Kohti biotaloutta

Biotalous konseptina ja Suomen mahdollisuutena

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja
Kilpailukyky
6/2011

TYÖ- JA ELINKEINOMINISTERIÖ
ARBETS- OCH NÄRINGSMINISTERIET
MINISTRY OF EMPLOYMENT AND THE ECONOMY

JUHA KUISMA

Kohti biotaloutta

Biotalous konseptina ja Suomen mahdollisuutena

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja
Kiilpailukyky
6/2011

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja Kilpailukyky 6/2011
Arbets- och näringsministeriets publikationer Konkurrenskraft 6/2011
MEE Publications Comptetitiveness 6/2011

Tekijät | Författare | Authors

Juha Kuisma

Julkaisuaika | Publiceringstid | Date

Helmikuu 2010

Toimeksiantaja(t) | Uppdragsgivare | Commissioned by

Työ- ja elinkeinoministeriö
Arbets- och näringsministeriet
Ministry of Employment and the Economy

**Toimielimen asettamispäivä |
Organets tillsättningsdatum | Date of appointment**

Julkaisun nimi | Titel | Title

Kohti biotaloutta – Biotalous konseptina ja Suomen mahdollisuutena

Tiivistelmä | Referat | Abstract

Kohti biotaloutta -julkaisu tarkastelee biotaloutta uutena talouden toimintatapana sekä Suomen mahdollisuutena kansainvälisessä työnjaossa. Julkaisu on taustaraportti, joka syventää, laventaa ja perustelee biotaloustyöryhmän Biotalous Suomessa -loppuraporttia (VNK julkaisusarja 15/2010). Julkaisu hyödyntää biotaloustyöryhmän käytettävissä ollutta laajaa aineistoa ja keskustelee edelläkävijyyden vaatimista kansallisista toimista. Tämä taustaraportti vastaa biotaloustyöryhmän toimenpide-ehdotuksessa nro 7 esitettyyn tarpeeseen.

Vahvana biotalouden perusteluna tuodaan esiin ilmastonmuutos sekä öljyn, muiden fossiilisten luonnonvarojen sekä fosforin ennakoitavissa oleva niukkuus. Biotalouden toisena suuren luokan perusteluna käsitellään ekosysteemien toimintakyvyn näkökulmaa.

Aihetta käsitellään myös runsaina tietoisku-tyyppisinä infolaatikoina sekä graafisina havainnollistuksina. Julkaisu on otteeltaan johdatus biotalouteen ja on kirjoitettu kaikille biotaloudesta kiinnostuneille.

Julkaisussa arvioidaan, että jo vuonna 2040 yli puolet Suomen bruttokansantuotteesta on biotaloutta. Tämä tulos saadaan siten, että biomassojen käyttö kaksinkertaistetaan. Käytetyn biomassan arvo voidaan puolestaan kaksinkertaistaa. Ja edelleen: Suomen palveluviennistä ja laiteviennistä suuri osa tulee tuolloin olemaan biotalouskonseptin mukaista.

Biotalousosaaminen on kansallisen systeemisen edun rakentamista, liiketoimintaosaamista, eri alojen bioteknistä osaamista sekä ekosysteemiosaamista.

Työ- ja elinkeinoministeriön yhdyshenkilö: Strategia- ja ennakointiyksikkö/Heikki Räisänen, puh. 010 607 5959

Asiasanat | Nyckelord | Key words

biotalous, uusiutuvat luonnonvarat, teollinen ekologia

ISSN
1797-3562

ISBN
978-952-227-497-7

Kokonaissivumäärä | Sidoantal | Pages	Kieli | Språk | Language	Hinta | Pris | Price
99	Suomi, finska, finnish	17 €

Julkaisija | Utgivare | Published by

Työ- ja elinkeinoministeriö
Arbets- och näringsministeriet
Ministry of Employment and the Economy

Kustantaja | Förläggare | Sold by

Edita Publishing Oy / Ab / Ltd

Esipuhe

Työ- ja elinkeinoministeriö julkaisee Juha Kuisman raportin ”Kohti biotaloutta – biotalous konseptina ja Suomen mahdollisuutena” ministeriön biotaloustyöryhmän työtä taustoittavana ja syventävänä esityksenä.

Biotalous-käsitteen perusteluina toimivat niin ilmastonmuutos kuin tiettyjen luonnonvarojen ennakoitu niukkuus ja myös ekosysteemien toimintakyky.

Julkaisu toimii biotalouden käsitteiden ja ajattelutavan oppaana, jossa monet havainnollistamista auttavat ratkaisut helpottavat lukijaa aiheeseen perehtymisessä. Juha Kuisman raportti onkin kiinnostavaa luettavaa paitsi alan asiantuntijoille, myös muille toimintaympäristömme ja elinkeinoelämän muutoksista kiinnostuneille. Kuten Suomen elinkeinoelämän, myös sille toimintaedellytyksiä luovan julkisen hallinnon on oltava kansainvälisessä eturintamassa uusien menestystekijöiden ja lähestymistapojen pohdinnassa.

Työ- ja elinkeinoministeriön tehtävänä on tuoda julkiseen keskusteluun analysoitua tietoa elinkeinopolitiikan käsitteiden ja toimintaympäristön muutoksista sekä pyrkiä esittämään kansallisia ratkaisuvaihtoehtoja. Vaikka biotalous on tällä hetkellä vielä paljolti ajattelu- tai lähestymistapa talouteen, tuotantopanoksiin ja kulutukseen, arvioidaan julkaisussa Suomen kokonaistuotannosta jopa yli puolen voivan olla biotaloutta 30 vuoden kuluttua. Mitä kaikkea tämä edellyttäisi tulevaisuudessa elinkeinopolitiikalta, ei ole vielä selvillä, mutta ainakin ajattelutapojamme julkaisu voi avartaa ja vaikuttaa sitä kautta myös esille nouseviin ratkaisuihin.

Helsingissä, 1.2.2011

ERKKI VIRTANEN

kansliapäällikkö

Työ- ja elinkeinoministeriö

Sisältö

Esipuhe 5

1 Luonnonvarapolitiikan tärkeys 9

2 Biotalous uutena toimintatapana 17

3 Globaalit reunaehdot 26

3.1 Öljyn riittävyys 27

3.2 Fosforin riittävyydestä 31

3.3 Ilmastonmuutoksen epävarmuusalue 33

4 Biotalouden tasot 38

4.1 Biotalouden tuotteet 38

4.2 Biotalouden prosessit 43

4.3 Kierrot ja ekosysteemipalvelut 47

4.4 Dalyn ekosysteemipalvelutehokkuus 49

4.5 Bioraaka-ainelähteet, riittävyys ja käyttö 52

5 Suomi biotalouden toimijana 62

5.1 Suomen tie biotalouteen 62

5.2 Kasvavan arvonlisän kehitysura 68

6 Biotaloustyöryhmän toimenpide-ehdotukset lähivuosille 76

7 Biotalouden edistämisen toimenpiteet 81

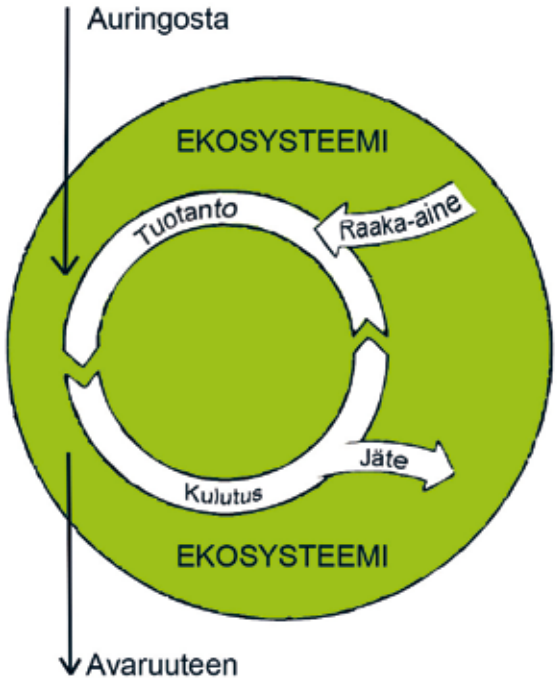
7.1 Systeemisen edun rakentaminen 81

7.2 Konseptista toimialaksi 84

7.3 Kilpailukyky 86

Lähteet 89

Liite Biotalouden sitoumukset/reunaehdot 95


Auringosta
EKOSYSTEEMI
Tuotanto
Raaka-aine
Jäte
Kulutus
EKOSYSTEEMI
Avaruuteen

1 Luonnonvarapolitiikan tärkeys

Mitkä asiat käsitetään luonnonvaroiksi? Käsite on ajassa muuttuva. Esiteollisella ajalla luonnonvaroiksi käsitettiin hyvät laitumet, kalastajien apajat, talojen juomaveden saannissa välttämättömät lähteet sekä myllyjä ja väkivasaroita pyörittäneet kosket. Englannin kielen termi luonnonvara eli resurssi (resource) tarkoittaakin alun perin ”ehtymättä pulppuavaa lähdettä”.

Teollisen talouden kehittyessä päällimmäiseksi luonnonvara-käsitteeksi nousivat maaperän uumenista louhittavat malmit, kivihiili-, öljy- ja kaasukentät. Luonnonvaroiltaan rikkaita maita olivat ne, joilla oli omasta takaa metalleja ja öljyä, siis teollisuuden ja armeijan vaatimia panoksia. Yksi tulkinta I ja II maailmansodan syntymisen syistä perustuu sananmukaiseen taisteluun luonnonvaroista. 1930-luvun lopulla Saksalla oli tavoitteena Bakun öljykentät, Japani miehitti Mantsuriaa ja Italia Abessiniaa. USA ja silloinen Neuvostoliitto löysivät luonnonvaransa maan rajojen sisältä. Sille, että metallit ja fossiiliset polttoaineet olivat uusiutumattomia, ei pantu erityistä painoa. Oletus oli, että kehittyvä teknologia ja teollisten panosten substituutio ”vapauttaa ihmisten luonnon kahleista”. Iskusanasta ”atomiaika” tuli tämän teknologisen kehitysoptimismin symboli.

1970-luvun alussa havahduttiin huomaamaan, että ennennäkemättömässä mittakaavassa tapahtuva uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö johti ympäristön saastumiseen. Saasteista – ei luonnonvarojen varsinaisesta ehtymisestä – tuli odottamatta taloudellisen kasvun rajoite. Savupiipuista, viemäreistä ja erilaisista myrkyllisistä aineista havaittiin olevan haittaa ilmalle, vesille ja elolliselle luonnolle. Näiden seikkojen tiedostamisessa keskeisiä herätteitä antoi tiedemiesten ja teollisuusjohtajien perustama Rooman Klubi, joka pelkistettyjä lähtöoletuksia soveltaen, tietokoneiden kasvanutta kapasiteettia hyödyntäen osoitti, että ”rajaton kasvu rajallisessa tilassa ei ole mahdollista”. Pitkin 1970-lukua käydyn keskustelun yhtenä tuloksena olivat Maailman tila -raportit (State of world reports). Niitä ryhtyi julkaisemaan USA:ssa Washington DC:ssä perustettu Worldwatch Institute, joka on ohjelmallisesti kaikista intressitahoista riippumaton säätiö. Maailman tila -raporteissa seurataan luonnonvarojen riittävyyttä ja ympäristön laatua esitellen temaattisesti erilaisia uusia, ympäristöllisesti parempia vaihtoehtoja.

Jo 1970-luvulla organisoitiin kokouksia ja työryhmiä pohtimaan ilmastonmuutosta. Näiden kosketusten pohjalta perustettiin vuonna 1988 virallisesti IPCC eli kansainvälinen ilmastopaneeli. Perustamisen keskeinen ponnin oli ruotsalaisen ilmastotieteilijän, professori Bert Bolinin tuskastuminen siihen, että aina median raportoidessa ilmastonmuutostutkimuksesta etsittiin vastakommentin antajaksi joku sellainen tutkija, jolla tiedettiin olevan kriittinen kanta ilmastonmuutokseen. Vastakkaiset kannat kumosivat toisensa. Tämä johti siihen, että poliitikot ja suuri yleisö eivät ottaneet ilmastonmuutosta vakavasti, eikä toimenpiteisiin ryhdytty. Bolin halusi

koota vapaan ja läpinäkyvää työtä tekevän tutkijayhteisön käsittelemään ilmastohavaintoja, jotta kävisi selväksi, mikä on alan tutkijoiden yleinen kanta asiassa. IPCC on tähän mennessä tuottanut viisi laajaa raporttia ilmastonmuutoksesta. Ne kaikki, niiden saama kritiikki ja vastaukset kritiikkiin löytyvät netistä.

Vuoteen 1971 osuu ensimmäinen luonnonvarojen luonnetta koskevan kysymyksen uskaltaisiko sanoa viimekätinen määrittely. Romaniasta, Ploestin öljykenttien naapuruudesta Yhdysvaltoihin emigroitunut professori Nicholas Georgescu-Roegen julkaisi tuolloin teoksen Entropy Law and the Economic Process. Teoksessa tarkastellaan laajasti luonnonvarojen määritelmää, ominaisuuksia ja johtopäätöksiä *talouden prosessin kannalta*. Georgescu-Roegenin mukaan ”ei aine eikä energia, vaan juuri alhainen entropia on kaikkien systeemien tarvitsema ja käyttämä luonnonvara.” Entropia eli haje ilmaisee ne termodynaamiset tosiasiat, että aineen ja energian määrä maailmankaikkeudessa on vakio ja että tämän vakion sisäinen epäjärjestys kasvaa alati ja vääjäämättä. Yksinkertaisesti mutta kohtalokkaasti: samaa öljylitraa ei voi polttaa kuin kerran. Toisena esimerkkinä on klassisen taloustieteen tuotantofunktio, josta entropian lain vastaisesti jätetään pois jäte (s.o. konkreettinen jätevirta, hukkalämpö sekä kasvihuonekaasupäästöt ilmakehään).

Maapallon elämää ylläpitävä järjestelmä kuitenkin torjuu ja hidastaa entrooppisia prosesseja. Tämä on mahdollista, koska maapallo on materian suhteen suljettu mutta energian suhteen avoin systeemi ja saa jatkuvasti auringosta energiaa, joka sitoutuu maan pinnalle sekä kasvien kautta että suoraan lämpönä maaperään.

”Ylimalkaan voimme sanoa, että ihmiskunnalla on kaksi vaurauden lähdettä. Ensinnäkin rajallinen varanto mineraaliresursseja maan uumenissa, joita (mineraaleja) voimme tietyissä rajoissa purkaa virraksi melkeinpä mielemme mukaan; ja toiseksi auringon säteilyvirta, joka ei ole ihmisen kontrollissa. Alhaisen entropian käsitettä käyttäen, mineraalivarat ovat ainoastaan murto-osa siitä aurinkoenergian määrästä, jonka maapallo saa yhden vuoden aikana. Täsmällisesti sanoen, suurin arvio maaperään sisältyvästä energiasta ei ylitä maapallon neljänä päivänä auringosta saamaa vapaan energian määrää!” (Goergescu-Roegen 1970, 300–301)

Myöhemmin Georgescu-Roegen korjasi puhuttelevan yksityiskohdan uusimpia arvioita vastaavaksi: maapallon uumeniin sisältyvä uusiutumattoman energian määrä vastaa *kahta viikkoa auringosta saatavaa energiaa*.

Teollisen talouden vaikutuksen ulottuessa kaikkialle maapallon elämää ylläpitävään järjestelmään fokusoitui yhdeksi ekologian peruskysymykseksi kysymys biodiversiteetistä eli lajien monimuotoisuudesta. Kysymyksen käytännöllinen merkitys oli siinä, että jokaisen menetetyn tai sukupuuttoon kuolleen lajin mukana menetettiin osa sitä evoluution mittaan kehittynyttä tietoa, joka ohjaa maapallon ekosysteemien ja viime kädessä koko biosfäärin toimintaa. Ihmiselle elintärkeät ekosysteemipalvelut ovat tuotannon kannalta ilmaisia palveluja, enimmäkseen erilaisia elämää ylläpitäviä ”luonnonkiertoja”. Ekosysteemissä aine ja energia kiertävät, siirtyvät ja kasautuvat. Taloustieteessä ekosysteemipalveluja tarkasteltiin pitkään ns. ulkoisvaikutuksina tai julkishyödykkeiden kautta. Esimerkkinä käytettiin

usein mehiläistarhauksen naapureille ilmaiseksi antamaa pölytyspalvelua. Käsitteellisenä askeleena voidaan todeta, että ekosysteemipalveluiden huomioon ottaminen talouden prosessien valinnassa johtaa biotalouteen käsitteen laajimmassa merkityksessä.

Ensimmäinen koko maapallon kattava arvio ekosysteemipalveluista julkaistiin vuonna 2005 nimellä Millennium Ecosystem Assessment (MEA). Arvion teetti YK:n pääsihteeri Kofi Annan, se perustui ajallisesti vuoden 2000 todettuun tilanteeseen ja sen tekemiseen osallistui yli kaksi tuhatta tutkijaa. Se on siis täysin verrattavissa laajalti tunnettuun IPCC:n työhön. Sen johtopäätös on ankara: 60 prosenttia maailman ekosysteemipalveluista on vahingoittunut ainakin jossakin määrin tai niitä käytetään kestämättömästi. Vesikysymyksiä on arvioinut Unesco viimeksi 2006 (World Water Assesment Program). Mineraalivarojen riittävyydestä on tehnyt arvion mm. World Economic Forum.

Kaiken kaikkiaan luonnonvarapolitiikka muodostuu neljästä pilarista, joita ovat (1) ilma ja ilmasto, (2) vesi, (3) mineraalit sekä (4) bio eli maapallon elämää ylläpitävä järjestelmä. Niistä voidaan hahmottaa seuraavanlainen matriisi:

Kuvio 1. Luonnonvarapolitiikan alueita Suomen näkökulmasta

Luonnonvarapolitiikka				
	ilmasto	vesi	mineraalit	biotalous
Seuranta	IPCC	WWAP	WEF	MEA
Muutoksen suunta	ilmastonmuutos	vesikriisi	laihat malmiot	biosubstuutio, kiertojen sulkeminen
Kansallinen politiikka	Ilmastopoliittinen selonteko + Uusiutuvan energian velvoitepaketti	? Vesitutkimuksen keskus ?	Kansallinen mineraalistrategia	Biotalousraportti ?
Maailman-markkinoiden segmentti	Energiatekniikan vientikysyntä	Puhdistus-järjestelmät Veden säästö	Erikoismetallien kysyntä	Tuote- ja prosessiomi-ominaisuudet

Yllä oleva yhteenvetotaulukko osoittaa muun ohessa sen, että luonnonvara ”vedeltä” puuttuu kansallinen toimintapolitiikka. Suomen kannalta resurssi nimeltä ”makea vesi” ei ole rajoittava resurssi, vaan vettä on runsaasti ja kautta maan, jolloin vesi on taloudessa ns. suhteellinen etu. Tuotannontekijä ”veden” runsaus ja biotalouden kehityslinjat luultavasti kietoutuvatkin Suomen kehityksessä yhteen. On todettu käsiterajauksen omaisesti, että ”vesi ei ole biotaloutta, mutta se on biotaloudelle välttämätön.”

Toinen taulukon kysymysmerkki on biotalouden kansallisia jatkotoimia koskeva. Niiden toimien tarpeellisuutta pyritään tässä tekstissä perustelemaan.

FAO:n arvion mukaan maailman väkiluku kasvaa vuoteen 2050 mennessä yli 9 miljardiin henkeen, jolloin elintarvikkeiden kysyntä kaksinkertaistuu. Tämä johtaa

puolestaan siihen, että maatalouden kasteluveden kysyntä nousee globaalisti 40–50 prosenttia nykyisestä. Saman FAO:n arvion mukaan maatalous käyttää jo nyt 70–75 prosenttia maailman kaikesta makean veden kulutuksesta. Näin ollen on ilmeistä, ettei teollisuuden vedenkäyttö voi lisääntyä kovinkaan monessa maailman maassa.

Biotalouteen puolestaan sisältyy laajin ja vallankumouksellisin muutosnäköala: Ainakin pitemmällä aikavälillä (50–100 vuotta) ja systeemisesti tarkastellen kaikesta taloudesta täytyy tulla biotaloutta. Vastaavasti voimme ilmastonäkökulmasta todeta, että tavoiteltu vähähiilinen (low carbon) tai hiilineutraali (carbon neutral) maailma on väistämättä biotaloutta, koska se toimii luonnollisen hiilenkierron periaatteella.

Kukin maailman valtioista on tehnyt maailman luonnonvaratilannetta koskevia johtopäätöksiä omasta näkökulmastaan. Pisimmälle on mennyt väestönkasvun ja fossiiliriippuvuuden kanssa kamppaileva Kiina, joka on eri tavoin pyrkinyt valtaamaan maan hallintaoikeuksia Afrikassa. Kiina on elintarvikkeiden osalta omavarainen, joten se ei tarvitse maata merten takaa ruoan tuotantoon. Kysymys on siitä, että Kiina varaa yhtiöiden kautta ostamalla, vuokraamalla ja sopimuksin etukäteen käyttöönsä kasvukykyistä maata sieltä, missä aurinko paistaa vuoden ympäri. Samoin toimii Afrikassa Etelä-Korea. Motiivin voinee tulkita yleisesti biotaloudelliseksi. Näin hankittujen yksittäisten alueiden mittakaavaa on luonnehdittu ”Uudenmaan kokoisiksi”. Ja tietenkin Afrikassa on öljyä ja harvinaisia mineraaleja sekä kasvavat infrainvestointien markkinat. Afrikan mailleen tämä yhteistyö on kiinnostavaa, koska Kiina on poliittinen vaihtoehto läntiselle maailmalle. Lisäksi Kiinalla ei ole omien maakuntiensa ulkopuolella siirtomaahistorian taakkaa. Kiina ei myöskään ehdollista investointejaan länsimaiden tavoin ihmisoikeuksia ja demokratiaa koskevin ehdoin, mikä kohottaa Afrikan valtioiden itsetuntoa.

Kiinan kauppa Afrikan kanssa on viisinkertaistunut 2000-luvulla. Nykyään Kiina on Afrikan kolmanneksi suurin kauppakumppani USA:n ja Ranskan jälkeen. Marraskuussa 2006 Kiina järjesti huippukokouksen, jossa 48 afrikkalaista valtiota allekirjoitti Kiinan kanssa sopimuksen taloudellisesta ja diplomaattisesta kumppanuudesta.

Biomassalla on kolme erityispiirrettä, jotka tekevät siitä erityisen kiinnostavan hyvinvoinnin lähteen

Ensinnäkin biomassa resurssina jakautuu suhteellisen tasaisesti kaikkialle maapallolle, koska aurinkoenergia kohdistuu kahta kiertoliikettä tekevälle maapallolle tasaisemmin kuin mikään muu luonnonvara.

Toiseksi biomassa on jotain elollista eli se ylläpitää itse itseään ilman ihmisen erityistä työtä. Tähän ylläpitoon eli regeneraatioon sisältyy evoluution myötä karttunut ohjaustieto, DNA sekä ns. ekosysteemipalvelut.

Kolmanneksi biomassa korvaa fossiilista hiiltä ja torjuu siten ilmastonmuutosta sekä säästää uusiutumattomia luonnonvaroja. Biomassassa oleva hiili on stationaarisessa kierrossa. Maapallon suurin biomassa on valtamerten plankton.

Globaali kilpailu sekä uusiutumattomista että uusiutuvista luonnonvaroista on jatkuvasti kiihtymässä. Lisäksi tuottavasta maasta ja vedestä tulee niukkuutta. Tämä johtaa siihen, että resurssien käytön tehokkuudesta sekä energia- ja materiaalitehokkaista innovaatioista tulee merkittävä tulevaisuuden kilpailutekijä. Siksi toimimalla eturintamassa Suomella on luonnonvaroiltaan vauraana sekä korkean osaamistason maana mahdollisuus saavuttaa kilpailuetu ja näin luoda hyvinvointia ja kantaa osaltaan globaalia vastuuta. Suomessa hyödynnettävissä olevat biomassat on saatava kestävään ja tuottavaan käyttöön.

Global Footprint Networkin (2006) kokoaman tilaston mukaan Suomen lähtökohta on verrattain edullinen. Nettona lasketussa biokapasiteetissa Suomi on 11. sijalla Kanadan, Venäjän ja Argentiinan jälkeen. Biokapasiteettia lasketaan ns. globaaleina hehtaareina, jolloin Suomen biokapasiteetti on 13 gha/hlö. Tämä muodostuu seuraavista osista:

Biokapasiteetti		viljelysmaa		laidun		metsä		kalastusalue		rakennettu maa
	=		+		+		+		+	
13 gha/hlö		1,38		0,00		8,66		2,81		0,14

Tässä laskelmassa havaitaan metsäpinta-alan suuri merkitys. Yllätyksellistä on kalastukseen sopivien vesien runsas määrä. Biokapasiteetti eli tuottavan maapinta-alan summa on Suomessa kasvanut vuoden 1961 tilanteeseen verraten. Tämä selittyy mm. metsitettyjen ns. joutomaiden ja ojitetun suon määrällä. Koska Suomen väkiluku on samaan aikaan kasvanut 800 000 hengellä, ei henkeä kohti lasketussa tunnusluvussa ole parannusta. Mainittakoon, että ennakkotietojen mukaan tuorein tilasto on esitettyä parempi, koska laskentaperusteita on korjattu.

Suomalaisten oman kulutuksen vaatima ekologinen jalanjälki saadaan samoilla perustein seuraavaksi:

Ekologinen jalanjälki		viljelysmaa jalanjälki		laidun jalanjälki		metsä jalanjälki		kalastusalue jalanjälki		hiili-jalanjälki		rakennettu maa jalanjälki
	=		+		+		+		+		+	
5,5 gha/hlö		1,27		0,03		1,02		0,38		2,67		0,14

Jos lasketaan nettotilanne (biokapasiteetti miinus kulutusperusteinen ekologinen jalanjälki) saadaan yhden suomalaisen biokapasiteettireserviksi 7,5 gha/hlö. Tämä on neljänneksi paras koko maailmassa. Edellä ovat vain Bolivia, Kongo ja Kanada.

Suomen biokapasiteetti on nettona laskien paras kaikista Euroopan Unionin jäsenmaista.

Poimittaessa pelkästään ekologisia jalanjälkiä on tämä tunnusluku Suomessa 5,5 gha/hlö, Virossa 6,4, Norjassa 6,3, Tanskassa 7,2 ja Venäjällä vastaavasti 6,1. Naapurimaiden luvut ovat yllättävän lähellä toisiaan.

Kun katsomme tarkemmin nettolaskelman perusteella syntyvän vajeen suuruutta, on USA:n biokapasiteettivaje -4,6, Hollannin -3,6, Japanin -3,5, vieläpä Saksankin -2,2. Enemmän kuin puolet kaikista maailman maista on nettobiokapasiteetiltaan miinuksen puolella.

Tällä tavoin laskettu nettotulos ei kuitenkaan kerro koko totuutta. Suomi käyttää luonnonvaroja runsaasti vientituotteiden valmistukseen. Viennin jalanjälki on 16,2 gha/hlö, eli jo pelkkä vientiteollisuus ylittää biokapasiteettimme. Kulutuspohjaisessa tarkastelussa viennin ekologiset jalanjäljet kohdentuvat ostajamaille, niiden vajeen täyttämiseen.

Taulukko 1. Suomi on biokapasiteetiltaan maailman kärkeä ja Euroopan Unionin ykkössijalla

Valtio	Kokonais-biokapasiteetti	Viljelysmaa	Laidunalue	Metsämaa	Kalastus-alue	Raken-nettu maa	Ekologinen reservi tai vaje
Bolivia	19,3	0,67	2,75	15,77	0,07	0,07	16,9
Kongo	13,2	0,23	40,5	8,35	0,51	0,05	12,2
Kanada	17,1	4,30	0,26	8,39	4,05	0,08	11,3
Suomi	13,0	1,38	0,00	8,66	2,81	0,14	7,5
Paraguay	10,8	1,30	2,68	6,67	0,06	0,07	7,4
K-Afrikka	8,4	0,65	0,38	7,31	0,00	0,07	7,0
Namibia	8,7	0,40	1,99	0,41	5,87	0,05	5,7
Uusi-Seelanti	12,0	1,04	3,47	5,03	2,36	0,14	4,5
Argentiina	7,1	2,32	1,94	0,78	1,91	0,09	4,1
Mauretania	6,3	0,16	4,09	0,06	1,93	0,05	3,2
Latvia	7,3	1,03	0,72	3,34	2,08	0,07	2,6
Viro	9,0	0,67	0,39	3,21	4,59	0,13	2,6
Angola	3,4	0,22	2,01	0,78	0,31	0,04	2,4
Guinea-Bissau	3,3	0,49	0,41	0,34	2,05	0,06	2,4
Peru	4,1	0,41	0,57	2,73	0,27	0,10	2,3
Papua Uusi Guinea	3,7	0,30	0,05	2,59	0,70	0,11	2,0
Madagaskar	3,2	0,28	1,70	0,92	0,21	0,06	2,0
Kolumbia	3,9	0,22	1,32	2,19	0,04	0,08	2,0
Kongo DTV	2,7	0,14	0,13	2,29	0,05	0,05	1,9
Norja	6,1	0,69	0,03	3,23	2,01	0,15	1,9

Valtio	Populaatio	Kulutuksen ekologinen jalanjälki	Viljelysmaa jalanjälki	Laidunalue jalanjälki	Metsämaa jalanjälki	Kalastusalue jalanjälki	Hiilijalanjälki	Rakennettu maa jalanjälki
Bolivia	9,4	2,4	0,47	1,22	0,16	0,01	0,47	0,07
Kongo	3,7	1,0	0,30	0,03	0,41	0,08	0,09	0,05
Kanada	32,6	5,8	0,54	0,26	1,05	0,23	3,60	0,08
Suomi	5,3	5,5	1,27	0,03	1,02	0,38	2,67	0,14
Paraguay	6,0	3,4	0,32	1,68	0,87	0,01	0,41	0,07
K-Afrikka	4,3	1,4	0,68	0,38	0,29	0,00	0,02	0,07
Namibia	2,0	3,0	0,71	1,39	0,00	0,04	0,80	0,05
Uusi-Seelanti	4,1	7,6	0,44	2,45	1,12	1,21	2,21	0,14
Argentiina	39,1	3,0	0,43	1,36	0,20	0,20	0,71	0,09
Mauretania	3,0	3,1	0,38	2,02	0,21	0,00	0,44	0,05
Latvia	2,3	4,6	0,97	0,15	2,39	0,16	0,86	0,07
Viro	1,3	6,4	0,44	0,15	2,40	0,14	3,15	0,13
Angola	16,6	0,9	0,34	0,19	0,13	0,09	0,14	0,04
Guinea-Bissau	1,6	1,0	0,39	0,34	0,16	0,00	0,05	0,06
Peru	27,6	1,8	0,53	0,24	0,18	0,45	0,30	0,10
Papua Uusi Guinea	6,2	1,7	0,21	0,02	0,30	0,87	0,21	0,11
Madagaskar	19,2	1,2	0,30	0,43	0,26	0,04	0,08	0,06
Kolumbia	45,6	1,9	0,31	0,78	0,13	0,04	0,52	0,08
Kongo DTV	60,6	0,7	0,16	0,01	0,49	0,01	0,01	0,05
Norja	4,7	4,2	1,19	0,04	0,59	0,18	2,05	0,15

Lähde: Global Footprint Network

Biokapasiteetin määrä eli uusiutuvien luonnonvarojen runsaus on Suomen kannalta klassisen taloustieteen tarkoittama kansantalouden suhteellinen etu. Teorian mukaan maan kannattaa erikoistua tällaisen pysyvän edun hyödyntämiseen ja sitä vastaavan teknologian kehittämiseen. Joskus ajatellaan, että Suomessa ei kannattaisi tarttua tähän etuun, koska muualla maailmassa ja toisilla ilmastovyöhykkeillä tukeudutaan mm. suoraan aurinkoenergian keräämiseen, vetytalouteen tai tuulivoiman ja aaltojen kineettisen energian hyödyntämiseen. On myös sanottu, ettei biomassa riitä koko maapallon energialähteeksi. Kumpikaan näistä vastaväitteistä ei kumoa sitä tosiseikkaa, että nimenomaan Suomella on tässä asiassa suhteellinen etu. Elleivät maat olisi erilaisia, ei myöskään tarvittaisi maailmankauppaa.

Biotalous itsessään on konseptina laajempi ja universaalimpi vastaus luonnonvarojen ehtymisen ja ilmastonmuutoksen aiheuttamiin globaaleihin haasteisiin. Kyse ei ole yhdestä toimialasta, vaan uudenlaisesta toimintatavasta, uuden ajan biologisesta materiaalitaloudesta. Uusiutumattomia luonnonvaroja korvataan uusiutuvilla, luonnonvaroja käytetään kestävästi ja materiaalien kierto on suljettu.

Suomeen on luotavissa menestyvä korkean arvonlisän biotalous, jossa tuotteiden valmistuksessa tarvitaan runsaasti bioprosessien osaamista. Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista ilman investointeja tulevaisuudessa menestyvään kestävään tuotantoon ja osaamiseen. Tutkimuksen ja innovaatiotyön avulla biomassalle on löydettävä arvokkaampia käyttömuotoja. Tavoitteena on tiikerinloikka parantamaan valmiutta vastata maailmassa aukeaviin mahdollisuuksiin ja haasteisiin.

Kansallisena tavoitteena on oltava kilpailukykyä, hyvinvointia ja ympäristövastuuta edistävä luonnonvara-ajattelu. Sellaisen pohtiminen alkoi jo Suomen Metsäyhdistyksen kokoamassa Luodin-prosessissa. Sitra nosti tuon ajattelun kansalliseksi haasteeksi ja organisoi laajan luonnonvaroja koskevan ohjelmaprosessin. Sitran luonnonvarastrategiatyöryhmä luovutti tähän perustuvan kansallisen luonnonvarastrategian (Älykkäästi luonnon voimin) pääministeri Matti Vanhaselle huhtikuussa 2009. Syksyllä 2009 useiden ministeriöiden edustajista koostunut Luova-työryhmä valmisteli valtioneuvoston kanslian johdolla muistion luonnonvarapolitiikan koordinaatiosta valtioneuvostossa.

Elinkeinoministeri Mauri Pekkarisen johtama ilmasto- ja energiapoliittinen ministerityöryhmä päätti 15.12.2009 ryhtyä valmistelemaan ja koordinoimaan valtioneuvoston luonnonvarastrategiaa. Johtopäätöksenä oli, että TEM asettaisi keväällä 2010 kaksi työryhmää, joista toinen pohtisi mineraalistrategiaa ja toinen biotaloutta.

Työ- ja elinkeinoministeriö asetti siten 4.2.2010 biotaloustyöryhmän, jonka tehtävänä oli laatia kuvaus ja strateginen arvio biotalouden konseptista ja kehityksestä vuoteen 2050. Työryhmän työ oli jatkoa Sitran luonnonvarastrategialle. Lisäksi työryhmä perehtyi eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan biopolitiikkamietintöön sekä ruoka-, metsä-, energia- ja mineraalistrategioihin. Tavoitteena oli laatia suosituksia ja kehittämisehdotuksia, jotka luovat edellytyksiä mm. yritysten biotalouteen liittyvien kehittämis- ja innovaatiotoimien käynnistämiseksi ja vahvistamiseksi seuraavaa hallitusohjelmaa silmälläpitäen. Tämän biotaloustyöryhmän raportti luovutettiin ministerille 5.10.2010.

Biotaloustyöryhmän tehtäväksi annettiin tarkastella laajasti biotaloutta ja sen mahdollisuuksia Suomen kannalta. Biotalouden käsite on kuitenkin niin laaja, että työryhmä katsoi parhaaksi tehdä eräitä rajauksia. Työryhmä ei käsitellyt esimerkiksi vesiekosysteemiä eikä luonnon virkistyskäyttöä ja luontomatkailua tai muutakaan vastaavaa palvelutarjontaa. Työryhmän mielestä näiden aihealueiden jatkotyöstäminen olisi aiheellista esimerkiksi erillisten asiantuntijaryhmien toimesta osana biotalousstrategiaa. Biotaloustyöryhmä ei liioin ottanut kantaa tai tehnyt ehdotuksia bioenergian tuotannon tai biopolttoaineiden tukien tai ohjauskeinojen osalta. Näin päätettiin siksi, että valtioneuvosto oli jo työryhmän toimeksiannon aikana tehnyt asiaa koskevat päätökset vuosiksi eteenpäin. Energiaan liittyvät kysymykset ovat tänä päivänä kuitenkin tärkeä ja mittava osa maamme biotaloutta, ja siksi se on olennainen elementti työryhmän ehdottamassa uudessa kansallisessa pitkän tähtäimen biotalousstrategiassa.

Valtioneuvosto puolestaan yhdisti TEM:n vetämässä valmistelussa biotaloustyöryhmän raportin, mineraalistrategian, vesivaroja koskevat politiikan sekä ekosysteeminäkökulman yhdeksi kokonaisuudeksi otsikolla ”Älykäs ja vastuullinen luonnonvaratalous”. Tämä valtioneuvoston luonnonvaraselonteko annettiin eduskunnalle 8.12.2010.

