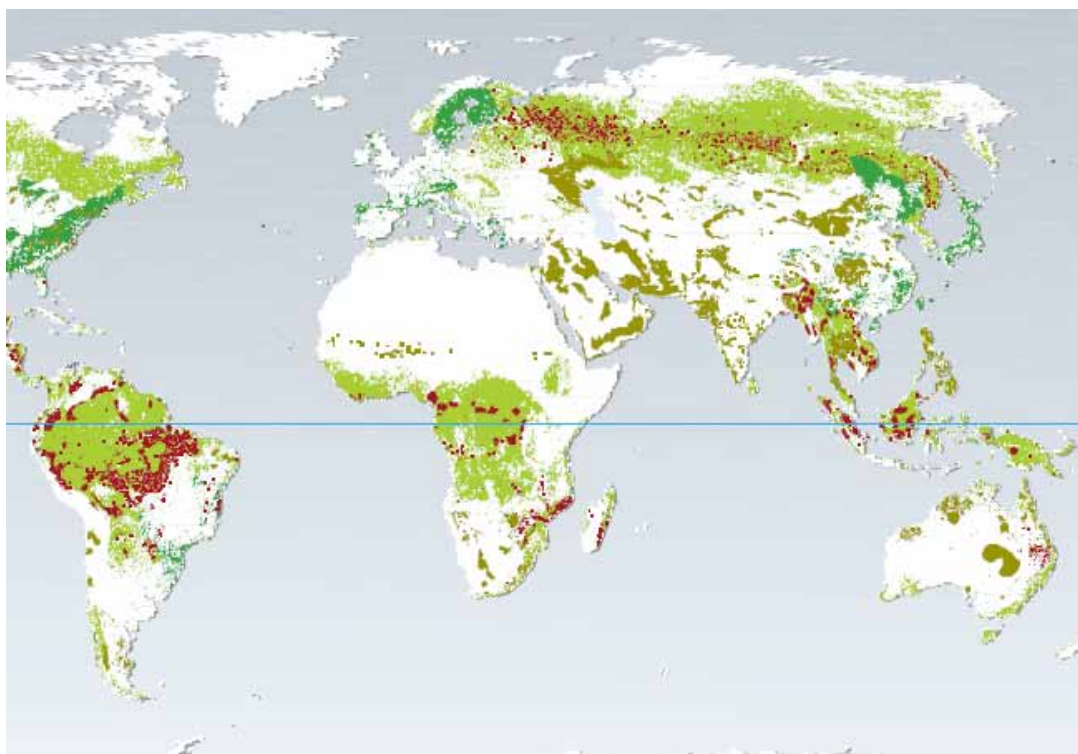


LÖYTÖRETKIÄ BIOPOLITIikkaAN

Suomen biopolitiikan haasteita ja näkökulmia
globaaleissa puitteissa 2010-2050

Osmo Kuusi, Sirpa Kurppa ja Jussi Pakkasvirta (toim.)



EDUSKUNNAN TULEVAISUUSVALIOKUNNAN JULKAISU 1/2010
TEKNOLOGIAN ARVIOINTEJA 27

Kansikuva:

Metsien lisääntymisen ja vähenemisen alueet maailmassa sekä maaperän heikkenemisestä erityisesti kärsivät alueet.

Vaalean vihreä: metsäalueet maailmassa.

Kirkkaan vihreät: metsien lisääntymisen alueet.

Likaisen vihreä: Maaperältään heikkenevät kuivat alueet.

Punaiset: metsien vähenemisen alueet.

Lähde: YK:n Millennium Ecosystem Assessment

LÖYTÖRETKIÄ BIOPOLITIikkaAN

Suomen biopolitiikan haasteita ja näkökulmia
globaaleissa puitteissa 2010-2050

Osmo Kuusi, Sirpa Kurppa ja Jussi Pakkasvirta (toim.)

Tulevaisuusvaliokunta
00102 Eduskunta
Puhelin 09 4321
Faksi 09 432 2140
tuv@eduskunta.fi

www.eduskunta.fi

ISBN 978-951-53-3247-9 (nid.)
ISBN 978-951-53-3248-6 (PDF)

Töölön Kirjapaino Oy, Helsinki 2010

Lukijalle

Tämän vaalikauden tulevaisuusselonteko käsittelee ilmastonmuutosta. Tulevaisuusvaliokunta päätti toimikautensa alussa käynnistää pitkäjänteisen ja määrätietoisen työskentelyn selonteon aihepiiristä valiten ensimmäisiksi kohteiksi pelkistären metsän, veden ja ruuan.

Selvitystyö laajeni ja syveni työn edetessä kohti biopolitiikan tulevaisuuden näkymiä. Tulosta on nyt mahdollisuus kaikkien teidän arvioida.

Tämän selvityksen tekoon on valiokunnan lisäksi osallistunut muiden valiokuntien edustajia sekä laajassa ohjausryhmässä mittava määrä alan tutkijoita ja muita asiantuntijoita. Hanketta on ansiokkaasti johtanut kansanedustaja Kyösti Karjula.

Kaikille teille työhön osallistuneille mitä lämpimimmät kiitokseni!

Tulevaisuusvaliokunta jatkaa aiheen käsittelyä täysistuntokeskustelussa vielä lähiaikoina. Tulevaisuusselonteosta jatketaan asiantuntijakuulemista. Mietintö valmistuu alkusyksystä.

Toivon tämän raportin kuluvan käsissänne ja käynnistävän vilkkaan ja hedelmällisen keskustelun Suomen biopolitiikan suuntaviivoista.

