riisistä, metsäteollisuudesta sekä hedelmien prosessoinnista.

**Kehitysnäkymät ovat hyvät.** Brasilian talouskasvu on ollut viime vuosina nopeaa, joskin sen on kansainvälisen talouskriisin myötä hieman hiipunut. Latinalaisen Amerikan nopeasti kasvavat markkinat tukevat myös Brasiliassa. Maataloustuotanto on kuitenkin markkinoiden lisäksi riippuvainen ilmastosta ja ympäristöoloista, ja viime vuosien huonot sokerisadot toimivat esimerkkinä biomassan tuotannon haavoittuvuudesta.

**Markkinadynamiikka on erinomainen.** Brasiliassa tuotetaan vuosittain yli puoli miljardia tonnia biomassasivuvirtoja, joista vain osa hyödynnetään tehokkaasti. Brasilia on maailman toiseksi suurin bioetanolin tuottaja ja kuluttaja Yhdysvaltain pitäessä sekä tuotannon että kulutuksen kärkisijaa. Maan lainsäädäntö määrää 18–25 % liikennepolttoaineista etanolipohjaisiksi, mikä on johtanut siihen, että yli 90 % Brasiliassa myydyistä autoista on flexi fuel -autoja, joissa voidaan käyttää polttoaineena sekä puhdasta etanolia että bensiiniä. Brasilian etanoliviennin odotetaan kasvavan Yhdysvaltojen etanolimarkkinoiden avautumisen ja muun kansainvälisen kysynnän kasvaessa.

Brasiliassa yli 70 % sähköstä tuotetaan vesivoiman avulla, ja vesivoiman potentiaalinen kapasiteetti nähdään moninkertaisena nykyiseen tuotantoon nähden. Mikäli vesivoiman osuus energiantuotannosta kasvaa nykyisestä, biomassan tarve energiantuotannossa voi pysyä entisellään tai kääntyä laskuun. Toisaalta kasvava prosessiteollisuus tarvitsee lämpöä ja höyryä, mikä voi puolestaan lisätä paikallista biomassan tarvetta.

Biokemikaali ja -muoviteollisuus kehittyvät Brasiliassa nopeasti, ja maassa on useita bioraaka-aineita hyödyntäviä kemianalan yrityksiä. Brasilialaisten kuluttajien ympäristötietoisuus on maailman kärkiluokkaa, joten paikallisten biopohjaisten tuotteiden kysynnän voidaan olettaa kasvavan jatkossa<sup>70</sup>. Myös Latinalaisen Amerikan nopeasti kasvavat markkinat ja kasvava kuluttajasegmentti ovat helposti saavutettavissa.

**Markkina-ajurit ovat kannustavia mutta aiheuttavat myös haasteita.**

Markkina-ajurit on esitelty taulukossa 4.

<sup>68</sup> UNData statistic, Bagasse, luettavissa: <http://data.un.org/Data.aspx?q=bagasse&d=EDATA&f=cmID%3aBS>, viitattu 20.3.2013.

<sup>69</sup> FAOSTAT Statistics, tieto haettavissa: <http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>, viitattu 20.3.2013.

<sup>70</sup> Ks. esim. Greendex 2012 – Consumer Choice and the Environment – A World Wide Tracking Survey, Highlight Report (2012, luettavissa: [http://images.nationalgeographic.com/wpf/media-content/file/GS\\_NGS\\_2012GreendexHighlights\\_10July-cb1341934186.pdf](http://images.nationalgeographic.com/wpf/media-content/file/GS_NGS_2012GreendexHighlights_10July-cb1341934186.pdf), viitattu 20.3.2013.

Taulukko 4. Brasilian markkina-ajurit.