Hahmottuvassa luonnonvarapolitiikassa biotalous on uusin ja suurin elementti ja sitä koskevat organisointi-, johtamis-, tutkimus- ja toimintaympäristöratkaisut ovat erityisen tarpeellisia, kun Suomi aikoo rakentaa biotaloudesta systeemisen kansallisen edun.

2 Biotalous uutena toimintatapana

Biotaloudessa on päällimmäisessä katsannossa kysymys siitä, millaisiin jalostaviin käyttöihin saatavilla oleva tai tunnistettu biomassa voidaan ohjata. Koska biomassa ”massa-terminä” viettelee ajattelemaan suurten määrien hyödyntämistä alhaisen arvonlisän massatuotantona (esimerkiksi bioenergiana), voidaan sen vastapainona puhua biospoteista eli pienistä, mutta korkean arvonlisän tuotteista (esimerkiksi biopohjaiset lääkkeet).

Biotalous on näkökulmana, tunnistamisen intressiltään, ihmisen taloutta. Sitä tuskin edes tunnistettaisiin, ellei takanamme olisi 200 vuotta teollista taloutta. Mutta tarkemmin ajatellen kyse on muustakin kuin biomassojen ja biospottien erilaisista jalostavista käytöistä. Biotaloutta voi oivaltavasti verrata biodiversiteettiin. Luonnontalouden terminä biodiversiteettiä on totuttu tarkastelemaan kolmella tasolla: (1) geneettinen monimuotoisuus, (2) lajien monimuotoisuus ja (3) ekosysteemien monimuotoisuus. Samalla tavalla biotaloutta voidaan tarkastella kolmella tasolla, jotka vastaavasti ovat (1) bioperäiset tuotteet, (2) biologisten prosessien käyttö tuotannossa ja (3) aineen ja energian kierrot osana biosfääriä.

Biotalouden tuotteet ovat siis bioperäisiä ja samalla biohajoavia, eli niitä määrittelee uusiutuvuus ”alussa” ja ”lopussa”. Näiden tuotteiden ominaisuuksia voidaan muotoilla biotekniikan ja geenimanipulaation keinoin. Teollisessa tuotannossa käytetyt biologiset prosessit ovat tulleet käyttöön biokemian kehityksen kautta. Entsyymit ja bakteerit pehmittävät ja muuntavat materiaaleja energeettisesti tehokkaasti, koska ne ottavat käyteaineensa samasta aineesta, jota ne muokkaavat. Uutta biotalouden näkökulmassa on, että tuotannon kaikki vaikutukset ekosysteemeihin ja luonnonkiertoihin pyritään ottamaan huomioon, jolloin tuloksena on teollista ekologiaa (industrial ecology) sekä tuotantolaitoksen että luonnonsuhteiden osalta. Biotalouden tavoitekuvassa kaikki tuotannon sivuvirrat joko hyödynnetään tai ne palaavat haitattomina osaksi luonnon kiertoja. Teollinen talous ja luonnontalous ikään kuin rakennetaan yhteen.

Maailmassa, jossa väkiluku kasvaa 9 miljardiin ja öljy, uraani ja fosfori hupenevat, ilmastonmuutoksen torjunnasta on tullut investointeja ohjaava imperatiivi ja koko tulevaa talousjärjestelmää voidaan luonnehtia biotaloudeksi. On väistämätöntä, että jollakin aikataululla fossiilisiin polttoaineisiin perustuvasta taloudesta siirrytään biotalouteen. Motoksi voimme muotoilla, että ”biotalous on vuosisadan mittainen realiteetti”.

Maa, joka pystyy ensimmäisenä tekemään johtopäätökset biotalouteen johtavasta kehitysurasta, hankkii itselleen kauan kestävän kilpailuedun. Kulttuurisesti Suomi on yksi niistä maista, joilla on tämä mahdollisuus. Suomen kulttuurisiin piirteisiin kuuluvia asioita ovat mm. kesämökit vesien äärellä, bioteollisuudeksi

kehittyvä metsäteollisuusosaaminen sekä talonpoikaiskulttuurin hiljaista tietoa omaava moderni maaseutu.

Biotalouteen kuuluvia prosesseja on hyödynnetty jo vuosituhansia. Tästä huolimatta biotalous käsitteenä, joka kokonaisvaltaisesti tarkastelee biomassoja, niiden hyödyntämistä ja markkinoita sekä näihin liittyviä palveluja, on uusi konsepti. Biotalous on tapa nähdä asioita kiertojen kokonaisuuksina sekä toteuttaa uusia asioita virtoina. Suhteessa perinteisiin talouden sektoreihin se edustaa läpileikkaavaa poikkisektoraalista ajattelumallia. Se on taloutta, joka ottaa todesta biologian, fysiikan ja globaalin rajallisuuden. Biotalous täydentää vihreän talouden ja luonnonvaratalouden käsitteitä.[1] Nämä laajat käsitekokonaisuudet pyrkivät löytämään omasta näkökulmastaan uusia ratkaisumalleja, jotka muun muassa vähentävät riippuvuutta fossiilisesta energiasta, ehkäisevät ekosysteemien köyhtymistä sekä edistävät talouskehitystä ja luovat uusia työpaikkoja kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti.

Sitran laajassa prosessissa laadittu kansallinen luonnonvarastrategia Älykkäästi luonnon voimin (2009, 6) tunnisti biotalouden tulevaisuuden luonnonvarapolitiikan ykkösasiaksi ja keskeiseksi muutosalueeksi. Sitran sanoin: *"Biomassaa voidaan kestävästi lisätä ja sillä voidaan korvata energiantuotannossa fossiilisia tuontipolttoaineita. Biotalous tulee kuitenkin nähdä nykyistä laajempana ja moniulotteisempana mahdollisuutena, jossa luonnonvaroja hyödynnetään biologisia prosesseja soveltaen ja jäljitellen kestävällä tavalla. Sen sovellusalueet voivat kattaa koko yhteiskunnan mukaan lukien energian, materian, elintarvikkeiden ja terveyspalvelujen tuotanto."*

Biotalous on jo itsessään laaja kokonaisuus ja siitä on esitetty useita määritelmiä. Biotaloustyöryhmä 2010 teki joukon rajauksia ja käsittelee tässä raportissa vain tiettyjä biotalouden aihealueita. Biotaloustyöryhmän mukaan biotalous on uusiutuvien luonnonvarojen kestävää hoitoa sekä käyttöä ja niistä valmistettujen tuotteiden ja palveluiden tuotantoa sekä biologisten ja teknisten menetelmien käyttöä tuotannossa.

Tässä määritelmässä on kolme tasoa: ilmaisujärjestyksessä (1) ekosysteemikehys, (2) bioperäiset tuotteet sekä (3) tuotantoprosessien luonne.

EU:n käynnistäessä oman biotalousstrategiansa valmistelun unionin innovaatiotoiminnasta vastaava komissaari Maire Geoghegan-Quinn määritteli 14.9.2010 biotalouden *"siksi osaksi taloutta, joka luo kasvua ja työpaikkoja biologisten resurssien kehittämisestä, jalostamisesta ja käytöstä, ympäristöllisesti kestävällä tavalla."* Mutta jotta asia tulisi konkreettisemmin sanotuksi, hän täydensi tätä bioekonomian määritelmää konkreettisemmalla kuvauksella: "Euroopan biotalous on arvioltaan kaksi triljoonaa euroa ja tarjoaa 22 miljoonaa työpaikkaa Euroopassa, niinkin erilai-

1 OECD:n mukaan vihreä talous (Green economy) tarkoittaa talousjärjestelmää, jossa ekosysteemin hyvinvointi otetaan huomioon kiinteänä osana järjestelmää. Taloustoiminnassa otetaan huomioon vaikutukset ympäristöön, ihmiseen ja talouteen. Samaan aikaan pyritään vähentämään kasvihuonepäästöjä, luonnonvarojen käyttöä ja jätteen syntymistä sekä sosiaalista eriarvoisuutta. Vihreän talouden päätavoite on vähentää riippuvuutta fossiilisesta energiasta ja ekosysteemien köyhtymistä, edistää maailmantaloutta sekä luoda uusia työpaikkoja kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti. Luonnonvaratalous perustuu elottomien (mm. vesi, mineraalit) ja elollisten (mm. metsä, peltomaa) luonnonvarojen kestävään hyödyntämiseen. Kokonaisvaltaisessa luonnonvarataloudessa otetaan huomioon talous, tuotanto ja ympäristö sekä niiden kytkennät sosiaalisiin ja yhteiskunnallisiin tekijöihin.

silla toimialoilla kuin maatalous, metsätalous kalatalous, elintarvikkeiden tuotanto, kemian teollisuus ja biopolttoaineet."

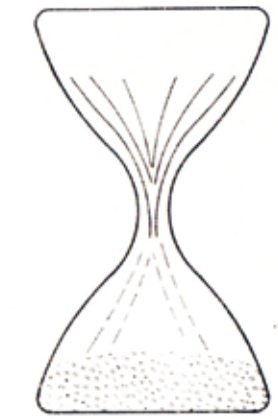
EU oli jo vuodesta 2005 alkaen valmistellut ja vuonna 2008 käynnistänyt 7. puiteohjelman osan nimellä KBBE eli Knowledge-Based Bio Economy eli tietämyspohjainen biotalous. Tämä tutkimuspanostus tähtää parempaan ruokaan ja terveyteen life sciencen, maatalouden ja bioteknologian kautta. Tavoitteena ovat uudet, kestävät, ekotehokkaat ja kilpailukykyiset tuotteet. Vaikka ohjelman yhteydessä puhutaan lennokkaasti mm. bioyhteiskunnasta, tarkoittaa puiteohjelma käytännössä bioteknologian kehittämistä. Onkin tulkittavissa, että KBBE edustaa siirtymää tietoyhteiskuntafokuksesta kohti biotalousteemaa. Talousnäkökulma on ensimmäisessä KBBE-visiossa suhteellisen sumea. Kuitenkin vuoden 2010 KBBE-raportissa tarkastelutapa on jo muuttunut taloudelliseksi. EU työskentelee tosissaan biotalouden edistämiseksi ja tunnistaa alueen valtavat markkinapotentiaalit.

OECD:n biotaloustoimintapolitiikkaa hahmotteleva raportti The Bioeconomy to 2020 käsittelee sekin aihetta pitkälti bioteknologian kautta. Biotalous on jotakin, joka syntyy bioteknologian kehityksen myötä. Määritelmä biotaloudesta onkin tässä katsannossa *"maailma, jossa bioteknologia aikaansaa merkittävän osan taloudellisesta tuotoksesta. Syntyvä biotalous tullee olemaan globaali ja perustumaan kestävälle kehitykselle ja ympäristölliselle kestävyydelle."* (OECD 2009, 22)

OECD listaa biotaloudelle kolme ominaisuutta. Ensinnäkin käyttämällä bioteknologista tietoa kehitetään uusia prosesseja. Toiseksi uusiutuvaa biomassaa ja tehokkaita bioprosesseja hyödynnetään kestävän tuotantotavan saavuttamiseksi. Kolmanneksi tietämys ja sovellukset integroidaan arvoketjuiksi, jotka ylittävät toimialarajat, esimerkiksi alkutuotannossa, terveystuotteissa ja teollisuudessa.

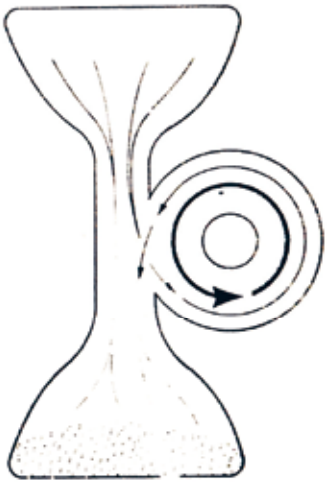
Ensimmäinen taloustieteilijä, joka mielsi itsensä biotaloustieteilijäksi ja tarkasteli luonnonvaroja termin biotaloustiede (bioeconomics) alla, oli jo aiemminkin mainittu Nicholas Georgescu-Roegen. Tämä tapahtui Yalen yliopiston Kasvun rajat -luentosarjassa 1972. (Georgescu-Roegen 1976, 25–26) Hän tarkastelee kaikkia luonnonvaroja ja energiamuotoja uusiutuvuuden kannalta. Ihmiskunnan tulevaisuus *"ei ole biologinen eikä taloudellinen, vaan bioekonominen kysymys"*. Tähän kysymykseen kätkeytyy kolme epäsymmetriaa. Ensinnäkin maaperän luonnonvarat (kuten malmit ja fossiiliset energiavarat) ovat varantoja kun taas aurinkoperäinen resurssimme on virtaa. Toiseksi, koska ihminen ei pysty muuntamaan energiaa materiaksi, on saatavilla oleva alhaisen entropian aine ihmisen kannalta talouden kriittisin elementti. Ja kolmanneksi maapallolle tuleva aurinkoenergian virta on mittakaavaltaan astronomisesti suurempaa kuin kaikki maapallon varantoihin sisältyvä vapaa energia.

Kuvio 2. Luonnonvarat virtaavat peruuttamattomasti läpi talouden systeemin, erityisesti fossiilienergia. Biotalouden avulla voidaan kehittää maksimaalisesti aurinkoenergiaa ihmisen käyttöön hyödyntävä kierto (steady state -talous). Ratkaisussa on kiinnitettävä erityishuomio muun läpivirran minimointiin. Lisäksi ihmisen talouden mittakaavan on oltava sopiva, jotta ekosysteemi säilyy ja sen itseohjaus toimii.

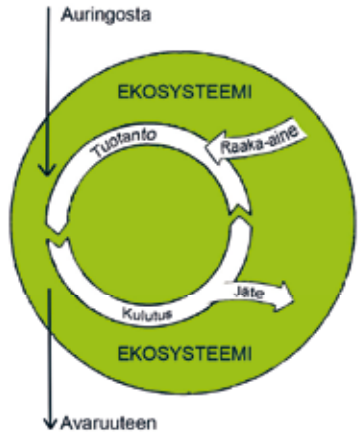


Aine ja energia eristetyssä systeemissä
Entropian laki pelkistetyimmillään

Ekosysteemi ja talousprosessi avoimessa termodynaamisessa systeemissä



Materia suljetussa termodynaamisessa systeemissä. Sataprosenttinen kierrätys ei ole mahdollista



Steady-state talous. Talouden mittakaavan on oltava sopiva suhteessa ekosysteemiin.

Lähde: Georgescu-Roegen 1977 sekä Daly 1986

Biotalous on monia asioita yhdessä:

- *Uusiutuvien luonnonvarojen (ekosysteemien) hoitoa ja käyttöä*
- *Näin saatujen bioperäisten tuotteiden tuotantoa*
- *Biologisten prosessien soveltamista kaikessa tuotannossa*
- *Teollisen tuotannon ja luonnon kiertojen yhteen rakentamista*
- *Historiallisesti runsaan öljyn aikakautta seuraava talousmuoto*
- *Aktiivisesti ilmaistu hiilineutraalisuuden ilmastotavoite*

Agroekosysteemejä tutkiva Juha Helenius on tulkinnut menossa olevaa muutosta maatalouden suunnasta. Hänen mukaansa parhaillaan olemme siirtymässä ruokajärjestelmäajattelusta ajatteluun, jossa maatalous ja ruoan tuotanto nähdään osana biomassaperustaisia tuotannon ja kulutuksen järjestelmiä. Lyhyesti sanoen nämä järjestelmät ovat fotosynteesiperustaisia järjestelmiä. Fotosynteesiin perustuvalla tuotannolla eli biomassojen tuotannolla on kolme erityispiirrettä, jotka erottavat ne tavarantuotantoteollisuudesta. Nämä erityispiirteet ovat:

1 biomassojen tuotanto on sidottu ekosysteemien toimintaan

2 nämä ekosysteemit ovat sijaintipaikkaansa sidottuja

3 ne ovat pinta-alaltaan laajoja, koska niiden tuotanto perustuu niiden ”aurinkopaneelien” kokoon

Tätä listaa on syytä täydentää vielä neljännellä piirteellä, joka on Suomen oloissa olennainen:

4 vuodenaikavaihtelun takia fotosynteesipohjaiset biomassat kasvavat sesonkiluontoisesti vain kasvukaudella ja ovat talvikauden lepotilassa, varantoina. Fotosynteesiin perustuva tuotanto on siis ajallisesti epäjatkuvaa. Se ei kuitenkaan estä, ettei biomassaa voisi korjata talteen ympäri vuoden.

Ihmiset ovat hyödyntäneet biomassan lisäksi biologisia prosesseja jo vuosituhansien ajan – aluksi osin tietämättään. Esimerkkejä kyseisistä prosesseista ovat hiivasienten käyttö viininvalmistuksessa ja maitohappobakteerien sekä homesienten hyödyntäminen juustojen valmistuksessa. Rokotteiden kehittäminen 1700-luvun loppupuolella kuolleista tai osin heikentyneistä mikrobeista oli puolestaan suuri harppaus taistelussa taudinaiheuttajia vastaan. Uudempia ihmisten jokapäiväiseen elämään kuuluvia bioprosesseja ovat muun muassa rasvaa poistavat lipaasientsyymit pyykinpesuaineissa ja hammastahnaan lisätyt entsyymit, jotka vähentävät suun haitallisten bakteerien toiminnan haittavaikutuksia.

Sitran luonnonvarastrategian mukaan uuden sukupolven biotalous, jossa biomassoista saatavat monipuoliset kuidut ja kemialliset yhdisteet sekä biologiset prosessit toimivat uusien innovaatioiden lähteenä, tarjoaa yritystoimintaan monipuolisia mahdollisuuksia. Biotalous tulee nähdä nykyistä laajempana ja moniulotteisempana mahdollisuutena, jossa luonnonvaroja hyödynnetään biologisia prosesseja soveltaen ja jäljitellen kestävällä tavalla. Sen sovellusalueet voivat kattaa koko yhteiskunnan mukaan lukien energian, materian, elintarvikkeiden ja

terveyspalvelujen tuotannon. Puu ja muut runsaat uusiutuvat luonnonvarat ja vesivarannot ovat kansallinen vahvuutemme biotalouteen tähdättäessä. Biotaloutta on myös luonnonvarojen aineettomiin arvoihin perustuvien palvelujen, osaamisen ja liiketoiminnan kehittäminen.

Tulevaisuudessa biotalouteen pohjaavien ratkaisujen merkitys ilmastonmuutokseen ja luonnonvarojen kestävyyteen liittyvien haasteiden ratkaisemisessa tulee olemaan keskeinen. Metsäteollisuus on tänä päivänä johtava puun ja biomassan hyödyntäjä, joka valmistaa tuotantonsa ohella bioenergiaa, biopolttoaineita ja tulevaisuuden biojalostamoissa myös monia biokemikaaleja. Biotaloudella on paljon erilaisia mahdollisuuksia esim. lääketeollisuudessa, kosmetiikassa, rehuissa, ruokateollisuudessa, liimoissa, pinnoitteissa, biopolttoaineissa, biokomposiiteissa ja muissa pitkälle jalostetuissa tuotteissa. Esimerkiksi Talvivaaran kaivoksessa käytetään bakteereihin perustuvaa tekniikkaa. Paperiteollisuus puolestaan hyödyntää entsyymejä esimerkiksi valkaisussa.

Bioliotus Talvivaaran kaivoksella

Bioliotusta tapahtuu maaperässä kaikkialla ja erityisesti sopivissa malmioissa. Se on vanhastaan tunnettu, mutta hidas luonnonprosessi. Bioliuotuksessa bakteerit erottavat metallit malmista. Prosessi perustuu mm bakteereihin Acidithiobacillus ferrooxidans (hapettaa rautaa) ja Acidithiobacillus thiooxidans (hapettaa rikkiä). Talvivaarassa käytetään alueen kotoperäisiä bakteereita. Teollisessa prosessissa liotustulosta nopeutetaan säätämällä olosuhteet bakteereille sopiviksi sekä murskaamalla malmi murusiksi, jolloin bakteeritoiminnan vaatimat murtopinnat moninkertaistuvat. Bioliuotuksella saadaan talteen kultaa, kuparia, sinkkiä ja nikkeliä. Talvivaarassa tapahtuva nikkelin bioliuotus on lajissaan maailman ainoa toimiva prosessi.

Bioliuotus toimii laajalla lämpötila-alueella, mutta yleisimmät bakteerikannat toimivat 25 ja 38 asteen välillä. Lämpötilaa säädellään mikrobisyötteillä. Prosessin pH-taso edellyttää säätöä 1,5–2,5 happamuuteen. Prosessi on käynnissä 24 tuntia vuorokaudessa, vuoden ympäri.

Bioliuotus on kustannuksiltaan edullinen prosessi, joka tarvitsee vain ilmaa, vettä ja mikrobeja. Se on oikein toteutettuna myös ympäristöystävällinen, koska raakamalmia ei sulateta eikä käsitellä kemiallisesti. Talvivaarassa käytetyt bakteerit ovat paikallista kantaa, sanamukaisesti "lätäköstä poimittuja".

Metallien talteenotossa nikkeli, kupari, sinkki ja koboltti saostetaan ja suodatetaan metallia sisältävästä kierrätysliuoksesta. Kun metallit on erotettu, liuosta puhdistetaan edelleen, minkä jälkeen se palautetaan takaisin malmikasan läpi kiertoliuokseksi. Saatujen metallien laatu on korkea ja talteenotto lähes sataprosenttista.

Prosessista syntyy harvinaisen puhdasta rikastehiekkaa/hylkykiveä. Hallitussa prosessissa vesi kiertää optimaalisesti. Avoimen taivaan alla tapahtuvassa käsittelyssä ilmenee hajuhaittoja, koska rikkiyhdisteitä vapautuu ilmaan.

Nikkelin bioliuotuksen kehitti suomalainen biokemisti Marja Riekkola-Vanhanen, joka työskenteli Outokumpu Research Oy.ssä. Hän oli jo eläkkeellä kun Talvivaaran kaivoksen perustaja Pekka Perä otti häneen yhteyttä ja vakuuttui prosessin toimivuudesta.

Vuoden 2010 biotaloustyöryhmä päätyi toimeksiantonsa mukaisesti tarkastelemaan, miten Suomi voi hyötyä biomassavaroistaan ja miten niitä on mahdollista lisätä kestävästi ekosysteemien toimintakyvyn rajoissa. Biomassan käytöstä oli tärkeää selvittää biomassan hyödyntäminen energialähteenä ja eri tuotteiden raaka-aineena. Kolmanneksi oli perusteltua syventyä biologisiin prosesseihin osana nykyisiä ja tulevia tuotantoprosesseja. Työryhmän näkemyksen mukaan luonnon monimuotoisuutta (biodiversiteettiä) vaaliva biotalous on suuri mahdollisuus Suomelle sekä luonnonvarojen että siihen liittyvien taloudellisten mahdollisuuksien vuoksi. Alan osaamisen, teknologian, liiketoiminnan ja viennin vauhdittaminen voi tehdä Suomesta merkittävän toimijan maailmassa.

Voimakas kiinnostus biotalouteen ei ole vielä tavoittanut sitä tutkimuksellista tai tilastollista tasoa, jonka sen merkitys olisi vaatinut. Näin ollen biotaloudesta ei ole virallisia tilastoja. Siksi työryhmä tilasi Tilastokeskukselta alustavan selvityksen biotalouden tunnusluvuista. Kansantalouden tilinpidon perusteella on tilastoitavissa biotalouden osuus likimäärin kansantalouden tuotannosta ja työllisyydestä alkutuotannon ja jalostuksen osalta. Palvelutoimialoja ei ilman tarkempaa selvitystä voida tilinpidosta eritellä uusiutuviin ja uusiutumattomiin luonnonvaroihin perustuviin.

Taulukko 2. Tilastokeskuksen arvio biotaloudesta vuonna 2008

	tuotos milj.€	arvonlisäys milj.€	työlliset
Maatalous, metsästys	4 409	1 327	98 500
Metsätalous	4 524	3 222	21 500
Kalatalous	160	92	1 900
Elintarviketeollisuus	10 594	2 478	37 900
Sahateollisuus	6 077	1 273	28 800
Massa- ja paperiteollisuus	14 260	3 118	26 900
Muu teollisuus	7 599	2 857	46 100
Energiahuolto	2 659	1 270	5 500
Veden puhdistus ja jakelu	469	293	2 400
Koko biotalous	**50 751**	**15 930**	**269 500**
Koko kansantalous	**375 478**	**161 504**	**2 525 300**
Biotalouden osuus, %	**13,5**	**9,9**	**10,7**

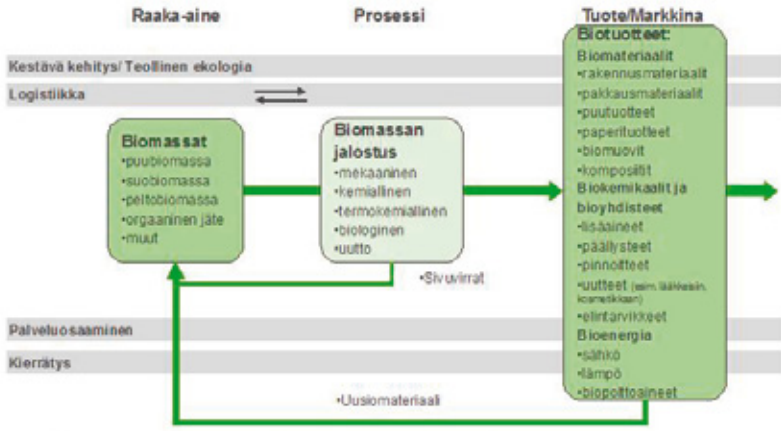
Suomessa käytetystä kotimaisesta luonnonmateriaalista volyymiltaan ylivoimaisesti suurin on sora ja murske – roudan ja talven takia rakentamisessa välttämätön aines. Jos kivet, sora ja murske ja maa jätetään huomiotta, ovat biopohjaiset materiaalit yhteensä suurempi ryhmä kuin mineraalit yhteensä. Ulkoa tuodut biopohjaiset ovat määrältään karkeasti puolet Suomessa käytetystä kotimaisesta biopohjaisesta.

Taulukko 3. Kotimaisten materiaalien käyttö Suomessa

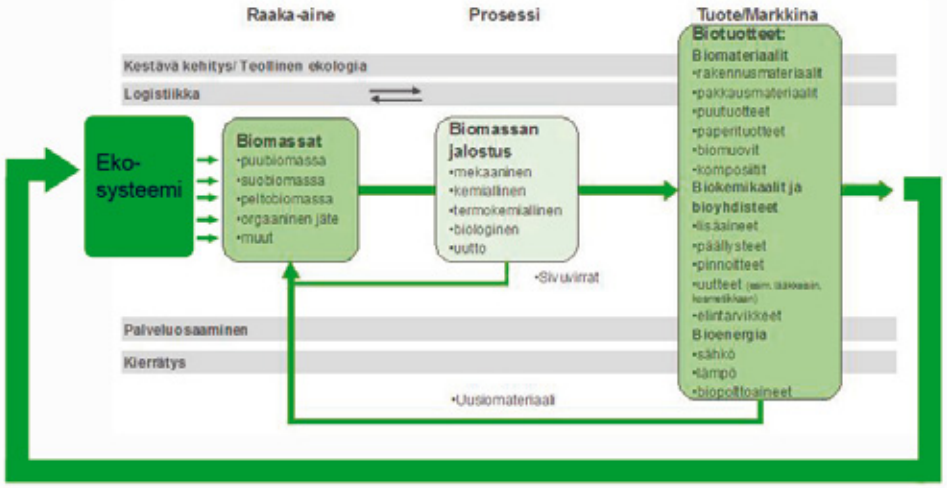
Kotimainen materiaalien käyttö		1000 tonnia
Biopohjaiset	Viljellyt kasvit	9 043
	Luonnonkasvit ja eläimet	209
	Tukkipuu	13 986
	Kuitupuu	14 840
	Polttopuu, metsähake	3 970
	YHTEENSÄ	42 048
Muut	Energiamineraalit	7 578
	Metallimineraalit	3 733
	Teollisuusmineraalit	16 301
	Rakennuskivet	1 393
	Sora ja murske	113 000
	Muu maa-aines	12 172
	YHTEENSÄ	154 177

Lähde: Tilastokeskus.

Kuvio 3. Biotalouden tarkastelu matriisina sekä edelleen täydennettynä ekosysteemin kautta kulkevalla isolla kierrolla. Tässä kierrossa luonnon biohajotuskyky on tärkeä, mutta suhteellisen vähän tunnettu ilmiö.



Kuva: Biotalous on uusiutuvista luonnonvaroista valmistettujen tuotteiden käyttöä ja uusiutuvia luonnonvaroja tuottavaa ja jalostavaa tuotantoa. Kuvan neljä harmaata poikkipalkkia mahdollistavat systeemisen tarkastelun muuntamisen matriisiksi, jossa on 3 x 4 tarkastelualuetta.



Kuva: Ekosysteemitarkastelulla suljetun kierron systeemiksi täydennetty biotalous

3 Globaalit reunaehdot

Bioresurssien hyödyntämisen teoria ja käytäntö ovat kaksi eri asiaa. Erot syntyvät (1) hiilensidonnan tosiasiallisesta kestosta, (2) globaalin tilankäytön epäsuhdasta sekä (3) prosessien sisäisestä ekologiasta.

Ei ole ollenkaan vailla merkitystä, miten nopeasti tuotantoon hyödynnetty biomassa luonnossa lahoaa ja vapauttaa hiilidioksidin ilmakehään. Kun biomassa luonnossa lahoaa hitaasti verrattuna polttoon, syntyy viive hiilensidonnassa. Jos hakkuutähteisiin kuuluvat kannot poltetaan energiaksi heti hakkuun jälkeen mutta metsään jäävä kanto lahoaa hitaasti sitoen hiiltä vielä vuosikymmeniä, ei kantobiomassan energiakäyttö paranna lähimpien vuosikymmenten kasvihuonekaasutasetta. Ero tasoittuu ajan mittaan olettaen, että voimakkaasti kasvavat puut sitovat hiiltä.

Puurakentaminen on ilmaston kannalta tehokasta ensiapua. Se sitoo hiiltä heti pysyviin puurakenteisiin, esimerkiksi taloihin, joiden pitäisi kestää satoja vuosia. Kaiken lisäksi rakennuspuun hiilensitomiskyky on yllättävän tehokasta. Yksi tonni puuta sitoo tonnin hiilidioksidia. Keskikokoinen puinen omakotitalo sitoo hiiltä 30 tonnia.

Biomassan vuotuinen, globaali primärituotanto maapallolla on Ari Lampisen viittaaman lähteen mukaan 29-kertainen maapallon liikenne-energian kokonaiskulutukseen verrattuna. Maanviljelyn kokonaistuotanto on sekin vielä kaksinkertainen globaalin liikenne-energian tarpeeseen nähden. Teoriassa maataloustuotannon lisääminen kolmanneksella riittäisi siis liikenteen energialähteeksi. Näin ei tietenkään ole. Puheena oleva agroekosysteemien teoreettinen laajennusmahdollisuus sijoittuu maantieteellisesti eri paikkoihin kuin ihmisten liikkumistarve. Lisäksi tällainen tuotannon laajentaminen kilpailee muiden maakäyttömuotojen kanssa ja tapahtuisi olemassa olevien luonnontilaisten ekosysteemien kustannuksella.

Biotalous on kuitenkin ekosysteemimittakaavassa täysin mahdollinen. Emeritusprofessori Johan Gullichsen on esittänyt pariinkin kertaan laskelman, jonka mukaan maapallon kaikki energia voitaisiin tuottaa viljelymetsäpinta-alalla, joka on 12 prosenttia maailman pinta-alasta.

Lupaavin resurssi on kuitenkin biojäte. Jo entuudestaan tuotantoprosessiin mobilisoitu biomassa on ajan ja paikan kannalta helposti hyödynnettävä resurssi. Sivuvirtojen ja jäteperäisten tuotteiden käytön ekologiset ja sosiaaliset riskit ovat vähäisiä. Näillä biomassoilla on siis etunsa verrattuna viljeltyihin energiakasveihin. Ellei niitä käytettäisi, ne joka tapauksissa hajoaisivat ja vapauttaisivat hiiltä ilmakehään. Kun biojäte käytetään hyödyksi, saadaan kaksoisvoitto. Ensin säästetään uusiutumattomia luonnonvaroja ja sitten säästetään päästöissä.

On kuitenkin energiakasveja, kuten jatropha, joita voidaan kasvattaa maatalouden hylkäämillä ja eroosion vaivaamilla alueilla ja jopa karuilla hiekkatasangoilla. Oikeilla energiakasveilla voidaan estää eroosiota ja jopa ennallistaa maaperää. Tämä

näkökohta yhdistettynä Gullichsenin huomioon muistuttaa, että aavikoiden metsittäminen ei suinkaan ole mennen ajan luonnonhoitoa.

3.1 Öljyn riittävyys

Öljyyn perustuva maailmantalous on entrooppisesti äärimmäisen haavoittuva. Öljylle ei ole nopeaa korvaajaa kuljetusten voimanlähteenä. Sen kysyntäjousto on jäykkää eli hintaheilahtelut häiriöiden ilmetessä ovat suuria. Tästä saatiin historiallinen, silloista maailmankuvaa ravistellut ennakkokäsitys vuosien 1973 ja 1979 energiakriisien aikana. Siksi on tärkeää pohtia, mitä tapahtuu, kun öljyntuotanto alkaa rajallisten varantojen takia vähetä. Yhdysvaltain energiaministeriölle tekemässään raportissa Robert Hirsch (2005) varoittaa: *öljyntuotannon huippuun varautumatta jättäminen aiheuttaa maailmalle merkittävän polttoainepulan yli kahdeksi vuosikymmeneksi.* Tämä öljypula mullistaa maailmankaupan, muuttaa yritysrakenteita ja vaikuttaa kaikkeen arkiseen elämään. Samaa aihetta käsittelevässä tuoreessa kirjassa Hirsch kollegoineen (2010) on selväsanaisempi ja mainitsee seurauksina mm. nälänhädät, ruokamellakat, työttömyyden, lakot, poliittisen järjestelmän ongelmat, mahdollisen terrorismin.

Varautuminen öljyntuotannon huippuun pitäisi aloittaa 10–20 vuotta ennen huipun toteamista, jotta maailmantalous selviäisi ilman teknologisesta siirtymästä johtuvaa häiriötä.

Maapallon sisäisessä mittakaavassa ainoan poikkeuksen entropiasta tekee auringon säteilyenergia. Ihmisen aikakäsitteen kannalta sitä säteilee maapallon kautta loputtomiin. Maapallo on auringonvalon ja säteilyn suhteen avoin systeemi. Aurinko sananmukaisesti pyörittää maapallon elollista järjestelmää, biosfääriä. Tämän ja pelkästään tämän takia ihmisellä on käytössään uusiutuvia luonnonvaroja: auringon säteily, vihreät kasvit ja levät, virtaava vesi, tuuli, aaltojen liike-energia, maalämpö.

Fossiilisten polttoaineiden, erikoisesti kivihiilen ja öljyn, teollinen käyttö 1700-luvulta lähtien mahdollisti modernin länsimaisen sivilisaation synnyn, joka sivilisaatio pystyi kokonaan irrottautumaan elollisen luonnon ja auringon rajoitteista ja rytmiikasta. Siksi se tuotti uudenlaiset tehokkuuskäsitteet ja kannattavaisuussuhteet. Koska fossiilisia luonnonvaroja voidaan mobilisoida täysin ihmisen valitsemaan tahtiin ihmisen haluamia määriä, joutuvat uusiutuvat luonnonvarat hankalaan kilpailutilanteeseen: ne ovat markkinoilla alihinnoiteltuja, koska juuri niiden uusiutuvuutta ei sisällytetä hintoihin.

Fossiilisten ja uusiutumattomien luonnonvarojen ryöpsähdysmäinen käyttö on tuottanut maapallolle viimeisen 200 vuoden aikana käsittämättömän suuren entropian hyöyn. Aluksi se näkyi teollisuuslaitosten liepeiden maaperän myrkyttymisenä ja kaupunkien kaatopaikkoina ja mätälampina. Näistä haisevista törkykeskittymistä päästiin eroon johtamalla jätteet vesiin. Kun vesien saastuminen muodostui teollisuusmaissa ongelmiksi, alettiin jätteetkin polttaa tai hyödyntää suoraan prosesseissa. Polton ja prosessien epäjärjestys vapautui taivaalle ilmakehään ns.

kasvihuonekaasuiksi, joita ei aluksi osattu tunnistaa ongelmiksi, koska ihminen ei pysty niitä aistimaan.

Termodynamiikan toisen pääsäännön kautta tarkastellen on yksiselitteisen selvää, että teollinen talous valtavana uusiutumattomien resurssien hyödyntämisjärjestelmänä on aiheuttanut ilmastonmuutoksen. Kun kaikki maapallolle muodostunut fossiilinen polttoaine käytetään 200 vuoden kuluessa, purkautuu syntyvä epäjärjestys johonkin, tässä tapauksessa ilmakehään. Tähän ilmiöön liittyvät globaalit kuljetusjärjestelmät sekä yli miljoonan asukkaan kaupunkikeskittymät. Esiteollisen ajan kaupungeista edes välimerelliseltä sijainniltaan keskeinen Rooma ei saavuttanut miljoonan asukkaan väkilukua. 20 miljoonan ihmisen kaupunkikeskittymät ovat mahdollisia öljyn ansiosta.