Marja Tiura

tulevaisuusvaliokunnan puheenjohtaja

Esipuhe

Metsien, ravinnon ja makean veden globaalia tulevaisuutta käsittelevän ennakointihankkeen tarve tunnistettiin vaalikauden alussa, keväällä 2007. Metsäteollisuuden murros, energia- ja ruokakriisi, ilmasto- ja ympäristöhaasteet avasivat näköalan tulevaisuuden biopolitiikan ennakoinnin välttämättömyydestä. Ennakointitehtävä on ollut haasteellinen. Monet viimeaikaiset maa-, metsä- ja elintarviketaloutta koskevat tarkastelut ovat jääneet joko kansallisiksi tai EU:ta koskeviksi. Tässä työssä olemme tietoisesti pyrkineet avaamaan globaalia näkökulmaa. Tämän loppuraportin nimeksi on kietytynyt: Löytöretkiä biopolitiikkaan - Suomen biopolitiikan haasteita ja näkökulmia 2010-2050 globaaleissa puitteissa.

Keväällä 2008 julkaistu esiselvitys keskittyi metsäsektorin tarkasteluun. Metsien merkitys maamme vaurastumiselle on ollut tärkeä. Heti toisen maailmansodan jälkeen metsistämme hakattiin noin 25 miljoonaa kuutiometriä polttopuuta mies- ja hevostyövoimalla. Metsien kasvu ei riittänyt tyydyttämään voimakkaasti kasvanutta puun rakennuskäyttöä. Vuosikymmenten saatossa sellu- ja paperiteollisuus on merkinnyt keskeistä väylää puun käytölle. Metsäteollisuus on tarjonnut erinomaisen kasvualustan myös suomalaiselle metalli- ja konepajateollisuudelle. Jopa osa elektroniikkateollisuuden innovaatioista löytää juurensa metsäteollisuudesta. Metsien hyödyntäminen on muodostanut maahamme yhden korkean osaamisen toimialaklusterin.

Tämä Suomelle keskeinen toimiala on kokenut viimeisten 10-15 vuoden aikana syvän murroksen. Sellu- ja paperiteollisuuden kysynnän painopiste on siirtynyt Aasiaan ja tuotanto on ratkaisevalla tavalla vahvistunut Etelä-Amerikassa. Samanaikaisesti sellu- ja paperiteollisuustuotteiden kysyntä Euroopassa on laskenut. Sellun valmistuskustannukset ovat esimerkiksi Etelä-Amerikan uusissa tuotantoyksiköissä noin puolet Suomessa tapahtuvan sellun valmistuskustannuksista.

Viimeinen Suomessa toteutettu kemiallisen metsäteollisuuden mittava uusinwestointi on vuodelta 1994. Viime vuosina suomalaislähtöisten metsäteollisuusyhtiöiden tehdasinvestoinnit ja maanhan- kinta ovat suuntautuneet Etelä-Amerikkaan: Uruguayhin, Brasiliaan ja Chileen. Tämän seurauksena pääosa näiden yhtiöiden palveluksessa olevasta henkilökunnasta on sijoittunut maamme rajojen ulkopuolisiin tuotantolaitoksiin. Vastaavana ajankohtana Suomessa on toteutettu useita tuotantolaitosten alasajoja.

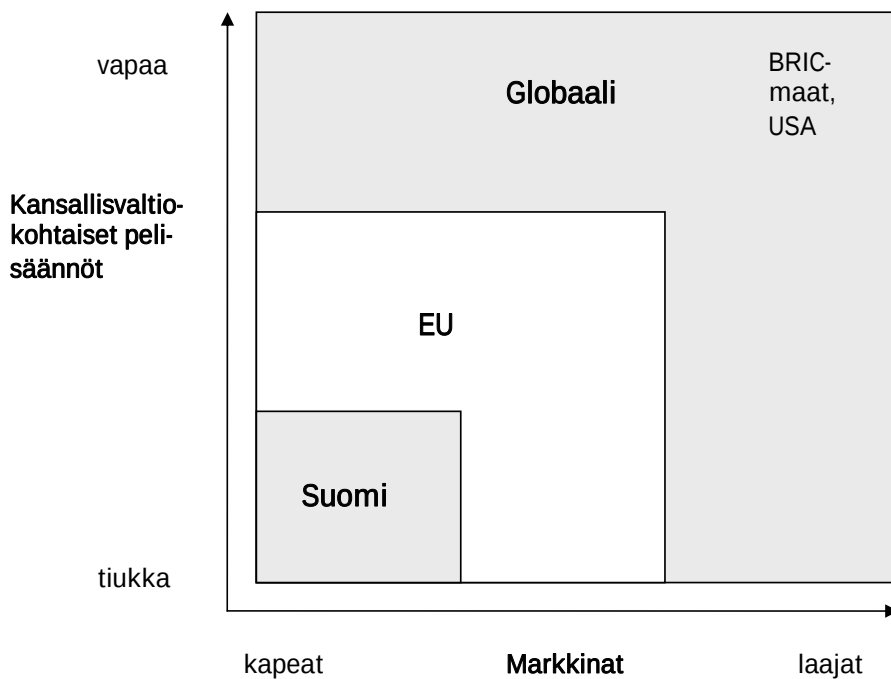
Samanaikaisesti globalisaatiokehitys on heijastunut voimakkaasti myös elintarviketalouteen, jossa tuotannon ja markkinoiden näkökulmasta vaikutus on ollut päinvastainen. Suomalainen elintarviketeollisuus on ensisijaisesti keskittynyt palvelemaan kotimarkkinoita. Viennin mahdollisuudet ovat jopa tulevaisuusajattelussa kaventuneet. Sen sijaan elintarvikkeiden tuonti on viimeisen 15 vuoden aikana 3-4-kertaistunut. Merkille pantavaa on, että tuonnin kasvu on ollut huomattavaa EU:n ulkopuolelta.

Tämän ennakointihankkeen tarkastelu vahvistaa sitä näkemystä, että Suomi on luonnonvaroiltaan poikkeuksellisen rikas maa suhteutettuna väestömäärään. Maaperä tarjoaa suotuisat olosuhteet monipuoliselle biomassojen tuotannolle kuiduksi, puurakenteiksi, kemikaaleiksi, ravinnoksi ja energiaksi. Metsien kasvupotentiaali on erinomainen. Tällä hetkellä vuotuinen kasvupotentiaali on noin 100 miljoonaa kuutiota vuodessa. Lisäksi vesivarojen runsaus korostaa meidän vahvaa asemaamme.