Positiiviset markkina-ajurit	Negatiiviset markkina-ajurit
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suuri määrä luonnonvaroja ja potentiaalista sivuvirtabiomassaa (erityisesti sokeriteollisuus ja maissin tuotanto)</li> <li>• Kasvava, valtava talousjärjestelmä tarjoaa monipuolisia mahdollisuuksia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sivuvirtojen nykykäyttö energiaksi rajoittaa potentiaalia</li> <li>• Selluloosapitoiset sivuvirrat, kuten bagassi poltetaan usein energiaksi</li> <li>• jos bagassi ohjataan muuhun käyttöön, tarvitaan toinen energianlähde</li> <li>• Resurssitehokkailla kokonaiskonsepteilla voitaisiin tuottaa samasta sivuvirtabiomassasta sekä sokerisyötettä että energiaa</li> </ul>

## Ratkaisun toimivuus / Brasilia

**Ansaintalogiikan osalta mahdollisuuksia on, mutta myös haasteita.** Brasilian sokerisivuvirroista merkittävä osa hyödynnetään tällä hetkellä suoraan energiantuotannossa polttamalla tai kaasuttamalla, vaikka niitä voitaisiin hyödyntää myös esim. kemikaaleissa ja biopolttoaineissa. Erityisesti sokeriruo'on käsittelyssä yli jäävän bagassin käyttö korkeamman arvonlisän tuotteissa on vähäistä, mutta myös muiden maataloustuotteiden sivuvirtojen käytön tehostamisessa on mahdollisuuksia uudelle liiketoiminnalle.

**Täydennystarve on erinomainen.** Sivuvirtojen hyödyntäminen biojalostamoiden raaka-aineena vaatii sivuvirtojen keräämisen ja prosessoinnin biojalostamoihin sopivaksi raaka-aineeksi. Paikallisiin tarpeisiin soveltuville kuljetus- ja esikäsittelyjärjestelmille on kysyntää, kun sivuvirtojen hyödyntämistä tehostetaan.

**Monistettavuus on hyvä.** Maataloustuotannon sokerisivuvirtoja syntyy joka puolella maailmaa, joten toimivan sivuvirtoja hyödyntävän konseptin monistaminen on suhteellisen helppoa.

**Resurssitehokkuus on erinomainen.** Sokerisivuvirtojen nykyistä tehokkaampi hyödyntäminen parantaisi resurssitehokkuutta, ja niiden avulla voidaan korvata fossiilisia raaka-aineita mm. energian, polttoaineiden ja kemikaalien tuotannossa.

## Reitti Brasilian markkinoille

Brasilian biopohjaiset sivuvirrat voivat tarjota hyviä liiketoimintamahdollisuuksia sokeriin perustuvaan tuotantoon kytkeytyville suomalaisyrityksille. Raaka-ainevirtojen riippuvuus viljelysatojen onnistumisesta luo markkinoille riskejä, mutta toisaalta maan mittavat tuotantomäärät mahdollistavat monipuolisen toiminnan myös heikompina satovuosina. Selluloosapohjaisten biomassojen hyödyntämisen edistämässä on vielä runsaasti kehitettävää, mikä parantaa suomalaisten toimijoiden kilpailumahdollisuuksia markkina-alueella.

Brasilian markkinoille pääsemistä helpottaa maataloustuotannon sivuvirtojen ymmärtäminen. Markkinoille pyrittäessä on luontevaa lähestyä sivuvirtojen tuottajia sekä biojalostamoita ja pyrkiä tarjoamaan heille ratkaisuja, jotka tehostavat sivuvirtojen käyttöä. Reitti Brasilian sivuvirtasokerimarkkinoille on esitetty kuvassa 47.

# 5 Valikoitujen liiketoimintamahdollisuuksien analyysi ja suositukset

## 5.1 Yhteenveto liiketoimintamahdollisuuksista

Tarkasteltujen seitsemän teollisten symbioosien näkökulman osalta erittäin houkutteleviksi arvioidut kohdemarkkinat on koottu kuvaan 51.