Energiasisällöltään konsentroitunut, nestemäinen öljy on ollut päätekijä tässä kehityksessä, joka on tuottanut niin teollisen talouden kuin ilmastonmuutoksen ja yhdentyneen maailmantalouden. Muuta näin helppoa ja energiasisällöltään tiheää energiamuotoa ei ole. Mutta öljyä on rajallinen määrä ja useimpien arvioiden mukaan juuri näinä vuosina 2008–2012 olemme käyttäneet puolet kaikesta maailmassa olevasta hyödyntämiskelpoisesta öljystä. Tilastollisista syistä öljyntuotannon laskeva osuus huippukohdan jälkeen on peilikuva öljyn tuotannon kasvuvaiheesta. Toisin sanoen öljyntuotantoa kuvaava käyrä on symmetrinen, kellokäyrän kaltainen. Kellokäyrän muoto sopii nimenomaan yhteen ihmisikään (noin 80 vuotta) rajattuun tarkasteluun Tästä voidaan tehdä tärkeitä taloudellisia ja energiapoliittisia johtopäätöksiä, kunhan tuotannon huippuvuosista on saatu varmuus. Kun öljyntuotannon asteikko vedetään historian mittakaavaan ja suhteutetaan esiteolliseen aikaan – ja vastaavalla aikajänteellä tulevaisuuteen – tulee kellokäyrästä sudenhampaan kaltainen piikki.

Kivihiilen puolelta vastaavat havainnot ovat jo elettyä historiaa. Sekä Pennsylvanian antrasiitin että Englannin kivihiilen tuotanto on kasvanut, supistunut ja loppunut siististi kellokäyrän muotoisesti. Molemmilla alueilla tuotanto on jo lopetettu. Parhaillaan Pohjanmeren öljyn tuotanto osoittaa olevansa kellokäyrän laskevalla osalla.

Tämä havainto öljyntuotannon huipusta tunnetaan nimellä ”Hubbert’s Peak” ilmiön havainneen öljygeologi M.K. Hubbertin mukaan. ”Hubbertin piikin” ohella käytetään myös englanninkielisiä termejä Peak Oil sekä joskus oil peak. Hubbert ennakoi 1956, että USA:n öljyntuotanto ilman Alaskaa saavuttaa huippunsa 1972. Jälkikäteen huippuvuodeksi havaittiin tilastoista vuosi 1970.

Hubbertin metodilla laskien maailman yhteenlaskettujen öljyvarojen huipputuotantovuosi olisi ollut joku vuosista 2003–2009. Tällä hetkellä öljyntuotannon huippukohtaa ennustetaan vuosiin 2012–2015. Huippu riippuu siitä, kuinka suuriksi maailman öljyvarat kaiken kaikkiaan otaksutaan. Vaikka vielä löydettäisiin yksi suuri öljykenttä, ei se juurikaan sysäisi öljyn tuotantohuippua eteenpäin. Koska kellokäyrän huippu on laakea ja öljyn tuotantomäärä/vuosi heilahtelee, ”piikin” eli huipun havaitseminen tapahtuu aina jälkikäteen. Kolmas epävarmuutta aiheuttava seikka on se,

että öljy-yhtiöillä ja -valtioilla on taipumus liioitella öljyreservejään, koska vain sellainen maa, joka ei tuota kapasiteettinsa rajoilla, pystyy vaikuttamaan öljyn hintaan. Edelleen on päätelty, että mitä paremmin markkinatalous toimii, sen leveämpi öljyntuotannon kellokäyrästä tulee eli tuotannon keskikohta siirtyy joillakin vuosilla eteenpäin.

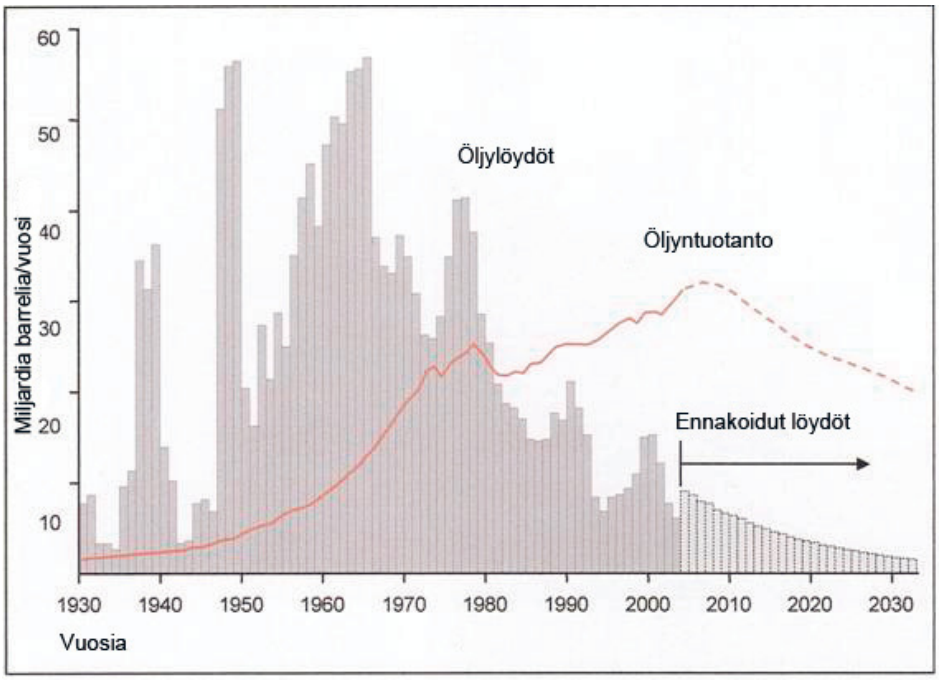
Ranskalaisen Jean Laherréren keksimä parabolinen fraktaali -metodi on vähentänyt yhtä mainituista epävarmuustekijöistä. Laherréren metodilla voidaan ennustaa tunnettujen löytöjen perusteella, paljonko öljyä on mahdollista löytää.

Colin J. Campbell on koonnut yhteen tietoja öljyreservien riittävyydestä sekä eri tutkijoiden ennusteista. Campbell huomauttaa muun muassa, että Norja sivuutti öljyntuotannon huipun 1999, Venezuela 1993, Venäjä 2000, Kiina 2001 ja Nigeria 1999. Kaikesta jäljellä olevasta öljystä puolet on Lähi-idän viidessä maassa: Saudi-Arabiassa, Iranissa, Irakissa, Kuwaitissa ja Abu Dhabissa. Mainittakoon vielä, että yksittäisenä maana Venäjällä on maailman toiseksi suurimmat öljyvarannot, jotka ovat neljä kertaa suuremmat kuin USA:n vastaavat.

Robert Hirsch on julkisesti epäillyt Lähi-idän öljymaiden esittämiä arvioita öljyvaroistaan. Käytännössä nämä maat kaksinkertaistivat 1990-luvulla arvionsa öljyvaroistaan ilman, että vastaavia uusia löytöjä olisi ollut osoitettavissa. Mikäli näin on, on öljyn aika maailmantaloudessa lyhempi kuin kuvittelemmekaan. Erityisen hankalia ovat seuraukset Yhdysvalloille, joka edelleen käyttää 25 % kaikesta maailman öljystä.

Öljyn energeettinen tuottosuhde (energy return of energy investment eli EROEI) pienenee jyrkästi öljyntuotannon huipun jälkeen, koska öljyä pumpataan ekvivalentoidulla öljypanoksella. Kun suhde on 1 eli öljybarrelin tuottamiseen menee öljybarreli, todetaan öljyn ekonomisessa mielessä loppuneen. Näin tapahtuu myös globaalissa mittakaavassa: öljyä tuotetaan heikommilta kentiltä, öljyhiekasta, merenpohjasta ja arktisilta alueilta kerta kerran jälkeen huonommalla energeettisellä tuottosuhteella. Tämä tuottosuhde on nykyään huomattavasti heikompi kuin vaikkapa 1900-luvun alussa. Gagnon ja Hall (2009) ilmoittavat sen olleen 26:1. vuonna 1992, mistä se nousi 35:1:een vuonna 1999 laskeakseen taas 18:1:een vuonna 2006.

Kuvio 4. Öljyntuotanto maailmassa ja löydetyt öljyvarannot. Yhteissummana laskien puolet kaikesta löydetystä öljystä on käytetty. Olemme parhaillaan öljyn tuotantohuipulla eli ennakoidulla "peak oililla". Öljylöytöjen huippu oli 1960-luvulla. Nyt vuotuinen öljynkulutus on neljä kertaa suurempaa kuin löydetty öljy.



Lähde: Dantas ym. 2007, 27. Kuvion kehittäjä Colin J. Campbell

Kun nyt 50-vuotiaiden ihmisten lapset ovat samanikäisiä, on maailmassa jäljellä enää neljäsosa siitä öljystä, joka oli ihmiskunnan käytössä teollistumisen alkaessa. Ihmiskunnan väkiluku on tuolloin kuitenkin yli 9 miljardia henkeä. Miten eri hyödykkeiden hintasuhteet muuttuvat? Mitä öljyn niukentuminen vaikuttaa mm. eri toimialojen ja elinkeinojen kannattavuuteen?

Mitä johtopäätöksiä öljyntuotannon rajallisuudesta voidaan vetää? Ehdottakaamme neljää:

1. Maa- ja metsätaloussektorin tulee varautua tuottamaan tarvitsemansa polttoaineet itse tuottamastaan biomassasta, jotta se voi kaikissa oloissa tuottaa bioraaka-aineita muille
2. Maailmanlaajuisesti on varauduttava irtautumaan öljyriippuvuudesta ja rakennettava investointipolkuja, joilla siirrytään kohti biotaloutta ja suljettujen kiertojen teknologioita

3 Energian säästö ja siihen kannustavat insentiivit kannattaa ottaa ykkösaskeleeksi, koska samalla torjutaan ilmastonmuutosta ja säästetään muita luonnonvaroja

4 Bioenergia on aurinkoperäisen energian Pohjois-Eurooppaan ja yleensä havumetsävyöhykkeille sopiva muoto. Tuulivoima soveltuu merialueille, valokennotekniikka ja mekaaniset keräimet sopivat hyvin eteläisille leveysasteille

3.2 Fosforin riittävyydestä

Fosfori on ravinteena välttämätön kaikelle kasvibiomassalle. Ekosysteemissä fosfori kiertää hitaasti, mutta maataloudessa fosforia tarvitaan välttämättömänä lannoitteena. Siitä, mikä on fosforin merkitys koko biotalouden tuottokyvylle, ei liene tehty kokonaisarviota. Fosforin ominaisuuksista johtuu, että vesiin joutuessaan se rehevöittää ja saastuttaa vesiekosysteemeitä. Vedessä välttämätön ravinne on väärässä paikassa.

Maailman hyödynnettävissä olevat fosforivarannot keskittyvät runsaaseen kymmeneen maahan, joista viittä voi pitää fosforin suurvaltoina. Näistä Yhdysvallat, Kiina ja Marokko ovat suurimpia. Eräillä Afrikan ja Lähi-idän pienillä mailla on suhteellisen runsaat fosforivarat. Euroopan maista vain Venäjällä on suuret fosforivarat. Euroopalle fosforin riittävyys ja saanti kaikissa tilanteissa on huoltokykyongelma.

Alan oman arvion mukaan nykyisellä fosforin tuotantovauhdilla fosforia riittää taloudellisesti hyödynnettäväksi 90–150 vuodeksi. Fosforin tuotantohuipun lasketaan olevan vuoden 2040 paikkeilla. Jos fosforin hinta nousee tai louhinnassa käytetty teknologia paranee, voidaan siirtyä alhaisemman pitoisuuden potentiaaliin, jolloin fosforia riittää pitempään. Joka tapauksessa fosforikin on ehtyvä luonnonvara ja maataloudessa välttämätön.

Suomen tunnetut fosforivarat sijaitsevat Siilinjärvellä ja Soklissa. Siilinjärven fosforin erityisenä etuna on, että se on luonnostaan raskasmetallivapaata. Soklin investoinnit on laskettu siinä määrin suuriksi, että valtio myi omistuksensa Siilinjärvellä ja Soklissa norjalaiselle Yara-yhtiölle oletuksella, että tämä globaali toimija käynnistää Soklissa kaivoksen.

Pitkän tähtäimen luonnonvarapoliittiset johtopäätökset fosforivarojen rajallisuudesta ovat:

1 Suomen valtion tulee pyrkiä tilaisuuden tullen saamaan Siilinjärvi ja Sokli takaisin kansalliseen omistukseen.

2 Jätevedenpuhdistuksen yhteydessä tapahtuvaa ravinteiden talteenottoa (mm. fosfori) tulee kehittää teolliseksi toiminnaksi, paikallisiksi lannoitetehtaiksi.

Kuvio 5. Esimerkki toimivasta ruotsalaisesta biokaasulaitoksesta. Se tuottaa biokaasua busseihin ja maakaasuverkkoon sekä biolannoitteita lähiseudun maatiloille.

Lähde: Nordvästra Skånes Renhushållning AB.

Suomessa Vampulassa toimiva VamBio Oy käsittelee kymmenen kunnallisen jätevedenpuhdistamon lietteet sekä jakeita elintarviketuotannosta ja maataloudesta. Laitos tuottaa biokaasua teollisuudelle, sähköä valtakunnanverkkoon, biolämpöä sikalayhtiölle sekä lannoitteita paikalliselle viljelijäyhteisölle.

Taulukko 4. Fosfaatin tuotanto, reservit ja arvioitu potentiaali (miljoonaa tonnia), 2009 US Geological Survey -arviot

Kaivostuotanto (Mt)	2006	2007	2008	Reservit (Mt)	Arvioitu potentiaali (Reserve base) (Mt)
Yhdysvallat	30 100	29 700	30 900	1 200 000	3 400 000
Australia	2 300	2 200	2 300	82 000	1 200 000
Brasilia	5 800	6 000	6 000	260 000	370 000
Kanada	550	700	800	25 000	200 000
Kiina	30 700	45 400	50 000	4 100 000	10 000 000
Egypti	2 200	2 200	3 000	100 000	760 000
Israel	2 950	3 100	3 100	180 000	800 000
Jordania	5 870	5 540	5 500	900 000	1 700 000
Marokko & Länsi-Sahara	27 000	27 000	28 000	5 700 000	21 000 000
Venäjä	11 000	11 000	11 000	200 000	1 000 000
Senegal	600	600	600	50 000	160 000
Etelä-Afrikka	2 600	2 560	2 400	1 500 000	2 500 000
Syyria	3 850	3 700	3 700	100 000	800 000
Togo	1 000	800	800	30 000	60 000
Tunisia	8 000	7 800	7 800	100 000	600 000
Muut maat	7 740	8 110	10 800	890 000	2 200 000
Maailma yhteensä	**142 000**	**156 000**	**167 000**	**15 000 000**	**47 000 000**

Lähde: Hilton ym 2010

3.3 Ilmastonmuutoksen epävarmuusalue

Ilmastonmuutoksen *taloudesta* toistaiseksi merkittävimmän raportin laatinut Nicholas Stern toteaa yhtenä taloustieteellisenä havaintonaan, että ”ilmastonmuutos on ihmiskunnan suurin markkinaepäonnistuminen”. Se on erityisen merkittävä ulkoisvaikutus, koska se on:

- globaali
- pitkäkestoinen
- epävarmuuksia sisältävä
- potentiaalisesti suuri ja peruuttamaton.

Ilmakehän kaasupitoisuus on ollut keskimäärin 280 ppm ennen ihmisen vaikutusta. Ellei ihmisen aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä leikata, ilmastonmuutos aiheuttaa inhimillisen kehityksen, talouden ja ympäristön kannalta korkeat kustannukset. Nykyään (2010) CO_2-pitoisuus on tasolla 390 miljoonasosaa ppm. Kun kaikki ylimääräiset kasvihuonekaasut ekvivalentoidaan hiileksi, on taso 430 ppm. Mikäli ilmakehän pitoisuus nousee tasolle 550 ppm hiilidioksidiekvivalenttia kaasua, on vakavien taloudellisten seurausten riski korkea. Jos taas pystymme pysäyttämään ilmakehän pitoisuudet 450 ppm:n CO_2-ekvivalenttitasolle, ovat kustannukset kohtuullisia ja

talouskasvun rajoissa verrattuna siihen, ettei mitään tehdä. Määrätietoiset ja voimakkaat kansainväliset toimet ovat Sternin mukaan tarpeen. Viivyttely merkitsee korkeampia kustannuksia ja suurempia riskejä. Ja vaikka huoli ilmastonmuutoksen seurauksista osoittautuisi 50 vuoden kuluttua turhaksi, ei tehty korjausliike ole virhe. Merkitseehän se uusiutuvien luonnonvarojen käytön ja luonnonvaratehokkuuden yleistä kehittämistä.

450 ppm-taso tarkoittaa, että maapallon ilmasto lämpenee keskimäärin kaksi celsius-astetta verrattuna esiteolliseen aikaan. Kahden asteen lämpeneminen merkitsee, että pienet jäätiköt sulavat, koralliriutat kärsivät laajalti vahinkoa sekä maataloustuotannon edellytykset muuttuvat niin, että sadot pienentyvät kehittyvissä maissa ja mahdollisesti kasvavat viljelyn pohjoisilla ja eteläisillä reuna-alueilla.

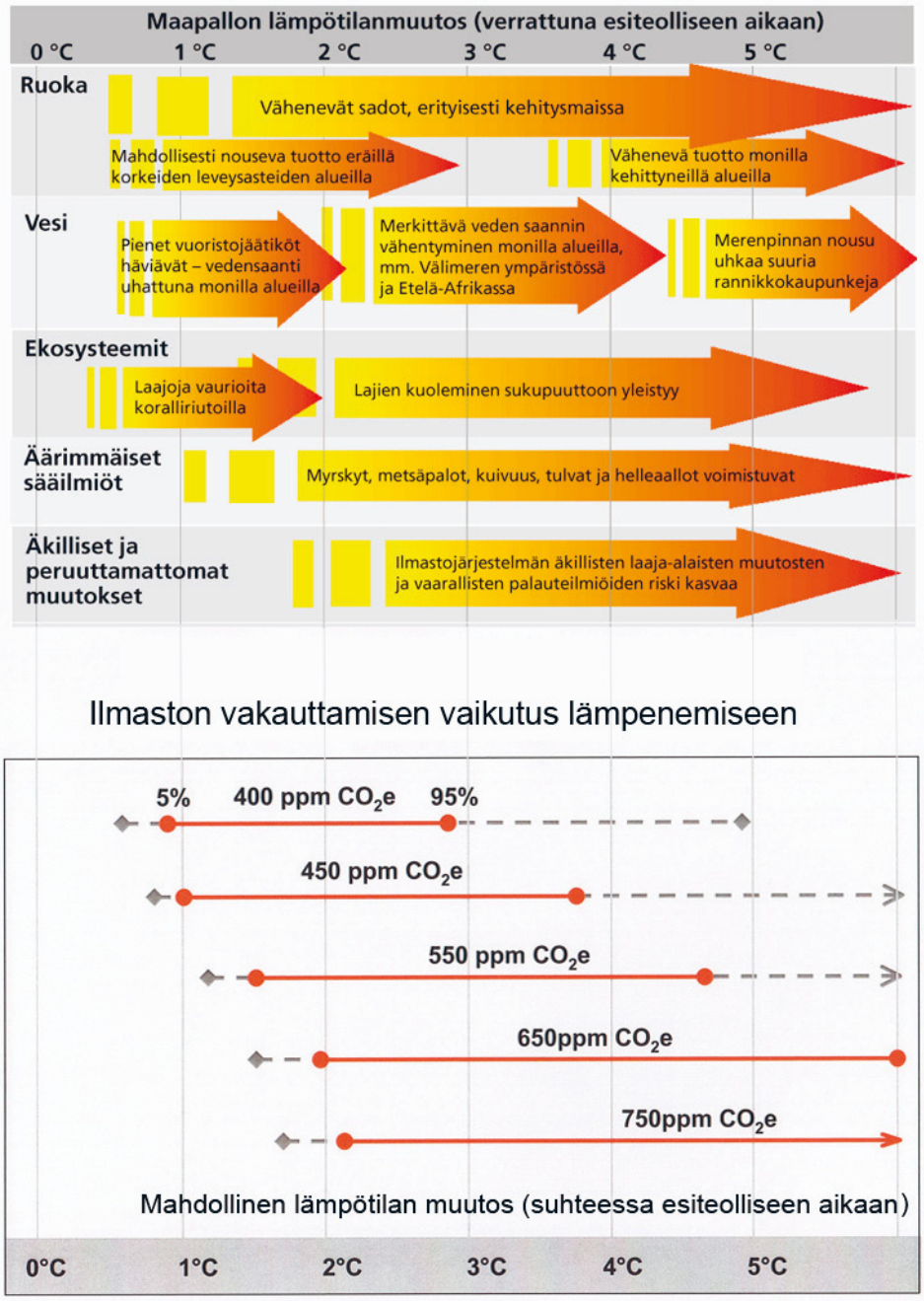
Mikäli ilmasto lämpenee yli kaksi astetta ja lähestyy kolmea astetta, alkavat riskit realisoitua. Välimeren ja Eteläisen Afrikan alueella syntyy vesipulaa. Ilmaston ääreisilmiöt, kuten myrskyt, metsäpalot, kuivat kaudet, tulvat ja helleaallot voimistuvat. Ekosysteemit köyhtyvät ja kasvava määrä lajeja kuolee sukupuuttoon. Ilmastosysteemiin saattaa tulla äkillisiä, suuren mittakaavan muutoksia ja vaarallisia palauteilmiöitä.

Ekologisia seurauksia koskevan epävarmuuden lisäksi ilmastotieteen luonteeseen kuuluu, ettei etukäteen pystytä tarkasti sanomaan, kuinka paljon lämpötilat todella nousevat tietyn kasvihuonekaasupitoisuuden takia. Se voidaan sanoa, että todennäköinen toteuma osuu tietylle astevälille.

Jos päästöt saavat kasvaa vuoteen 2020 asti, on ajautuminen 550 ppm-tasolle väistämätöntä. Jotta tilanne voidaan vakiinnuttaa tälle tasolle, tarvitaan koko maailman BKT:ssa vuosittain yhden prosentin satsaus. Sternin mukaan tämä ei ole ollenkaan huono kauppa. Se avaa vuosittain 100 biljoonan dollarin markkinat ilmastonmuutosta torjuville teknologioille. World Energy Outlook 2009 sanoo saman käänteisesti: jokainen hukattu vuosi kasvattaa tarvittavien investointien globaaleja kustannuksia 500 miljardia dollaria.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa ovat eri asia kuin maapallon keskimäärin arvioitu lämpeneminen. Ilmastonmuutos toteutuu aina paikallisesti. Ilmasto voi jollain alueella lämmetä keskimääristä enemmän ja kuivua, toisella alueella vastaavasti viiletä ja muuttua sateisemmaksi. Suomessa on koottu puiden vuosikasvuista yli 7000 vuoden ajalta dendrokronologinen lustokalenteri, joka osoittaa kesien olleen erityisesti 6000 vuotta sitten selvästi nykyistä lämpimämpiä. Tätä lustokalenteria vertaamalla muualla tapahtuneeseen lämpenemiseen voitaisiin saada käsitys, miten ilmastonmuutos Suomen alueella tosiasiassa vaikuttaa. Onko mahdollista, että ilmasto Suomessa lämpiääkin keskimääräistä enemmän?

Kuvio 6. Yhteenveto ilmastonmuutoksen realiteeteista. 2–3 asteen keskilämpötilan nousu uhkaa laukaista prosesseja, joita ei etukäteen tunneta.



Lähde: Stern 2006

Eduskunnan alkuvuodesta 2010 hyväksymä ilmastopoliittinen selonteko asettaa Suomen tavoitteeksi vähentää päästöjä yhteensä 80 prosentilla vuoteen 2050 mennessä. Tästä vähennyksestä kolme neljäsosaa eli 60 prosenttiyksikköä saavutetaan uusiutuvan energian keinoin. Ensimmäinen askel tällä tiellä on ns. uusiutuvan energian velvoitepaketti, joka sisältää ne toimet, joilla uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta nostetaan EU:n edellyttämään 38 prosenttiin. Vuosien 2030–2050 väliselle ajanjaksolle jää siis kurottavaksi 22 prosenttiyksikön uusiutuvan energian lisäys. Jotta tässä polkusidonnaisuudessa onnistutaan, on jo lähivuosina tehtävä oikeat taloutta, infraa, ympäristönormeja ja teknologiaa koskevat päätökset.

Vesivoiman lisärakentaminen ei tule kyseeseen ainakaan aivan lähivuosina. Se voi olla mahdollista 2040-luvulla, jos tiedot ilmastonmuutoksen tuhoista ovat hälyttäviä, siis olettaen, että olosuhteiden muututtua ympäristöarvojen keskinäinen järjestys arvioidaan uudelleen. Tuulivoiman lisääminen jo päätettyä suuremmaksi energiamuodoksi ei ole luultavaa, koska tuulivoimainvestoinnit ovat kovin kalliita verrattuina muihin uusiutuvan energian investointeihin. Tuulivoima on myös joutumassa ankaran kritiikin kohteeksi, mikäli Kaliforniassa käytetyt argumentit ja asenteet rantautuvat Suomeen. Maalämpöä ja aaltojen kineettistä liike-energiaa varmasti hyödynnetään, mutta niiden osuus jäänee pieneksi. Energian säästämisessä on suuri potentiaali. Ongelma vain on, että monet energiaa säästävät ratkaisut ovat sähköriippuvuutta lisääviä – eli energian kokonaiskäyttö kyllä laskee, mutta samalla sähkön käyttö lisääntyy.

Johtopäätös on, että biopohjaisten ratkaisujen on oltava keskeinen keino rakennettaessa kehityspolkua kohti 80 prosentin päästöjen vähentämistavoitetta.
Tämä asetelma nostaa esiin kysymyksiä:

1. Minkälainen elinkeinorakenne on Suomella vuonna 2050, kun kasvihuonekaasupäästöjä on leikattu 80 prosenttia?
2. Mikä on vähähiilisen Suomen viennin ja taloudellisen kasvun strategia ilmastonmuutoksen maailmassa?
3. Mikä on Suomen rooli uudessa globaalissa ilmastojärjestyksessä, osana kansainvälistä yhteisöä?
4. Mikä on järkevää toimintaa, jos kansainväliset toimet ilmastonmuutoksen torjumiseksi epäonnistuvat, syntyy kriisejä, luonnonkatastrofeja ja maailmankaupan häiriöitä?
5. Miten maailmanmarkkinat muodostuvat, jos vuonna 2010 ihmiskunnan 500 miljoonaa rikkainta ihmistä vastaa puolesta kasvihuonekaasujen päästöistä (IIASA) ja loput 6 miljardia ihmistä toisesta puolesta?

Vastaus kaikkiin näihin kysymyksiin on biotalous. Sellainen biotalous, jossa yhdistyy *sekä* korkea teknologinen osaaminen *että* parantuva ymmärrys ekosysteemien toiminnasta. Tässä vastauksessa kannattaa alleviivata, että korkean osaamisen ja arvonlisän käsite sisältää sekä teknisen että ekologisen arvonlisän. Vielä tarkemmin: merkittävä osa tulevien tuotteiden ja palvelujen arvonlisää on ekosysteemitieto eli kyky rakentaa yhteen tuotannon ja luonnon kierrot. Perinteinen raja teollisen

tuotannon ja luonnonhoidon sekä alkutuotannon elinkeinojen välillä katoaa. Kun tuotantoa ja luonnonhoitoa tarkastellaan lähtevinä ja palautuvina virtoina, tulee tutkimuksen kohteeksi tuotanto- ja ekosysteemien *resilienssi* eli joustavuus.

4 Biotalouden tasot

4.1 Biotalouden tuotteet

Jotta tarkastelussa päästään oikeisiin mittakaavoihin ja havaintokokonaisuuksiin, tulee biotaloutta tarkastella (1) tuotteiden, (2) prosessien ja (3) kiertojen ja ekosysteemien kannalta.

Kiinnostus biotaloustuotteisiin on globaalia. Sen taustalla on VTT:n Anne-Christine Ritschkoffin mukaan seuraavia seikkoja:

- Halutaan olla vähemmän riippuvaisia öljystä. Öljyn hintaheilahtelujen uskotaan olevan tulevaisuudessa entistä voimakkaampaa
- Biopolttoaineiden kehityksen myötä biokemiallinen biomateriaalien ja bioraaka-aineiden maailma on avautumassa. samoista lähtöaineista saadaan uuden teknologian avulla uusia tuotteita
- Kierrätettävien materiaalien kysyntä kasvaa
- Teollisuuden rakennemuutos perinteisestä valmistuksesta kohti lisäarvon tuottoa ja arvoketjun hallintaa, josta edettäneen mm. biojalostamokonseptiin

Bioteknologian neuvottelukunnan arvion mukaan *"suurin osa kasvien tuottamista kemiallisista yhdisteistä on vielä karakterisoimatta ja hyödyntämättä. Erityisen kiinnostavan biomolekyylien lähteen muodostavat puunjalostusteollisuuden sivuvirrat. Kasveja voidaan myös muokata tuottamaan haluttuja yhdisteitä, jolloin tuotto tapahtuu suljetuissa kasvihuoneissa tai tehdasmittakaavan bioreaktoreissa."*

Biotaloudessa tarkoitettuja tuotteita luonnehtii ideaalisena tavoitteena uusiutuvuus niin tuotteen alkupäässä kuin loppupäässä. Tuote on siis alkuperältään bioperäistä ja loppusijoituksensa kannalta biohajoavaa. Tuotetta tarkastellaan siten jo suunnitteluvaiheessa koko elinkaarensa kannalta. Sen valmistuksessa otetaan huomioon kaikkien tuotannossa tarpeellisten panosten alkuperä ja mahdollinen ympäristövaikutus. Tuotannon yksikkökohtainen materiaali- ja energiatase sekä tuotteen ominaisuuksien pitää olla dokumentoitavissa. Tällöin vaiheet ovat raaka-aineen hankinta, ainesten prosessointi, valmistusprosessi, käyttö, ylläpito sekä kiertoon palauttaminen tai hylkäys.

Oli biomassa alun perin mitä tahansa, siitä voidaan tuottaa mm. energiaa, kuituja, biopolttoaineita, biomuoveja, kemikaaleja, elintarvikkeita, lääkkeitä ja kosmetiikkaa. Arvonlisä kasvaa koko ajan, mitä pienemmistä paino- ja tilavuusmitoista puhutaan. Alan tutkijat mainitsevat mielellään esimerkkinä, että puun arvokkain osa on oksan tyvi eikä runko!

Jalostettava biomassa voi olla puuta, peltobiomassaa, maatalous- tai yhdyskuntajätettä, roskakalaa, turvetta, vesistöjen ruokokasvillisuutta, altaassa kasvatettavaa levää, tai vaikkapa maaperän mykoritsoja. Entäpä vesistöjen pohjasedimen-

tit? Kannattaa kysyä uudelleen, olemmeko edes tunnistaneet kaikkia arvokkaita biomassojamme.

Valtioneuvoston ilmasto- ja energiapoliittista tulevaisuusselontekoa varten laadittu skenaariotarkastelu osoitti, että selvimmin muita ympäristö- ja kestävyyshyötyjä tuottavat yleensä toimenpiteet, jotka tehostavat energian ja raaka-aineiden käyttöä, vähentävät liikennetarvetta, ehkäisevät metsäkatoa sekä vähentävät jätteiden syntyä. Ekotehokkuuden olennainen parantaminen, enemmän saaminen vähemmällä ympäristökuormituksella, on ekologisesti kestävää ilmastopolitiikkaa.

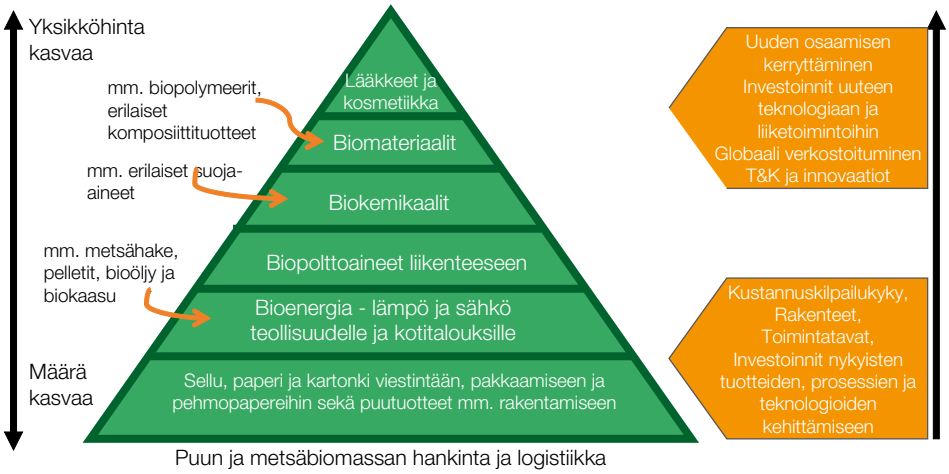
Tällä hetkellä Suomi on yksi suurimpia luonnonvarojen käyttäjiä Euroopassa. Reilu puolet Suomen kansantalouden luonnonvarojen kokonaiskäytöstä palvelee vientiä. Suomen kansainvälisesti suuret materiaalivirrat perustuvat materiaali-intensiiviseen tuotantorakenteeseen, viennin suureen osuuteen ja runsaaseen luonnonvarojen käyttöön väylä- ja talonrakentamisessa. Tulevaisuudessa pitäisikin energiatehokkuuden lisäksi mm. vähentää materiaalien käyttöä ja korvata materiaaleja, joilla on suuret prosessiperäiset päästöt, vähemmän päästöintensiivisillä tuotteilla.[2]

Maatalouden ensisijainen tehtävä on tuottaa laadukkaita maataloustuotteita kotimaisen elintarviketalouden ja kuluttajien tarpeita vastaavasti. Lisäksi maataloustuotannolla on yhteys maaseudun elinvoimaisuuteen, luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseen, maaseutuympäristön suojeluun ja maaseutumaiseman ylläpitämiseen. Ilmastonmuutos heikentänee viljelyoloja maailman monilla nykyään merkittävillä tuotantoalueilla. Suomessa lämpenemisen ennakoidaan päinvastoin kasvattavan satoa ja laajentavan kasvivalikoimaa. Äärimmäisten sääilmiöiden, kasvitautien ja tuhohyönteisten yleistyminen voi kuitenkin kumota osan tuotannon lisäyksestä. Suomessa on varauduttava tarvittaessa lisäämään maataloustuotantoa globaalin ruokaturvan tukemiseksi.

Suomalainen metsäteollisuus uudistuu murroksen kautta. Samalla kun kannattavuutta parannetaan, rakennetaan uutta kilpailukykyä ja liiketoimintaa tutkimuksella ja kehityksellä. Uusia liiketoimintoja ja tuotteita kehittämällä varmistetaan alan kilpailukyky ja luodaan perusta tulevaisuudelle. Tähän tähdätään sekä metsäklusterin yhteisin tutkimus- ja kehityshankkein että yritysten T&K-hankkeilla.

2 Suomen kansantalouden materiaalivirtojen ja luonnonvarojen käytön vaikutuksia on arvioitu SYKEn, Oulun yliopiston ja MTT:n kehittämässä Envimat-mallissa.

Kuvio 7. Biotalouden jalostusarvopyramidi



Lähde: Metsäteollisuus ry

Suomalaisia metsäteollisuuteen pohjautuvia yhteenliittymiä voidaan pitää teollisina symbiooseina, koska niissä pystytään uusiutuvaan raaka-aineeseen perustuvassa toiminnassa hyödyntämään sivu- ja jätevirtoja sekä energiavirtoja tehokkaasti. Vastaavasti modernit biojalostamot ovat hyviä esimerkkejä teollisista symbiooseista ja teollisen ekologian periaatteiden toteutumisesta. Biotalous lähtökohtaisesti noudattaakin monia teollisen ekologian periaatteita.

Jouni Korhonen on väitöskirjassaan (2000) tarkastellut sekä koko Suomen metsäteollisuutta teollisena ekosysteeminä että Jyväskylän seutua aluetason teollisena ekosysteeminä. Hän kuvaa metsäteollisuuden ekosysteemiä ravinteiden, biomassan ja hiilenkierron kannalta. Korhonen tunnistaa neljä teollisen ekosysteemin periaatetta, jotka ovat kierto, diversiteetti, riippuvuus ja paikallisuus. Lisäksi voidaan mainita viides, joka on energiankäytövirran porrastus, ns. kaskadisuus. Syystä tai toisesta Korhosen avaama tarkastelutapa on jäänyt julkisuudessa vähälle huomiolle. Metsäteollisuuskaan ei ole nostanut teollisen ekosysteemin oivallusta markkinavaltiksi, jota se selvästi olisi..