Tässä murroksessa Suomen biopolitiikan ja biotalouden vahvistaminen etsii uusia toimintatapoja ja uusia innovaatioita. Se on mittava haaste myös nykyisille ja uusille bioalan yrityksille. Ilmastonmuutos, paikallinen hyväksyttävyys, maailman ravintotuotannon riittävyys, biodiversiteetin suojelu ja Suomen erityisedut sekä suomalaisten työllisyys ovat tekijöitä, jotka etsivät tasapainoista sisältöä.

Globaalitarkastelu avaa mielenkiintoisia näkökulmia, joista nostan esille kaksi erityistä näkökulmaa: ensiksi sen, että tuotanto polarisoituu suurenmittakaavaisen ja pääomavaltaisen agribisnesmallin sekä työ- ja osaamispääomavaltaisen pientuotantomallin kesken. Nämä mallit kilpailevat ravinnon, kuidun ja energian tuotannossa kaikissa merkittävässä biotuotantomaissa. Paikallisesta työllisyydestä vastaa pääsääntöisesti pientuotantomalli. Toiseksi nostan yritys- ja kansallisvaltiokohtaiset pelisäännöt. Tulevaisuudessa yhä kiistattomammin selkein menestystekijä on korkea osaaminen, jonka perustana on vahva asiakas- ja kysyntälähtöinen tutkimus ja kehitystyö.

Agribisnesmallin ja pientuotantomallin välistä eroa käsitellään tarkemmin raportin johdanto-osassa. Yritys- ja kansallisvaltiokohtainen pelisääntökysymys on jäänyt vähemmälle huomiolle. Tätä kokonaisuutta jäsentää seuraava kuvio.



EU on pyrkinyt toimimaan ilmasto- ja energiapolitiikan globaalina suunnannäyttäjänä. Kööpenhaminan ilmastokokous osoitti kuitenkin globaalin eritahtisuuden. EU joutui tyytymään selvästi omaa tahtotilaa vaatimattomampaan neuvottelutulokseen. Ilmasto- ja energiapolitiikan tahdin määrittivät käytännössä BRIC-maat (Brasilia, Venäjä, Intia ja Kiina) ja Yhdysvallat, jotka eivät olleet valmiita sitoviin päästövähennyksiin.

Pääomavaltaiset globaaliyritykset eri toimialoilla ovat nousseet ylivoimaiseen asemaan tehdessään tuotannon sijoituspäätöksiä. Ne arvioivat alueen markkinapotentiaalin lisäksi eri kansallisvaltioiden ja talousalueiden asettamia pelisääntöjä erityisesti toimintamahdollisuuksien kannalta. Globaaliyritysten menestysvalinnat ovat irrotettuja yksittäisten kansallisvaltioiden menestyksestä ja myös demokraattisesta päätösvallassa. Tämä globalisaatioon ominaispiirre tekee yhä nopeamman osaamisen ja teknologian siirrot mahdolliseksi. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että esimerkiksi StoraEnso ja

UPM ovat metsäsektorin globaalityrityksiä, joiden päätökset eivät ole sidoksissa yksittäisen kansallisvaltion, esimerkiksi Suomen ratkaisuihin.

Toisaalta maailman biopolitiikan voimakkaat kasvuvaltioiden, kuten Brasilia ja Uruguay, ovat luoneet valtiollisilla päätöksillä pelisäännöt, jotka vahvistavat yritysten kiinnostusta ja halukkuutta toimia ko. kansallisvaltioissa.

Tämä avaa erityisen haasteellisen näkymän Suomen ja EU:n biopolitiikalle ja oman toimintaympäristön pelisääntöjen kehittämiseksi. Voidaankin kysyä onko, Suomessa ja Euroopan unionissa varmistettu riittävän kilpailukykyiset olosuhteet biotalouden yrityksille. Viime vuosina biopolitiikan ja myös muu talouden vahva kasvu on tapahtunut EU:n ulkopuolisissa maissa.

Laajan ennakkointiraportin johtopäätöksissä on koottu 12 haastetta ja näkökulmaa, joihin tulevassa Suomen biopolitiikassa on pyrittävä löytämään nykyistä parempia ratkaisuja. Suomi voi nousta yrittäjävetoisen kestävä biotalouden edelläkävijäksi. Se edellyttää rohkeita poliittisia valintoja ja ennakoivia päätöksiä. Erityisen tärkeää on, että valtion päätöksillä luodaan ennakoiden tilaa uusille avauksille ja markkinoita uusille innovaatioille. Aikanaan Pohjoismaiden NMT-päätös loi perustan nykyisen tietoliikenneteollisuuden syntyä. Nyt vastaavia läpimurtoja tarvitaan bioenergia- ja ympäristöteknologian ja puurakentamisen toimialoilla.

Kansallisesti on tärkeää, että löydämme biopolitiikan tasapainon, jossa on menestymisen edellytykset niin suurimittakaavaisten globaaliyritysten kuin innovatiivisten pienyritysten uutta luovalle kehittämistyölle.

Tämän raportin aikaansaaminen on ollut vaativa ja laaja yhteistyöponnistus. Työhön on osallistunut kansanedustajien lisäksi useita kymmeniä metsä-, elintarvike- ja vesialan kotimaisia ja kansainvälisiä asiantuntijoita. Kiitän hankkeeseen osallistuneita asiantuntijoita ja erityisesti raportin kirjoittamisen päävastuusta dosentti Osmo Kuusta sekä muita kirjoittajia professori Sirpa Kurppaa ja dosentti Jussi Pakkasvirtaa. Teidän panoksenne on ollut ratkaiseva.

Arviointihankkeen ohjausryhmään ovat kuuluneet kansanedustajat Kyösti Karjula (pj.), Marko Asell (vpj.), Tarja Filatov, Liisa Jaakonsaari, Harri Jaskari, Anneli Kiljunen, Anne Kalmari, Matti Kangas, Timo Kaunisto, Jouko Laxell, Marjo Matikainen-Kallström, Juha Mieto, Mats Nylund, Lauri Oinonen, Sirpa Paatero, Sanna Perkiö, Petri Pihlajaniemi, Erkki Pulliainen, Kari Rajamäki, Pirkko Ruohonen-Lerner, Jouko Skinnari, Marja Tiura, Pentti Tiusanen, Pekka Vilkkunen, Anne-Mari Virolainen, Ulla-Maj Wideroos ja Jyrki Yrttiaho.