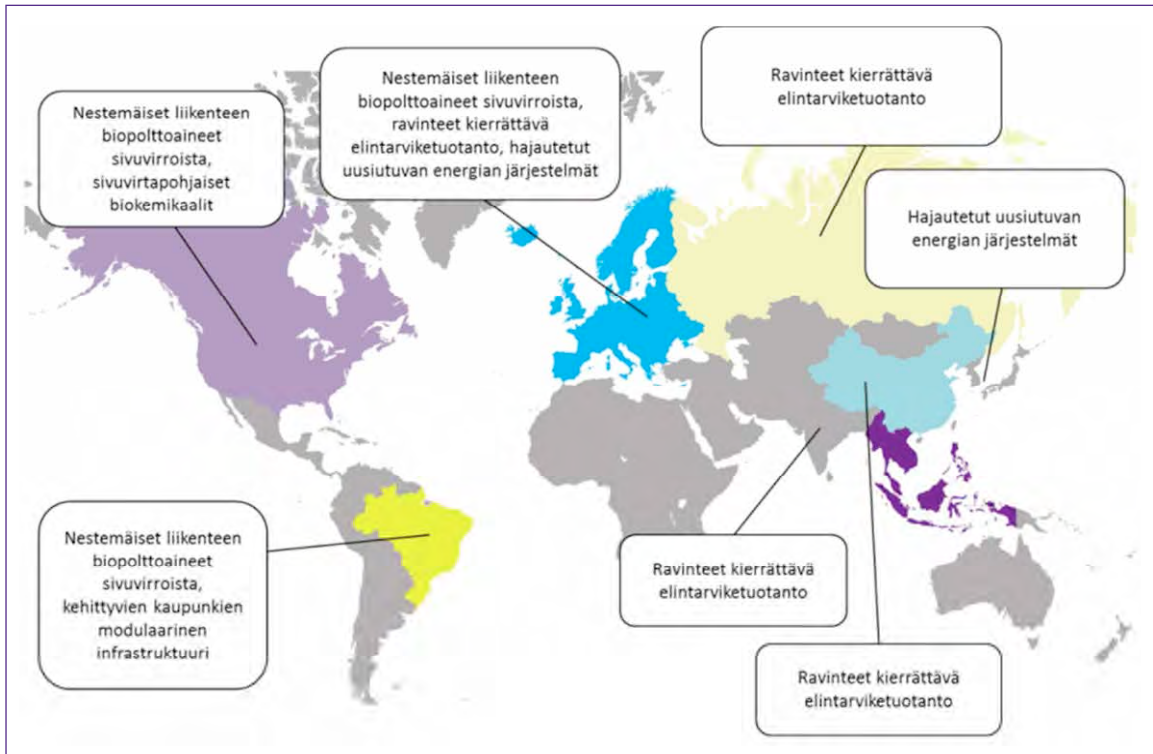
Nestemäisten sivuvirtapohjaisten liikenteen biopolttoaineiden osalta Euroopan, Pohjois-Amerikan ja Latinalaisen Amerikan markkinat olivat kaikki erittäin houkuttelevia. Regulaatio korostuu markkina-ajurina Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa, Latinalaisessa Amerikassa tämän lisäksi korostuu erityisesti vahva raaka-ainepohja. Ravinteet kierrättävä elintarviketuotanto tunnistettiin erittäin houkuttelevaksi mahdollisuudeksi Euroopassa, Kiinassa, Intiassa ja Venäjällä. Euroopassa kestävyysnäkökulmat ovat tärkeitä markkina-ajureita, kun taas kehittyvillä markkinoilla korostuu proteiinin kasvava tarve, ruokaketjun tehostamistarve ja jätehaasteet.

Hajautettujen uusiutuvan energian järjestelmien tarve on suuri Euroopan ja Etelä-Korean ja Japanin markkinoilla. Uusiutuvan energian käytön lisäämiselle on vahva poliittinen tahto näillä markkinoilla. Sähköverkko-yhtiöt tarvitsevat myös näillä kaikilla alueilla keinoja ratkaista lisääntyvän uusiutuvan energian aiheuttamat haasteet voimajärjestelmälle mahdollisimman tehokkaasti.

Sivuvirtapohjaisten kemikaalien markkina Pohjois-Amerikassa on erittäin houkutteleva. Tuotteilla on vahva ja kasvava kysyntä ja samaan aikaan suuri tarve kestävän raaka-ainepohjan sivuvirtapohjaisille ratkaisuille.