Suomen puunjalostusteollisuus on uusiutumassa voimakkaasti. Perinteisissä tuotteissa (pakkaukset, puutuotteet ja paperi) siirrytään yhä pidemmälle jalostettuihin ja asiakaslähtöisempiin tuotteisiin. Lisäksi puunjalostamisessa siirrytään mikro- ja nanotasolle tuottamalla nanoselluloosaa, nestemäisiä biopolttoaineita ja muita kemiallisia aineita. Bioteknologian keinoin saavutettava puuaineksen koostumuksen tarkempi tuntemus tuottaa bioaktiivisia aineita käytettäväksi monissa ympäristöystävällisissä sovelluksissa. On tärkeää varmistaa eri teknologiasektorien yhteistyö kestäviä tuotantotapoja kehitettäessä. Myös puurakentamista on mahdollista

edistää merkittävästi, esimerkiksi lainsäädännön keinoin ja tarkistamalla rakennusmääräyksiä sekä standardeja. Vuonna 2010 valtionhallinnossa oli kaksikin työryhmää selvittämässä puurakentamisen edistämistä.

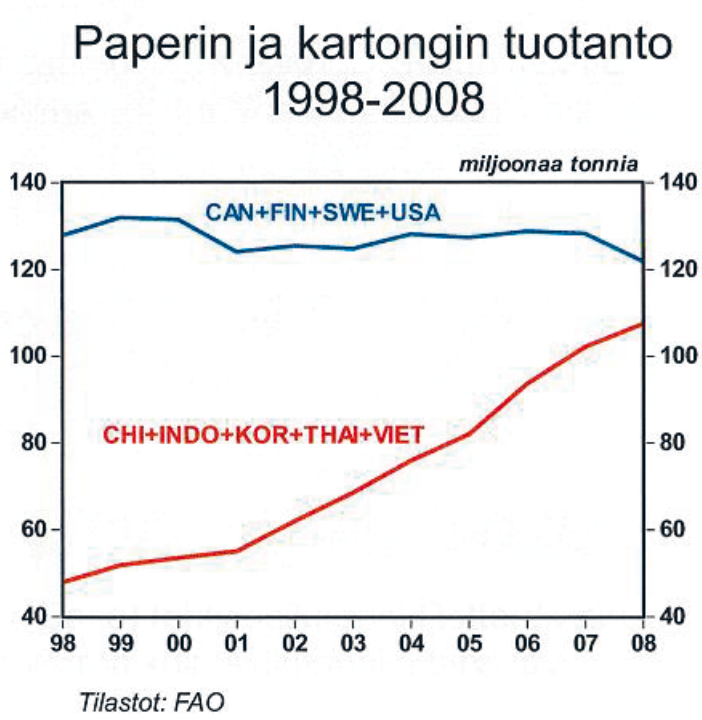
Suomalaisista kasveista, puulajeista ja marjoista on jo eristetty satoja, pohjoisen kasvuympäristömme vuoksi omaleimaisia, bioaktiivisia aineita, joilla on suuri potentiaali korkean jalostusasteen tuotteina. Esimerkkejä näistä ovat olleet benecol ja xylitol. Suomalaisten kasvien bioaktiivisia aineita ei kuitenkaan vielä tunneta riittävästi.

Energiapolitiikan toimintaympäristöä määrittävät kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen, energiatehokkuuden parantaminen ja uusiutuvien energiamuotojen suosiminen. Toimenpiteet kasvihuonekaasujen päästöjen rajoittamiseksi ovat taloudellisesti raskaita mutta välttämättömiä. Ilman näitä toimenpiteitä seuraukset muodostuisivat vielä merkittävästi kalliimmiksi. Bioenergian osalta erityishaasteena on lisäksi kilpailu osittain samoista resursseista ravinnontuotannon ja metsäteollisuuden raaka-ainetarpeen kanssa. TEM:ssä on valmisteltu lakiesitystä, jolla uusiutuvan komponentin osuus liikenteen polttoaineissa määrätään nostettavaksi vähintään 20 %:iin vuoteen 2020 mennessä. TEM:ssä ja MMM:ssä valmistellaan myös puuperäisen biomassan tarjonnan ja sähkön tuotannon taloudellisia edistämiskeinoja.

Vaikka päästöjen rajoittaminen nostaa kustannuksia lyhyellä aikavälillä, tarjoaa ilmaston muutoksen hillintä myös uusia mahdollisuuksia teknologian tuottajille ja viejille. Edessä on vahvasti kasvava biovoiman, tuulivoiman ja tehokkaan energiankäyttöteknologian globaali kysyntä, jonka tuloksena syntyy myös uusia yrityksiä ja työpaikkoja.

Julkishallinnolla on keskeinen rooli biotalouden toimintaedellytysten luojana. Tätä vahvistaa osaltaan se, että hallinnossa luodaan yhteistyömallit toimialat ylittävien kokonaisuuksien mahdollistamiseksi. Yhtenä käytännön keinona tässä olisivat toimialarajat ylittävä strategia- ja tutkimusohjelmien vahvistaminen biotalouden näkökulmasta ja muut julkishallinnon järjestelyt sekä systemaattinen virkakierto.

Kuvio 8. Paperin ja kartongin tuotannossa eteläinen Aasia valtaa markkinoita ja pohjoinen havumetsävyöhyke menettää.



Lähde: Hetemäki 2010.

Metsäteollisuuden uusien tuotteiden välttämättömyys

Kotimaisen puubiomassan (ainespuu + muu puubiomassa) kestävä potentiaali oli vuonna 2008 116,7 miljoonaa kuutiometriä. Tarjontapotentiaalista jäi käyttämättä 54,5 miljoonaa kuutiometriä eli 47 %.

Jos perinteisten metsäteollisuustuotteiden kysyntää olisi riittävästi, tästä potentiaalista kannattaisi ilman muuta valmistaa paperia, sahatavaraa jne. Mutta kilpailu perinteisten puunjalostustuotteiden alalla on kiristynyt. Hetemäki ja Hänninen (2009) ovat todenneet, että pohjoisten tuottajamaiden (Kanada, Suomi, Ruotsi, USA) osuus on laskussa ja eteläisten uusien tuottajamaiden (Kiina, Indonesia, Korea, Thaimaa, Vietnam) osuus on kasvussa. Taloudellinen kasvu on näissä maissa vahvaa, työvoimakustannukset alhaisia ja puu kasvaa nopeasti. "Brasilialaisella Veracelin tehtaalla (Stora Enso) tehty sellutonni Rotterdamin satamassa maksaa saman verran kuin sellutonniin tarvittava puu pohjoismaissa." Ja silti vuonna 2008 Suomen massa- ja paperiteollisuuden kustannuksista puun osuus oli 16 % ja sähkön osuus 5 %. Perinteinen metsäteollisuus ei enää kasva vaan on pikemminkin kypsyvällä uralla, mikä näkyy vuosien 2008–2009 tuotantokapasiteetin purkamisena.

Samaan aikaan uusien biotaloustuotteiden kysyntä kasvaa ilmasto- ja energiasyistä rajusti. Pitkällä tähtäimellä myös puurakentamisen tulevaisuus on valoisa. Kansallisesta näkökulmasta jo olemassa oleva käyttämätön puubiomassavara huomioiden teollisuuden tulisi investoida Suomessa uuteen teknologiaan ja uusiin tuotteisiin. Kiinnostavin mahdollisuus sisältyy biojalostamon konseptiin, jota tutkivat sekä UPM, Stora-Enso että liittouma Vapo-Metsäliitto. Nämä biojalostamot voivat olla hyvin erilaisia kuten niiden tuotteetkin.

Kysyttäväksi jää, miten uusien biotaloustuotteiden kehittäminen onnistuu olemassa olevien toimijoiden strategioiden puitteissa. Pitäisikö puubiomassan jalostajiksi saada kokonaan uusia toimijoita ja sijoittajaryhmiä? Vai voisivatko uudet toimijat ameban tavoin kuroutua irti valitsevasta tuotantorakenteesta? Onko jälkimmäinen mahdollista, jos metsäteollisuuden vahvin intressi kohdistuu ainespuuvirran hallintaan? Tulevatko uudet tuotteet mahdollisiksi sen myötä, että energiapuulle kehittyvät omat ainespuulogistiikasta riippumattomat markkinat?

Pitkällä aikavälillä puutuotevalmisteiden ja sahatavaran kysyntä kasvaa. Arvonlisän nostaminen on tällä sektorilla jopa helpompaa kuin uusissa biotaloustuotteissa. Myös aineettomien tieto-taito-palveluiden osuus kasvaa monestakin syystä tulevaisuudessa.

Hetemäen keskustelua herättänyt johtopäätös Suomen metsäteollisuuden tilanteesta on, että "fokus tulee suunnata tonneista ja kuutioista tuotannon ja palvelun arvoon". Vastaavasti julkisen vallan politiikalla tulee puun tarjonnan lisäämispyrkimyksen sijasta tukea osaamisen kehittämistä ja monipuolista biotaloutta.

4.2 Biotalouden prosessit

Biologisia prosesseja hyödynnetään jo nyt teollisessa mittakaavassa monissa prosesseissa. Talvivaaran kaivoksella bakteerit erottavat malmin louhitusta kivestä. Nykyisissä laitoksissa jätevesien puhdistus perustuu valittujen bakteerien toimintaan. Biokaasua tuotetaan mikrobien avulla. Raskasmetalleja poistetaan tähän tarkoitukseen kehitetyillä bakteereilla. Paperinvalmistuksessa käytetään entsyymejä

mm. valkaisussa. Vanhastaan mm. juuston ja oluen valmistus on perustunut biotekniseen osaamiseen. Syöpälääke interferonia tuotetaan valkuaisprosessien avulla.

Biotalouden suurin lupaus on kuitenkin tuotannollisten virtojen ja luonnonvirtojen yhdistämisessä. Teoriassa täydellinen biotalous toimii kokonaan aurinkoenergialla eikä aiheuta lainkaan jätettä. Sivuvirrat käytetään joko muiden teollisten prosessien panoksina tai ne ohjataan luonnon omien ekosysteemipalveluiden "käsiteltäviksi". Tästä tunnettu esimerkki on Tanskassa sijaitseva Kalundborgin kaupunki, myös "ekoteolliseksi tiedepuistoksi" kutsuttu.

Kalundborg – teollisen ekologian esimerkki

Tanskassa Sjellannin saarella sijaitseva Kalundborg on esimerkki niin kutsutusta teollisesta ekologiasta tai kuten tanskalaiset itse konseptiaan kutsuvat "teollisesta symbioosista". Systeemin ytimessä ankkurilaitoksena on 1500 MW:n kivihiilivoimala, jolla tuotetaan sähköä valtakunnanverkkoon.

Voimalan tuottama ylijäämälämpö ohjataan lämmittämään kaupungin 4500 kotitaloutta sekä läheiselle kalankasvattamolle. Voimalan höyry ohjataan sterilisaattoriin insuliinia valmistavalle lääketehdas Novo Nordiskille sekä öljyfirma Statoilin paikalliselle laitokselle. Voimalan toiminnasta muodostuva kipsiyhdiste käytetään kipsiä tarvitsevan Gyproc Nordic Eastin gyproc-levyjen valmistukseen. Voimalan tuhka ja muu kiinteä jäte käytetään muualla Tanskassa tienrakennukseen.

Lääketehtaalta saatava hiivaliemi käytetään lähiseudun sikaloissa vuositasolla 800 000 possun kasvatuksen. Kaupungin yhdyskuntalietteestä valmistetaan bioteknistä maaperän puhdistuskatalyyttiä. Lähellä sijaitseva järven pintavettä otetaan systeemiin ja käytetään kolmeen kertaan eri laitosten kautta.

Kaikista panosvirroista on tietenkin tehty toimitussopimukset osapuolten kesken. Kalundborgin teollista ekosysteemiä ei ole suunniteltu. Se on syntynyt kustannustietoisuudesta ja onnekkaista sattumista vuosikymmenten aikana. Se on kuitenkin kautta maailman tunnettu ja paljon tutkittu, selkein esimerkki teollisesta ekologiasta.

Ilmastonäkökulmasta haavoittuvaa järjestelmässä on, että keskeinen voimalaitos käyttää kivihiiltä. Kalundborgissa testataankin, miten olkea voitaisiin käyttää voimalaitoksen energialähteenä.

Systeemin synnyn yhteiskunnallisiksi ehdoiksi on selitetty paikallisyhteisön (m.l. tehtaiden johtajat) vahva vuorovaikutus ja sosiaalinen pääoma sekä se, että alueella on omat, Kööpenhaminasta riippumattomat työmarkkinat.

Tämä Kalundborgin esimerkki "teollisesta symbioosista" myös osoittanee, missä on biotalouden konseptin ydin. Se on nimittäin siinä, että ihminen teollisesti myötäilee ja matkii luonnonprosesseja. Luonnossa ei ole lainkaan sivuvirtoja, vaan kaikki materia- tai energiavirrat ovat jonkun toiminnon kannalta panoksia. Jotta tällaisissa pyrkimyksissä onnistutaan, tulee meidän opiskella eri ekosysteemien toimintaa nykyistä tarkemmin.

Tästä näkökulmasta on johdettu termi *industrial ecology* eli teollinen ekologia. Idea on ollut esillä Euroopassa ainakin 1970-luvulta alkaen, mutta sen popularisoi onnistuneesti Scientific Americanin erikoisnumerossa ”Managing the Planet Earth” vuonna 1989 julkaistu artikkeli, jossa kysyttiin: *”Miksi teollinen järjestelmämme ei toimisi kuin ekosysteemi, jossa toisen lajin jäte on toisen resurssi? Mikseivät teollisuuden sivutuotteet voisi olla toisen panoksia, jolloin vähentäisimme raaka-aineiden käyttöä ja saasteita sekä säästäisimme jätteidenkäsittelyssä?”*

Sittemmin ala on kehittynyt dynaamisesti ja järjestäytynyt tieteenalaksi. Vuodesta 1997 on julkaistu alan tieteellistä aikakauslehteä nimeltään Journal of Industrial Ecology.

Alan johtava oppikirja (Graedel & Allenby, 1995, 9) määrittelee teollisen ekologian ydinidean mahdollisimman tarkasti. Se on tietoinen, järkiperäinen ja toivottava tapa rakentaa kestävää taloutta ja hyvän elämän edellytyksiä:

”Teollinen ekologia (industrial ecology) on keino, jolla ihmiskunta voi tietoisesti ja järkiperustein lähestyä ja ylläpitää (luonnon) toivottua kestokykyä, ottaen huomioon taloudellinen, kulttuurinen ja teknologinen kehitys. Konsepti edellyttää, ettei teollista systeemiä tarkastella erillään sen ympäristöstä, vaan tuohon ympäristöön kuuluvana. Kyseessä on *systeeminen tarkastelutapa*, jossa optimoidaan kokonaismateriaalivirta raaka-aineesta jalosteiksi, komponenteiksi, tuotteeksi, käytetyksi tavaraksi ja lopulta käytöstä poistetuksi hylkykappaleeksi. Tuotannontekijät, joita optimoidaan, ovat luonnonvarat, energia ja pääoma.”

Tälle tarkastelutavalle ja ympäristöekologialle on yhteistä se, ettei kummankaan alan käsitteisiin sisälly termiä ”jäte” tai ”hukkalämpö”. Kaikki aine on jotakin, joka on kierrossa. Jotta luonnon omat evoluution kehittämät järjestelmät eivät häiriytyisi, pitää ihmisen välttää tai ainakin minimoida niihin puuttumista.

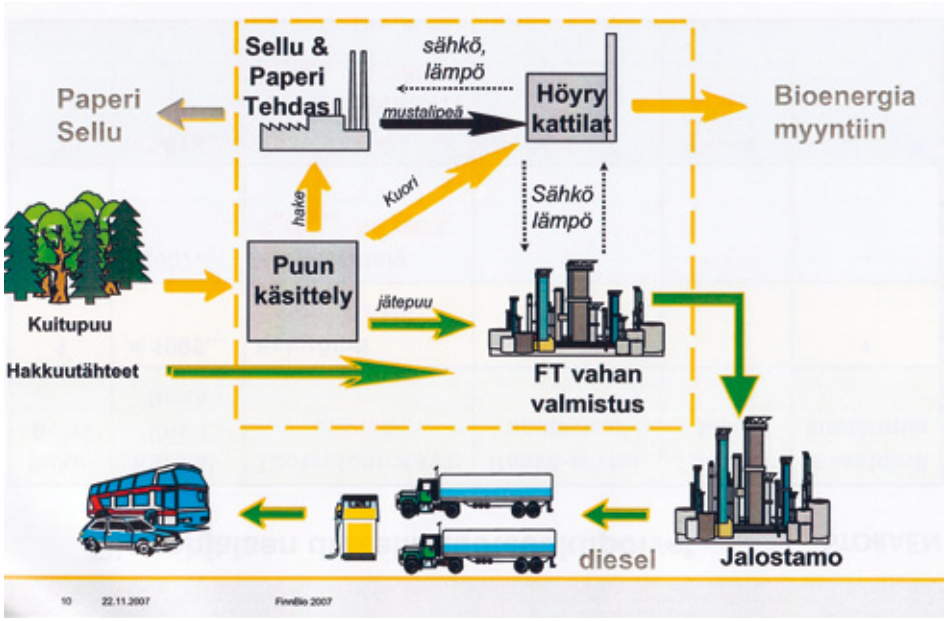
Teollisesta ekologiasta ennakoidaan uutta teollista vallankumousta. Tässä suunnassa on teollisuuden itsensä etu, että se toimii proaktiivisesti, ennakoivasti. Tarkastelutapa on jotakin, joka suunnitellaan tuotannon sisäiseksi logiikaksi. Koska kyse on kokonaisotteesta, ovat erityisiä hyveitä joustavuus tekniikoiden valinnassa sekä kyky lukea muun yhteiskunnan impulsseja.

Muuan tärkeimmistä teollisen ekologian alakäsitteistä on *industrial metabolism* eli suoraan suomentaen teollinen aineenvaihdunta. Tällä tarkoitetaan aineen ja energian virtojen tunnistamista jonkun järjestelmärajauksen sisällä. Rajaus voi olla esimerkiksi tuote, yritys, kaupunki, saari, valuma-alue, toimiala tai maantieteellinen alue tai peräti koko maapallo. Käsitteessä tarkasteluun rajattua kohdetta verrataan elävään organismiin, joka itse on vakaassa tilassa, mutta ottaa sisäänsä, käsittelee hyödykseen ja poistaa jotakin ”virtaa”.

Voimme myös kohdistaa huomion yhden aineen, yhdisteen tai ravinteen kiertokulkuun läpi rajatun kohteen. Luonnossa kaikki ravinnekierrot ovat suljettuja, kun taas vanhassa teollisuudessa kierrot ovat avoimia. Tyypillinen ja perinteinen teollinen yksikkö ottaa käyttääkseen fossiilisia polttoaineita, sähköä ja malmeja ja tuottaa niistä maksavan kysynnän kysymiä tuotteita sekä epäjärjestystä, jota

kuvataan jätteeksi ja hukkalämmöksi. Jätettä vähennetään kierrätyksen tai uudelleenkäytön keinoin, mutta lopulta se kuitenkin hajoaa epäjärjestyksenä luonnon ”syövereihin”.

Kuvio 9. Esimerkki biojalostamosta. Biodieselin ja bioenergian tuotantoa paperitehtaan yhteydessä

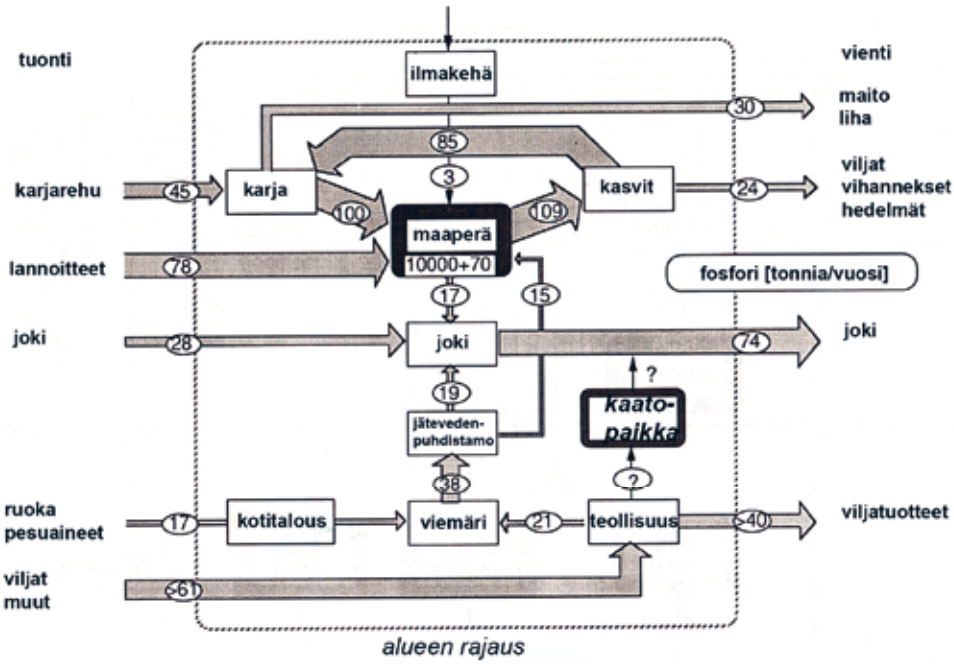


Lähde: Jokela 2007

Jos käytettävissä olisi rajaton määrä energiaa, voitaisiin kaikki käytetyt tuotteet ja jätteet kierrättää ja järjestää takaisin tuotannon panoksiksi. Organisoidulla kierrätyksellä päästään suppeilla aloilla kohtuulliseen ainekiertoon. Sataprosenttinen teollis-kulutuksellinen ikiliikkuja ei kuitenkaan ole mahdollinen, koska energiaa ei ole rajattomasti ja termodynamiikan toinen laki pätee. On kuitenkin mahdollista, että vakaassa eli stationaarisessa tilassa oleva, itse itseään uusintava järjestelmä on materian suhteen suljettu mutta pyörii aurinkoenergialla. Tällainen on tunnetusti maapallon elollinen järjestelmä, josta ihminen on osa. Tällaiseksi on ajateltavissa myös biotaloudeksi kehittyvä taloudellinen järjestelmämme – viimeistään siinä vaiheessa kun emme saa apua fossiilisista polttoaineista.

Teollinen metabolismi mahdollistaa materiaalitilinpidon ja teollisten prosessien todellisen teknisen hallinnan. Kun asioita tarkastellaan fyysisinä yksikköinä ilman rahaksi muunnettuja arvoja, saadaan esiin vaikutusten kokonaiskuva, jota muuten ei hahmotettaisi.

Kuvio 10. Fosforin virta läpi alisen Bünztalin, Sveitsissä. Kuvasta näkyy käytännön olosuhteissa, miten joesta mitattu fosforimäärä ei mene tasan muista lähteistä mitatun fosforimäärän kanssa. Tässä tapauksessa piileväksi lähteeksi epäillään kaatopaikkaa.



Lähde Brunner ym 1994, 182

4.3 Kierrot ja ekosysteemipalvelut

Ekosysteemipalveluilla tarkoitetaan niitä luonnonprosesseja, joista ihminen nauttii ja saa hyötyä, alun perin ilmaiseksi. Ekosysteemissä aine ja energia kiertävät, siirtyvät ja kasautuvat eliöiden välityksellä. Hyviä esimerkkejä ekosysteemeistä ovat lampi, järvi, suo, pelto, niitty, lehto, metsä, jne. ”Ekosysteemi” on sinänsä ekologien kauan käyttämä käsite, mutta termi ”ekosysteemipalvelu” otettiin käyttöön 1970-luvulla ekologien ja taloustieteilijöiden yhdistäessä fokuksensa voidakseen hahmottaa nämä sinänsä ilmaiset ja välttämättömät mutta teollisen talouden jatkuvan laajenemisen vuoksi tuhoutuvat luontopääoman muodot. Vaikka biodiversiteettiä voidaan tarkastella geenien ja lajien tasolla, on ekosysteemi viime kädessä se yksikkö, joka ylläpitää luonnon monimuotoisuutta. Vastaavasti kun tarkastellaan aineellista tuotantoa, ovat panokset aina peräisin jostakin ekosysteemistä ja päätyvät lopulta johonkin, usein toiseen ekosysteemiin.

Ekosysteemipalveluja voidaan tunnistaa monellakin logiikalla: periaatteessa mitkä tahansa virrat, kierrot ja vuorovaikutukset ovat viime kädessä kaikelle muun luonnon toiminnalle välttämättömiä ja tässä mielessä ekosysteemipalveluja.

Kun ekosysteemipalvelun käsite tunnistettiin, on sitä pyritty käyttämään hyvinkin laajassa merkityksessä. On mm. esitetty, että ekosysteemipalvelut voidaan luokitella ylläpito-, tuotanto-, säätely- ja kulttuuripalveluihin. Ylläpitopalveluja ovat mm. veden kierto ja ilmastoa säätelevien kaasujen kierto maapallolla. Tuotantopalvelut viittaavat maatalouden, metsätalouden ja kalastuksen kohteiden kasvukykyyn ja uusintamiseen. Säätelypalveluita ovat luonnon erilaiset puhdistus-, hajotus- ja sitomisprosessit. Kulttuuripalveluita ovat luonnossa virkistymisen ja viihtymisen palvelut, kuten kaupunkipuisto, asumismaisema sekä metsäluonnon kokeminen. Näistä neljästä ekosysteemipalvelujen lajista varsinaisia ovat elollinen reproduktio sekä säätelypalvelut. Ekosysteemipalveluiden luokittelua tärkeämpää olisi niiden synoptinen tunnistaminen.

Ekosysteemipalvelujen yhteenveto (tärkeimmät)

- *Mikroilmaston sääntely*
- *Hiilen sitominen*
- *Merten virtaukset*
- *Ilmansaasteiden puhdistaminen*
- *Veden suodatus*
- *Tulvahuippujen tasaaminen*
- *Kasvien pölytys*
- *Mykoritsojen ravinnesiirto*
- *Humuksen muodostuminen*
- *Metsäluonnon itseuudistuminen*
- *Evoluution jatkuminen*

Ihminen on suoraan riippuvainen näistä palveluista hengitysilman, juomaveden, ravinnon ja ilmaston kautta. Ihmisen ja luonnon voimakas vastakkaisuus tai ihmisen nostaminen luonnosta eroavaksi itsenäiseksi subjektiksi on siten katteetonta liioittelua. Ihminen syntyy, elää ja kuolee osana lukemattomia yhteisiä luonnonkiertoja.

Ekosysteemipalveluiden tunnistamisen tematiikka johdattaa kysymyksiin, joita joudumme jatkossa miettimään. Kuka omistaa tai voi omistaa nämä ekosysteemipalvelut? Kannattaako edes yrittää määritellä niiden arvoa rahamitoissa? Olisiko parempi soveltaa tinkimättä ns. luonnonvarojen vahvan kestävyyden kriteeriä? Miten on määriteltävissä raja jonkun ekosysteemin ylihyödyntämiselle, jottei sen tarjoamaa palvelua menetettäisi? Miten varovaisuusperiaatetta sovelletaan näissä tapauksissa? *Miten laaditaan biomassan hyödyntämisessä tarpeelliset kestävyyskriteerit, kun otetaan huomioon ekosysteemipalvelujen ylläpidon tarve?*

Miten ekosysteemipalvelut otetaan nykyistä paremmin huomioon maankäytössä ja kaavoituksessa?

Ekosysteemien käyttö on luonnonhoitoa, jossa ihminen ottaa opikseen tilanteista, joissa kohdataan ekosysteemin toiminnallisia rajoja. Suomalainen vesistöjen ja kalakantojen hoitoon syntynyt historiallinen osakaskuntainstituutio antanee paljon aineksia tällaisiin havaintoihin. Joka tapauksessa ekosysteemin hoidon näkökulma on kehittyneempi verrattaessa sitä ”yhden lajin” säilyttämiseen keskittyvään toimintaan. Hyvän luonnonhoidon strategioissa hoidetaan systeemejä ja kunnioitetaan luonnollisia prosesseja.

4.4 Dalyn ekosysteemipalvelutehokkuus

Kuvitellaan teoreettiseksi lähtökohdaksi suljettujen kiertojen vakaa talous, joka on ns. stationaarisessa tilassa. Toisin sanoen varantojen ja virtojen koko rakenne ja koko ei määrällisesti muutu. Ylläpidämme siis vakioiset varannot ihmisiä ja ihmisen välineitä entropialtaan matala-asteisen ylläpitoläpivirran turvin. Tämä läpivirta eli *throughput* kulkee energialähteistä, mukaan lukien aurinko, läpi luonnon ekosysteemien korkeaksi hajeeksi luonnon ”syövereihin”.

Tällöin lopullinen palvelutehokkuus on hyvää elämää, elämäniloa tai elämän täyteyttä eli suhde

$$\frac{\text{palvelu}}{\text{läpivirta}}$$

Yksinkertaisella käsitematematiikalla voimme laventaa yllä olevan suhteen varannoilla:

$$\frac{\text{palvelu}}{\text{läpivirta}} = \frac{\text{palvelu}}{\text{varanto}} \times \frac{\text{varanto}}{\text{läpivirta}}$$

Mikä tarkoittaa: ylläpitotehokkuus kertaa palvelutehokkuus. Nämä Herman E. Dalyn muotoileman käsitteellisen yhtälön osat ilmaisevat taloudellisen kehityksen sisällön erotukseksi taloudellisesta kasvusta. Kehitys on parannusta jommassa kummassa tai molemmissa yhtälön osissa.

Jos haluamme tarkastella tällaisen talouden tehostamista eli saada aikaan taloudellista kasvua, tarkastelemme käsitteiden tasolla ihmistekoisten välineiden eli artefaktien ja niiden valmistamiseen kulutetun luonnon s.o. ekosysteemipalvelujen suhdetta. Tämä siksi, että ihminen voi rakentaa vain puuttumalla luontoon tai purkamalla sitä:

$$\frac{\text{voitetut artefaktipalvelut}}{\text{menetetyt ekosysteemipalvelut}}$$

Tämä termodynamiikan ensimmäiseen lakiin perustuva suhde voidaan edelleen laventaa varannoilla edellä tehtyyn tapaan, jolloin pystymme tunnistamaan taloudesta neljä erilaista tehokkuuden lajia:

$$\frac{\text{artefakteista saadut palvelut}}{\text{uhratut ekosysteemipalvelut}} = \underbrace{\frac{\text{artefakteista saadut palvelut}}{\text{artefaktivaranto}}}_{(1)} \times \underbrace{\frac{\text{artefaktivaranto}}{\text{läpivirta}}}_{(2)} \times \underbrace{\frac{\text{läpivirta}}{\text{ekosysteemivarannon uhraus}}}_{(3)} \times \underbrace{\frac{\text{ekosysteemivarannon uhraus}}{\text{uhratut ekosysteemipalvelut}}}_{(4)}$$

Esiin saadut neljä tehokkuuden ulottuvuutta voidaan nyt täsmentää seuraavasti:

(1) eli artefaktipalvelutehokkuus vastaa kansantalouden perinteistä tehokkuutta, siis allokaatiota ja distribuutiota. Toisin sanoen tämä tarkoittaa sitä, ovatko käytössä olevat resurssit kohdennettu tuottavimmalla mahdollisella tavalla ja miten hyödyt jakautuvat ihmisten kesken

(2) eli artefaktiylläpitotehokkuus ilmaisee sen, millä läpivirran asteella olemassa oleva fyysinen pääoma, tavarat ja infrastruktuuri voidaan pitää kunnossa. Toisin sanoen tämä ilmaisee sen, miten pitkäikäisiksi laitteet suunnitellaan ja miten kunnossapito ja kierrätys on järjestetty. Läpivirta on jotakin, jota tulee ylisukupolvisesti mieluummin minimoida kuin maksimoida.

(3) eli ekosysteemiylläpitotehokkuus tarkoittaa tässä käsitekehyksessä uusiutumattomien resurssien käytön suhdetta uudistuvien luonnonvarojen käyttöön. Näistä talouden muodoista historiallisesti selkeitä esimerkkejä ovat maatalous, metsätalous ja kalatalous. On siis kyse kestävän luonnonhoidon ja luonnon hyödyntämisen tekniikoista ja käytännöistä. Mitä suurempi osa läpivirrasta on aurinkoperäistä tai muuten uusiutuvaa energiaa, sen kestävämpi on talous. Ekosysteemin uusiutuvuus ja kyky tuottaa bioperäistä virtaa ihmisen hyödyksi on tämän osatehokkuuden ydin.

(4) eli ekosysteemipalvelutehokkuus ilmaisee menetysten tai haittojen kohdentumisen ja jakautumisen ekologisissa verkostoissa. Nämä haitat eivät kohdistu markkinoiden kautta vaan suoraan ekosysteemien lävitse. Ekosysteemejä tuhoutuu tai köyhtyy ihmisen ymmärtämättömyyden takia. Emme tunne riittävästi luonnon vuorovaikutuksia, kynnyksiä ja kiertoja. Haitat kohdistuvat myös eri tavoin eri alueille ja eri ihmisille. Kun väkiluvultaan 6–9 miljardin ihmisen populaatio elää rajallisella maapallolla, joudutaan jollakin järkevän päätöksenteon muodolla pohtimaan, kuinka paljon luontoa voidaan ottaa suoraan taloudelliseen käyttöön, vaarantamatta keskeisiä ekosysteemipalveluja. Ilmastonmuutos ja sen torjunta on tästä vaikuttavin esimerkki. Biodiversiteetin menetykset ovat toinen iso esimerkki. Jokien voimalarakentaminen, maaperän eroosio ja vesien rehevöityminen ovat muita esimerkkejä.

Klassinen talousteoria tunnistaa yllä kuvatuista vain ensimmäisen tehokkuuden lajin. Sen kuvaamassa taloudessa ei tarvitse ottaa huomioon materiaalitasapainon,

entropian ja elollisen luonnon erityisyyden kaltaisia reunaehtoja. Kolme seuraavaa tehokkuuden ulottuvuutta ovat modernin talouden näköalaa. Kolmas tehokkuuden laji eli ekosysteemiylläpitotehokkuus on ihmisen kannalta katsoen pääosin biomassojen jalostamisen taloutta. Neljäs tehokkuuden laji kertoo siitä, että pelkkä luonnonsuojelu ei riitä. Asioita joudutaan punnitsemaan luonto vastaan luonto eli laajennetun ympäristövaikutusten arvioinnin tapaan. Resurssin (re-source) ohella tarvitaan resinkkejä (re-sink) eli luonnon biohajottamistoimintaa, jolla ihmisen taloudesta tuleva ”poistovirta” puretaan ekosysteemeille käyttökelpoisiin muotoihin. Luomumaatalous ja yksityistalouksien kompostit ovat vaatimattomia esimerkkejä siitä, mitä ekosysteemipalvelutehokkuudella tavoitellaan.

Viime vuosina kansainvälisen toimintaympäristön epävarmuus on kasvanut. Tämä on ilmennyt muun muassa talouskriisinä, ruokakriisinä ja sään ääri-ilmiöiden lisääntymisenä. Lähitulevaisuudessa ja pidemmällä aikajänteellä toimintaympäristön kehitystä leimaa epävarmuuden jatkuminen, jonka hallintaan on kiinnitettävä aikaisempaa enemmän huomiota. Tuotannon ja talouden rakenteita on uudistettava, varsinkin aloilla, jotka ovat riippuvaisia viennistä.

Monet kehitystrendit vaikuttavat syvällisesti biotalouden tulevaisuuteen. Esimerkiksi ilmastonmuutos, luonnon monimuotoisuuden väheneminen ja väestömuutokset heijastuvat sekä tuotanto- että kulutusrakenteisiin. Edessä oleva kehitys korostaa vääjäämättä luonnonvarojen käytön ja energiatuotannon strategista merkitystä sekä globaalisti että kansallisesti. Suomen merkitys uusiutuvien luonnonvarojen haltijana ja hyödyntäjänä kasvaa. Biokapasiteettimme 11,7 globaalia hehtaaria – metsävaroja koskevaa laskentaa on korjattu – henkilöä kohden on maapallon mitassa kahdeksanneksi suurin. Vahvuuksiamme ovat erityisesti runsaat metsä- ja vesivarat, mutta myös ruuan tuotantoa on mahdollista lisätä jo olemassa olevan peltoalan turvin. Luonnonvarojen hyödyntäminen voi myös tarjota ratkaisuja globaaleihin haasteisiin, yhtenä esimerkkinä hiilinielut, joissa metsiin, mereen ja maaperään sitoutuu hiilidioksidia.