Asiantuntijaryhmän työhön ovat osallistuneet seuraavat henkilöt. Kaikki he ovat eri tavoin vaikuttaneet raportin sisältöön. Tähdellä merkityt on alaviitteissä mainittu eri jaksojen kirjoittajiksi tai jaksosten keskeisten tausta-aineistojen toimittajiksi: vt. johtaja Jyrki Aakkula, (MTT), neuvonantaja Hannu Eerola (Ulkoministeriö), professori Martti Esala (MTT), toimitusjohtaja Christine Hagström-Näsi (Metsäklusteri Oy), emeritusprofessori Pertti Harstela (Metla)*, professori Juha Helenius (Helsingin Yliopisto), kirjailija Risto Isomäki*, johtaja Markku Kanninen, (CIFOR), professori Pekka Kauppi (Helsingin yliopisto)*, FM Markus Kröger (Helsingin Yliopisto)*, professori Sirpa Kurppa (MTT)*, professori Katri Kärkkäinen (Metla)*, ekonomisti Kalle Laaksonen (PTT), emeritusprofessori Ossi V Lindqvist (Kuopion yliopisto)*, professori Anssi Niskanen (Joensuun yliopisto), dosentti Jussi Pakkasvirta (Helsingin Yliopisto)*, johtaja Pasi Rikkonen (MTT), emeritusprofessori Pentti K. Räsänen (Helsingin yliopisto)*, professori Seppo Salminen (Turun yliopisto)* ja dosentti Jussi Tammisola (Helsingin Yliopisto)*.

Ennakointityö on vastuullista ja näkemyksellistä vaikuttamista. Tämän ennakointiraportin skenaarioilla avaan tietoisesti erilaisia polkuja biopolitiikan haasteelliselle ja innostavalle löytöretkelle. Sen vaikutuksesta syntyy parhaimmillaan keskustelua, päätöksiä ja uutta luovaa toimintaa, joka heijastuu keskeisesti Suomen tulevaan menestykseen.

Tämä ennakointiraportti luo myös taustaa hallituksen ilmasto- ja energiaselonteon eduskuntakäsittelylle, jonka yhteydessä erityisesti energiavaihtoehdot saavat yksilöidymmän sisällön.

Lumijoella 30.01.2010

Kyösti Karjula
Kansanedustaja
Ohjausryhmän puheenjohtaja

SISÄLLYS

LÖYTÖRETKIÄ BIOPOLITIikkaAN SUOMEN BIOPOLITIikan HAASTEITA JA NÄKÖKULMIA GLOBAALEISSA PUITTEISSA 2010-2050

Esipuhe

Sisällys

Tulevaisuusvaliokunnan kannanotto

I JOHDANTO

1	Globaalin biopolitiikan ja ilmastonmuutoksen haaste	2
1.1	Ilmasto nmuutos	3
1.2	Biod iversiteetti	12
1.3	V esivarat	16
1.4	Kilpailevat agribisnesmalli ja pientuotantomalli.....	21
1.5	Lähtökohtia ja haasteita Suomen globalille biopolitiikalle	24

II BRASILIAN JA URUGUAYN BIOTUOTANNON HAASTEITA MAAILMALLE JA SUOMELLE

2	Maanomistus ja maankäyttö: agribisnestä, pienimuotoista viljelyä vai suojelua? Näkökulmia Etelä-Amerikasta	29
2.1	Johd anto	29
2.2	G lobalisaation ulottuvuudet	29
2.3	Globaali tehomaatalous, ”agribisnes”	30
2.4	Yhteiskunnallisia malleja ja vaihtoehtoja	36
3	Brasilian ja Uruguayn haasteita maailmalle ja Suomelle	44
3.1	Brasilia – maailman metsä-, vesi- ja lajijättiläinen	44
3.2	A mazonin metsät Brasiliassa	46
3.3	Yhteiskunnallinen taistelu Amazonialla	50
3.4	U ruguay – eteläamerikkalainen hyvinvointivaltio vai selluteollisuuden veroparatiisi?	54
3.5	Su omalainen metsäteollisuus tulevaisuudessa?	58
3.6	Puukuitu ja biopolttoaineet.....	63
4	Puuplantaasit mahdollisuutena ja uhkana	65
4.1	Maailman metsät	65
4.2	Puuplantaasien nousu pohjoisten metsien haastajiksi	67
4.3	Väitteitä ja vastaväitteitä puuplantaaseista	67
4.4	Ketä puuplantaasit hyödyttävät ja ketä haittaavat?	74

III PERINTEINEN JA UUTEEN BIOTEKNIikkaAN PERUSTUVA KASVINJALOSTUS

5 K	asvinjalostus perinteisin menetelmin	80
5.1	Kasvien perinteinen tyypittely ja kasvinjalostuksen perinteinen päämenetelmä	80
5.2	Suomalaisten peltokasvien jalostuksen historiaa ja nykypäivää	84
5.3	Metsäpuiden perinteinen jalostus Suomessa ja muualla maailmassa	85
6 U	usi biotekniikka kasvinjalostuksessa	91
6.1	Biotiedon nopea lisääntyminen	91
6.2	Kromosomien monistaminen ja uusin menetelmin tuotetut hybridit kasvien jalostuksessa	93
6.3	DNA-tieto ja kloonaustekniikat perinteisen kasvinjalostuksen apuna	97
6.4	Puiden kehittäminen DNA-tiedon ja kloonaustekniikoiden avulla	102
6.5 G	eneettisen muuntelun tarjoamat uudet mahdollisuudet	105
6.6	Sokeriruo'on jalostaminen perinteisin ja uuden biotekniikan menetelmin	107
6.7	Geenimuuntelun nykyinen ja tuleva käyttö peltokasvien kehittämisessä	109
6.8	Geenimuuntelun nykyinen ja tuleva käyttö puiden kehittämisessä	119
6.9	Geenimuuntelun nykyinen ja tuleva käyttö tuotantoeläinten kehittämisessä	120
6.10	Vihreästä vallankumouksesta Ikivihreään vallankumoukseen	121