Kehittyvien kaupunkien modulaarisen infrastruktuurin ratkaisuille on vahva markkina Latinalaisessa Amerikassa, joka arvioitiin erittäin houkuttelevaksi. Taustalla on kaupungistumisen voimakas kasvu sekä maailman johtava keskiluokan kasvu, jotka luovat kysyntää infraratkaisuille, jotka parantavat kaupunkien elinkelpoisuutta.





**Kuva 51.** Tarkasteltujen teollisten symbioosien näkökulmien osalta erittäin houkutteleviksi arvioidut kohdemarkkinat.

Teollisten symbioosien seitsemän näkökulman tarkastelun jälkeen työtä syvennettiin hot spot -tarkasteluilla, joiden yhteydessä esiin nousseet liiketoimintamahdollisuudet ja kohdemarkkinat on kuvattu kuvassa 52.

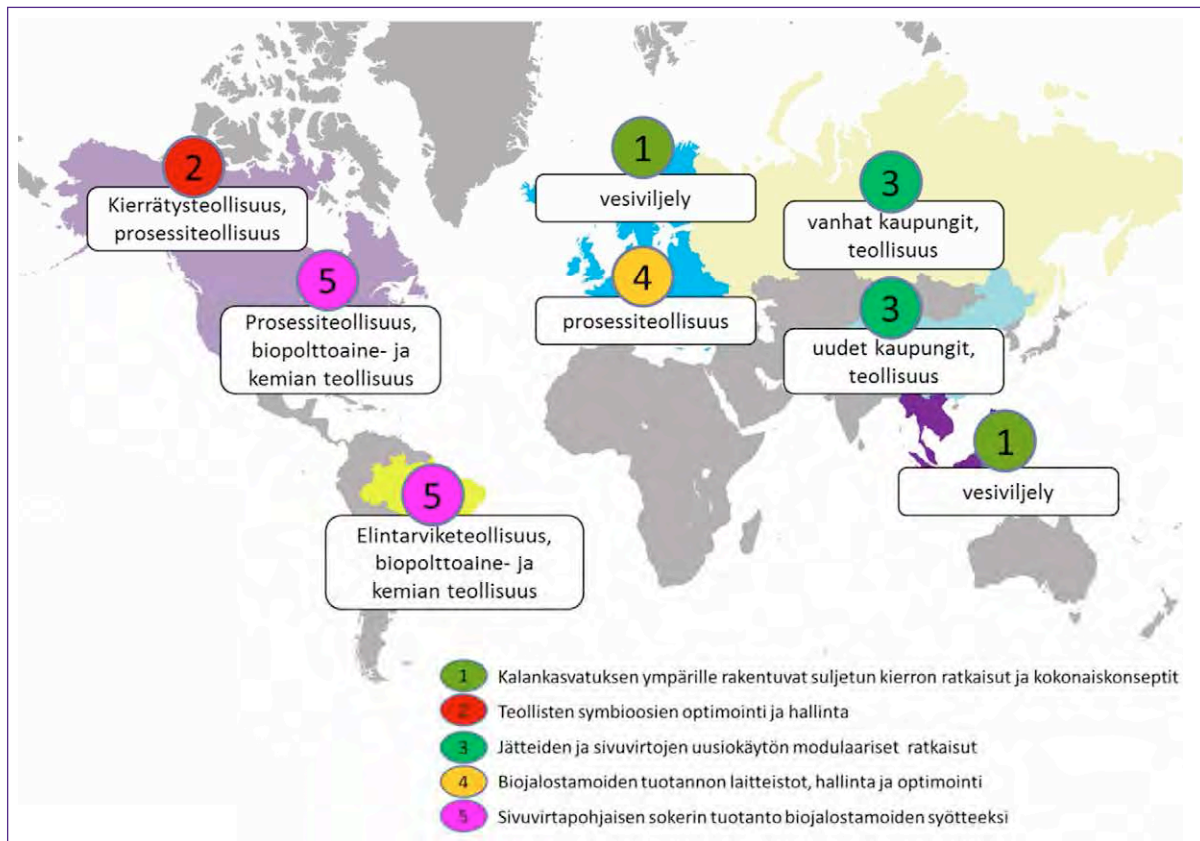
Kalankasvatuksen ympärille rakentuvien suljetun kierron konseptien mahdollisuuksissa Euroopan ja Kaakkois-Aasian kohdemarkkinoilla on paljon yhteistä. Markkina-ajurit ja markkinan kehittyminen ovat vahvoja molemmilla markkinoilla. Euroopan markkinalla kuitenkin korostuu erityisesti olemassaolevan infrastruktuurin täydentäminen vesiviljelyn ympärille rakentuvaksi suljetun kierron konseptiksi, konseptin vaatimustenmukaisuus ja energiaintegraatio, kun taas Kaakkois-Aasiassa on enemmän mahdollisuuksia kokonaan uusien vesiviljelyn ympärille rakentuvien kokonaiskonseptien toteuttamiselle ja monistamiselle.