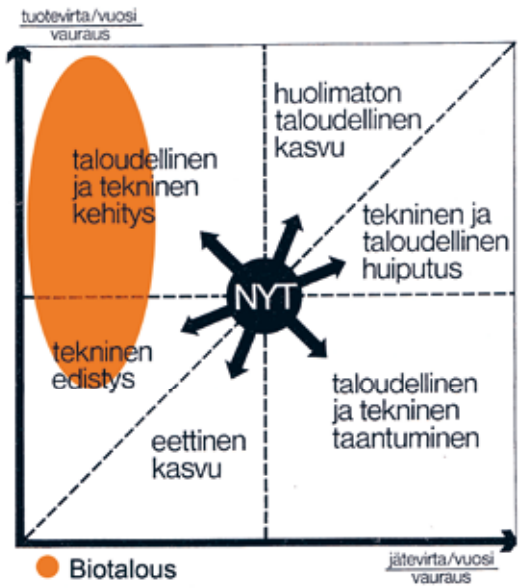
Biopohjaisten tuotteiden suurimpia ilmastopoliittisia hyötyjä on, että fotosynteesissä luontoon sitoutuneen hiilen varastoituminen voi jatkua koko niiden elinkaaren ajan. Ilmastopoliittisesti on tarkoituksenmukaista suurentaa nimenomaan pitkäikäisten biopohjaisten tuotteiden muodostamia hiilivarantoja ja samalla pyrkiä ylläpitämään hiilen luontaista sitoutumista biomassaan. IPCC on painottanut, että erityisen suuri mahdollisuus on lisätä puun käyttöä rakentamisessa, johtuen yhtäältä hiilen pitkäaikaisesta varastoimisesta saatavista hyödyistä ja toisaalta mahdollisuudesta korvata vaihtoehtoisia hiili-intensiivisiä rakennusmateriaaleja.

Suomen biotalous on nyt ja myös jatkossa riippuvainen globaalin talouden tilasta, mikä näkyy selvästi esimerkiksi Suomen puu- ja paperiteollisuudessa. Öljyn saatavuus muodostuu tulevaisuudessa ongelmaksi, ja ilmastonmuutos vaikuttaa hiilikauppaan sekä edelleen biotalouteen. Myös fosforin saatavuus vaikeutuu. Menestyminen edellyttää Suomen biotaloudelta kilpailukykyä sekä kotimaassa, EU-talousalueella että globaalisti.

Suomen tavoite uusiutuvan energian osuudeksi on 38 % energian loppukulutuksesta vuonna 2020 ja vastaavasti EU:n ilmastopoliittisena pitkän tähtäimen tavoitteena on 60 % vuonna 2050. Vuosina 2011–2020 valtio panostaa yhteensä kaksi miljardia euroa uusiutuvan energian tukipakettiin. Liikenteen polttoaineissa tavoitteena on, että vuoteen 2020 mennessä liikenteen polttoaineesta on oltava 20 % uusiutuvaa energiaa[3]. Tavoitteeksi on myös asetettu, että valtiohallinnon ostamasta sähköstä vuonna 2010 vähintään 30 % ja vuonna 2015 vähintään 60 % on uusiutuvilla energialähteillä tuotettua sähköä.

Suomen teollinen tausta, puun ja veden käsittelyn osaaminen, vahva prosessiteollinen traditio ja nousu ICT:n maailmanmaineeseen antavat hyvät mahdollisuudet kehittyä merkittäväksi biotalouden toimijaksi. Suomi on myös satsannut alaan, tutkimukseen ja innovaatioihin. Esimerkiksi Tekesin Cleantech-rahoitus, joka osin kohdistuu biotalouteen, on noussut 60 miljoonasta eurosta noin 200 miljoonaan euroon.

Kuvio 11. Taloudellisen kasvun kompassi ja biotalouden sijoittuminen taloudellisen kasvun sisällä.



Lähde: Pulliainen 1976, mukailtuna

3 RES-direktiivin "tuplalaskentasääntö" tarkoittaa, että jäte/tähde-, non-food-selluloosa- ja lignoselluloosapohjaiset biopolttoaineet otetaan huomioon kaksinkertaisella painoarvolla. Tavoitetila vuonna 2020 olisi, että pyritään saamaan markkinoille mahdollisimman paljon tuplalaskettavia biopolttoaineita vuoteen 2020 mennessä.

4.5 Bioraaka-ainelähteet, riittävyys ja käyttö

Suomen biomassavarat kuuluvat Euroopan laajimpiin. Metsien, soiden ja peltojen sekä orgaanisista jätteistä syntyvä biomassapotentiaali on kuitenkin vain osittain hyödynnetty tehokkaalla tavalla. Varsinaisten biomassavarojen lisäksi on vielä hyödyntämättömiä sivuvirtoja tuntematon määrä.

Biomassavarojen nykykäytön jopa kaksinkertaistaminen olisi teoreettisesti mahdollista. Rajoitteet liittyvät kustannuksiin ja hintakilpailukykyyn sekä uusien tuotanto-, hankinta- ja käyttöketjujen ja liiketoimintamallien kehittämiseen kestävästi ympäristövaikutukset huomioon ottaen. Biomassan käytön suunnittelu tulee tehdä kokonaisvaltaisesti, huomioiden jalostuksessa syntyvien sivuvirtojen ja orgaanisten jätteiden hyödyntämismahdollisuudet sekä hyötykäyttöön sopimattomien jätteiden loppusijoitus. Kokonaisvaltaiseen suunnitteluun kuuluu myös raaka-ainetuotannossa olevien metsien, peltojen ja luonnon tuotantokyvyn ylläpito.

Uusiutuvat luonnonvarat eivät ole uusiutuvia, jos niitä kulutetaan liikakäytöllä. Ekosysteemikytkennät ovat kuitenkin monimutkaisia. On esimerkiksi todettu, että Säkylän Pyhäjärven voimakas kalastus vaikuttaa järven ekosysteemiin myönteisesti. Vastaavasti hyvin järjestetyllä kierrätyksellä voidaan uusiutumaton luonnonvara muuntaa osittain uusiutuvanluontoiseksi. Ainekierrossa olevien virtojen ja varantojen laajamittainen hyödyntäminen edellyttää oikein säädettyjä taloudellisia puitteita, jotka avaavat uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Tämä on taloustieteen vähän tutkittua kenttää.

Materiaali- ja energiatehokkuutta voidaan parantaa mm. asettamalla tavoitteita sekä tukemalla hinnoittelulla ja muilla ohjauskeinoilla luonnonvarojen kestävää käyttöä. Tavoitteena olisi oltava, että muutaman vuoden kuluessa käytössä on keskeisillä sektoreilla vapaaehtoiset materiaalitehokkuussopimukset, jotka tehostavat säädösohjauksen vaikutusta. Käytännön tehostamistoimet voivat liittyä paitsi raaka-aineiden käyttöön ja tuotantotapojen parantamiseen, myös innovaatioiden kehittämiseen koko tuoteketjussa. Yrityksissä materiaalitehokkuutta parantaisi katselmusmalli, joka auttaa vähentämään ja optimoimaan luonnonvarojen käyttöä.

Metsäbiomassa

Suomen pinta-alasta on metsätalousmaata 78 %. Suomessa metsien puusto on pääosin havupuuta. Männyn osuus on 50 % ja kuusen 30 % puuvaroista. Koivu on hallitseva lehtipuu, ja sen osuus puuvaroista on 16 %. Vuonna 2008 puuston vuotuinen kasvu oli 100 miljoonaa m^3, ja sitä voitaisiin kestävästi hyödyntää 72 milj. m^3. Metsien vuosikasvu on noussut 80 % ja puuvaranto 43 % 1950-luvun alkuun verrattuna. Metsävarat lisääntyvät jatkuvasti. Vuonna 2008 poistuma oli 70 prosenttia vuotuisesta kasvusta. Metsäntutkimuslaitos on arvioinut, että vuonna 2030 vuosikasvu (kuorellinen runkopuu) olisi noin 103 milj. m^3 ja kestävä hakkuukertymä 82 milj. m^3. Vuonna 2009 hakkuukertymä oli ainoastaan 41 milj. m^3 ja huippuvuonna 2007 alle 60 milj. m^3, joten puun käyttöä on mahdollista lisätä huomattavasti.

Suomi on puun ja muun biomassan energiakäytössä EU:n johtava maa, ennen kaikkea metsäteollisuudesta johtuen. Yli 60 TWh energiasta tuotetaan puulla ja muulla uusiutuvalla biomassalla. Energiapuuta käytetään vuosittain noin 5 miljoonaa kuutiometriä. Uusiutuvan energian velvoitepaketin mukaan metsästä saatavan energiabiomassan käyttöä pyritään lisäämään 13,5 miljoonaan kuutiometriin vuoteen 2020 mennessä. Kuorten, kantojen, latvusten ja oksien korjuu mahdollistaa metsistä korjattavan kokonaisbiomassan lisäämisen. Oksien ja kantojen vuosikasvun massamäärä on yllättävän suuri, 50 miljonaa kuutiometriä vuodessa. Mutta energiapuun korjuun kaikkia vaikutuksia ei vielä tunneta. Erityisesti ympäristövaikutuksia on arvioitava ja panostettava tutkimukseen. Alustavat tutkimukset osoittavat kantojen toimivan pitkäaikaisina hiilen sitojina. Energiapuun korjuu vaatii investointeja infrastruktuuriin ja erityisesti pienpuun korjuuteknologian kehittämiseen. Lisäksi hakkuumäärien lisäys edellyttää sitä, että metsänhoitotoimenpiteistä huolehditaan pitkäjänteisesti metsien puuntuotoskyvyn, luonnon monimuotoisuuden ja ekosysteemipalveluiden turvaamiseksi. Panostusta tarvitaan myös metsäteihin, joissa huomioidaan isomman kuljetuskaluston ja haketuslaitteiden vaatimat suuremmat kääntösäteet. Energiapuun käytön lisäämisessä on kaiken kaikkiaan edettävä varoen: puun teollisesta jalostamisesta voidaan saada moninkertainen kansantaloudellinen ja ilmastopoliittinen hyöty verrattuna puun polttamiseen. Tämän vuoksi on tärkeätä minimoida energiapuun käytön lisäämisen vaikutukset teollisuuden puun saatavuuteen ja hintaan.

Metsien muiden kuin puuhun pohjautuvien tuotteiden kuten marjojen, sienien, jäkälien ja muiden metsäkasvien hyödyntämisen suhteen on vielä käyttämätöntä potentiaalia. Tietoisuus metsämarjojen sisältämistä bioaktiivisista yhdisteistä kasvaa jatkuvasti. Sienten on todettu sisältävän useita yhdisteitä, jotka voivat muun muassa parantaa immuniteettiä sekä säädellä sokeritasapainoa ja maksan toimintaa. Sienirihmastoa voidaan taas käyttää saastuneiden alueiden puhdistuksessa. Sienirihmastot pystyvät pilkkomaan niin öljyä kuin erittäin myrkyllisiä dioksiineja.

Suo- ja turvevarat

Suomen soiden pinta-ala on tällä hetkellä noin 9,3 miljoonaa hehtaaria. Soihin kertynyt turvevaranto on suuruudeltaan arviolta 69 miljardia kuutiometriä. Soiden ja turvemaiden yleisimmät maankäyttömuodot ovat metsä- ja maatalous, soiden suojelu ja turvetuotanto. Teknisesti turvetuotantoon käyttökelpoinen suoala on arvioitu runsaaksi 1,2 miljoonaksi hehtaariksi ja sen energiasisältö on arviolta 12 000 TWh. Turpeen käyttö energiantuotantoon on ollut menneen vuosikymmenen aikana 20–29 TWh. Vuonna 2008 turvetta käytettiin noin 23 TWh. Ympäristö- ja kasvuturpeiden osuus on noin 10 % Suomessa käytetystä turpeesta.

Kotimaisena polttoaineena turpeella on huomattava aluepoliittinen, työllistävä ja energiahuollon varmuutta lisäävä vaikutus. Lisäksi turvetta käytetään tukipolttoaineena puuperäisiä biopolttoaineita hyödynnettäessä. Turpeen käytön rajoitteet liittyvät soiden ojituksesta ja turpeen poltosta aiheutuviin kasvihuonekaasupäästöihin

sekä ojituksen ja turvetuotannon vaikutuksiin vesistöissä ja suoluonnossa. Turvetuotannolla on myös haitallisia melu- ja pölyvaikutuksia.

Maatalouden biomassat

Suomen peltoala on noin 2,3 miljoonaa hehtaaria, mistä tarvitaan kansallisen ruokaomavaraisuuden turvaamiseen ja Suomen elintarvike- ja rehuteollisuuden tarvitseman raaka-aineen tuottamiseen noin 1,8 miljoonaa hehtaaria. Täten noin 500 000 hehtaarin ala voitaisiin tarvittaessa käyttää muuhun tuotantoon. Periaatteessa lisääkin peltoa olisi raivattavissa kokonaispinta-alan maksimin ollessa 3 miljoonan hehtaarin luokkaa. Pellonraivaukseen täytyy tietenkin olla hyvä syy. Suomen peltoala tuottaa biomassaa yli 10 miljoonaa tonnia vuodessa. Vuonna 2009 tuotetusta biomassasta viljan osuus oli runsaat 4 miljoonaa tonnia, oljen osuus 2,6 miljoonaa tonnia ja nurmen osuus 2,6 miljoonaa tonnia.

Maataloussektorilla on tarjolla useampia raaka-aineita uusiutuvan energian tuottamiseksi: kasvimassoja voidaan polttaa suoraan energiantuotannossa, kasvi- ja eläintuotteita voidaan jalostaa nestemäisiksi polttonesteiksi ja eläin- ja kasviperäisiä biomassoja voidaan prosessoida biokaasuksi. Tuotannossa tulee pyrkiä hyödyntämään yhä enenevässä määrin raaka-aineiden sivuvirtoja, jotka on jo hyödynnetty elintarvikeketjussa tai joita ei voida hyödyntää elintarvikkeena.

Tuotantoa rajoittavana tekijänä Suomessa on myös peltokasvituotannon aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen suhteellinen korkeus. Muun muassa alhainen satotaso vaikeuttaa pääsyä komission laatimien viljelyn hiilidioksidipäästöjen oletusarvojen alapuolelle.

Kotieläinten lantaa muodostuu Suomessa vuositasolla noin 20 miljoonaa tonnia. Lanta käytetään käytännössä sellaisenaan pelloilla lannoitteena ja maanparanteena. Lannan tehokkaampi hyötykäyttö paitsi vähentää mineraalilannoitteiden valmistus- ja käyttömääriä, myös vähentää aiheutuvia päästöjä ilmaan (NH_3, N_2O, CH_4) ja vesiin (N ja P). Lannassa on myös merkittävä energiapotentiaali, jonka hyödyntäminen tällä hetkellä on hyvin vähäistä.

Vesibiomassat

Suomella on laajat rannikkovedet ja maapinta-alasta noin 10 % on vedenpinnan peittämää. Vuonna 2008 Suomessa kalastettiin tai kasvatettiin 162 miljoonaa kiloa kalaa. Kalabiomassan ympärille on alkanut syntyä uudentyppistä biotaloutta. Kansainvälisesti kalan ja kalatalouden sivuvirtojen uudenlainen hyödyntäminen, erityisesti ravintoaineiden fraktiointi kehittyy nopeasti. Suomella olisi hyvät edellytykset hyödyntää näitä innovaatioita.

Särkikalakannat ovat runsastuneet voimakkaasti erityisesti Etelä-Suomen rannikolla ja rehevöityneissä järvissä. Vesistöihin kertyy lisääntyvässä määrin kalabiomassaa, jota nykyinen kalastus ei halua hyödyntää vaan pikemminkin välttää. Tämän vajaasti hyödynnetyn kalabiomassan poistokalastus vähentäisi vesistöistä ravinteita parantaen vesien tilaa. Särkikaloja voitaisiin kestävästi poistaa Itämeren

rannikkoalueelta vuosittain 10 miljoonaa kiloa. Tämä vastaa 80 fosfori- ja 260 typpitonnin poistamista vesistöstä. Saalis voidaan hyödyntää elintarvikkeena sekä eläinrehun ja bioenergiatuotannon raaka-aineena.

Vesikasvien hyödyntämisessä on paljon mahdollisuuksia. Lyhyellä aikavälillä potentiaalisin on järviruoko. Ruovikoiden kokonaismäärä ylittää 100 000 hehtaaria, josta yksistään Etelä-Suomessa on mahdollista hyödyntää 12 500 hehtaaria energia- ja rakennuskäyttöön. Tämä vastaisi n. 56 tonnin fosforipoistoa vesistöstä. Mikrolevien öljyntuotantopotentiaali on monikertainen maalla kasvaviin öljykasveihin verrattuna. Levien käyttö laajamittaisessa öljyntuotannossa ei Suomessa ole vielä taloudellisesti kilpailukykyistä ja Suomen vahvuudet tunnetaan toistaiseksi heikosti. Todennäköisemmin suljetut kasvatusteknologiat ja teollisuuden tai jätevesien puhdistuksen yhteyteen integroituvat kasvatusteknologiat olisivat soveltuvimpia.

Jätteet ja sivutuotteet

Jätteiden kokonaiskertymä Suomessa oli 74,1 miljoonaa tonnia vuonna 2007. Puujätteet (12,8 milj. tonnia) oli toiseksi suurin jätelaji[4]. Vuonna 2008 yhdyskuntajätteiden määrä kohosi liki 2,8 miljoonaan tonniin. Suurimmat jätteet ja sivutuotteet ovat peräisin elintarvikkeista, keräyspaperista, pahvista ja kartongista. 80 prosenttia yhdyskuntajätteestä oli biohajoavaa. Kotitaloudet tuottivat noin 60 prosenttia yhdyskuntajätteestä. Palvelualoilla suurimmat yhdyskuntajätteen tuottajat olivat kauppa ja terveydenhuolto. Yhdyskuntajätteen osuus jätteiden kokonaismäärästä on pieni, vain noin 4 %.

Hyödynnettäviä jätteitä ja sivutuotteita päätyy edelleen suuria määriä kaatopaikalle. Yhdyskuntajätteiden materiaalikierrätys on tällä hetkellä noin 32 %, kun tavoite on kierrättää materiaalina 50 % ja hyödyntää energiana 30 %. Biojätteen hyödyntäminen tarjoaisi mahdollisuuksia vähentää kasvihuonekaasupäästöjä sekä korvata fossiilisia polttoaineita liikenteessä. EU:n tasolla on arvioitu, että päästöjä jäisi syntymättä noin 10 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia vuonna 2020 koko EU:n alueella. Uusiutuvan energian osuutta liikenteessä vuonna 2020 koskevasta tavoitteesta voitaisiin saavuttaa noin kolmannes käyttämällä biojätteestä tuotettua biokaasua. Karjan lannan ohella eloperäiset lietteet ja muut vesipitoiset biohajoavat jätteet tarjoavat merkittävän potentiaalin biokaasun tuottamiseen biokaasulaitoksissa.

Edellä kuvattujen luonnonvarojen määrää kuvaavat yksiköt ovat sellaisia, että maallikon on vaikea hahmottaa niiden todellista merkitystä. Siksi asiaa kannattaa havainnollistaa Annimari Lehtomäen (2006) väitöskirjan yhdellä tuloksella: yhden vuoden ruokohelpisadon metaanintuottopotentiaali hehtaaria kohti on 2900–5400 m^3. Tällöin yhdeltä ruokohelpihehtaarilta saatava metaani riittäisi henkilöauton 40 000–60 000 ajokilometriin vuodessa.

Arkitajun perusteella Lehtomäen tulos tarkoittanee myös mittakaavaa soveltaen mutta raaka-ainetta vaihtaen, että yhden metsähehtaarin vuosikasvulla voisi ajaa autolla yhden vuoden.

---

4 Metsään jäävä hakkuutähde, kotieläinten lanta ja olki eivät ole mukana näissä luvuissa.

Vihreän lehden lupaus

Turun Yliopiston kasvitieteen professori Eva-Mari Aro sanoo, että väestönkasvun ja teollistumisen takia maapallon energiantarve nelinkertaistuisi 40 vuodessa, ellemme sitä ennen viisastu. Fossiilisten polttoaineiden käyttö on puolestaan lopetettava ilmastosyistä jo paljon ennen kuin nämä fossiiliset energiavarat ehtyvät.

Kysymykseksi jää: onko meillä sellaisia energialähteitä ja -menetelmiä, jotka eivät synnytä kasvihuonekaasuja? Yksi vastaus löytyy fotosynteesistä.

Aro viittaa englantilaiseen biokemian professori James Barberiin: – Jos kasvin lehti pystyy siihen, mekin pystymme siihen …se on vain kemiaa.

Ihminen siis yrittää rakentaa keinotekoisen fotosynteesimekanismin. Tässä työssä Aron johtama Integroitu fotosynteesi- ja metaboliittitutkimuksen huippuyksikkö on maailmankin mitassa alallaan kärjessä. Yksikkö sijaitsee Turun Yliopiston naapurustossa, BioCityssä. Tutkijaryhmä muokkaa proteiineja selvittääkseen, mikä on minkäkin proteiinin osan tehtävä.

– Fotosynteesiin perustuvien teknologioiden kehittäminen vie vielä 20–30 vuotta. Ensimmäiset bioreaktorit tuottavat vedestä vetyä luonnonmenetelmällä ehkä jo tämän vuosikymmenen lopulla, sanoo professori Aro.

Syanobakteerit eli sinilevät tuottavat vedestä ja auringosta vetyä fotosynteesin avulla, ilman hiilidioksidipäästöjä. Suomesta on koottu 600 syanobakteerikantaa järviltä ja merestä. Näistä kymmenkunta on osoittautunut tehokkaaksi biovedyn tuottajaksi.

Vaikka kasvit sitovat aurinkoenergiaa, ne hukkaavat sitä kasvunsa yhteydessä yllättävän paljon.

Suomalaiset tutkijat pyrkivät muuttamaan 5 prosenttia sidotusta aurinkoenergiasta biopolttoaineeksi. Tämä tarkoittaisi, että energia otettaisiin talteen heti yhteyttämisen jälkeen mutta ennen sokerien muodostumista.

Levänkasvatus suljetussa laitoksessa tai bioreaktorissa sopii parhaiten sellaisen teollisuuslaitoksen yhteyteen, jonka prosessi tuottaa suuria määriä hiilidioksidia, muistuttaa Aro.

Biomassan käsittelyprosessit voidaan jakaa mekaanisiin, kemiallisiin, termokemiallisiin ja biologisiin prosesseihin. Mekaanisten prosessien avulla tuotetaan mm. mekaanista massaa painopaperin valmistukseen (mekaaninen hionta tai hiertäminen). Mekaanisiin prosesseihin voidaan lukea myös mekaanisen metsäteollisuuden käsittelyprosessit (saha-, levy-, liimapuu- ja komposiittiteknologiat).

Kemialliset prosessit käsittävät mm. kemiallisen massan valmistuksen alkaalikeiton avulla, josta valmistetaan mm. erilaisia papereita. Biomassasta voidaan eri tekniikoilla ja uuttamalla erottaa esim. polysakkarideja ja muita uuteaineita, joita voidaan edelleen jalostaa hienokemikaaleiksi, lääke- ja bioaktiivisiksi komponenteiksi.

Selluloosa- ja ligniinipitoista biomassaa voidaan jalostaa biopolttoaineiksi esimerkiksi termokemiallisesti. Biomassaa kaasutetaan korkeassa lämpötilassa hapen läsnä ollessa synteesikaasuksi, joka prosessoidaan vahaksi esimerkiksi Fischer-Tropsch-menetelmällä. Vahasta voidaan tuottaa nestekaasua tehtaan energialähteeksi

tai sitä voidaan jalostaa edelleen liikennepolttoaineiksi. Tulevaisuuden uusiutuvia liikenteen polttonesteitä voidaan valmistaa useista toisiaan täydentävistä raaka-ainelähteistä ja erilaisilla teknologioilla. Suomessa etanolia tuotetaan elintarviketeollisuuden jätteistä ja uusiutuvan dieselin laitokset käyttävät raaka-aineena huomattavia määriä eläinrasvoja sekä rehuvalkuaistuotannon sivutuotteena syntyvää rypsiöljyä, jolla ei ole markkinoita ruokaketjussa. Ruotsissa jalostetaan mäntyöljystä biodiesel-komponentteja ja luodaan siten tälle perinteiselle metsäteollisuustuotteelle uusia vaihtoehtoisia käyttökohteita.

TUNNETUT BIOMASSAVARAT: YLEISKATSAUS

- *hyödynnettävissä oleva puuvara 82 miljoonaa m³ (vuonna 2009 käytettiin 41 miljoonaa m³)*
- *turvetuotantoon soveltuvaa suota 1,2 miljoonaa ha (= 12 000 TWh, josta käytössä 20–29 TWh)*
- *maatalouden peltoviljelyn biomassa yli 10 miljoona tn/v*
- *lantaa muodostuu 20 miljoonaa tn/v*
- *kalaa kasvatetaan ja tuotetaan 0,162 miljoona tn/v*
- *puujätettä jätteenä 12,8 miljoonaa tn/v*
- *yhdyskuntajäte 2,8 miljoonaa tn/v (josta 80 % biohajoavaa)*
- *mikrolevät; allaskasvatus kokeiluasteella*

Ympäristömyönteinen bioteknologia tarkoittaa esimerkiksi elintarvike- ja panimoteollisuuden bioteknisiä tuotantojärjestelmiä ja bioprosessien suunnittelua. Jätevesien puhdistus on tärkeä bioprosessitekninen sovellusalue, ja biologisista menetelmistä on apua maaperän puhdistuksessa ja kaivosten rikastusprosesseissa.

Maatalouden ”non food”-tuotannon merkitys tulee lisääntymään haettaessa ratkaisuja ja toimintamalleja, jotka ovat ympäristön kannalta nykyisiä toimia parempia. Energian ja polttoaineiden lisäksi muun muassa kuitukasvit tarjoavat monia mahdollisuuksia, esimerkiksi tekstiilien, paperin, komposiittien, suodattimien ja eristeiden valmistuksessa. Tärkkelyspitoisia kasveja voidaan myös hyödyntää enenevässä määrin erilaisissa teollisuuden sovelluksissa kuten biologisesti hajoavissa muoveissa ja pesuaineissa. Tiettyjä erikoiskasveja voidaan hyödyntää lääkkeiden, makuaineiden, hajusteiden ja muiden erikoiskemikaalien tuottamisessa. Vesiperäisen ja maatalouden biomassojen yhdistäminen voi avata merkittäviä mahdollisuuksia alueelliseen energian tuotantoon ja ravinteiden kierrättämiseen. Kokonaisvaltaisen näkökulman tarjoaa energian ja materiaalikiertojen tehostaminen siten, että kaikki elintarvikeketjun sivuvirrat, sivujakeet ja ylitteet hyödynnetään ja palautetaan alkutuotantoon (pöydästä peltoon -periaate).

Kuvio 12. Biohajoavien materiaalien kierrätyksen ja prosessoinnin periaatekuva elintarviketuotannossa

Lähde: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus

Bioteknologiaa sovelletaan energiasektorilla sekä biomassan tuotannossa että biomassan tai jätteen muuntamisessa biokaasuksi tai nestemäisiksi polttoaineiksi. Energiabiomassan tuotannossa on kestävintä keskittyä ravinnoksi kelpaamattomiin kasveihin. Suomessa uusiutuvina raaka-ainelähteinä toimivat muun muassa metsäteollisuuden prosessien sivutuotteet, metsähake, energiakasvit, maatalouden ja elintarviketuotannon sivutuotteet ja jätteet. Entsyymit muuttavat biomassan ominaisuuksia muodostaen tai katkaisten rasvojen, peptidien ja hiilihydraattien kemiallisia sidoksia. Entsyymien entistä laajempi hyödyntäminen tarjoaa uusia sovellusmahdollisuuksia erityisesti elintarviketeollisuudessa.

Teknisten sovellusten ohella biotalous tarkoittaa uudenlaisten toimintamallien hyödyntämistä. Julkisten tutkimuslaitosten yhteenliittymä (LYNET[5]) tarjoaa yhden toimintamallin, jossa luonnonvaroja ja ympäristöä koskevaa tutkimusta, tiedon hallintaa ja saatavuutta parannetaan sektori- ja organisaatiorajat ylittävillä hankkeilla.

Luonnonvara ja ympäristötutkimuksen yhteenliittymä (LYNET)

LYNET-yhteenliittymän rakentaminen alkoi syksyllä 2008, kun MMM ja YM tekivät sopimuksen hallinnonalojensa tutkimuslaitosten (Evira, Geodeettinen laitos, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Metsäntutkimuslaitos, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos sekä Suomen ympäristökeskus) muodostamasta yhteenliittymästä. Välittömästi käynnistyi suunnittelu yhteistyön muodoista. Tämän yhteistyö kattoi tutkimus- ja asiantuntijatoiminnan, infrastruktuurit ja tukipalvelut.

5 LYNET-laitoksia ovat Elintarvikevirasto Evira, Geodeettinen laitos GL, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, Metsäntutkimuslaitos Metla, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos RKTL sekä Suomen ympäristökeskus SYKE.

LYNETille on palkattu maaliskuun alusta 2010 pääsihteeri, joka koordinoi sen toimintaa. Laitokset vastaavat yhteisesti koordinointikustannuksista. Yhteistoiminnan muotoja ovat neljä yhteistä tutkimusohjelmaa teemoiltaan: ilmasto, ItämeriStern, bioenergia sekä maankäytön muutokset. Edelleen on rakennettu yhteinen järjestelmä kansainvälisten tutkimus- ja kehitysyhteistyöhankkeiden tueksi, laaja laboratorioyhteistyö, yhteisen luonnonvaratiedon hallinta- ja jakelujärjestelmän kehittäminen, kirjastopalvelujen ulkoistaminen tiedekirjastojen yhteyteen, viestintä- ja julkaisutoiminnan integrointi, yhteinen laaja henkilöstön kehittämisohjelma sekä toimitilayhteistyö.

Esimerkki

Kalastus hajautetussa biotaloudessa

Itämeren ja järvien kalasto ja biomassa on muuttunut paljon viime vuosina. Syitä ovat ilmaston lämpeneminen, vesien rehevöityminen sekä alikalastus. Ammattikalastajien kokemuksen mukaan perinteinen arvokalasaalis vähenee. Vähempiarvoisten non-food-kalalajien massan määrä kasvaa rajusti. Tässä vähempiarvoisessa kalassa (lahna- ja särkikalat) piilee suuri biotaloudellinen potentiaali.

Kalastajien käsityksen mukaan tarvittaisiin laajaa, koko Suomen kattavaa poistokalastusta, jotta rannikkojen ekologinen biodiversiteetti ei romahtaisi, jotta sisäinen ravinnekuormitus ei kasvaisi ja jottei kalastus ylimalkaan elinkeinona loppuisi. Pahin tilanne on Suomenlahdella, jossa ¾ kalastajista on lopettanut viimeisen 10 vuoden aikana.

Suomi voisi toimia biotalouden esimerkkimaana rakentamalla paikallisia biotalouden arvoketjuja merellisten resurssien (järvien) sekä maatalouden ja energiatuotannon välille. Kaloihin sitoutuu suuri määrä energiaa sekä mm. fosforia ja typpeä.

Tulee kehittää käänteinen kierto, jossa kalaan sitoutunut fosfori ja typpi voidaan hyödyntää bioenergiatuotannon kautta maatalouden lannoituksessa. Niillä viljelyalueilla, joissa ravinteiden huuhtoutuminen on voimakasta, tulisi luoda paikallisia biotalouksia, joissa poistokalastettu vähempiarvoinen kala käytetään katalysaattoriaineena biokaasureaktorien syötteessä. Kala katalysoi bakteeritoiminnan lantaan ja maatalouden muuhun jätteeseen. Tällainen kaasureaktori tuottaa sähköä, kaukolämpövettä sekä hygienisoitua lannasta ja kalasta muodostunutta lannoitetta.

Olisi käynnistettävä pilottihanke, jossa kalatalous, maatalous ja energiantuotanto yhdistetään sopivan yksikön puitteissa. Kokeilussa selvitettäviä seikkoja voisivat olla mm. energiantuotanto kala-lanta-syötteellä, poistokalastusjärjestelmän yhteensovittaminen tällaiseen tuotantoon, yksikön vaikutus maa- ja karjatalouden kannattavuuteen, alueelliseen energiatuotantoon, orgaanisen fosforin talteenotto sekä systeemin ympäristövaikutukset vesissä ja pelloilla.

Klaus Berglund 2010

Biotalouden suomalaisittain uraa uurtavia pilotteja voidaan osoittaa olla neljälle hyvin erilaiselle sektorille:

- 1–3 kpl biojalostamoja, jotka tuottaisivat (puu)biomassasta biodieseliä ja muita biotuotteita
- haja-asumisen ekoälykkäät arvoketjut (esim. aurinkoenergia, lämpö, jäte, hiilensidonta)
- biotalousratkaisut suuressa kaupungissa (vesi, energia, jätteet, kierrätys, urbaani maatalous)
- kalastuksen, maatalouden ja energiantuotannon paikallinen integrointi

5 Suomi biotalouden toimijana

5.1 Suomen tie biotalouteen

Historiallisesti tervanpoltto on ollut merkittävää biotaloustuotantoa. Vaikka purjelaivoissa välttämätön terva tunnettiin maailmalla ”Tukholman tervana” (Stockholm tar), oli Suomi alueena ajoittain maailman suurimpia tervantuottajia. Tervalla oli kysyntää niin kauan kuin merenkulku perustui purjelaivoihin. Tervanpolton yhteydessä opittiin tuottamaan myös sivutuotteina tärpättiä, pikiöljyä ja pikeä. Viinanpoltto ja tislaus tulivat Suomeen 1500-luvun sotaretkillä olleiden sotilaiden tuomana. Valtion viinanpolttimot perustettiin 1776.

Havin kynttilä- ja saippuatehdas perustettiin jo 1829. Pellavaöljyä jalostanut ja vernissaa tuottanut Tikkurilan öljymylly on sekin kaukaa, vuodelta 1862. Muovituotteistaan myöhemmin tunnettu Sarvis Oy ryhtyi valmistamaan maidon kaseiinista galaliittia 1921 ja bakeliittia 1938.

Maatalouden tärkkelystuotteiden jatkojalostaminen alkoi Talissa 1929 perunatärkkelyksellä. Vehnätärkkelystä valmistettiin Raisiossa 1976. Suomen Nestesokeri Oy ryhtyi tuottamaan ohratärkkelystä 1978. Raision rypsiöljyjen kaupallinen vaihe alkoi 1983. Koivusokerin eli xylitolin valmistuksen hallitsi Sokerikemia Oy jo 1960-luvulla, vaikka siitä tuli purukumina tunnettu tuote vasta vuosia myöhemmin.

Metsäteollisuus on kehittänyt 1910-luvulta lähtien paperin, sellun, kartongin ja puutuotteiden ohessa paljon sivutuotteita, joista kuitenkin harvoja tuotetaan suuremmissa määrin. Tällaisia tuotteita ovat mm. mäntyöljy, tärpätti, sulfiittisprii, etanoli, lignosulfaatit, proteiini, etikkahappo, viskoosikuitu, karboksyylimetyyliselluloosa ja selluloosanitraatti.

Sotavuosina 1939–1945 puun kaasutuksen teknologiaa kehitettiin pitkälle. Autot kulkivat puukaasulla eli häkäpöntöillä, puusta tehtiin mm. voiteluöljyjä ja liimaa. Nämä erilaiset korviketuotteet koettiin kuitenkin köyhyyden symboleiksi ja niistä luovuttiin heti rauhan tultua ja tuonnin tullessa mahdolliseksi. Toinen maailmansota merkitsi teknologisesti dieseliin, bensiiniin ja polttoöljyyn perustuvien teknologioiden maailmanlaajuista omaksumista.

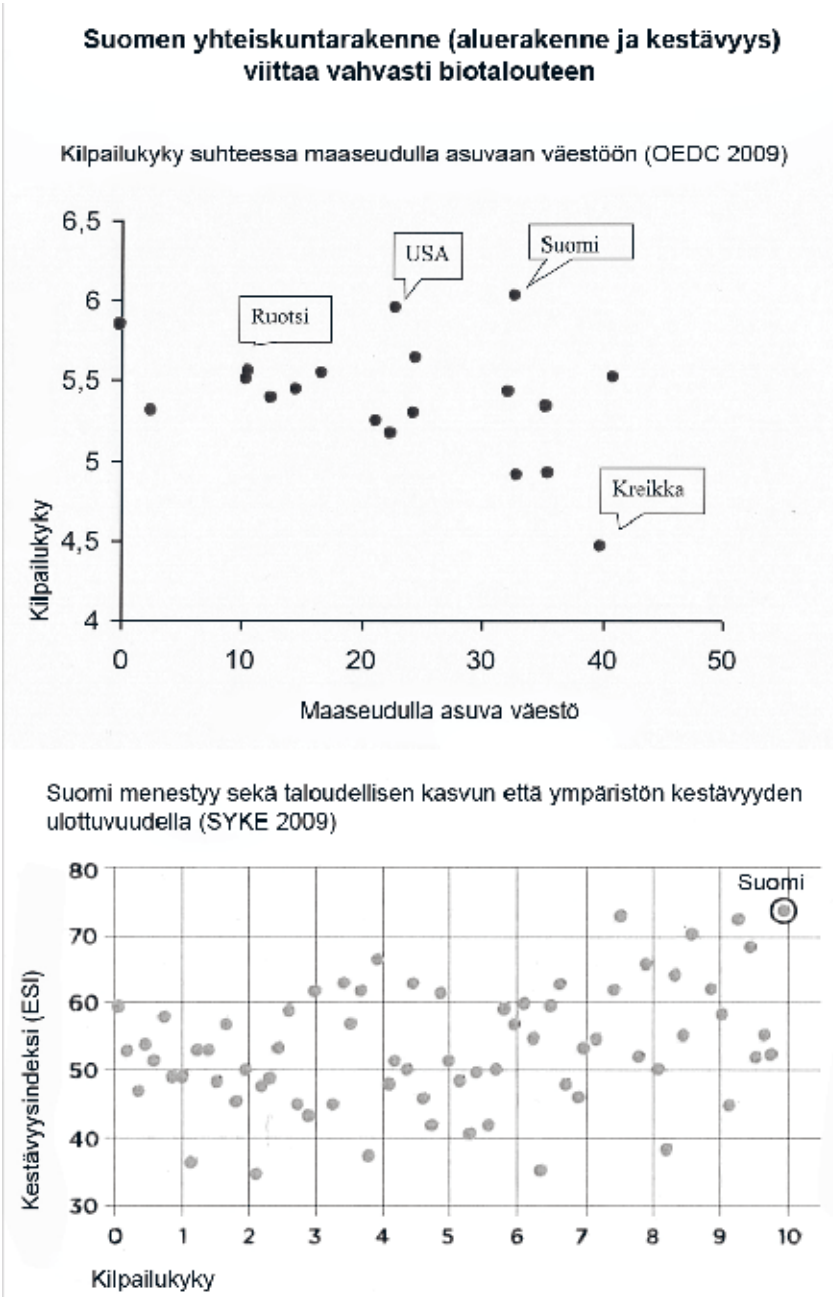
Suomen metsäteollisuussektorin menestyksen avaintekijöitä ovat olleet mm. pitkäkuituinen havupuu sekä keskuslaboratorio KCL, joka oli pitkään huippututkimuksen organisoinnin menestystarina.