IV BIOTUOTANNON GLOBAALIT VALINNAT

7	Ruokatuotannon globaalit visiot, maankäyttö, tehokkuus ja haasteet	126
7.1	Pihviliha	127
7.2	Sianlih an tuotanto	133
7.3	Broileri	137
7.4	Maidontuotanto	139
7.5	So ijantuotanto	144
7.6	Maiss intuotanto	147
7.7	Riisi	150
7.8	K aura	152
7.9	Peruna	155
7.10	Bataatti	157
7.11	Cassav a	159
7.12	So keriruoko	161
7.13	Yhteenveto suomalaisen maatalousbiotalouden tuotannon kannalta	162
8	Puut ja metsät ilmastonmuutoksen torjunnassa	164
8.1	Metsien suojelu ilmastonmuutoksen torjunnan keskeisenä tapana	164
8.2	Metsien suojelun taloudellinen tukeminen REDD -menettelyllä	166
8.3	Eukalyptus ja trooppinen mänty – suomalaisen puun tärkeimmät haastajat	169
9	Biopolttoaineiden vaihtoehtoiset lähteet	180
9.1	Biopolttoaineiden tuotannon yleisiä lähtökohtia	180
9.2	Biodieseliä levistä ja hiilidioksidin talteenoton eri mahdollisuudet	181
9.3	Sokeriruoko – tulevaisuuden tehokas bioenergian tuottaja?	185
9.4	Jatropa – joutomaiden öljyntuottaja	194
9.5	Pienimuotoisen tuotannon tapoja vähentää kasvihuonepäästöjä tropiikissa	202
9.6	Suomalaisia mahdollisuuksia biopolttoaineiden tuotantoon	205

V BIOTUOTANNON GLOBAALIT SKENAARIOT JA ILMASTONMUUTOKSEN HALLINTA

10	Suomen biopolitiikan haasteita ja näkökulmia	210
10.1	Mitä tarkoitetaan Suomen biopolitiikan tulevaisuuskartalla?	210
10.2 K	eskeiset tavoitteet toimittaessa globaalilla biosektorilla	214
10.3	Miten maata tulisi käyttää maailman trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla?	218
10.4	Suhtautuminen kasvinjalostuksen eri muotoihin	221
10.5	Vuoden 2030+ visio ja strategisia linjauksia suomalaisten toiminnalle biosektorilla maamme rajojen ulkopuolella	225
11	YK:n Millennium Ecosystem Assessment –hankkeen päivitetty skenaariot tulevaisuuskarttana	226
11.1	Alkuperäiset YK:n Millennium Ecosystem Assessment –hankkeen skenaariot	226
11.2	Alkuperäisten Millennium skenaarioiden keskeisiä ajureita	231
11.3	Miten Millennium Assessment skenaariota päivitettiin?	238
11.4	Maailman valtakeskukset ja niiden suhteiden kehitys	239
11.5	Ilmastonmuutos ja sen hallinta Kööpenhaminan kokouksen jälkeen	242
11.6	Maailman biotuotannon järjestämisen kolme päätarkaisumallia	245
11.7	Ensimmäinen skenaariotarina: Maailman yhteispeli (Global Orchestration)	253
11.8	Ympäristötekniikan voimalla (TechnoGarden)	257
11.9	Sopeutuva mosaiikki (Adapting Mosaic)	262
11.10	Vahvojen ehdoilla (Order from Strength)	265
11.11	Miten Suomessa voitaisiin varautua päivitettyjen Millennium–skenaarioiden tulevaisuuksiin?	268
Lähteet		270
WWW-lähteitä		286

Näköaloja suomalaiseen biopolitiikkaan 2030

Suomalaisen biopolitiikan visio

Yhteyttämisessä kasvit ja levät sitovat ilman hiilidioksidia rakenteisiinsa veden ja erilaisten ravinteiden avulla. Elollisen luonnon ohella myös yleisemmin hiilen kierto luonnossa perustuu keskeisesti yhteyttämiseen, koska myös fossiiliset polttoaineet ovat tulosta aikaisemmista yhteytysprosesseista. Kasvihuonekaasujen lisääntyminen ilmakehässä voidaan tulkita muutokseksi tai häiriöksi maailman yhteyttämiseen perustuvissa biosysteemeissä. Maailman biosysteemit yhdentyvät koko maailman kattavaksi järjestelmäksi, koska ilmakehään päätyvä hiilidioksidi ja toinen tärkeä kasvihuonekaasu metaani leviävät päästölähteistään maapallon kaikkiin osiin. Globaali biopolitiikka ja ilmastonmuutoksen torjunta kytkeytyvät näin tiiviisti toisiinsa.

Tulevaisuusvaliokunta katsoo, että suomalaiselle biopolitiikalle yli vuoden 2030 ulottuvalla perspektiivillä voidaan asettaa seuraava visio:

Globaalilla tasolla hallittu biopolitiikka ja sen osana suomalainen biopolitiikka muodostavat ilmastonmuutoksen hallinnan ydinalueen. Globaalissa biopolitiikassa yhdistyvät ilmastonmuutoksen torjunta, maailman ravintohuollon turvaaminen sekä lajien moninaisuuden suojelu. Suomalaisella biopolitiikalla tulee erityisesti ehkäistä maapallon ilmaston lämpenemistä kuitenkin tavalla, joka ei johda työllisyyden ja toimeentulon heikkenemiseen Suomessa eikä nälkäkatastrofiin missään maailman maassa. Myös luonnon monimuotoisuuden eli biodiversiteetin suojelu ja kehitysmaissa asuvien olosuhteiden parantaminen ovat tärkeitä tavoitteita.