Teollisten symbioosien optimoinnille ja hallinnalle on Pohjois-Amerikassa vahvat markkina-ajurit, mutta kaupallisia ratkaisuja ei vielä ole. Näitä oletetaan kuitenkin kehittyvän nopeasti. Markkinoille pääsy on aineettomissa palveluissa suhteellisen nopeaa verrattuna tuotannollisia investointeja vaativiin ratkaisuihin.

Jätteiden ja sivuvirtojen uusiokäytön modulaaristen ratkaisujen markkinat Venäjällä ja Kiinalla ovat kasvavat. Venäjällä korostuvat vanhojen kaupunkien jäteongelmat ja teollisuusjätteen kasvava määrä, erityisesti metalliteollisuuden osuuden ollessa suu-

ri. Kiinassa puolestaan kaupungistumiskehitys ja monipuolinen ja kasvava teollisuus luovat moninaisia tarpeita materiaalikierron ratkaisuille. Molemmilla markkinoilla korostuu ratkaisun kustannustehokkuus ja uusiotuotteiden myyntihinta, joka mahdollistaa investoinnin käsittelyyn heikon jäteregeulaation toimintaympäristössä.

Biojalostamojen tuotannon hallinnan ja optimoinnin ratkaisujen tarve Euroopan kohdemarkkinalla on merkittävä. Biojalostamoinvestointeja tehdään paljon ja tuotantolaitteistot edustavat vielä suurilta osin suhteellisen nuorta teknologiaa, jolloin tehostamispotentiaali on suuri. Biojalostamojen syötteiden ollessa jatkossa enenevissä määrin sivuvirtapohjaisia tuotannon hallinnan haasteet kasvavat entisestään. Sivuvirtapohjaisen sokerin tuotanto biojalostamojen syötteeksi on vahvasti kehittyvä alue Pohjois-Amerikassa ja Latinalaisessa Amerikassa. Pohjois-Amerikassa korostuu kytkös muun prosessiteollisuuden sivuvirtoihin ja Latinalaisessa Amerikassa elintarviketeollisuuden ja biopolttoaineteollisuuden sivuvirtoihin.



**Kuva 52.** Hot spot -tarkastelussa esiin nousseet liiketoimintamahdollisuudet ja kohdemarkkinat.

## 5.2 Suomalaisten yritysten tarjooman soveltuvuus

Osana liiketoimintamahdollisuuksien arviointia tunnistettiin myös sellaisia suomalaisia yrityksiä, joilla olisi tarkasteltujen teollisten symbioosien kohdemarkkinoiden kannalta sopivaa tarjontaa. Tunnistaminen perustui asiantuntijatyöhön, julkisesti saatavilla oleviin lähteisiin ja Sitran yrityscentän tuntemukseen. Tunnistettuja yrityksiä ryhmiteltiin koon ja liiketoiminnan kansainvälisyyden mukaan, ja tunnistettiin alustavasti tarkasteltujen kohdemarkkinoiden kannalta kiinnostavaa tarjoomaa<sup>71</sup>.