Metsäalan tulevaisuustyön yhteydessä tulevaisuudentutkija Olli Hietanen on koonnut osallistujilta saadut tulevaisuusimpulssit tavalla, joka puhuu oivaltavaa kieltä. Termiä biotalous ei käytetä, mutta sisältö on löydetty:

- Suomeen voidaan kehittää fotosynteesiklusteri, joka kattaa kaikki bioraaka-ainetta jalostavat alat mukaan lukien luontoympäristöistä saatavat palvelut

- Suomesta on kehitettävissä ”öljyvaltio, jonka öljylähteinä toimivat metsät”
- vuonna 2040 bioraaka-aineista voidaan valmistaa melkeinpä mitä vain

Kuvio 13. Suomi on kilpailukyvyltään maailman ykkössijalla sekä suhteessa kestävyysindeksiin että maaseutuväestön määrään



Eräitä suomalaisen biotalouden onnistumisia/rohkeita hankkeita

- *Gustaf Komppa ja bensiinin valmistus turpeesta ja puusta*
- *Artturi Ilmari Virtanen ja AIV- hapot sekä tuorerehunsäilöntämenetelmä*
- *Alvar Aallon suunnittelemat Artek-huonekalut*
- *sodanaikainen häkäpönttötekniikka autoissa ja traktoreissa*
- *Yrjö Kokon laulujoutsen-kirjat*
- *Nesteen Uolevi Raaden (toteutumaton) puupetrokemiaprojekti*
- *pekilo-prosessi: hiivasienen avulla voitiin sulfiittiselluprosessin jäteliemi muuntaa rehuproteiiniksi*
- *ksylitoli: koivusokerin erottaminen ja siihen liittyvän valmistusprosessin kehittäminen*
- *biomassojen leijukerrospoltto 1970-luvulla*
- *metsäteollisuus alansa parhaimmistoa ja laajennut globaaliksi klusteriksi*
- *Genesit Oy: yritys tuottaa entsyymejä Bacillus-bakteerin avulla*
- *Raision LDL-kolesterolia alentavat Benecol -tuotteet*
- *interferoni: ihmisen valkosoluilla tuotetaan interferonia lääkkeeksi*
- *immoprosessi: entsyymien avulla nopeutetaan oluen jälkikäymistä*
- *biovalkaisu: selluloosa valkaistaan poistamalla siitä entsyymien avulla tummuvat osat*
- *jätteiden kaasutus WABIO-prosessilla Vaasassa*
- *ruokohelpi uudeksi energiakasviksi*
- *kuminaöljy: yleispätevä biomassan säilöntäaine*
- *maidon laktoosin konversio laktaasiksi (Valio)*
- *Nesteen biodieseljalostamot 2007–2008, tuotteena NExtBTL*
- *maailman ensimmäinen teollisen mittakaavan testausbiojalostamo Oulussa*
- *Talvivaaran kaivoksen biologinen nikkelin liotus*

Suomi oli 1990-luvulla biotekniikassa merkittävien läpimurtojen äärellä. Mikä meni biotekniikassa pieleen?

1 metsäsektori keskittyi taloudellisen kriisin aikana ydinosaamiseensa ja karsi biotekniikan kehitystoimintoja – voiko ylimalkaan sama yritys, joka jalostaa puuta paperiksi, kehittää uusia biotuotteita?

2 yritysjärjestelyjen kautta tärkeä osa osaamisesta, esimerkiksi sokerialalla, valui Suomen ulkopuolelle – olisiko yritysjärjestelyissä voinut olla mukana kansallisen sijoittamisen näkökulma?

3 Suomesta puuttuivat merkittävät riskirahoittajat tai alan todelliset tuntijat – samaan aikaan ICT-yritykset elivät hype-vaihetta ja imivät rahaa

4 kansainvälinen tutkimuksen suunta kääntyi solubiologiaan ja DNA-yhdistelyyn, jolloin suomalainen biokemian ja teollisten sovellusten yhdistämisen linja alkoi vaikuttaa vanhanaikaiselta ja siitä irtauduttiin.

Kuitenkin bio-osaamisen ja olemassa olevan teollisuuden yhteistyö on välttämätöntä, jos Suomen kaltainen pieni avoin talous aikoo menestyä ja ankkuroida saavutukset Suomeen.

Kanadan Future Bio-Pathways Project on moderni esimerkki kilpailijamaan teollisesta aloitteesta biotalouden alalla.

Miten Kanada on reagoinut metsäsektorin globaaliin rakennemuutokseen? Kanadan metsäteollisuustoimijain yhdistys FPAC julkaisi vuoden 2010 alussa projektin ”bio-polku tulevaisuuteen”. Tarkoituksena oli tutkia edelläkävijäasenteella ja kattavasti Kanadan metsäteollisuuden uudistumisen mahdollisuudet. Tähtäimessä oli kartta, jossa selviäisivät tiet biotalouteen. Tuloksia luonnehditaan jo nyt sekä yllättäviksi että tervetulleiksi. Projektiin osallistui 65 huippuasiantuntijaa eri aloilta. Joukossa on mm. biotekniikan, pankkitoiminnan ja hiiliverojen eksperttejä.

Pankkiiri ja metsäteollisuusasiantuntija Don G. Roberts otti sapattivapaata johtaakseen vuoden 2009 kestänyttä projektia. Hän vieraili syksyllä 2008 Suomessa ottamassa vauhtia Kanadan biopoluille. Robertsia pidetään metsäalan johtavana analyytikkona koko maailman mitassa. Hän sanoo, että hahmoteltu ”tiekartta” on paras väline ilmaisemaan, minne investoijat rahansa sijoittavat, ja että hallituksen kannattaa seurata samaa karttaa.

Kanadalaiset kertovat pyrkivänsä puhtaan energian supervallaksi. Kun perinteisen puutuoteteollisuuden ympärille kootaan vihreän tuotannon malli mm. biojalostamojen kautta, syntyy Kanadaan tuotantokyky, joka vastaa yhdeksää ydinvoimalaa. Yhtä hyvä perustelu on työllistävyydessä. Biojalostamoksi integroitu laitos työllistää viisi kertaa enemmän väkeä kuin perinteinen paperitehdas.

Puusta aiotaan jalostaa mm. biopolttoaineita, biokemikaaleja, kosmetiikkaa, liuottimia, elintarvikkeiden lisäaineita sekä biomuoveja.

Kanadan hallitukselta Future Bio-Pathways Project odottaa puhtaan energian toimintaohjelmaa, riskirahoitusrahastoa, pilottilaitosten laajennettua tukea sekä lisäpanostuksia tutkimukseen.

Tapaus Domsjö

Domsjö fabriker AB on Ruotsissa Örnsköldsvikissä sijaitseva sulfiittitehdas, joka oli perustettu v. 1903. Yksikkö oli pienehkö ja perinteinen konserninosa. Se tuotti 1990-luvun alussa 200 000 tn sellua pääasiassa paperiteollisuuden käyttöön. Omistajayhtiö MoDo myi tehtaan v. 2000 investoriryhmälle, johon kuului 6 sijoittajaa. Yrityksestä muokattiin 80 miljoonan euron panoksella uuden konseptin biojalostamo, joka erikoistui tuotteisiin, joissa oli hyvät kasvunäkymät.

Nyt tehdas tuottaa erikoissellua 250 000 tuhatta tn vuodessa, enimmäkseen Kiinan markkinoille. Sellu jalostetaan viskoosiksi. Toinen tuote on lignosulfonaatti, jota käytetään lisäaineena mm. betonissa. Kolmas tuotelaji on etanoli, jota myydään moniin käyttöihin esimerkiksi kemikaaleissa.

Yhtiö ilmoittaa, että sen pääoman tuottoprosentti (return of investment) on nyt 40 %.

Vuonna 2007 Domsjö käynnisti uuden investointiprojektin, joka tarkoituksena on rakentaa mustalipeän kaasutuslaitos, joka tuottaisi diametyylieetteriä ja metanolia 100 000 tn vuodessa raskaisiin kulkuneuvoihin. Samalla yhtiön omistajapohjaa laajennettiin, kun seitsemän sijoittajan muodostama BioraffInvest AB tuli mukaan omistajaksi. Tämä uusi investointiprojekti on kokonaiskustannuksiltaan 300 miljoonaa euroa, josta Ruotsin energiaviraston tuki on 50 miljoonaa euroa. Uusi investointi on tuotantokunnossa v. 2012.

Tapaus on esimerkki siitä, miten toimialan itsensä umpikujaksi määrittelemä laitos saa uusien omistajien ja uusien toimintaideoiden kautta uuden elinmahdollisuuden. Pääomia tulee ja kehitystä tapahtuu, mikäli perinteiset toimijat eivät sitä estä. Julkisella vallalla on merkittävä rooli uusien, suurten investointien edesauttajina. Myös yksityisiä, biotalouden toimialaan keskittyviä investointiryhmiä tarvitaan.

Suomessa hallitus päätti keväällä 2010 uusiutuvan energian velvoitepaketista. Se on velvoitepaketti, koska EU edellyttää (direktiivi 2009/28/EY) Suomen nostamaan uusiutuvan energian osuuden energian loppukäytöstä 38 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. Paketti merkitsee, että uusiutuvan energian investointeihin ja tukeen kohdennetaan kymmenen vuoden ajan joka vuosi yli 200 miljoonaa euroa. Mitoitukseen sisältyy kolme biojalostamoa. Paketissa eritellään ohjauskeinot kolmella sektorilla: (1) uusiutuva sähkö, (2) uusiutuva lämmityksessä ja jäähdytyksessä ja (3) uusiutuva liikenteessä.

Tämän paketin kokoluokkaa ilmaisee parhaiten se, että paketti vastaa tuotantokyvyltään 4,3 ydinvoimalaa, kun yksikkönä on Olkiluoto 3 -ydinreaktori. Tästä energiasta 60 prosenttia tuotetaan puuperäisellä energialla: harvennuspuulla, oksilla ja kannoilla. Varsinaista ainespuuta ei energiantuotantoon ohjata.

Vuonna 2009 metsähakkeen käyttö oli noin 5 miljoonaa kuutiometriä. Uusiutuvan energian velvoitepaketti nostaa metsähakkeen käytön 13,5 miljoonaan kuutiometriin. Tämän energiahakepuuvirran tuki on kohdennettu arvoketjussa kolmeen kohtaan: pienpuun haketuksen energiatueksi, muuttuvan sähköntuotannon tueksi sekä ns. pien-CHP:n (sähkön ja lämmön yhteistuotannon) uusien laitosten takuuhinta-

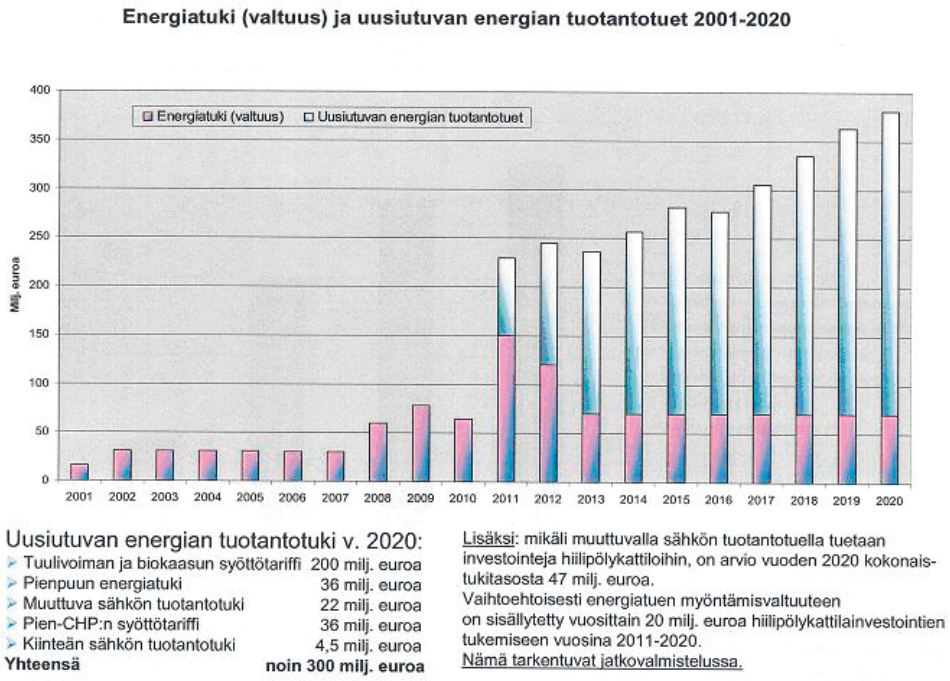
järjestelmäksi. Tällä järjestelmällä korvataan puolet Suomen nykyisestä kivihiileen perustuvasta sähkön ja lämmön yhteistuotannosta.

Liikenteen biopolttoaineiden käyttöä lisätään sekoitusvelvoitteella nostamalla se ensin 10 prosenttiin ja sitten 20 prosenttiin vuonna 2020. Kysynnän täyttäminen kotimaisella tuotannolla mahdollistaa kolmen biodieseliä valmistavan biojalostamon rakentamisen, mikäli muut liiketaloudelliset edellytykset ovat olemassa.

Myös viljaetanolia, biokaasua, pellettejä, lämpöpumppuja, uusiutuvan energian kierrätyspolttoaineita sekä pienvesivoiman rakentamista tuetaan. Lisäksi paketilla pyritään nostamaan tuulivoiman tuotanto nykyisestä 0,3 TWh;sta kuuteen TWh:iin vuodessa. Tämä tarkoittaa noin 1000 uutta tuulimyllyä.

Tällä uusiutuvan energian paketilla saadaan liikkeelle yli 10 miljardin euron investoinnit kotimaassa. Mukana on paljon uutta teknologiaa: biojalostamot, puuhun perustuva sähkön ja lämmön yhteistuotanto, tuulivoimapuistot sekä lämpöpumput. Toisin sanoen näin luodaan kansallisesti edelläkävijämarkkinat, joiden pitäisi johtaa ilmasto- ja ympäristöalan viennin kasvuun.

Kuvio 14. Uusiutuvan energian velvoitepaketti. Kokonaismitoitus noin 2 miljardia euroa 10 vuoden aikana



Lähde: TEM 2010

5.2 Kasvavan arvonlisän kehitysura

Onko olemassa ennakoitavaa logiikkaa, jolla biotalous kehittyisi? Tätä koskevissa pohdinnoissa törmää toisinaan eräisiin itse rakennettuihin ajatusesteisiin. Joskus koko biotalous pyritään näkemään ikään kuin pelkästään metsäsektorin kautta, metsäteollisuuden lisänä ja jatkeena. Toisinaan biotaloutta käsitellään biomassoista ja niiden potentiaaleista lähtien, jolloin jää tunnistamatta kehitykseen vaikuttavat inhimilliset ajurit ja kysynnän kautta tulevat kehitystekijät. Kolmas ajatuseste koskee biopolttoaineita. Vaikka moni on sitoutunut ilmastonmuutoksen torjunnan laajaan näköalaan, saattavat samat ihmiset vastustaa fossiilisten polttoaineiden korvaamista bioenergialla vedoten energiankäytön alhaiseen arvonlisään tai joihinkin vanhan teknologian energiatasevertailuihin. Millä Suomen olosuhteissa voi fossiilisia korvata ellei biolla?

Seuraavassa koetamme hahmottaa biotalouden kehityksen logiikkaa. Ilmastonmuutoksen torjumiseksi tehdyt kansainväliset sopimukset ovat niin suuri rakenteellinen ajuri ja tulevaa kysyntää luova tekijä, että bioenergia kehittyy voimakkaasti, kuten Suomessa vuonna 2010 päätetty uusiutuvan energian velvoitepaketti tarkoittaa. Tässä paketissa tuulivoimainvestoinnit ovat ylivoimaisesti kalleimpia bioenergiainvestointeihin verraten, joten 1000 MW tuulivoimaa saattaa jäädä Suomen maksimiksi. Suomen tulevassa energiakehityksessä uusiutuvan energian osuuden nostaminen 38 %:iin loppukulutuksesta on biotalouden kehityksen alkuvaiheen varmin seikka.

Samalla kotimarkkinoiden kehittyessä kehittyy bioenergian käytön tekniikka ja logistiikka: siis energiapuun korjuun, kuljetuksen ja biovoimalaitosten teknologia, vieläpä eri mittakaavoissa. Tälle teknologialle on ja tulee varmasti kasvavaa kysyntää myös Suomen ulkopuolelta. Erityisesti maailmalla arvostettu sähkön ja lämmön yhteistuotanto tulee olemaan vahva vientipaketti. Puuvirran ympärille kehitettyä logistiikkaa voidaan eriyttää muihin biomassoihin kuten ruokohelpeä, niitettyä kasvimassaa tai järviruokoa koskevaksi.

Juuri koottu, tuore ja käsittelemätön biomassa on koostumukseltaan lähinnä vettä ja ilmaa. Sitä ei siis kannata prosessoimatta kuljettaa pitkiä matkoja. Kuljetussäde riippuu energian hinnasta, mutta kannattaako energiapuuta kuljettaa edes 50 kilometriä? Ja jos sitä prosessoidaan, sitä kannattaa jalostaa samassa yhteydessä pitemmällekin. Näin on oletettavissa, että Suomeen syntyy biojalostamojen ja biovoimaloiden alueverkko. Sähköä tuottavien biovoimaloiden yhteyteen kannattaa liittää sellaista teollisuutta, joka tarvitsee runsaasti prosessilämpöä. Biomassaa voidaan myös kaasuttaa nykyisen maakaasuverkon kupeella ja syöttää biokaasua putkistoon. Putkissa kulkevalla biokaasulla on se siirtoetu, ettei siirrossa synny häviköä ja itse putki-investointi on olemassa.

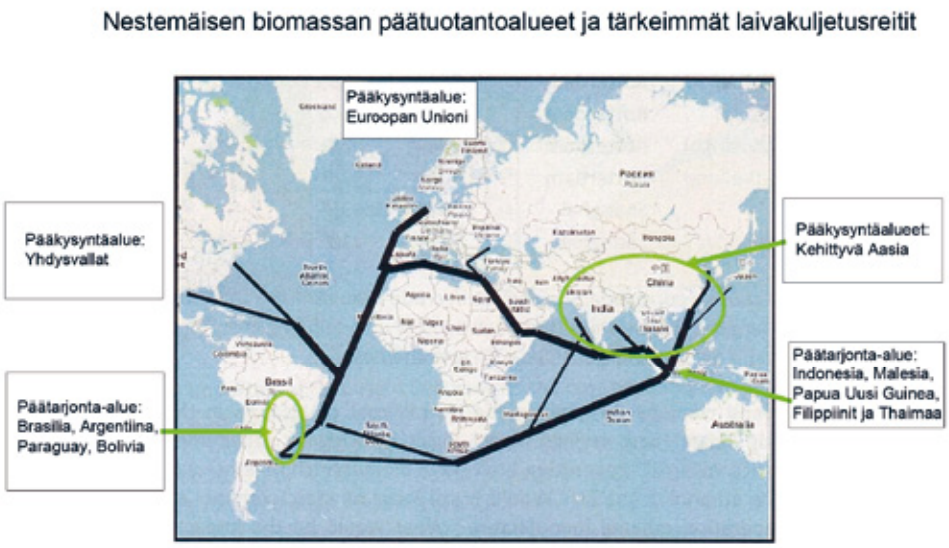
Koska liikenteen polttomoottoritekniikkaa ei vuosikymmeniin voida korvata muilla vaihtoehdoilla, tulee varsinainen biojalostamojen ja bioteollisuuden synty liittymään liikenteen biopolttoaineisiin. On tärkeää saada Suomeen kolme

paperitehdasmittakaavan biojalostamoa. Ne olisivat maailman mitassakin eturivissä. Niin kauan kuin Suomessa on talousmetsiin mätänevää puuta ilman teollista käyttöä, kannattaa puusta ja ”metsätähteistä” valmistaa biodieseliä. Tällaisessa tuotannossa yhdistyy Suomeen sopivalla tavalla metsäsektorin biokemian ja öljyalan petrokemian osaaminen. Tällaisen tuotannon sivuvirroista tulee samalla uusien tuotteiden alkuja.

Oma kysymyksensä on, muodostuuko maailmaan maailmanlaajuiset biopolttoainemarkkinat vai jäävätkö tällaiset markkinat alueellisiksi ? Kuinka riippuvaista biopolttonesteiden kuljetus on halvasta öljystä? Miten maantiede vaikuttaa biopolttoaineiden talouteen? Onko Euroopan varauduttava tilanteeseen, jossa Rotterdamiin ei enää laivatakaan edullisia biopolttonesteitä?

Biomuovien eli biopolymeerien valmistus on siinä määrin lähellä bionesteiden teollisen mittakaavan toimintaa, että logiikkaan pyrkivässä tarkastelussa niiden voimakas kehitys oletetaan seuraavaksi askeleeksi. Biomuovit ovat esimerkki biosubstituutiosta. Suorassa suhteessa ympäristötietoisuuteen syntyy kasvavaa kysyntää sellaisille biomuoviosille ja -komponenteille, joita voidaan käyttää kestokulutustavaroissa, tietokoneissa, kodinkoneissa ja vaikkapa autoissa. Tällaisen biomateriaalijalostuksen laitteet ja järjestelmät tulevat tietenkin olemaan vientiteknologiaa siinä kuin aiempi bioenergialaitteiden vienti.

Kuvio 15. Nestemäisen biomassan kuljetusvirrat maailmassa



Lähde: Bradley 2009

Bioteollisen materiaalituotannon volyymin kasvaessa sen rinnalla voidaan olettaa syntyvän mahdollisuus käyttää tiettyjä aineita elintarviketuotannossa ainesosina tai funktionaalisina lisäaineina. Biomassahan periaatteessa on kuituja,

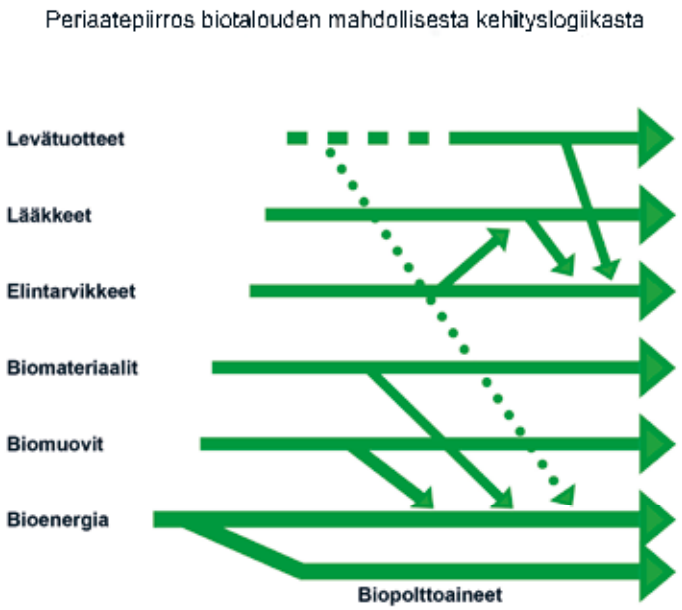
alkoholeja ja sokereita, joiden pitäisi soveltua vaikkapa makkaran tai juomien valmistukseen.

Lääkkeiden ja kemikaalien osuus biotalouden kehityksessä on vaikeimmin ennakoitavissa. Se riippuu kokonaan tutkimuksen kautta saavutettavista innovaatioista sekä kotimaisista alaan investoivista yrityksistä. Ala vaatii aikaa ja suuria tuotekehitysinvestointeja. Suomi ei ole aiemmin ollut erityisen hyvä uusien tuotteiden kaupallistajana. Jos järjestelmää pystytään muuttamaan, on uusi aika tässäkin mahdollista.

Mutta sitä mukaan kun korkean arvonlisän tuotteita (biomuoveja, elintarvikkeita, lääkkeitä ja kemikaaleja) pystytään luomaan ja niiden tuotantomäärät kasvavat, saadaan kasvava osa tarvittavasta bioenergiasta korkean arvonlisän tuotannon sivutuotteena: siis siten, että ensin prosessoidaan raaka-aineista pois sen arvokkaat osat ja jäljelle jäävä ”hylkymassa” käytetään bioenergiaksi. Tässä on kehityslogiikan vastaus kysymykseen, kannattaako bioenergian tuotantoon ylimalkaan investoida..

Omaa raidettaan kulkee leviin perustuva energiantuotanto. Ajatus kaiketi on, että suljetuissa tiloissa tuotetaan esimerkiksi valkuaista ja biokaasua. Jos levien geenimuuntelu onnistuu, kasvaa niiden kyky sitoa aurinkoenergiaa yhteyttämällä. Mikäli ihmiskunnan kulutustaso nelinkertaistuu ennen kuin väkiluku vakiintuu (mikä on business as usual -oletus), täytyy leviin perustuvan tuotannon mahdollisuus ilman muuta tutkia.

Kuvio 16. Biotalouden mahdollinen kehityslogiikka. Biotalous kasvaa aluksi bioenergian kysynnän kautta, mutta tuotanto monipuolistuu kehittyneen logistiikan ja toimivan bioteollisuuden avatessa uusia mahdollisuuksia korkeamman arvonlisän tuotantoon. Pitkällä tähtäimellä bioenergiaksi käytetään muun tuotannon sivuvirtoja.



Biotalouden arvonlisän logiikasta voidaan esittää seuraava tulos:

Maltillinen arvio biotaloudesta vuonna 2040

Biomassan kokonaiskäyttö voidaan näköpiirissä olevana aikana kaksinkertaistaa. Kun biomassakilosta keskimäärin saatu arvonlisä voidaan myös kaksinkertaistaa, niin biotalouden kokonaisarvo nelinkertaistuu.

Lisäksi voidaan arvioida, että kahdenkymmenen vuoden kuluttua konepajateollisuuden laitteiden koko vienti on biotalousteknologian ja siihen liittyvien palveluiden vientiä. Palveluissa biotalouden osuus (ekosysteemi-osaaminen ja matkailu) kasvaa.

Yhteen laskien vuonna 2040 selvästi yli puolet Suomen bruttokansantuotteesta on biotaloutta.

Biotalouden arvonlisän kehittäminen vaikuttaa luontoon eli ekosysteemeihin sekä myönteisellä että kielteisellä tavalla. Tästä eräitä esimerkkejä:

1. Energiapuun korjuu taimikoista ja talousmetsistä parantaa jäljelle jäävän puuston kasvua ja laatua.
2. Kantojen keruuta energiakäyttöön tulee rajoittaa, koska jos metsästä poistetaan kaikki lahoava puu, ei alueella sen jälkeen kasva vadelmia eikä sieniä. Kuivilta kankailta kantoja ja muita metsätähteitä ei saa kerätä, mutta rehevillä ja heinittyvillä alueilla kantojen keruu saattaa jopa parantaa ja monipuolistaa metsää.
3. Biomassan keruu niityiltä, peltojen pientareilta, järvenrannoista ja metsänreunoista lisää kulttuurimaiseman biodiversiteettiä, erityisesti perhosten ja hyönteisten lajirunsautta.
4. Roskakalan poistokalastus vesistä ja järviruo'on keruu rannoilta poistaa liiallista ravinnekertymää mm. Itämerestä.
5. Jätevedenpuhdistamojen liete kelpaa käsiteltynä ja raskasmetallit poistettuna peltojen lannoitteeksi. Voimaloiden tuhka voidaan vastaavasti palauttaa metsien lannoitteeksi. Nämä esimerkit kiertojen sulkemisesta ovat suhteellisen helppoja toteuttaa.

Kuusesta vaniljaa

Norjalainen Borregaard-konserni mainostaa itseään yhdeksi maailman johtavista puupohjaisten kemikaalien valmistajista. Yhtiöllä on toimintaa monissa maissa, mutta sen lippulaiva, "maailman johtava biojalostamo" Borregaard Fabrikker sijaitsee Sarpsborgissa. Viimeinen paperikone myytiin jo 1980-luvulla, ja nykyään Borregaard tekee puusta erikoisselluloosaa, ligniiniä, vaniljaa, hiivaa ja bioetanolia. Toisin sanoen 90 prosenttia tehtaalle tulevasta biomassasta myydään ulos markkinakelpoisina erikoistuotteina.

Yhtiön toiminta-ajatuksena on korvata öljyperäiset tuotteet puusta tuotetuilla biokemikaaleilla, biomateriaaleilla sekä biopolttoaineilla.

Tuhannesta kilosta kuusta saadaan kolme kiloa vaniljaa. Vanilja on maailman toiseksi kallein mauste heti sahramin jälkeen. Vanilja tuotteena ei ole erityisen monimutkainen. Se puhdistetaan sellunkeiton ligniinijäteliemestä. Borregaard on puusta tehdyn vaniljan ainoa valmistaja maailmassa.

Erikoisselluloosaa käytetään tekstiilien, elintarvikkeiden, lääketablettien, kosmetiikan, filttereiden, hygieniatuotteiden, maalien jne. valmistamiseen.

Ligniiniä käytetään mm. betonin sideaineena, tekstiiliväreissä, keraamisissa tuotteissa, sähköpattereissa sekä lannoitteissa ja maatalouden kasvinsuojeluaineissa.

Bioetanolista valmistetaan farmaseuttisia aineita, maaleja ja lakkoja, autonhuoltoaineita sekä Oslon bussien polttoaineita.

Konsernin muut osat ovat vastaavalla tavalla erikoistuneet toisiin bioperäisiin hienokemikaaleihin. Erikoisin tuote on Omega 3 -rasvahapot, joita konsernin Ålesundissa sijaitseva yksikkö valmistaa suoraan kalanjalostamon seinänaapurina. Raaka-aine siirtyy kalatehtaalta biojalostamoon suoraan seinän läpi kuljettimella. Muita Borregaardin kiinnostavia tuotteita ovat mm. puhdistuskemikaalit ja emulsiot sekä maanteiden pölynsidonta-aineet.

BioAuto

The Ontario BioCar Initiative on neljän ontariolaisen yliopiston (Guelph, Toronto, Waterloo ja Windsor) sekä autoteollisuuden yhteisprojekti, jota Ontarion osavaltio ja autonvalmistajat rahoittavat puoliksi. Projekti pyrkii korvaamaan autojen öljystä tehtäviä muovisia osia pellolta tai metsästä saaduilla biomuoviosilla. Projektiin on koottu lahjakkaita opiskelijoita eri puolilta maailmaa.

Uusin sarjatuotantoon päässyt osa on Ford Flexin vuosimalleissa 2010. Kyseinen osa on tehty vehnän oljesta. Fordin biotuoteportfoliossa on mm. soijatärkkelyksestä valmistettuja istuinpäällisiä. Biomuovisia osia voidaan käyttää mm. puskureissa, helmoissa, kojelaudassa, sisustuksessa ja moottorin suojaosissa.

Huikeana haasteena projektissa on ajatus: olisiko joskus mahdollista valmistaa kokonaan bioperäisistä osista koottu auto?

Ajatus bio-autosta on itseltään Henry Fordilta, joka jo 1930-luvulla kokeili mm. maissitärkkelyksen soveltuvuutta autonosiin. Henry Ford kehitti jo 1920-luvulla fordiitiksi kutsutun materiaalin, joka oli sekoitus olkea, kumia, rikkiä ja silikaatteja. Fordiitista tehtiin henkilö- ja kuorma-autojen ratteja.

(www.bioproductsatguelph.ca/biocar/)

Biotalouden visio vuonna 2050 ja toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi:

Vuonna 2050 Suomi on biotalouden edelläkävijämaa, jossa hyvinvointi perustuu uusiutuvien luonnonvarojen kestävään ja monipuoliseen hyödyntämiseen, korkeaan jalostusasteeseen sekä luovaan osaamineen.

Visio on ymmärrettävä tavoitekuvan sijasta pysyväksi prosessiksi, toiminnan suunnaksi ja kansalliseksi brändiksi.

Biotalouden kehittämisellä on kolme reunaehtoa.

Biokapasiteettiehto: Luontoa hyödynnetään sen toimintakyvyn ja ekosysteemipalvelujen rajoissa

Globalisaatioehto: Suomen rooli ja suhteellinen etu globaalissa taloudessa perustuu systeemisesti luotuun kansalliseen etuun sekä luonnonvarojemme ominaisuuksiin.

Yhteiskunnallinen ehto: Tarvitaan julkisen vallan, elinkeinoelämän ja tutkimuksen jatkuvaa yhteistyötä yli sektorirajojen.

Biotalous-visio[6] tähtää vuoteen 2050. Jotta tavoiteltu kehitys olisi mahdollinen, monet toimet pitää jo käynnistää ripeästi.

Vuoden 2010 biotaloustyöryhmä kuuli lukuisia asiantuntijoita sekä järjesti laajan biotalousseminaarin. Työryhmä haluaa korostaa, että biotalouden visio on tarkoituksella laajempi kuin biotaloustyöryhmän loppuraportin kattavuus. Työryhmän oli tehtävä työssään rajauksia. Biotalous on tavattoman laaja aihepiiri. Rajaus ei ole kannanotto siihen, mikä on biotaloutta tai mikä ei. Esimerkiksi palvelut, jotka on rajattu tämän toimeksiannon ulkopuolelle, on arvioitu yhdeksi keskeisimmistä kasvualoista. Perinteisten palvelujen lisäksi uusia mahdollisuuksia näyttäisi syntyvän tuotantoon ja tuotteisiin kytkeytyviin palveluihin, kuten huolto- ja konsultointipalvelut, sekä tutkimus- ja kehittämispalveluihin osana liiketoimintakonseptia.

Tulevaisuuden bioyhteiskunta ei synny itsestään vaan siihen on panostettava. Kehitys edellyttää valtiovallalta pitkäjänteistä toimintaa sekä vaiheittaista etenemistä eri toimenpiteiden toteuttamiseksi. Lisäksi Suomessa tehtäviä toimenpiteitä tulisi kehittää sopusoinnussa EU:n vastaavien prosessien kanssa. On myös tärkeää vaikuttaa EU:n päätöksentekoon. Tärkeimmät muutosalueet on jo yhteiskunnassa pitkälti tunnistettu ja nämä liittyvät kestävään kehitykseen pohjautuen bioenergian tuottoon, jätevirtojen tehokkaampaan hyödyntämiseen ja uusiin tuotteisiin.

Suomen biokapasiteetti, käyttökelpoiset biotuottavat alueet (viljelymaat, metsämaat, laidunmaat, kalastusalueet sekä hiilinielut), henkeä kohden on maapallon suurimpia. Suomen biokapasiteetti henkeä kohden on kuitenkin vähentynyt 12 prosentilla vuodesta 1961. Global Footprint Networkin skenaarioiden mukaan Suomen biokapasiteetti saattaa ilman lisätoimia heikentyä niin, että noin vuonna 2029 Suomen kansantalouden kulutus ylittää luonnon tuottamien palveluiden uusiutumiskyvyn.

---

6 Vision toteuttamiseksi on otettava huomioon, että uusiutuvilla energialähteillä tuotetaan vähintään 38 % energiatarpeesta vuonna 2020 ja vähintään 60 % vuonna 2050; luonnon monimuotoisuuden väheneminen pysäytetään vuoteen 2020 mennessä; yhdyskuntajätteestä päätyy kaatopaikalle korkeintaan 20 % vuonna 2020 ja korkeintaan 10 % vuonna 2050, yhdyskuntajätteestä kierrätetään 50 % vuonna 2002 ja hyödynnetään energiana vähintään 30 % vuonna 2020.