Tässä kannanotossa Tulevaisuusvaliokunta keskittyy erityisesti haasteisiin biotuotannolle Suomessa vuoden 2030 perspektiivillä. Kannanotot on kiteytetty kahdeksitoista haasteeksi, joita pohjustaa yhdelle sivulle tiivistetty Suomen biopolitiikan SWOT (Vahvuudet-Heikkoudet-Mahdollisuudet-Uhkat).

Haasteita toimittaessa kansainvälisessä toimintaympäristössä tarkastellaan kannanotossa teesien ja SWOT-taulukon jälkeen jaksolla ”Suomalainen biopolitiikka kansainvälisessä ympäristössä”. Tulevaisuusvaliokunta ei kuitenkaan ota kantaa niihin erityisiin haasteisiin Suomen biopolitiikalle, joita liittyy arviointiraportissa esitettyihin globaalin biosektorin kehityksen vaihtoehtoihin skenaarioihin.

Suomen biotuotannon kaksitoista keskeistä haastetta vuoteen 2030

Visionsa, Suomen biosektorin vahvuuksien, heikkouksien, uhkien ja mahdollisuuksien tarkastelun sekä Suomen globaalin toimintaympäristön kehitysmahdollisuuksien arvioinnin pohjalta Tulevaisuusvaliokunta katsoo, että Suomen biopolitiikan tulisi tavoitella seuraavaa vuoteen 2030 mennessä.

1. Suomalaiset kuuluvat vuonna 2030 maailman parhaisiin metsä- ja puuosaajiin. Koulutuksella ja tutkimuksella on varmistettava, että suomalaiset ovat maailman kärjessä mm. hiilinielujen luotettavassa arvioinnissa; metsäsektorin koneiden ja laitteiden valmistuksessa ja huollossa; erikoispakkausten ja -paperien valmistuksessa; puun arvokkaiden ainesosien mikrobiologiassa hyödyntämisessä; sekä nano- ja geenitekniikan sovelluksissa metsäsektorilla.

2. Suomen puuvarojen kasvu, joka nyt on noin 100 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, tulee vuonna 2030 käyttää tasapainoisesti hyödyttämään suomalaisten työllisyyttä ja ehkäisemään ilmastomuutosta. Tässä tarkoituksessa:

- Puuvarojen käyttöä tulee arvioida luovasti ja ennakkoluulottomasti sitoutumatta yksinomaan puun aikaisempiin käyttötapoihin.
- Tulee nykyistä tarkemmin selvittää, mikä merkitys metsillä ja puista tehtävillä tuotteilla on Suomessa ja koko maailmassa hiilidioksidin ja muiden kasvihuonekaasujen nieluina ja varastoina.
- Suomen tulee sitoutua vain sellaisiin nieluja koskeviin sopimuksiin, jotka suomalaisen metsäluonnon noin 70 vuoden kierrolla ovat globaalissa tarkastelussa perusteltuja. Puuvaroja on käytettävä tavalla, joka motivoi edistämään metsien hyvää hoitoa.
- On tehtävä metsätilojen koon kasvattamiseen keskittyvä kehittämisohjelma erityisesti ottaen huomioon kaupunkilaismetsänomistajat. Puun kierron edistämiseksi tulisi harkita esimerkiksi uusia verratukseen perustuvia keinoja sekä metsänhoitoa ja puun myyntiä edistäviä ratkaisuja.
- Metsävaratietoja on hyödynnettävä nykyistä paremmin puun hankinnassa ja puun hankintakäytäntöjä on kehitettävä. Oikea puu on saatettava oikeaan käyttöön eli puuta on kyettävä ohjaamaan oikeassa suhteessa kemiallisen-, mekaanisen- tai energiateollisuuden käyttöön.

3. Tulee selvittää luotettavasti pohjoisen puuraaka-aineen yhteiskuntataloudelliset vahvuudet ja heikkoudet suhteessa trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla kasvatettaviin puihin.

- Tulee arvioida erityisesti koivun käytön yhteiskuntataloudellinen edullisuus sellun ja sen kemiallisten oheistuotteiden valmistuksessa verrattuna trooppisilla tai subtrooppisilla alueilla tuotettuun puuhun ja erityisesti eukalyptukseen.
- Tulee selvittää, mitä mahdollisuuksia suomalainen puu ja suomalaiset tuotantolaitokset tarjoavat erityisten sellulaatujen valmistukseen ja onko jätepaperin käytön korvaaminen ensikuidulla perusteltua ympäristösyin. Yksi syy voisi olla esimerkiksi se, että jätepaperista tehdään etanolia.
- Jos pohjoisten metsien raaka-aineet osoittautuvat sellun ja sen kemiallisten oheistuotteiden valmistuksessa yhteiskuntataloudellisesti kilpailukykyisiksi, tulee selvittää millä keinoilla voidaan vaikuttaa siihen, että erityisesti Suomessa toimivat tai suomalaistaustaiset yhtiöt käyttävät enemmän kotimaista puuraaka-ainetta sellun valmistukseen.

4. Puurakentamisesta on tehtävä Suomelle kansallinen vahvuus vuoteen 2030 mennessä. Tässä tarkoituksessa:

- Puurakentamisen ja puutuotealan koulutus- ja tutkimustoimintaa on vahvistettava.
- Puurakentamista tulee suosia julkisessa rakentamisessa.
- Tulee edistää puun käyttöä talojen peruskorjauksessa mm. käyttämällä puurakenteita lisäeristeenä.
- Suomen tulee aktiivisesti tarjota asiantuntemustaan puukerrostalojen rakentamisen standardien luomiseksi EU:n puitteissa, siten että puurakentaminen helpottuu.

- Rakentamismääräykset on uudistettava puurakentamista suosiviksi. Erityisesti tässä on otettava lähtökohdaksi puurakenteiden hiilen sidontaominaisuudet verrattuna betonielementeistä valmistettuihin taloihin. Talojen eristämiseksi asetetuissa vaatimuksissa on otettava huomioon puutaloasumisen kokonaisedullisuus ilmastonmuutoksen torjunnan kannalta sekä terveellisen asumisen vaatimukset.