### Suomalaisen tarjooman soveltuvuus eri hot spot -alueilla

#### **1. Kalankasvatuksen ympärille rakentuvat suljetun kierron ratkaisut ja kokonaiskonseptit:**

Suomalaisten yritysten tarjonta on monipuolista ja perustuu osin kokonaisen konseptin rakentamiseen markkinoilla jo yleisesti olevista tunnetuista teknologioista. Erityisen vahvoja ovat laitos- ja prosessitekologinen osaaminen sekä energiantuotanto. Kokonaiskonseptointi on vielä kuitenkin monilta osin keskeneräistä. Mahdollisia yrityksiä on runsaasti ja niillä on erilaista osaamista, joka täydentää kokonaiskonseptia ja teollista symbioosia. Sen sijaan ns. ankkuriyrityksiä ei Suomessa ole kuin muutamia. Pääosa yrityksistä on pk-sektorin toimijoita ja mikäli niillä on kansainvälistä toimintaa, se kohdistuu lähinnä kyseisen yrityksen omaan ydinosaamiseen. Kokonaista konseptia tarjoavaa yhteenliittymää Suomessa ei vielä ole, mutta erilaisia mielenkiintoisia ja mahdollisia yhteistyökuvioita on kyllä tekeillä.

Soveltuvuus tarkastelluille kohdemarkkinoille on sekä EU:n että ASEAN alueiden osalta erinomainen.

#### **2. Teollisten symbioosien optimointi ja hallinta:**

Toistaiseksi yritysten välisten teollisten symbioosien optimointiin ja hallintaan liittyvää tarjontaa on vain rajoitetusti tarjolla. Suomalaisilla yrityksillä on kuitenkin hyvän it-osaamisen ja kestävä kehityksen ymmärryksen ansiosta erinomaiset edellytykset toimia teollisten symbioosien optimoinnissa ja hallinnassa. Suomalaista tarjontaa on toisaalta liittyen it-puolen osaamiseen, kuten sähköisen liiketoiminnan kehittämiseen, kohtaamisportaalien rakentamiseen ja prosessien optimointiin, toisaalta perustuen jäte- ja sivuvirtalogistiikan konsepteihin, kuten konseptien suunnitteluun ja logistiikkaratkaisuihin. Mahdollisia yrityksiä on Suomessa melko vähän, koska liiketoiminta on vasta kehittymässä. Ratkaisut voivat sijoittua tulevaisuudessa esimerkiksi jätehuolto- ja kierrätysalan yritysten logistiikkaan ja palvelukonsepteihin. ICT-ala on Suomessa hyvin kehittynyt, mutta sitä ei ole vielä törmäytetty resurssitehokkuuden tarpeisiin.

Soveltuvuus tarkastelluille Pohjois-Amerikan markkinoille on hyvä.

<sup>71</sup> Tunnistetuista yrityksistä tehty listaus toimi tämän markkinaselvityksen taustamateriaalina ja luovutettiin Sitralle.

### 3. Jätteiden ja sivuvirtojen uusiokäytön modulaariset ratkaisut:

Suomalaisilla teknologiayrityksillä on monipuolista tarjontaa, joka laajemmiksi kokonaisuuksiksi konseptoituna vastaa hyvin kokonaisvaltaisten ja modulaaristen jätteiden ja sivuvirtojen uusiokäytön ratkaisujen tarpeisiin. Monipuolinen jäte- ja kierätysosaaminen sekä mm. kone-, metalli-, meri- ja rakennusteollisuudessa pitkälle kehitetty modulaarisuus soveltuvat hyödynnettäväksi myös kehittyvillä markkinoilla, joskin tällöin tulee olla valmiutta toteuttaa myös karkeampia, haastavissa olosuhteissa riittävän varmatoimisia ja edullisia ratkaisuja. Mahdollisia yrityksiä on hyvin runsaasti, monilla on myös kansainvälistä toimintaa. Yritysten tarjonta täydentää toisiaan, ja yhteisiä ratkaisuja on toimitettu joitakin myös ulkomaille. Modulaarisia kokonaiskonsepteja ei kuitenkaan vielä ole.

Soveltuvuus tarkastelluille kohdemarkkinoille sekä Kiinassa että Venäjällä on hyvä.