Jotta Suomen biokapasiteetti ei heikkene, on tärkeää pysäyttää luonnon monimuotoisuuden kato sekä sovittaa yhteen suojelualueverkostoa ja muuta alueiden käyttöä. Lisäksi luonnonvarojen riittävyyden ja ilmastonmuutoksen hillinnän haasteisiin on pyrittävä reagoimaan kehittämällä uusia tuotteita ja palveluita, joiden tuottamiseen ja käyttöön liittyvät materiaali- ja energiavirrat on minimoitu.

Suomen tunnistetut biomassavarat ovat täyskäytössä 10–20 vuoden aikavälillä. Uusien biomassavarojen tunnistamiseen on kiinnitettävä huomiota. Kasvunvaraa ei ole, ellei biomassatuotannosta huolehdita. Siksi on käynnistettävä ohjelmakokonaisuus, jossa otetaan kantaa maankäytön, suojelun, maatalous- ja puuntuotannon ja tulevaisuuden puunhankinnan haasteisiin vuoden 2050 tarpeita silmälläpitäen.

Teknologiaharppauksia tarvitaan erityisesti energiaintensiivisessä teollisuudessa ja biotalouteen siirtymisessä. Tämä edellyttää lisäpanostuksia tutkimukseen ja kehitykseen, kansainvälistä teknologiayhteistyötä sekä erilaisia kotimarkkinoita synnyttäviä ohjauskeinoja. Bioenergian käytön lisäys edellyttää korjuun ja varastoinnin tehostamista sekä työvoiman kouluttamista. Lisäksi tarvitaan uusia ratkaisuja suurten tuulimäärien integroimiseen energiajärjestelmään.

Energiatarpeen tyydyttämiseen on perusteltua käyttää niitä jakeita, joita ei voida hyödyntää korkeamman jalostusasteen tuotteisiin. Metsäbiomassan energiakäytön suunnittelussa on huomioitava vaikutukset myös Suomen metsien ekosysteemipalveluihin. Hiilitaseen kannalta on tarkoituksen mukaista pyrkiä puun energiakäytön sijaan suosimaan hiilen varastoimista pitkäikäisiin tuotteisiin kuten rakennuksiin. Pitemmällä tähtäyksellä (vuoteen 2050) on kuitenkin puhtaan energian tuottaminen ensiarvoisen tärkeää. Esimerkiksi viherlevät ja syanobakteerit tuottavat jo nyt vetyä ja tulevaisuuden haasteena on tehokkaampi vedyntuotanto tai esimerkiksi kasvien fotosynteesikoneistoa mukailevat synteettiset ratkaisut. Tämä taas edellyttää pitkäjänteistä rahoitusta perustutkimukseen.

Tarvitaan tehokkaita jalostusmenetelmiä, mukaan lukien geenimuuntelu, joiden avulla jalostus nopeutuu ja voidaan tuottaa räätälöityjä laatutuotteita esimerkiksi ravintokoostumuksen tai kestävyyden (tuholaiset, sienet, ilmasto-olosuhteet) suhteen. Tämä edellyttää kuitenkin spesifistä tietoa kasvien geeneistä, niiden toiminnasta ja säätelystä, jotta voidaan lisätä teollisesti hyödynnettävää biomassaa. Sekä perinteisten menetelmien että geenitekniikan hyödyntäminen kasvinjalostuksessa perustuu siihen, että meillä on käytössämme riittävästi geneettistä vaihtelua, ts. erilaisia ominaisuuksia, joita voidaan tarpeen mukaan ottaa käyttöön. Geneettisen vaihtelun hyödyntämisen keskeinen edellytys on riittävä panostus kasvi- ja eläingeenivarojen ylläpitoon, suojeluun ja kestävään käyttöön.

Lisäksi on tarpeen parantaa riskinarvioinnin ja -hallinnan tieteellistä pohjaa ja lisätä asiantuntemusta ja tietoa geenimuunneltujen organismien vaikutuksista. Geenitekniikkaa hyödynnetään globaalisti jo laajassa mittakaavassa. Esimerkiksi maailmalla viljeltävästi soijapavusta jo lähes 80 prosenttia on geneettisesti muunneltua. Metsäpuiden osalta geenitekniikan sovellukset ovat toistaiseksi vähäisemmät. Puiden kiertoaika ja erityisesti havupuiden solukkoviljelyssä esiintyvät ongelmat ovat

hidastaneet geenitekniikan hyödyntämistä. Yksi tärkeä osa geenitekniikan soveltamista metsäpuille on niille soveltuvien riskinarviointimenetelmien kehittäminen.

Maailmanlaajuisesti uudet molekyylibiologiset menetelmät ovat mullistamassa koko yhteiskuntaa. Eliöiden genomikartoitus on paitsi mahdollista myös arkipäivää. Menetelmät eivät enää aseta rajoja vaan pikemminkin tiedon ymmärtäminen ja sen määrän hallinta. Genomitiedon yhdistäminen eliöiden toimintoihin tai toimintojen ja ominaisuuksien hallittuun muuttamiseen avaa täysin uusia mahdollisuuksia tutkimuksen lisäksi myös elinkeinoelämälle. Tämä teknologinen mullistus tulee pitkälle määrittämään sekä tieteen että yhteiskunnan kehitystä lähivuosina, mutta tämä edellyttää vahvaa pikaista panostusta alan kehitykseen mukaan lukien osaava henkilöstö. Lisäksi tällainen infrastruktuuri turvaa tutkimuksen ja koulutuksen kilpailukykyisyyttä. Jos tähän panostetaan nyt, hyödyt ovat realistisesti saavutettavissa vuoteen 2030 mennessä.

6 Biotaloustyöryhmän toimenpide-ehdotukset lähivuosille

Biotaloustyöryhmä 2010 esitti seuraavassa esitettäviä toimenpiteitä tavoitteiden saavuttamiseksi. Useimpien toteuttamisvastuu jakautuu monille toimijoille. Mutta toimijoiden listauksessa ensimmäiseksi mainitun on ajateltu ottavan toimenpiteestä päävetovastuun. Lisäksi biotaloustyöryhmä haluaa korostaa, etteivät esitykset kata koko biotalouden alaa, vaan ne ovat linjassa biotaloustyöryhmän työn rajauksen kanssa ja ovat näin vain osa biotalouden kokonaisuutta.

Biotalous vaatii uutta monisektorista ajattelua

Biotalous samoin kuin kestävä kehitys on toimintatapa tai uusi näkökulma tehdä asioita. Biotalous vaatii uusien olemassa olevien sektori- ja toimialarajat ylittävien ajatus- ja toimintamallien omaksumista. Raaka-ainekohtaisuus, vakiintuneet toimintatavat sekä sektoriajattelu yleensä näkyvät eri tasoilla ja määrittelevät pitkälle hallinnon, koulutuksen ja liiketoiminnan ajattelua ja raja-aitoja. Raja-aitoja on lähdettävä purkamaan uudenlaisen ajattelun ja sitä kautta toiminnan mahdollistamiseksi.

1. **Biotaloudesta organisoidaan ”kansallinen aloite”, jota toteuttava biotalous-koordinaattori hallinnollisesti sijoittuu valtioneuvoston kansliaan ja jonka tehtävänä on tukea alla olevien toimenpiteiden toteutumista sekä raportoida globaalin biotalouden näkymistä pääministerille ja asianomaiselle ministerityöryhmälle** (VNK, tukena TEM, MMM, YM ja VM)
   - selvitetään mahdollisuudet yhdistää talousneuvosto ja luonnonvarainneuvosto tai muut vaihtoehdot talous- ja luonnonvaratiedon yhdistämiseksi
   - nämä toimenpiteet varmistavat vahvan kansallisen tuen Suomen biotalouden edistämiseen globaalissa kilpailussa
2. **Laaditaan ja toteutetaan kansallinen biotalousstrategia, jossa konkretisoidaan, miten biotalouden avulla aikaansaadaan uutta taloudellista kasvua ja hyvinvointia** (biotalouskoordinaattori, tukena TEM, MMM, YM ja VM)
   - strategiassa pyritään ennakoimaan muutoksia teknologiassa, taloudessa ja ympäristössä (PESTE-malli) sekä löytämään biotalouden avulla ratkaisuja ilmastonmuutoksen hillitsemiseen, luonnon monimuotoisuuden hupenemiseen sekä luonnonvarojen kestävään käyttöön
   - strategiassa otetaan huomioon uusiutuvien luonnonvarojen hyödyntämisen lisäksi bioteknologia sekä biotalouteen liittyvä osaaminen ja palveluntarjonta, kuten luonnon virkistyskäyttö ja matkailu
   - selvitetään biotalouteen liittyvät ohjauskeinot
   - kehitetään mittareita biotalouden kehittymisen seurantaan

- valmistelun ja toteutuksen on oltava riittävän laajapohjaista kattaen myös elinkeinoelämän, työntekijäjärjestöt ja kansalaisjärjestöt

3. **Hallitukselle ja keskeisille ministeriöille valmistellaan yhteinen biotalousagenda vaikuttamisen tueksi EU:n suuntaan ja kansainvälisiä neuvotteluja varten** (VNK/EUS)
   - näkökohtina mm. biokapasiteetti, hiilijalanjälki, biotalous
   - ennakoiva proaktiivinen valmistelu ja vaikuttaminen
   - Suomi keskeiseksi toimijaksi EU:n biotalousaloitteessa
   - EU-edustustoon nimetään biotalous attasea
4. **Kootaan Biotalous-SHOK[7] laajentamalla Metsäklusterin Oy:n omistajapohjaa ja fokusoidaan tämän osaamiskeskittymän kohteeksi biotalouden laaja konsepti ja kaikki biomassat Suomessa ja kansainvälisesti** (Metsäklusteri Oy, tukena TEM)
   - Metsäklusteri Oy laajentaa omistuspohjaansa kattamaan biotalouden ja biomassan eri osa-alueet
   - toimintakentän ja tutkimusohjelmien uudelleen määrittäminen
   - vision, toiminta-ajatuksen ja strategian muokkaaminen ja laajentaminen biotalouden suuntaan
   - uusien liiketoimintamahdollisuuksien kaupallistaminen yritysten ja julkisen rahoituksen tuella
   - vahvistetaan biotalouskeskustelua kaikkien shokkien välillä
5. **Valmistellaan strategia perinteiset rajat ylittävästä uudesta biotalouden koulutuksen järjestelystä** (korkeakoulut, OKM ja OPH)
   - laaditaan esiselvitys biotalouden koulutusohjelmaksi lähtien nykyisestä biotalouden koulutuksesta kattaen kaikki koulutuksen tasot
   - vaihtoehtona uudelle koulutusohjelmalle olisi biotalouden sivuainekokonaisuus
   - uusia koulutusohjelmia luotaessa on ehdottoman tärkeä kartoittaa valmistuvien opiskelijoiden työllistymismahdollisuuksia
   - jatkuva vuoropuhelu yliopistojen ja yritysten välillä on ensiarvoista
   - sisällytetään biotalouden näkökulma opettajakoulutukseen
6. **Vahvistetaan biotaloutta tukevaa perustutkimusta ja luodaan yhteenliittymä/foorumi vahvistamaan monitieteellistä biotaloustutkimusta** (Sektoritutkimuksen neuvottelukunta, Suomen Akatemia)
   - vahvistetaan biotalouteen suuntautuvien tutkimusohjelmien ja rahoituksen koordinaatiota
   - kartoitetaan käynnissä olevat tutkimusohjelmat, joissa biotalousaihe on edustettuna, identifioidaan vahvistamista kaipaavat huippututki-

7 SHOKit (strategisen huippuosaamisen keskittymät) tarjoavat huipputason tutkimusyksiköille ja tutkimustuloksia hyödyntäville yrityksille uuden tavan tehdä tiivistä ja pitkäjänteistä yhteistyötä. Keskittymät ovat sovelluslähtöisiä ja tukevat monitieteisyyttä.

muksen osa-alueet ja otetaan huomion biotalouden näkökulma uusissa valmisteilla olevissa ohjelmissa
- huomioidaan myös taloudellisen tutkimuksen näkökulma (bioeconomy)

7. **Tuotetaan biotaloutta, kansainvälistä ja kansallista luonnonvarapolitiikkaa sekä niiden mahdollisuuksia kuvaavaa materiaalia koulujen, kansalaisjärjestöjen ja elinkeinoelämän tarpeisiin** (biotalouskoordinaattori, tukena Sitra, TEM, MMM ja YM ja elinkeinoelämän järjestöt)
   - kootaan biotaloustyöryhmän kokoamasta tausta-aineistosta julkaisu
   - selvitetään päättäjille suunnatun biotalousakatemian perustamismahdollisuudet
   - perustetaan biotalousportaali, joka tarjoaa tutkimuslaitoksille, yrityksille ja viranomaisille yhteisen foorumin biotalouteen ja biotekniikan liittyvän tutkimus- ja kehittämistoiminnan sekä tuotekehityksen vauhdittamiseksi
   - järjestetään toimittajille koulutusta
   - tuotetaan ja välitetään elinkeinoelämän järjestöjen kautta tietoa biotaloudesta yritysjohtajille

Ennakoimalla ja innovoimalla kestäväksi biotalousmaaksi

Teknologian kehityksestä huolimatta ihmiskunnan luonnonvarojen kulutus ja energiankulutus kasvavat. Vahva tieteellinen todistusaineisto tarpeesta leikata radikaalisti ihmiskunnan kasvihuonekaasupäästöjä tulevina vuosikymmeninä on jo kääntynyt periaatteelliseksi poliittiseksi yhteisymmärrykseksi. Huoli luonnonvarojen riittävyydestä tuleville sukupolville on myös nousemassa päätöksiä ohjaavaksi tekijäksi. Biotalouden innovaatiot ja toimintatavat voisivat olla yksi ratkaisumalli. Osaamisen kehittäminen ja mahdollisuuksien löytäminen biotalouden alalla edellyttää kuitenkin ennakointia, kestävän kehityksen mukaisuutta sekä tarpeiden ja markkinoiden analysointia.

8. **Luonnonvara- ja ympäristötutkimuksen yhteenliittymä (LYNET) laatii biotalousstrategian pohjaksi biomassan erilaisten hyötykäyttöjen vaikutuksia kuvaavia skenaarioita ja vaikutusarvioita (työllisyys, arvonlisäys) eri taloussektorien, alueiden ja koko kansantalouden tasolla** (LYNET, tukena MMM, YM, TEM ja Tilastokeskus)
   - tutkimushankkeessa arvioidaan myös erilaisten vaihtoehtoisten hyödyntämisnäkymien ilmastovaikutuksia ja muita ympäristövaikutuksia sekä kehitetään kestävän hyödyntämisen kriteereitä

9. **Tilastokeskus kehittää luonnonvaratilinpitoa osana ympäristötilinpitoa sekä tiedonkeruuta biotalouteen kuuluvien toimialojen arvonlisäyksestä, työllisyydestä ja keskeisistä ympäristövaikutuksista** (Tilastokeskus)
   - työssä hyödynnetään olemassa olevia malleja biotalouden materiaalivirtojen ja tuotteiden volyymien, taloudellisen arvon sekä ympäristövaikutusten tilastoimiseksi
   - kehittämistyötä tehdään yhdessä tutkimuslaitosten kanssa

10. **Perustetaan kansallinen luonnonvarapaneeli, jossa on elinkaariarvioinnin ja materiaalitehokkuuden sekä metsä- ja vesivarojen käytön asiantuntijoita** (LYNET ja yliopistot)
    - paneelin tarkoituksena on koota ja analysoida tutkimustietoa sekä linjata suosituksia päätöksentekijöille
    - paneelin työtä hyödynnetään kotimaisen valmistelun lisäksi EU- ja kansainvälissä neuvotteluissa, jotka koskevat luonnonvarojen käyttöä
    - globaalin luonnonvaramarkkinatiedon seuranta
    - työ otetaan huomioon myös maankäytön suunnittelussa
11. **Käynnistetään uusia biotalouskokeiluja ja liiketoiminnan konseptointihankkeita seuraavilla aihealueilla** (biotalouskoordinaattori)
    - teollinen ekologia ja uusiutuvien raaka-aineiden mikrologistiikka (esimerkiksi Biotalous-SHOK)
    - kalastuksen, energiantuotannon ja maatalouden ravinnevirtojen paikallinen integrointi, erityisesti fosforin kierron osalta (esimerkiksi LYNET)
    - hajautetun biotalouden ekoälykkäät arvoketjut (esimerkiksi Sitra)
    - biotalous kaupungissa, ml. vesi, energiatehokkuus, jätteet, kierrätys, energia (esimerkiksi HSY)

Kilpailukyky on elinehto tuottavalle biotaloudelle

Uusien tuotteiden valmistuksen saaminen Suomeen edellyttää, että nykyinen tuotanto, jolla uusien tuotteiden kehittäminen kustannetaan, on kilpailukykyistä. Investoinnit ja teollisuus hakeutuvat sinne, missä niiden kehittämiseen on parhaat edellytykset. Oleellista onkin huolehtia olemassa olevan biotalouden toimintaedellytyksistä sekä parantaa suomalaisen toimintaympäristön houkuttelevuutta.

12. **Vahvistetaan biotalouden liiketoimintaedellytyksiä rahoitusmahdollisuuksien ja kysynnän avulla** (TEM, tukena MMM)
    a) lisätään julkisen sektorin hankinnoilla biotaloustuotteiden kotimarkkinakysyntää
        - pyrittävä ottamaan huomioon valtioneuvoston periaatepäätös kestävien hankintojen edistämisestä

    b) hyödynnetään nykyiset rahoitusmuodot ja tukimekanismit tehokkaasti biotalouden vahvistamisessa sekä kehitetään ja otetaan käyttöön uusia malleja T&K-toiminnan kannustamiseksi, riskirahoituksen turvaamiseksi ja tuotteiden kaupallistamisen edistämiseksi
        - edellyttää sekä PK-yrityksille että suuriin hankkeisiin kohdennettujen rahoitusmallien sekä julkisten tukimekanismien selvittämistä ja kehittämistä
        - PK-yritysten rahoitusmuotojen osalta selvitetään, miten nykyisiä kansallisia rahoitusmuotoja voidaan hyödyntää entistä paremmin ja tarvitaanko uusia rahoitusmalleja

- suurten hankkeiden osalta kv. ja EU-tuet ovat avainasemassa ja niiden hyödyntämismahdollisuudet pitää käyttää täysimääräisesti yhteistyössä valtion ja yritysten kanssa
- T&K-verokannusteen käyttöönotto edistäisi etenkin biotalouden PK-sektorin kehittymistä
- valtion rooli riskin kantajana on tärkeä. Selvitetään mahdollisuudet myöntää tuotekehitystukea niille yrityksille, joiden tuote tai tuotantoprosessi on biotaloutta, ja markkinoille tulon riskitukea yrityksille, jotka ovat kehittäneet uuden tuotteen tai palvelukonseptin mutta joiden omat pääomat eivät riitä

13. **Laaditaan Suomeen biotalouden logistiikka ja infrastruktuuriohjelma** (LVM, tukena YM)
    - biomassojen kasvava käyttö niin poltto- kuin raaka-aineinakin edellyttää huomattavia panostuksia massojen keruun, kuljetusten ja varastoinnin (terminaalit) järjestämiseen ympäri maata
    - huomioidaan logistiikka- ja infrastruktuuriratkaisut maankäytönsuunnittelussa
14. **Edistetään biotalouden kehittymistä toteuttamalla metsäalan kansallinen metsäohjelma (KMO) 2015 ja metsäalan strateginen ohjelma (MSO) sekä selvitetään MSO:n jatko** (MMM, TEM)
    - vahvistetaan biotalouden näkökulmaa näissä ja muissakin strategisissa ohjelmissa
15. **Varmistetaan biomassojen hyödyntämisen kestävyys (YM, tukena MMM ja TEM)**
    - biomassojen korjuulle luodaan kestävyyskriteerit EU:n ohjeistot huomioiden sekä kohdennetaan resursseja korjuun ympäristövaikutusten tutkimukseen
    - edistetään biotalouden alalla tuotekehittelyä tavoitteena kehittää tuotteita ja palveluita, joiden koko elinkaaren aikaiset materiaali- ja energiavirrat on minimoitu
    - edistetään bioraaka-aineiden suljettua kiertoa, esim. biopolton tuhka ja yhdyskuntalietteet

7 Biotalouden edistämisen toimenpiteet

7.1 Systeemisen edun rakentaminen

Euroopan Unioni hyväksyi COM (2007) 860 edelläkävijämarkkina -aloitteen ”A Lead Market Iniative for Europe” (27.12. 2007). Se on kunnianhimoinen yritys luoda innovatiivista kysyntää käyttämällä monipuolisia julkisia toimenpiteitä. Näitä ovat:

- regulaatio eli sääntely
- julkiset hankinnat
- standardit
- informaatio-ohjaus ja koulutus

Edelläkävijämarkkina-aloite on kohdennettu kuudelle alueelle, joista neljä (biotuotteet, kierrätys, kestävä rakentaminen ja uusiutuvat energialähteet) ovat suoraan biotaloutta.

Aloitteen suomalaisessa tulkinnassa on jatkettu EU:n toimenpidelistaa:

- merkinnät, brändit ja kuluttajatietoisuuden lisääminen
- taloudellinen ohjaus (verot, tuet)
- infrastruktuurimuutokset (ICT)
- toimijoiden vastuunjaon rakenteelliset muutokset
- Public-Private Partnership -sopimukset ja -toimintamallit
- kokeilut, pilotit ja demonstraatiot
- julkisen tiedon kaupallinen hyödyntäminen

Edelläkävijämarkkina-aloitteesta voi vetää ainakin sen johtopäätöksen, että kaikki entuudestaan tunnetut julkiset toimenpiteet ovat EU:ssa paitsi luvallisia, myös suositeltavia, kun unioni vahvistaa kilpailukykyään globaalin kansainvälisen kilpailun oloissa. Suomalaisessa biotalousvalmistelussa on lähdetty siitä, että kysymys on nimenomaan edelläkävijämarkkinoiden luomisesta, perimmäisenä tavoitteena biotaloustuotteiden, biotalouspalvelujen ja biotalouslaitteiden vienti.

Suomessa on Climate Bonus -hankkeen osana vuonna 2009 ehdotettu ja laadittu käytäntöön sovellettavaksi tiekarttaa tuotekohtaisten sertifiioitujen hiilijalanjälkien tuottamisen järjestelmäksi (Certified Carbon Footprint of Products System. CFP system). Sen elementit ovat:

- yleinen, kansallisen tason CFP-ohjelma
- sen alla ja ohjauksessa tuoteryhmäkohtaiset laskentasäännöt
- koko tuotantoketjun tai toimijan/toimijoiden tarkkailusuunnitelma
- tarkkailusuunnitelman ohjeiden mukaisuuden varmistaminen
- tuotettujen tietojen suunnitelman mukaisuuden varmistaminen
- tietojen hallintaa, jakamista ja laadunvarmistusta tukeva tietojärjestelmä

Ehdotus on kunnianhimoinen ja mittava järjestelmäinnovaatio. Taustalla on MTT:ssä tehdyt suomalaisen ruokaketjun elinkaarianalyysit. Elinkaarianalyyseja on tehty mm. juustosta, perunajauhoista, oluesta, kurkusta, broilerkanasta, silakasta, maidosta ja ruisleivästä.

Ehdotetun järjestelmän avulla tuotettavat tuotekohtaiset hiilijalanjäljet olisivat vertailukelpoisia ja voisivat toimia myös tuotteiden hiili- ja ilmastomerkkien pohjana. Tuotettavaa tietoa voitaisiin käyttää myös eko-designissa ja tuotantoprosessien kehittämisessä. Ehdotuksessa on myös otettu huomioon ympäristöhallinnan olemassa olevat menettelyt, vuotuiset raportointitarpeet sekä kytkeytyminen päästökauppajärjestelmään.

Vuoden 2009 tilanteessa ei ollut kansainvälisesti sovittua ja standardisoitua tapaa laskea hiilijalanjälkiä. Viidessä maassa oli tätä koskevia ohjelmia ainakin joidenkin tuotekategorioiden osalta. Nämä maat olivat Ruotsi, Italia, Japani, Norja ja Etelä-Korea. Myös Tanskassa vastaava ohjelma oli pitkällä.

Hiilijalanjäljen rinnalla tarvitaan tietoa tuotteiden vesijalanjäljistä. Kansallinen ruokastrategia antaa tästä hätkähdyttävän esimerkin: yksi kilo vehnää vaatii 1500 litraa vettä, mutta yksi kilo broileria vaatii 12 000 litraa vettä, koska kana kuitenkin on kasvissyöjä.

Kaiken kaikkiaan on monta virallista ja epävirallistakin mittaustapaa, joilla pyritään arvioimaan tuotteiden ekologisia ominaisuuksia tai vaikkapa henkilökohtaisen elämäntavan kestävyyttä. Niitä käytetään paitsi epäitsekkäästi, myös markkinointiin ja suhteellisen kilpailuedun rakentamiseen. Suomen kannattaa olla hereillä ja aktiivinen näiden sisällön ja yhteismitallisuuden kehittämisessä. Tällaisia mittareita ovat mm. materiaalitilinpito, erilaiset eko-indikaattorit ja kestävyysindeksit, jalanjäljet, elinkaaret, selkäreput ja velat. On huolehdittava siitä, että Suomessa on ainakin muutama tämän problematiikan kansainvälisesti arvostettu asiantuntija ja että Suomi on näissä asioissa aktiivinen.

Metsäklusteri Oy:n lausunnossa biotaloustyöryhmälle esitetään ilmeisen vakavissaan, että sen sijaan, että alalle koulutettaisiin ”loogisesti ajattelevia ja toimivia shakinpelaajia”, luotaisiinkin alalle täysin uusi koulutussuunta ja toimintakulttuuri, ”liiketoimintaluovuuden maisteri” -tutkinto (Master of Business Creation). Lausunnossa määritellään tämän tutkinnon tärkeimpiä koulutustavoitteita: (1) oppia toimimaan perinteisen mukavuusalueen ulkopuolella, (2) toimia ja kokeilla uutta ilman monimutkaisia ja aikaa vieviä selvityksiä ja (3) epäonnistua aikaisin avainasiakkaiden tai avainkäyttäjien kanssa. Tämä luovaa osaamista määrittelevä lausunto on niin kovateräinen, että ulkopuolelta sanottuna se koettaisiin epäkohteliaisuudeksi.

Yksi biotaloustyöryhmän (2010) keskeisimmistä ehdotuksista koskee Metsäklusteri Oy:n omistuspohjan ja sitä myötä tutkimusalueen laajentamista Biotalous-SHO-Kiksi. Samankaltainen esitys näkyy sisältyvän hollantilaisen Colja Laanen TEKES-evaluaatioon, joka koskee ”biojalostuksen asiantuntemusta Suomessa”. Asia on niin tärkeä, että sitä pitää edelleen selvittää objektiivisesti ja kaikkia mahdollisia osapuolia haastatellen.

BIOTALOUS-YHTEISÖJÄ SUOMESSA

BioCentrum Helsinki

Helsingin Yliopiston alaisen bioteknisen tutkimuksen katto-organisaatio, jossa noin 600 henkilöä eri yksiköistä, tutkii molekyylibiologiaa, molekyylilääketiedettä ja biotekniikkaa. Siihen kuuluvia tutkimusyksiköitä ovat Biomedicum Helsinki, Haartman-instituutti, Viikin Biokeskus, Biotekniikan instituutti sekä maa- ja metsätieteellisen tiedekunnan biologiset tieteet.

BioCity Turku

Turussa monialaisena tiedekeskuksena toimiva katto-organisaatio ja monitieteinen kampusalue, johon kuuluvat Turun Yliopisto, Åbo Akademi, TYKS sekä VTT. Tutkimusalueina mm. biotekniikka, nanoteknologia ja biolääketiede.

Biokeskus Suomi

Verkosto, johon kuuluu Biocentrum Helsingin lisäksi Biocenter Kuopio, Biocenter Oulu, sekä Lääketieteellisen teknologian instituutti.

Biotuotetekniikan tutkinto-ohjelma

Aalto-yliopiston teknillisen korkeakoulun tutkinto-ohjelma uusiutuvien luonnonvarojen kestävän käytön kehittämiseksi ja ymmärtämiseksi. Tutkintoon kuuluu myös kestävä kehitys, talous ja liiketalous. Sisäänotto 40 opiskelijaa. Tutkinto-ohjelman alueet ovat: biopolttoaineet, biokemikaalit, biotuotteet, bioenergia, biotalous.

Biotekniikan neuvottelukunta

Biotekniikan neuvottelukunta BTNK on valtioneuvoston kolmeksi vuodeksi kerrallaan asettama neuvoa antava asiantuntijaelin bio- ja geenitekniikkaan liittyvissä kysymyksissä.

Lappeenrannan yliopiston teknillinen tiedekunta, Ympäristötekniikan tutkimus

Keskittyy yhdyskuntien ja teollisuuden kestävien järjestelmien tarkasteluun, mm. sivuainevirtojen hallintaan, ympäristöjohtamiseen sekä elinkaaren hallintaan.

OSKE Lahti

Lahden seudun osaamiskeskusohjelma, jonka alueita ovat ympäristöliiketoiminta, cleantech ja asuminen. Lahden seudulla on 10 % Suomen ympäristöliiketoiminnasta. Ohjelmalla katsotaan saadun 170 uutta cleantech-alan työpaikkaa ja 30 miljoonan edestä investointeja. Keskittymässä biomassan ja sivuainevirtojen käsittelyn liiketoiminnan kehittämiseen.

TEKES BioRefine ja SymBio

Tekesin teemaohjelmat BioRefine ja Symbio ovat ohjelmia, joilla kehitetään yritysten kautta uutta uusia biotalouden liiketoimintamahdollisuuksia. BioRefine on kohdennettu uusiin biomassatuotteisiin ja SymBio bioteknisten oivallusten tuotantoon saamiseen. Näiden ohjelmien yhteenlaskettu budjetti lähenee 300 miljoonaa euroa. Esimerkiksi BioRefine-ohjelman piirissä on ollut yli sata yritystä.

Metsäklusteri Oy

Metsäteollisuusyritysten, Metlan, VTT:n sekä 8 yliopiston kokoama ja omistama strategisen huippuosaamisen keskittymä, johon on koottu metsäklusterin tutkimuksellista huippuosaamista. Tutkimusstrategiaksi kerrotaan, että Suomessa on menestyvä ja maailman kannattavin ja kestävästi toimiva metsäklusteri. Kehittää puunjalostamisen osaamista asiakastoimialoineen. Pyrkii metsäklusterin uudistumiseen, kilpailukykyyn ja kestävään kehitykseen.

CLEEN Oy

Energia- ja ympäristöalan huippuosaamisen keskittymä (entinen EnYm-SHOK), jonka tutkimusohjelmista hajautettu energiantuotanto sekä ympäristömittauksiin ja -seurantaan keskittyvä MMEA koskevat biotaloutta. Kaikilla Cleenin tutkimusohjelmilla on merkitystä ilmastonmuutoksen torjunnan kannalta.

7.2 Konseptista toimialaksi

Biotalouden liikeosaamistarpeita ovat:

- globaalien muutosten ennakointi
- kestävän kehityksen mukaisuus
- asiakkaiden tarpeiden analysointi
- markkinoiden toimintalogiikan analysointi

Näistä jatkuvasti esillä olevista seikoista unohtuu usein kunkin tuotteen markkinalogiikan erityisanalyysi. Markkina ei muodostu biomassan kysynnästä tai edes biotuotteiden kysynnästä vaan yksittäisten ”erittäin ja todistetusti biohyvien” tuotteiden kysynnästä. Tuote voi olla kaikin tavoin hyvä, mutta se yritetään viedä markkinoille ”väärin”. Raision Benecol-tuotteen tarina on paljon enemmän liiketoiminta-osaamisen kehittämisen historiaa kuin innovaation historiaa. Suomesta voisi tulla biotalouden ratkaisujen tarjoaja, joka tuottaa biomassapohjaisia korkean lisäarvon tuotteita. Näitä ratkaisuja tulee tarjota maailmanmarkkinoille yhteistyössä kansainvälisten kumppaneiden kanssa. Pitää siis tehdä itsensä kansainvälisesti tunnetuksi ja luoda rakenteita, joilla kytkeydytään kansainväliseen biotalouteen, mm. alan suuryrityksiin.

Suomen houkutuksena ja vaarana on katsoa biotaloutta metsäteollisuuden kokemusten läpi. Mutta onko se sittenkään oikea lähestymistapa muistaen metsäalan globaalin muutoksen luonteen? Entäpä jos meidän pitäisikin katsoa metsäbiomassaa

levien, bakteereiden, homeiden ja hiivojen läpi? Tai kodinkoneiden ja kulkuneuvojen kautta?

Kansainvälistä toimintaympäristöä voidaan arvioida ns. PESTE-mallilla eli poliittisten, taloudellisten, sosiaalisten, teknologisten ja ympäristöllisten kehysten läpi. PESTE on ikään kuin kehityksen karttaa rakentava tarkistuskysymysten lista. Suomen PESTE-analyysi on Juha Vanhasta mukaillen lyhyesti esitettynä seuraava:

Poliittinen: Onko meillä riittävän vahva kansallinen, sektorirajat ylittävä, yhteisesti jaettu visio ja tulevaisuudenymmärrys biotaloudesta?

Ekonominen: Alan nykyiset toimijat ovat isoja yhtiöitä. Tuotannon pääomavaltaisuus ja hintaepävarmuus jarruttavat kehitystä. Uusissa biotaloustuotteissa markkinat ovat lähtökohtaisesti kansainvälisiä. Miten julkisen vallan käytössä olevat tukitoimet voidaan tietoisesti kohdistaa alan pieniin, innovatiivisiin yrityksiin?

Sosiaalinen: Biotalous nähdään helposti liian suppeasti taloudellisena toimintana. Tulevaisuudessa luontoymmärryksen, arvojen ja palvelujen merkitys korostuu. Miten alan todellinen luonne saadaan niin houkuttelevaksi, että se vetää puoleensa kyvykkäitä ihmisiä?

Teknologinen: Monet biotalouden teknologioista ovat vielä kehitysasteella ja vaativat erilaisia pilotti- ja demonstraatiolaitoksia. Kohdistuuko bioteknologisesti painottuva tutkimuksemme koko biotalouden kannalta oikein? Mikä on todellinen kansainvälinen kilpailuetumme biotaloudessa?

Ekologinen. Miten Suomen metsien hiilinielu huomioidaan kansainvälisissä neuvotteluissa? Haasteena on sovittaa yhteen ekosysteeminäkökulma, luonnon hyödyntäminen ja luontoon liittyvät sosiaaliset arvostukset. Miten otamme huomioon ja dokumentoimme elinkaarivaikutukset, kestävyyskriteerit ja tulevien polvien edut?

PESTE-tarkastelun itsestään selvä oletus on, että biotaloustoimijat kokevat olevansa yhtä biotaloutta. Biotalouden mieltäminen yhdeksi kokonaisuudeksi ja tulevan menestyksen toimialaksi ei ole aivan helppoa. Se hajoaa helposti monen toimialan perinteisiin rakenteisiin ja jää siellä tunnistamatta ”hämäräksi” tai lisäkkeenomaiseksi ”hännäksi”. Yritysten ja viranomaisten toiminta ”siiloutuu” näkökyvyn peittäviin rajoihin. Biotaloudelta puuttuu toistaiseksi alan merkityksen esiintuova tilastollinen kehikko. Sillä ei toistaiseksi ole sellaista itsestään selvää tukiorganisaatiota kuten vaikkapa GTK on kaivannaisalalla. Eikä kansantalouden historiallisen ykköstoimialan eli metsäsektorin omakuvan muutosta biotalouden konseptiin ole kokonaan läpikäyty. Nimenomaan metsäalalla biotalouskonsepti muuttaa myös rakenteita ja valtarakenteita.

Biotalouskonseptin kirjaaminen toimivaksi osaksi lainsäädäntöä on oma tehtävänsä. Se on ensimmäisiä tarkasteluja lähdettäessä toteuttamaan ns. Hollannin mallin mukaista rakennesiirtymää. Esimerkiksi kaavoituksessa ja maankäyttö- ja rakennuslaissa ei ole varauduttu biomassalogistiikan vaatimiin varauksiin. Millaisia terminaaleja, laitosvarauksia ja teollisuusalueita tarvitaan? On myös mainittu metsäteiden kääntöpaikkojen pienuus ajatellen haketuslaiteautojen kääntösädettä. Kolmas selkeä esimerkki on lainsäädännössä määritelty lannoitevalmisteluettelo. Uudet

biolannoitejakeet eivät mahdu siihen, vaikka olisivat ominaisuuksiltaan tuontilannoitteita parempia. Neljäs esimerkki lainsäädännön muutostarpeista koskee puurakentamisen normistoa ja säätelyä.

7.3 Kilpailukyky

Suomalaisen järjestelmän perusongelma on, että olemme tutkimuksessa hyviä ja taloudellista kokoamme suurempia. Toisin sanoen: tällä hetkellä tuotamme tutkimusta muille maille ja kansainvälisille toimijoille. Innovaatioiden kehittäminen kaupallisesti läpilyöviksi inventioiksi on selkeä kansallinen heikkoutemme. Tähän pitää hakea parannuksia. Virhe on järjestelmässä, ei kansanluonteessa.