5. Pakkaukset muodostavat keskeisen mahdollisuuden puupohjaisten materiaalien mittavalle käytölle vuonna 2030. Tutkimuksella, tuotekehittelyllä ja viranomaismääräyksillä tulee tähdätä siihen, että valtaosa muovisista pakkauksissa on vuonna 2030 korvattu puu- tai sellupohjaisilla tuotteilla. Suomen erityiseksi vahvuudeksi tulee kehittää älykkäät tietotekniikkaa hyödyntävät ja ekologisilta kokonaisvaikutuksiltaan optimoidut pakkaukset.

6. Tulevaisuusvaliokunta katsoo, että vuonna 2030 bioenergian tulee olla yksi keskeinen tapa hyödyntää Suomen puuvaroja ja peltopinta-alaa. Vuoden 2020 perspektiivillä tätä edellyttää jo Suomen EU:lle antama sitoumus uusiutuvan energian osuudesta maamme energian kulutuksessa. Biopolttonesteiden valmistuksessa suomalaiset raaka-aineet kohdannevat kovan kilpailun tropiikissa tuotettujen raaka-aineiden kanssa. Suomalaisesta biomassasta valmistetut biopolttonesteet tullevat vuonna 2030 kilpailemaan mm. levistä, sokeriruo'osta ja jatropa –pensaan hedelmistä valmistettavien biopolttoaineiden kanssa.

- EU:n vaatimukset, metsien kasvun ja peltopinta-alan mielekäs käyttö ja Suomen huoltovarmuus energiantuotannossa edellyttävät, että biomassojen hyödyntämistä energiantuotannossa tulee tukea pitkäjänteisesti tarvittaessa verotuksen keinoin.

- Tulee varmistaa riittävä tutkimus- ja kehitysrahoitus kotimaiseen puuhun ja turpeeseen perustuvalle biopolttonesteiden tuotannolle. Ennen laajamittaiseen tuotantoon ryhtymistä tulee arvioida tämän tuotannon ympäristövaikutukset ja yhteiskuntataloudellinen edullisuus verrattuna maamme rajojen ulkopuolelta saataviin biopolttoaineiden raaka-aineisiin.

7. Vesivarojen hallinta muodostaa keskeisen haasteen maailman biotuotannolle. Suomalainen teollisuus on kehittynyt hyvin tehokkaaksi vesien puhdistajaksi ja käyttövetensä kierrättäjäksi. Vesiossaamisen tulee olla Suomen viennin merkittävä vahvuus vuonna 2030.

- Suomalaista vesiossaamista tulee kehittää sitä edistävällä koulutuksella ja tutkimuksella.

- Suomalaisen korkeatasoista osaamista tulee laajentaa orgaanisen aineksen puhdistustekniikoista vesivarojen yleiseen hallintaan kuten yhdyskuntien jätevesien puhdistukseen, makean veden lähteiden tehokkaampaan käyttöön ja suolaisen veden puhdistukseen kasteluvedeksi.

- Puhdas vesi tuotteisiin sitoutuneena virtuaalivetenä on nostettava suomalaisen biotuotannon yhdeksi tukijalaksi. Biotuotteita markkinoitaessa on korostettava, että suomalaista vettä hallinnoidaan oikeudenmukaisesti ja teknisesti korkeatasoisesti. On myös tuotava esiin se tosiasia, että Suomi kuuluu jatkossakin niiden maiden joukkoon jossa puhdas vesi ei ole niukuustekijä. Suomessa on siten kansainvälisestä näkökulmasta järkevää tuottaa myös paljon vettä vaativia biotuotteita.

8. Ilmastonmuutos ja muuttuva ravinnon kysyntä maailmalla tulevat merkittävästi muuttamaan suomalaisen elintarviketalouden toimintaedellytyksiä vuoteen 2030.

- Kun ruokaturva on noussut hyvin haastavaksi ongelmaksi maailmassa, on tärkeää varmistaa suomalaisen ravintohuollon toimivuus

- Suomalaisen elintarviketalouden tulee perustua korkeaan osaamisen tasoon kaikissa arvoketjuissa ja erityisesti avainaloilla kuten maidon ja lihan tuotannossa. Tutkimusta ja tuotekehittelyä tarvitaan mm. bioraaka-aineiden jalostukseen terveysvaikutteisiksi tuotteiksi

- Maaperän rakennetta ja ojitustekniikkaa tulee kehittää vesi- ja ravinnevarojen paremman hyödyntämisen näkökulmasta. Myös maaperän mahdollisuudet hiilen nieluna on todennettava ja hyödyn-

nettävä. Karjankasvatus hyvien vesivarantojen ja -huollon olosuhteissa muodostaa erityisen vahvuuden Suomelle.

- Asiakkaiden odotuksiin ruuan suhteen on kiinnitettävä erityistä huomiota. On vahvistettava erityisellä ruokakulttuurilähettiläillä kuvaa suomalaisesta ruuasta maukkaana ja luontoarvoja kunnioittavana. Suomalainen koulu on hyvä kiintopiste myös suomalaisen ruokakasvatuksen kehittämiseen. Suomalaisen tuotannon tulee hyödyntää lisäaineettoman, säilyvän ja silti maistuvan ruoan kasvavia markkinoita.
- Osaavasta luonnonmukaisesta tuotannosta tulee kehittää Suomelle vahvuus.
- Lähiruoan asemaa on vahvistettava kotimaisessa elintarvikeketjussa.

9. Kasvivalkuaisuus tuotannon hallinta on suomalaisen huoltovarmuuden kannalta erittäin olennaista. Erityisesti on kiinnitettävä huomiota yksimahaisten kotieläimien - sian ja broilerin - proteiinihuoltoon. Se on tällä hetkellä 80 prosenttisesti tuontivalkuaisrehun varassa. Pohjoisiin olosuhteisiin soveltuvien proteiinilähteiden kehittämiseen on tietoisesti panostettava. Tulee etsiä taloudellisesti edullisia keinoja erottaa biomassoista (esim. viljat) proteiinirikkaimpia osia valkuaisen tuotantoon. Tästä hyvä esimerkki on proteiinin ja bioetanolin yhteistuotanto.