### 4. Biojalostamoiden tuotannon laitteistot, hallinta ja optimointi:

Suomalaisilla yrityksillä on paljon osaamista ja tarjontaa liittyen prosessisuunnitteluun, tuotannon laitteistoihin, hallintaan ja optimointiin. Tätä osaamista voitaisiin hyödyntää ja kohdentaa tulevaisuudessa vahvemmin myös biojalostamoliiketoimintaan. Mahdollisia sopivia yrityksiä on useita ja niillä on toisiaan täydentävää osaamista. Tunnistetut yritykset ovat pääosin suuria ja kansainvälisyyteen tottuneita, ja niillä on jonkin verran myös yhteistä tarjoamaa.

Soveltuvuus tarkastelluille EU:n markkinoille on erinomainen.

### 5. Sivuvirtapohjaisen sokerin tuotanto biojalostamoiden syötteenä:

Suomalaisilla yrityksillä on paljon kokemusta biomassojen käsittelystä. Teknologiaratkaisut ja osaaminen mm. biomassojen esikäsittelyyn ja hiilihydraattien pilkkomiseen ovat hyödynnettävissä sivuvirtapohjaisten sokereiden tuotantoprosesseissa. Mahdollisia yrityksiä on useita, ja niillä on erilaista osaamista, joka täydentää kokonaiskonseptia. Metsä- ja kemian aloilla toimii myös mahdollisia ankuriyrityksiä, joilla on laajaa kansainvälistä tuotantotoimintaa. Kokonaista konseptia tarjoavaa yhteenliittymää maassa ei kuitenkaan vielä ole.

Soveltuvuus sekä Pohjois-Amerikan että Brasilian markkinoille on hyvä.

## 5.3 Johtopäätökset ja suositukset

Tarkasteltujen teollisten symbioosien sisältöalueiden, liiketoimintamahdollisuuksien ja konkreettisten esimerkkien kautta nousi esiin seuraavia teollisten symbioosien globaaleja markkinoita koskevia yleisiä johtopäätöksiä.

**Megatrendit ja markkina-ajurit ovat vahvat, mutta monelta osin markkinaehtoinen liiketoiminta on vasta kehittymässä.** Teollisten symbioosien ja liiketoimintaekosysteemien taustalla ovat vahvat megatrendit, kuten ilmastonmuutos, niukkenevat luonnonvarat, väestönkasvu ja urbanisaatio, elintason nousu ja kehittyvät markkinat sekä ekosysteemien ja ympäristön tilan heikkeneminen. Vaikka markkina-ajurit ovat pääosin vahvoja tarkastelluilla alueilla, monilta osin liiketoiminta on vielä t&k- tai pilotointivaiheessa, tai perustuu osin tukiin tai kannusteisiin. Kehitys on kuitenkin nopeaa ja vahvaa, ja uusien ratkaisujen kaupallistuminen ja kannattavuuden sekä markkinaehtoisuuden kehittyminen tulee olemaan lähivuosina merkittävää.

**Teollisten symbioosien kannalta keskiössä ovat yritysten roolin ja tarjonnan hahmottaminen osana isompaa konseptia, ratkaisua ja liiketoimintaekosysteemiä sekä saumaton nivoutuminen erilaisiin kokonaisuuksiin.** Yleensä teollinen symbioosi liittyy laajempaan liiketoimintaekosysteemiin, jonka kohdemarkkinakohtainen liiketoimintalogiikka ja toimintaympäristö määrittävät osaratkaisuille tapauskohtaiset reunaehdot. Ratkaisu sinällään voi perustua vakiintuneeseen teknologiaan, mutta ratkaisun liityntäpinnat kokonaiskonseptiin vaativat usein kehitystyötä ja paikallista sovittamista. Liityntäpintojen joustavuus parantaa ratkaisun monistettavuutta ja soveltuvuutta erilaisille kohdemarkkinoille. Liityntäpintojen joustavuutta voidaan parantaa mm. tuotekonseptoinnilla, modulaarisilla osaratkaisuilla, kohdemarkkinakohtaisilla lisäosilla (esimerkiksi varmistuen toiminnan vaatimuksemmukaisuus kohdemarkkinoilla) sekä kehittämällä ratkaisun skaalautuvuutta.