Yksi tapa parantaa asiaa on Nokian Innovation Millin ja eräiden tiedepuistojen jo käyttämä tapa, jossa luodaan jälkimarkkinat sellaisille keksinnöille, joita keksijätaho itse ei halua tai pysty kaupallisesti hyödyntämään. Työsuhteessa tehdyn keksinnön kaupallistamismenettelyyn tarvitaan omat säännöt. Tarvitaan siis kansallinen Bio Innovation Market Place. On myös ehdotettu, että tuleva Biotalous-SHOK toimisi tällaisena bioinnovaatioiden markkinapaikkana.

Muuan biotaloustaustakeskusteluissa taajaan esiin tuleva pohdinta koskee ideaa biomassapörssistä. Ajatuksella on viitattu sekä öljyn treidaukseen että kansainvälisiin vilja- ja malmipörsseihin. Olisiko järkevää, että biomassalla olisi päivän hinta ja erilaisia jakeita myytäisiin ns. portille toimitettuna? Onko oletettavaa, että tällaisen sähköisen kauppapaikan ja logistiikkaratkaisun yhdistelmä olisi kansainvälisesti kiinnostava? Vai ovatko biotalousprossesit niin kulloiseenkin jakeeseen perustuvia, että jokainen jalostaja haluaakin pitkäaikaisia toimitussopimuksia?

Kun on kysymys suurista järjestelmäteknologioiden kaltaisista liiketaloudellisista investoinneista, joissa on erityyppisiä riskejä ja joiden alkurahoitukseen vaaditaan kohtuullisen suuria pääomia, osoittaa historiallinen kokemus valtionyhtiön olevan yksi mahdollinen väline. Valtio voi osallistua tällaisiin projekteihin sijoittajaroolissa (esim. Teollisuussijoitus) valiten sopivan ”biotalousportfolion” tai toimien tiettyyn tarkoitukseen perustettavan valtionyhtiön perustajana ja omistajana. Missään ei ole sanottu, etteikö Suomi tarvitsisi uusia valtionyhtiöitä. Valtionyhtiön toiminta bioalalla on yhtä perusteltua kuin kaivannaisalalla.

Suuren mittakaavan riskisijoituksiin tarvitaan joka tapauksessa valtiontukea, yhtenä esimerkkinä se, että uuteen paperitehdasmittakaavan biojalostamoon katsotaan tarvittavan 100 miljoonan euron valtiontuki laitosta kohden. Olisiko helpompaa, että valtio menisi suoraan tuollaisen laitoksen osaomistajaksi?

Kokeilujen, pilottien ja demolaitosten rohkea, aitoa riskiä ottava tukeminen on muuan pohdittavista kysymyksistä. Riittääkö nykyinen järjestelmä teemaohjelmineen tavoiteltuun tiikerinloikkaan? Miten paljon yleinen T&K-tuki tai innovaatiovähennysjärjestelmä parantaisi tilannetta? Tärkeäähän olisi tehdä tuotekehitystä jatkuvassa yhteydessä käytäntöön. Voisiko joissain maissa kokeiltu vuokrainsinöörijärjestelmä toimia? Pitäisikö verottajan jollakin tavalla erikseen suosia alansa

ensimmäisiä koelaitoksia? Miten biotalouden start up -yritykset saisivat fokusoitua tukea?

Biotalouden teknologisen viennin osalta yritykset kaipaavat järjestelyä, jolla suomalainen taho voisi luotottaa vientimaassa – vaikkapa Kiinassa – tapahtuvaa laitosinvestointia. Tämä olisi siis versio jo käytössä olevasta vientiluotosta.

Suomesta puuttuu myös biotalousrahasto eli sellainen osakesäästämisen elementti, johon tavallinen kansalainen voisi sijoittaa säästövarojaan ja ottaa kantaa tietynsuuntaisen talouskehityksen tai oman alueensa biotalousyritysten puolesta. Tällaisen rahoitusinstrumentin luominen olisi järkevää. Bioteknologiarahastoissa koettu pettymys ei saisi tätä estää.

Bioalan pienten yritysten käytössä on olemassa oleva yritysten tukijärjestelmä. Kannattaa kuitenkin kysyä, pitäisikö nimenomaan bioalan yrityksille laatia fokusoidusti paremmat tukiehdot, jos yhteiskunta haluaa vauhdittaa biotalouden kehitystä ja edistää systeemisen suhteellisen edun syntyä nimenomaan Suomeen. Ajatuksen ympäristöteknologiaa kaupallistavien yritysten erityiskohtelusta on esittänyt mm. Antti Tanskasen kasvutyöryhmä.

Uusiutuvan energian sähköntuotannon syöttötariffit ja biopolttoaineen sekoitusvelvoite liikennepolttoaineisiin ovat esimerkkejä siitä, miten regulaation avulla luodaan turvalliset markkinat uusille tuotteille. Tällaisia menettelyjä tulee edelleen pohtia. Esimerkiksi kunnallisten jätevedenpuhdistamojen toimintateknologiaa voitaisiin huikeasti parantaa, jos niille säädettäisiin ravinteiden talteenoton velvoitteita. Näistä laitoksista kehittyy enemmin tai myöhemmin paikallisia lannoitetehtaita. Tätä kehitystä kannattaa vauhdittaa regulaatiolla.

Biotalouden luova osaaminen on osa Suomen biotalousvisiota. Tästä tulee helposti mieleen valistunut insinööri ja luonnonvaratehokas teknologia. Biotalouskonseptiin kuitenkin kuuluu, että tämäkin termi ymmärretään avarasti. Vähintään puolet biotalousosaamisesta on ekologista osaamista, ekosysteemien ymmärtämistä. Luovuus puolestaan tarkoittaa luovuuden mahdollisuuksien organisointia Nokian kuulun ”innovaatiomyllyn” tapaan.

Uutta Nokiaa eli yhden suuryrityksen menestystarinaa biotaloudesta ei pidä olettaa. Toimiala on kerta kaikkiaan sellainen, että sille syntyy paljon erilaisia ja erikokoisia yrityksiä. Mahdollinen menestys perustuu siihen, että biotalous ymmärretään kansallisena toimintapolitiikkana, jonka perustelu on tulevaisuuden ymmärtämisessä, ekologisten perusasioiden ennakoivassa ymmärtämisessä. Edelläkävijyys pitää sovittaa siihen, miten arvioimme maailmantalouden, energian saatavuuden ja kuljetuslogistiikan kehittyvän sekä siihen, mitä uusia ympäristöominaisuuksia talousjärjestelmältä 20–30 vuoden kuluttua odotetaan.

Jos Suomi hoitaa asiansa hyvin, emme ”syö pimeässä leväpullaa”, vaan myymme maailmalle ”jalostettua auringonvaloa”, joka ei ehdy. Mutta ensin biotalous pitää tunnistaa ja organisoida kansantalouden systeemiseksi eduksi. Biotalous on nimenomaan taloutta ja liiketoimintaa. Monet tärkeät asiat on tutkittu, uskaltaisiko sanoa, ”riittävän pitkälle”. Tutkimustieto muuttuu kaivatuksi osaamiseksi, kun sitä

sovelletaan käytännössä. Ja edelleen: puolet tarpeellisesta biotalousosaamisesta on ekosysteemiosaamista: sellaista osaamista, jossa ihmisen tuotannollinen toiminta viisaasti liitetään osaksi luonnon kiertoja. Tällaista viisautta ei ole perittävänä eikä ostettavana, vaan sitä saadaan kokeilemalla varovasti, mitä ekosysteemissä tapahtuu, kun ihminen tekee näin tai noin.

Lähteet

Bioenergia 2020 – Arvioita kasvusta, työllisyydestä ja osaamisesta. TEM julkaisuja 6/2010

Bioeconomics and sustainability. Essays in honor of Nicholas Georgescu-Roegen. Ed. by Kozo Mayumi and John M. Gowdy. Cheltenham 1999

Biotalous Suomessa – arvio kansallisen strategian tarpeesta. Valtioneuvoston kanslian julkaisuja 15/2010

Bradley, Douglas: 2nd Generations biofuels and trade. An exploratory study. For IEA Task. Dec 14, 2009

Brunner, P.H. – Daxbeck, H. – Baccini, P: Industrial metabolism at the regional and local level: A case-study on a Swiss region. Teoksessa Industrial Metabolism 163–193. 1994

Caldecott, Julian: Vesi. Maailmanlaajuisen kriisin syyt, seuraukset ja kustannukset. Porvoo 2009

Campbell, C.J: The coming oil crisis. Petroconsultants 1997

Daly, Herman E: Toward a steady-state economy. San Francisco 1973

Daly, Herman E: Toward a new economic model. Bulletin of Atomic Scientists, April 1986, 44-46

Daly, Herman E: Steady-state economy. San Francisco 1977

Dantas A. – Krumdieck S. – Page S: Energy risk to activity systems as a function of urban form. Land Transport New Zealand Research Report 311. Wellington 2007

Deffeyes, Kenneth: Hubbert´s Peak. The impending world of oil shortage. Princeton 2001

Economics of industrial ecology. Ed. by JCJM van den Bergh and MA Janssen. Cambridge Mass. 2004

En route to the knowledge-based bio-economy. EU 2007. DE (Cologne paper)

Evaluation of bioprocessing expertise in Finland. TEKES 254/2009

Gagnon, Nathan – Hall, Charles A.S: A preliminary investigation of energy returns on energy investment for global oil and gas production. Energies 2009, 2, 490–503

Georgescu-Roegen: Bioeconomics: a new look at the nature of economic activity. Teoksessa The Political Economy of Food and Energy. Ed by Louis Junker. Ann Arbor 1977

Georgescu-Roegen, Nicholas: The entropy law and the economic process. Cambridge, Massachusetts 1971

Georgescu-Roegen, Nicholas: Energy and economic myths. The Southern Economic Journal , January 1975, 347-381

Growing power – Bioenergy solutions from Finland. TEKES 2010

Hetemäki, L. – Hänninen, R: Arvio Suomen puunjalostuksen tuotannosta ja puunkäytöstä vuosina 2015 ja 2020. Metlan työraportti 122, 2009

History of industrial ecology. Ed. by Frederic P. Miller, Agnes F. Vandome, John McBrewster. La Verne, USA 2010

Hilton J. – Johnston A.E. – Dawson C.J: The phosphate life cycle: Rethinking the options for an finite resource. In IFS Proceedings 668, 2010

Hirsch, Robert: Peaking of world oil production: Impacts, mitigation and risk management. 2005

Hirsch, Robert et al: The impending world energy mess. Toronto 2010

Huomisen ruoka. Esitys kansalliseksi ruokastrategiaksi. Vammala 2010

Huomisen ruoka. Kansallisen ruokastrategian taustaraportti. MMM 2/2010. Helsinki 2010

Hyödyllinen luonto. Ekosysteemipalvelut hyvinvointimme perustana. Toimittaneet Juha Hiedanpää, Leila Suvantola & Arto Naskali. Tampere 2010

Industrial ecology. Graedel, T.E. – Allenby T.R. Englewood Cliffs 1995

Industrial metabolism. Restructuring sustainable development. Ed. by Robert U. Ayres and Udo E. Simonis. Tokyo 1994

Kansallinen luonnonvarastrategia: Älykkäästi luonnon voimin. Sitra 2009

Kansallisen luonnonvarastrategian taustaraportti: Luonnonvaroissa muutoksen mahdollisuus. Sitra 2009

Kuisma, Juha: The clock is ticking. Suomen maatalousmuseo Sarka. Pieniä Vihkosia nro 6. Loimaa 2009

Kuusi, Osmo: Uusi biotekniikka. Helsinki 1991

Korhonen, Jouni: Industrial ecosystem. Jyväskylä 2000

Lampinen, Ari: Uusiutuvan liikenne-energian tiekartta. Joensuu 2009

Lehtomäki, Annimari: Biogas production from energy crops and crop residues. Jyväskylä Studies in Biological and Environmental Science 163. Jyväskylä 2006

Luonnonvarojen hallinnan legitimiteetti. Toimittaneet Pertti Rannikko ja Tapio Määttä. Tampere 2010

Löytöretkiä biopolitiikkaan. Suomen biopolitiikan haasteita ja näkökulmia globaaleissa puitteissa 2010–2050. Toimittaneet Osmo Kuusi, Sirpa Kurppa ja Jussi Pakkasvirta. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu 1/2010

Metsäalan strateginen ohjelma. Puun energiakäytön lisääminen -työryhmän kehittämisehdotukset 3.2.2010. TEM 2010

Naskali, Arto: Ekosysteemipalvelun termodynaamiset juuret. Teoksessa Hyödyllinen luonto, 33 – 51, Jyväskylä 2010

Pulliainen, Erkki: Bioenergia ja lähiruoka. Helsinki 2006

Pulliainen Kyösti: Päästäänkö turhasta kulutuksesta? Kuluttajatietoa 6 / 1975, 10–14

Repo A. – Tuomi M. – Liski J: Indirect carbon dioxid emissions from producing bioenergy from forest. GCB Bioenergy, 25 Aug 2010

Rousu, Esa; Sustainable years. Chempolis. Oulu 2010

Stern, Nicholas: Stern review of the economics of climate change. Nairobi. 30.10.2006. www.stern-review.org.uk

TEEB – The economics and ecosystems and biodiversity. TEEB for policy makers report. Summary 2009

Teollinen Suomi. Tuotannon uudistuminen kriisin jälkeen. Sitra. Toimittaneet Eloranta Eero ym.. Helsinki 2010

The Knowledge-Based Bio-Economy (KBBE) in Europe: Achievements and Challenges. 14 September 2010. www.bio-economy.net/reports/KBBE

Towards certified carbon footprints of products – a road map for data production. Usva, K. et al. VATT Research Reports 143:2. Helsinki 2009

Törmä Hannu – Reini Kaarina: Suomen metsäteollisuuden uusien mahdollisuuksien aluetaloudelliset vaikutukset. Ruralia –instituutti Raportteja 55. Seinäjoki 2010

Understanding the evolution of industrial symbiotic networks: The case of Kalundborg. Jacobsen, N.B. – Anderberg S. Teoksessa Economics of Industrial Ecology, 313–336

Vaalgamaa, Sanna: The effects of human induced disturbances on the sediment geochemistry of Baltic Sea embayments with focus on eutriphical history (PhD dissertation). Publicationes Instituti Geographici Universitatis Helsingiensis A 143. Helsinki 2007

WEO Energy Outlook 2008

WEO Energy Outlook 2009

Biotaloutta koskevia www-sivustoja

www.aebiom.org
www.bio-economy.net
www.benet.fi
www.biogasportalen.se
www.bioproductsatguelph.ca
www.borregaard.com
www.finbio.fi
www.fpac.ca
www.forestcluster.fi
www.cleen.fi
www.domsjoe.com
www.hubbertpeak.com
www.mineraalistrategia.fi
www.sitra.fi/luonnonvarastrategia
www.smy.fi/luodin
www.symbiosis.dk
www.talvivaara.com
www.teollinenekologia.fi
www.thebioenergysite.com

Muut lähteet

Aalto, Mika: Biotalouden liikeosaamistarpeet. Alustus Biotaloustyöryhmälle 14.6.2010

Berglund, Klaus: Kalastus hajautetussa biotaloudessa. Muistio 4.9.2010

Biotaloustyöryhmä/Taustamuistio/YM 15.4.2010

Biotekniikan neuvottelukunta: Biotalouden vuosisata. Muistio Biotaloustyöryhmän käyttöön 2010

EnYM-SHOK: Strategic Research Agenda 29.4.2008

Fagerstedt, Kurt: Helsingin Yliopiston biotieteiden laitoksen Funcwood2-projektin materiaalia MMM:n biotaloustyöryhmälle. Muistio. Huhtikuu 2010

Helenius, Juha: Globaalien ruokaketjujen haasteet ja ekotehokkuus. Esitys OECD maatalousministerikokouksen valmisteluseminaarissa 10.2.2010

Hellström, Eeva: Luonnonvarat tulevaisuuden kysymyksenä: kansallisen kehittämistyön lähtökohdat, tavoitteet ja toimet. Luodin-loppuraportti 16.1.2008

Hetemäki, Lauri: Metsäteollisuuden murros ja uudet tuotteet. Alustus Biotalousryhmälle 28.4.2010

Hietanen, Olli: Metsäalan tulevaisuusverstas. Yhteenveto 16.6.2010

Häggman, Hely: Katsaus biotalouden tilanteesta kasvi/metsäbiologian alalla. 9.4.2010

Jokela,Veikko: Metsäbiomassasta dieseliä – Varkauden demonstraatiolaitos. Alustus 22.11.2007 FinnBio

Järvenpää, Markku: MTT:n taustamuistio biotaloudesta. Biotalousryhmälle 14.4.2010

Kahlos, Jussi: Luodin-työpajaraportti 3.3.2009

Hjelt, Mari: Edelläkävijämarkkinat ja innovaatiotoiminta. Alustus 18.5.2010

Metla: Metsäsektori ja biotalous. Biotaloustyöryhmän aineistopyyntö. Huhtikuu 2010.

Metsäklusteri Oy: Valtioneuvoston kanslian asettaman biotaloustyöryhmän aineistopyyntö. Muistio 16.4.2010

Michelsen, Kalle: "Suomi elää metsästä". Esitelmä Talonpoikaiskulttuurisäätiössä 18.3.2010

Kokkonen, Eero: Hajautettu biotalous – väylä vihreään tulevaisuuteen. Sitra selvityksiä 38. Helsinki 2010

Kemijärven sellutehtaan biojalostamovaihtoehdot. Muistio (Anon.) 2010

McGlade, Jacqueline: Greening the brown economy. Europe´s World. Autumn 2009

TEM Energiaosasto: Uusiutuvan energian velvoitepaketti. Muistio, päivitetty 21.4.2010

Ojala, Juha: Miten biomassa jalostukseen.. Alustus biotaloustyöryhmälle 28.4.2010.

Pekkarinen Mauri: Ympäristöliiketoiminta kasvualana. Kauppalehti 29.9.2010

Pekkarinen, Mauri: Biotalouden mahdollisuudet. Artikkeli Talouselämässä.

RKTL: Biotaloustyöryhmälle koottu katsaus kala-, riista ja porotalouden toimialaan. 13.4.2010

Rosenmarin, Arno: Peak Phosphorus, The Next Inconvenient Thruth? 2nd International Lecture Series on Sustainable Sanitation. World Bank, Manila. October 15, 2010

Rouhinen, Sauli: Nähdä metsä puilta ja ekosysteemit luonnonvaroilta. Alustus luonnonvarastrategiaseminaarissa 18.12.2008

Rytkölä, Tuomo: Liikenteen biopolttoaineet haasteena ja mahdollisuutena. Taustamuistio Biotaloustyöryhmälle 16.4.2010

Saloranta, Maria: Puumassapohjainen biotalous. Muistio Biotaloustyöryhmälle 14.4.2010

Sohlström, Hans: Biojalostamot uutena metsäteollisuutena. Alustus Biotaloustyöryhmälle 28.4.2010

TEM taustapaperi biotaloudesta. 8.4.2010

Tilastokeskus: Biotalouden mittaaminen. Muistio biotaloustyöryhmälle 24.8.2010

Tulevaisuusvalikunnan kannanotto suomalaiseen biopolitiikkaan: Näköaloja suomalaiseen biopolitiikkaan 2030. Helsingissä 5.2.2010

Vanhanen, Juha: Bioliiketaloustoiminnan pullonkaulat. Alustus Biotaloustyöryhmälle 14.6.2010

Yrjälä, Kim: Biotaloustyöryhmälle. Muistio. Huhtikuu 2010.

Ympäristöhallinnon näkökulma. Taustamuistio Biotalous-työryhmälle. Ympäristöministeriö 15.4.2010.

F

FOTOSYNTEESI

FIRE
FLORA
FAUNA
FIELD
FOREST
FERMENT

FISHERY
FARMING
FORESTRY
FACTORY
FARMASIA

FOOD
FIBER
FUEL
FEED
FYTON

FUTURE
FINLAND
FUNCTIONAL
FUNDAMENTALS

1. Biotalouden sitoumukset/reunaehdot

Luonnon monimuotoisuuden turvaaminen

Suomi on sitoutunut edistämään biologisen monimuotoisuuden suojelua ja kestävää käyttöä hyväksymällä YK:n biologista monimuotoisuutta koskevan yleissopimuksen (1992). Johannesburgissa 2002 järjestetyssä YK:n kestävän kehityksen huippukokouksessa valtionpäämiehet sitoutuivat hidastamaan merkittävästi luonnon monimuotoisuuden häviämistä vuoteen 2010 mennessä. Eurooppa-neuvosto asetti vuonna 2001 tavoitteekseen pysäyttää luonnon monimuotoisuuden häviäminen vuoteen 2010 mennessä (Countdown 2010). EU on päättänyt uudesta tavoitteesta (neuvoston päätelmät 15.3.2010) pysäyttää luonnon monimuotoisuuden ja ekosysteemipalveluiden häviäminen EU:ssa vuoteen 2020 mennessä, ennallistaa niitä niin paljon kuin mahdollista sekä tehostaa EU:n toimia maapallon luonnon monimuotoisuuden köyhtymisen estämiseksi.

Sopimuksen toimeenpanoon liittyen valtioneuvosto hyväksyi 21.12.2006 Suomen luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestävän käytön strategian vuosille 2007–2016. Strategian mukaan: ”Suojelualueiden luonnontilaa, suojelualueverkoston kytkeytyneisyyttä ja luontaisia yhteyksiä täydennetään luonnonhoidon, ennallistamisen, maisematason maankäytön suunnittelun ja luonnonvarojen kestävän käytön avulla. Erilaisten suojelutoimien alueellinen keskittäminen on havaittu tehokkaaksi tavaksi edistää monimuotoisuuden turvaamista.” Strategian lisäksi asianomaiset ministeriöt ovat yhteistyössä valmistelleet strategian täytäntöönpanoa varten toimintaohjelman, jonka toteuttaminen on keskeinen keino edistää eri hallinnonalojen yhteistyötä ja vastuullista työnjakoa luonnon monimuotoisuuden säilyttämisessä.

Kasvihuonekaasupäästöt

EU:n yhteisestä ilmasto- ja energiapaketista sovittiin joulukuussa 2008. Tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä sekä lisätä uusiutuvan energian käyttöä ja energiatehokkuutta. EU:n tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä vähintään 20 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Suomen vähentämistavoite päästökaupan ulkopuolisilla sektoreilla, johon kuuluvat muun muassa liikenne ja maatalous, on 16 prosenttia vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä.

Energiatehokkuus

EU:n yhteinen tavoite on lisätä energiatehokkuutta keskimäärin 20 prosentilla peruskehitykseen verrattuna vuoteen 2020 mennessä. Tavoite on indikatiivinen ja sitä ei ole jyvitetty jäsenmaille. Komission mukaan EU on uralla, joka johtaa vain puoleen väliin tavoitteesta. Uusi energiatehokkuuden suunnitelma on tulossa alkuvuodesta 2011.

Uusiutuva energia

Uusiutuvien energialähteiden osuutta lisätään keskimäärin 20 prosenttiin EU:n energian loppukulutuksesta. Suomen tavoite uusiutuvan energian osuudeksi on 38 prosenttia energian loppukulutuksesta vuonna 2020. Liikenteen polttoaineissa tavoitteena on, että vuoteen 2020 mennessä liikenteen polttoaineesta on oltava 20 % uusiutuvaa energiaa. Direktiiveissä on määritelty kriteerit biopolttoaineiden tuotanto- ja käyttöketjujen kasvihuonekaasupäästöille sekä rajoituksia raaka-aineiden hyödyntämiselle maasta, joka on biologiselta monimuotoisuudeltaan rikas tai johon on sitoutunut paljon hiiltä. Lisäksi polttoaineen laatudirektiivi (2009/30/EY) asettaa tavoitteen vähentää liikennepolttoaineiden elinkaarenaikaisia kasvihuonekaasupäästöjä, asettaa enimmäisrajat FAME-yhdisteiden ja etanolin pitoisuuksille sekä määrittelee kestävyyskriteerit biopolttoaineille. Valtioneuvoston periaatepäätöksessä kestävistä valinnoista julkisissa hankinnoissa (8.4.2010) on päätetty, että valtion keskushallinnossa siirrytään uusiutuvilla energialähteillä tuotettuun sähköön. Valtiohallinnon ostamasta sähköstä vuonna 2010 on vähintään 30 % ja vuonna 2015 vähintään 60 % on uusiutuvilla energialähteillä tuotettua sähköä, jonka alkuperästä esitetään kolmannen osapuolen todistus.

Jätteet

Jätedirektiivin (2008/98/EY) kierrätystavoitteet edellyttävät, että jätemateriaalien, kuten ainakin paperin, metallin, muovin ja lasin, joka on peräisin kotitalouksista ja mahdollisesti muista lähteistä, siinä määrin kuin nämä jätevirrat ovat samankaltaisia kuin kotitalousjätteissä, valmistelua uudelleenkäytettäväksi ja kierrätystä on lisättävä vähintään 50 painoprosenttiin niiden kokonaismäärästä vuoteen 2020 mennessä. Vaarattoman rakennus- ja purkujätteen, jäteluettelon luokassa 17 05 04 määriteltyä luonnosta peräisin olevaa ainesta lukuun ottamatta, valmistelua uudelleenkäytettäväksi, kierrätystä ja muuta materiaalien hyödyntämistä mukaan luettuina maankäyttötoimet, joissa jätettä käytetään korvaamaan muita materiaaleja, on lisättävä vähintään 70 painoprosenttiin vuoteen 2020 mennessä. Kaatopaikkadirektiivin (1999/31/EY) kaatopaikoille vietävän biohajoavan jätteen vähentämisvelvoite edellyttää, että kaatopaikalle sijoitettavan biohajoavan yhdyskuntajätteen määrää on vähennettävä 35 prosenttiin tuotetun biohajoavan yhdyskuntajätteen kokonaismäärästä (massan mukaan) viimeistään 2016 (15 vuoden kuluttua 18 artiklan 1 kohdassa säädetystä päivästä). Vertailuvuotena on vuosi 1995 tai sitä edeltävänä viimeisimpänä vuonna, jonka osalta on käytettävissä standardoituja Eurostat-tietoja.

Valtioneuvoston hyväksymässä (10.4.2008) valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa vuoteen 2016 on asetettu tavoitteeksi saada yhdyskuntajätteen määrä kääntymään laskuun vuoteen 2016 mennessä. Tavoitteena on lisäksi mm., että yhdyskuntajätteestä kierrätetään materiaalina 50 % ja hyödynnetään energiana 30 %. Loppusijoitettavaksi kaatopaikoille päätyisi enintään 20 % jätteistä. Tavoitteena on lisäksi, että kaikki maaseudun elinkeinotoiminnoissa syntyvä lanta hyödynnetään. Tavoitteena on myös, että rakentamisen jätteistä 70 % hyödynnetään.

Alue	Sitoumus	Tavoite
Luonnon monimuotoisuuden turvaaminen	Eurooppa-neuvoston päätös (2001 ja 2010)	Pysäyttää luonnon monimuotoisuuden ja ekosysteemipalveluiden häviämisen EU:ssa vuoteen 2020 mennessä
Kasvihuonekaasupäästöt	Eurooppa-neuvoston päätös ilmasto- ja energiapaketista (joulukuu 2008)	Kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään vähintään 20 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä.
Energiatehokkuus	Eurooppa-neuvoston päätös ilmasto- ja energiapaketista (joulukuu 2008)	Energiatehokkuutta lisätään keskimäärin 20 prosentilla peruskehitykseen verrattuna vuoteen 2020 mennessä.
Uusiutuvan energian osuus	RES-direktiivi (2009/28/EY)	Uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta tulee olla 10 % vuonna 2020
	VNP Kestävistä valinnoista julkisissa hankinnoissa (8.4.2009)	Valtion keskushallinnossa siirrytään uusiutuvilla energialähteillä tuotettuun sähköön.
Uusiutuvan energian osuus liikenteessä	RES-direktiivi (2009/28/EY)	Uusiutuvan energian (biopolttoaineet + sähkö) osuus liikenteessä tulee olla 20 % vuonna 2020
Polttoaineen laatu	Polttoaineen laatudirektiivi (2009/30/EY)	Liikennepolttoaineiden elinkaarenaikaisten kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistavoite, enimmäisrajat FAME-yhdisteiden ja etanolin pitoisuuksille, kestävyyskriteerit biopolttoaineille
	Laki biopolttoaineiden edistämisestä liikenteessä annetun lain 5§:n muuttamisesta 1056/2009	Biopolttoaineita on toimitettava kulutukseen vuonna 2009 ja sen jälkeen vuosittain vähintään neljä prosenttia.
Jätemateriaalit	Jätedirektiivi (2008/98/EY)	Jätemateriaalien (esim. paperi), valmistelua uudelleenkäytettäväksi ja kierrätystä on lisättävä vähintään 50 painoprosenttiin niiden kokonaismäärästä vuoteen 2020 mennessä. Vaarattoman rakennus- ja purkujätteen osalta on lisättävä valmistelua uudelleenkäytettäväksi yms. vähintään 70 painoprosenttiin vuoteen 2020 mennessä.
	Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016 (VN hyväksymä 10.4.2008)	Yhdyskuntajätteistä kierrätetään 50 %, hyödynnetään energiana 30 % ja enintään 20 % loppusijoitetaan kaatopaikalle. Maaseudun elinkeinotoiminnassa syntyvästä lannasta hyödynnetään 100 %:a. Rakentamisen jätteistä 70 % hyödynnetään.
Biohajoava jäte	Kaatopaikkadirektiivi (1999/31/EY)	Kaatopaikoille vietävän biohajoavan jätteen vähentämisvelvoite. Kaatopaikalle sijoitettavan biohajoavan yhdyskuntajätteen määrää on vähennettävä 35 prosenttiin tuotetun biohajoavan yhdyskuntajätteen kokonaismäärästä (massan mukaan) vuoteen 2016 mennessä.
Sivutuotteet	Asetus muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveyssäännöistä (2009/1069/EY) sekä asetuksen (EY) N:o 1774/2002 kumoamisesta (sivutuoteasetus)	Eläinperäisten elintarvikkeiden tuotannossa syntyy runsaasti sivutuotteita, joiden hävittäminen on kallista ja työlästä ja joiden hyödyntämistä tulisi pohtia kuitenkin vaarantamatta ihmisen terveyttä tai ympäristöturvallisuutta.

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja Kilpailukyky 6/2011
Arbets- och näringsministeriets publikationer Konkurrenskraft 6/2011
MEE Publications Comptetitiveness 6/2011

Tekijät | Författare | Authors

Juha Kuisma

Julkaisuaika | Publiceringstid | Date

Februari 2010

Toimeksiantaja(t) | Uppdragsgivare | Commissioned by

Työ- ja elinkeinoministeriö
Arbets- och näringsministeriet
Ministry of Employment and the Economy

**Toimielimen asettamispäivä |
Organets tillsättningsdatum | Date of appointment**

Julkaisun nimi | Titel | Title

På vägen mot bioekonomi – bioekonomi som koncept och en möjlighet för Finland

Tiivistelmä | Referat | Abstract

Publikationen granskar begreppet ”bioekonomi” som en ny ekonomisk modell samt en möjlighet för Finland i den internationella arbetsfördelningen. Denna publikation är en bakgrundsrapport som fördjupar, breddar och ger argument för slutrapporten Bioekonomi i Finland (Statsrådets kanslis publikationsserie 15/2010). Publikationen drar nytta av det omfattande material som arbetsgruppen för bioekonomi hade tillgång till och diskuterar vilka nationella åtgärder som krävs för att bli en föregångare. Denna bakgrundsrapport svarar mot det behov som konstateras i åtgärdsförslag nr 7 av arbetsgruppen för bioekonomi.

Starka argument för bioekonomi som lyfts fram är klimatförändringen och den brist på olja, andra fossila naturresurser och fosfor som kan förutses. Som ett annat tungt argument behandlas perspektivet ekosystemens funktionsförmåga.

Temat behandlas med många inforutor och grafiska illustrationer. Publikationen än en introduktion i bioekonomi och skriven för alla intresserade.

I publikationen bedöms att mer än hälften av Finlands bruttonationalprodukt redan år 2040 kommer från bioekonomi. Resultatet uppnås så att användningen av biomassa fördubblas. Värdet av använd biomassa kan i sin tur fördubblas. Och vidare: en stor del av den finska exporten av tjänster och utrustning kommer då att definieras under begreppet bioekonomi.

Kompetensen inom området för bioekonomi utgörs av att systemisk nationell nytta byggs upp såväl som av affärskompetens, bioteknisk kompetens och kunskaper om ekosystem.

Kontaktperson vid arbets- och näringsministeriet: Strategi- och prognostiseringsenhenten/Heikki Räisänen,
tfn 010 607 5959

Asiasanat | Nyckelord | Key words

bioekonomi, förnybara naturresurser, industriell ekologi

ISSN

1797-3562

ISBN

978-952-227-497-7

Kokonaissivumäärä | Sidoantal | Pages	**Kieli | Språk | Language**	**Hinta | Pris | Price**
99	Suomi, finska, finnish	17 €

Julkaisija | Utgivare | Published by

Työ- ja elinkeinoministeriö
Arbets- och näringsministeriet
Ministry of Employment and the Economy

Kustantaja | Förläggare | Sold by

Edita Publishing Oy / Ab / Ltd

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja Kilpailukyky 6/2011
Arbets- och näringsministeriets publikationer Konkurrenskraft 6/2011
MEE Publications Comptetitiveness 6/2011

Tekijät | Författare | Authors

Juha Kuisma

Julkaisuaika | Publiceringstid | Date

February 2010

Toimeksiantaja(t) | Uppdragsgivare | Commissioned by

Työ- ja elinkeinoministeriö
Arbets- och näringsministeriet
Ministry of Employment and the Economy

**Toimielimen asettamispäivä |
Organets tillsättningsdatum | Date of appointment**

Julkaisun nimi | Titel | Title

Towards bioeconomy – Bioeconomy as a concept and as an opportunity for Finland

Tiivistelmä | Referat | Abstract

This publication surveys the term “bioeconomy” as a new model of economy and as an opportunity for Finland. As a background report, this publication deepens, expands and makes arguments for the views expressed in Biotalous Suomessa (VNK julkaisusarja 15/2010), a policy paper prepared by Finnish bioeconomy working group. This background report uses all the material available for working group and discusses measures to be taken in order to create a lead market. This background report is an answer to the proposal number 7 in policy paper mentioned earlier.

There are strong arguments in favour of bioeconomy. Those are, for example, climate change and scarcity of oil, other fossil fuels and phosphorus. As an other strong case for bioeconomy, a functional ecosystem view is properly explained.

The theme is clarified with many info boxes and graphic explanations. The publication is written in style of introduction and is dedicated to all interested laymen.

It is evalauated that in year 2040 over 50 procent of GDP in Finland is written under the term “bioeconomy”. The result comes from duplicating the current use of biomasses. And again, the added value of used biomasses can be duplicated. And further, most of the Finnish service and technology export fulfills the criteria of bioeconomy.

Bioeconomy know-how is by definition building a systemic forerunner position, strenghtening the skills of enterprises, opening an overall biotechnology horizon and learning what to do in industry by studying ecosystem funtionalism.

Contact person within the Ministry of Employment and the Economy: Strategy and Foresight unit/Heikki Räisänen, tel. +358 10 607 5959

Asiasanat | Nyckelord | Key words

bioeconomy, biotic resourse, industrial ecosystem

ISSN	**ISBN**	
1797-3562	978-952-227-497-7	
Kokonaissivumäärä | Sidoantal | Pages	**Kieli | Språk | Language**	**Hinta | Pris | Price**
99	Suomi, finska, finnish	17 €
Julkaisija | Utgivare | Published by	**Kustantaja | Förläggare | Sold by**	
Työ- ja elinkeinoministeriö Arbets- och näringsministeriet Ministry of Employment and the Economy	Edita Publishing Oy / Ab / Ltd	

Kohti biotaloutta – Biotalous konseptina ja Suomen mahdollisuutena

Kohti biotaloutta -julkaisu tarkastelee biotaloutta uutena talouden toimintatapana sekä Suomen mahdollisuutena kansainvälisessä työnjaossa. Julkaisu on taustaraportti, joka syventää, laventaa ja perustelee biotaloustyöryhmän Biotalous Suomessa -loppuraporttia (VNK julkaisusarja 15/2010). Julkaisu on otteeltaan johdatus biotalouteen ja on kirjoitettu kaikille biotaloudesta kiinnostuneille.

Edita Publishing Oy
PL 800, 00043 Edita
Vaihde 020 450 00

Edita asiakaspalvelu
Puhelin 020 450 05
Faksi 020 450 2380

Edita-kirjakauppa Helsingissä
Kustantajien Kirjakulma
Sanomatalo, Elielinaukio 1
Puhelin 020 450 2566

Painettu
ISSN 1797-3554
ISBN 978-952-227-496-0

Verkkojulkaisu
ISSN 1797-3562
ISBN 978-952-227-497-7

TYÖ- JA ELINKEINOMINISTERIÖ
ARBETS- OCH NÄRINGSMINISTERIET
MINISTRY OF EMPLOYMENT AND THE ECONOMY