**Monella markkinalla tarvitaan yksittäistä teknologia- tai palveluratkaisua laajempi konsepti teollisten symbioosien edistämiseksi.** Teollisiin symbiooseihin perustuviin liiketoimintaekosysteemeihin liittyy myös riskejä. Näitä voidaan hallita ja pienentää loppuasiakkaan näkökulmasta kokoamalla laajempia kokonaiskonsepteja, joiden yhteistoimivuus kokonaisuutena voidaan taata. Yritykset voivat kehittää ja koota tarjoomastaan näitä kokonaiskonsepteja ja myydä konsepteja yhdessä kohdemarkkinoille. Käytännössä yhteismyynnin toteuttamiseksi voidaan esimerkiksi hyödyntää erilaisia kumppanuusmalleja tai perustaa yhteisyrittys.

**Konseptivienti vaatii toimivan demonstration.** Kun tarkastellaan teollista toimintaa ja ratkaisuja, markkina aukeaa vasta, kun ratkaisun toimivuus on todennettu kaupallisessa mittakaavassa. Demolaitoksia ja ratkaisuja voidaan kehittää ja toteuttaa kehityskumppaneiden kesken riskiä jakaen sekä hyödyntäen t&k -rahoitusta ja investointitukia. Pilotointiasiakkaat ovat tärkeitä, ja hyötyjen ja riskien jakautuminen on mietittävä huolella pilotoinnin yhteydessä. Demonstraatioille on oiva mahdollisuus suurissa investointi- ja aluekehityshankkeissa, kuten ekokaupunginosat ja ekokaupungit, ekotehokkaat teollisuuspuistot sekä biojalostamoinvestoinnit.

**Resurssitehokkuuden ratkaisuisissa on erinomaiset mahdollisuudet markkinaehtoiseen liiketoimintaan.** Suuressa osassa tarkasteltuja alueita löytyy erittäin luontevia mahdollisuuksia kattaa teollisen symbioosin ja resurssitehokkaan ratkaisun investointikulut myytävistä tuotteista saatavilla tuotoilla ja neitseellisten resurssien käytön vähentämisestä aiheutuneilla säästöillä, erityisesti lähivuosien kuluessa, kun uusia ratkaisuja kaupallistuu, teknologia vakiintuu ja ratkaisujen monistettavuus sekä tehokkuus kehittyvät.

Teollisten symbioosien edistämiseksi voidaan nostaa esiin seuraavia suosituksia:

- Sitra voi tukea teollisten symbioosien **kohdemarkkinakohtaisten laajempien konseptien tarjoomakokonaisuuksien muodostumista**. Tarkastellut hot spot -alueet tarjoavat viisi kiinnostavaa aluetta, joita voitaisiin tarkastella yhteistyössä yritysten kanssa konkreettisten mahdollisuuksien ja kehittämistoimien yhteiseksi tunnistamiseksi ja eteenpäin viemiseksi. Tässä työssä Sitra voisi saattaa yritykset yhteen, fasilitoida yhteistä kehittämistä, auttaa tunnistamaan fokusoidumpia tarpeita kohdemarkkinalla täsmäselvityksin sekä auttaa kohdemarkkinoiden toimijoiden tunnistuksessa ja kontaktien avaamisessa.
  - Sitra voi edistää teollisten symbioosien ratkaisujen ja konseptien **markkinan avautumisen kannalta kriittisiä demonstraatioita** tuomalla yhteen ratkaisutoimittajat ja mahdolliset pilotointiympäristöt sekä asiakkaat niin kotimaassa kuin globaaleillakin markkinoilla.
  - Sitra voi tukea lupaavien, teollisten symbioosien globaaliin kysyntään vastaavien **pk-yritysten liittymistä osaksi laajempia konsepteja yrityskehittämisen työkaluin**, toteuttamalla yrityksiin pääomasijoituksia sekä sparraamalla niiden liiketoiminnan kehittämistä ja kansainvälistymistä.
-