10. Uuden biotekniikan osaaminen taitona lukea organismien perimän DNA:ta on lisääntymässä nopeudella, jota voidaan rinnastaa uuden tietotekniikan kehitykseen kolmen viime vuosikymmenen aikana. Myös geenien siirrot lajien välillä voidaan tehdä yhä hallitummin.

- On tärkeää varautua siihen, että vuonna 2030 uuden biotekniikan osaaminen on aivan toisella tasolla kuin vuonna 2009. Esimerkiksi vuonna 2030 saattaa olla mahdollista valmistaa edullisesti keinolihaa ravintoliuoksessa eläinten kantasoluista.
- Kasvintuotannon lajikejalostusta tulee arvioida ja selkiyttää kasvien geenimuuntelun merkitystä non-food -tuotannossa, rehu tuotannossa ja ravintotuotannossa

11. Ilmastonmuutoksen, maailman ravintohuollon ja biodiversiteetin suojelun globaaleja haasteita käsitellään kansojen välisellä yhteistyöllä. On tärkeää, että Suomi on aktiivisesti vaikuttamassa kansainvälisiin neuvotteluihin ja osallistuu valtioiden välisiin sopimuksiin EU:n kautta tai erilaisten kansainvälisten järjestöjen puitteissa. Yhä tärkeämpää on kuitenkin, että maailmanlaajuisesti toimivat yritykset käyttäytyvät vastuullisesti ja että jokainen suomalainen ymmärtää olevansa osaltaan vastuussa maailmanlaajuisien ongelmien ratkaisemisessa.

12. Suomen luonto tarjoaa suuria mahdollisuuksia sekä biomateriaaleina että ainutlaatuisina ympäristöinä. Suomen biosektorin tulee olla tulevaisuudessa korkean osaamisen toimiala, joka on kansainvälisesti suuntautunut ja lahjakkaita nuoria innostava. Monet tulevaisuudentutkijat ovat ennakkoineet, että tietoyhteiskuntaa seuraa bioyhteiskunta. Olkoon Suomi eturintamassa sen vastuullisessa ja kestävässä toteuttamisessa!

Taulukko: Suomen biotuotannon keskeisiä vahvuuksia, heikkouksia, uhkia ja mahdollisuuksia

VAHVUUDET Kestävällä tavalla hoidetut ja puuainekseltaan vahvat metsävarat, jotka lisääntyvät noin 100 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Metsätieverkosto. Monipuolinen ja kiinnostava luonto Kestävä vesitalous ja vesiosaaminen. Suomi kuuluu harvoihin maihin maailmassa, jossa makean veden saanti ei muodosta keskeistä rajoitetta biotuotannolle Korkea osaamistaso puun kemiallisessa jalostamisessa; koneiden ja laitteiden valmistuksessa ja huollossa; sekä maailman metsävarojen ja metsämarkkinoiden tutkimusmenetelmissä ja tunteimisessa Osaava elintarviketalous ja erityisesti joidenkin sektoreiden hyvä tuntemus (mm. maidon ja lihan tuotanto) Hyvin toimiva yhteiskunta ja hallinto, viranomaisten rehellisyyteen voidaan luottaa.	MAHDOLLISUUDET Maailman parhaan metsä- ja puuosaamisen hyödyntäminen globaaleissa puitteissa: neuvonta, inventointiosaaminen, hiilinielujen luotettava arviointi, erikoispakkaukset ja –paperit, puun arvokkaiden ainesosien mikrobiologinen hyödyntäminen, nano- ja geenitekniikan sovellukset Puuston koko kasvun hyödyntäminen ja kasvatuksen uudet menetelmät: Puurakentaminen kansalliseksi vahvuudeksi, puurakentamista suosivien standardien ja määräysten kehittäminen Puu- ja turvepohjaiset biopolttoaineet Sähkön ja lämmön yhteistuotanto bioenergialla Jatkuvaan kasvatukseen ja ylitiheään kasvustoon perustuva metsänhoito Puhtaus ja kestävyys Suomen biobrandin ja markkinoinnin perustoina: Luonnonmukainen viljely, luomusuurtuotanto Karjankasvatus hyvien vesivarojen ja -huollon maassa Vesiviljely vesijättö- ja ruovikkoalueilla Metsän moninaiskäyttö, turismi ja virkistys Sisävesien ja meren kalakantojen hyödyntäminen kestäväällä tavalla, biodieseliala kaloista
HEIKKOUEDET Harva vaikka vielä koko maan kattava asutus ja pitkät matkat, puiden luontainen vuotuinen kasvu hidasta Pienyrittysten riskirahoituksen, ideoiden, uskalluksen ja osaamisen puute, Tekes-rahoitus ei kannusta yrittäjyyteen Puun hankinta liikaa kuituja tuottavien suuryritysten hallinnassa Puutuoteosaaminen heikkoa kaikilla tasoilla ja alan toimijat ovat heikosti verkostoituneita Luonnonmukaisen tuotannon arvostuksen puute ja osaamisen matala taso koulutuksen ja tutkimuksen puuttuessa Suurten kauppaketjujen ostopolitiikka, paikallista biotuotantoa ei oteta riittävästi myyntiin	UHKAT Suomalaisen paperin ja sellun kysynnän hiipuminen eurooppalaisen kysynnän vähentyessä ja eukalyptuksen korvatussa muita kuitumateriaaleja Luonnon katastrofien lisääntyminen: myrskyt, rankasateet, tulvat, uudet taudit ja tuhohyönteiset. Luonnonvaroista huolehtiminen muuttuu kannattamattomaksi. Metsien uudistaminen ja ensiharvennukset laiminlyödään. Metsien kasvua lisäävä hoito voi kääntyä haitaksi, jos päästökiintiöissä puuston tietyn vuoden kasvu otetaan vaadittaville päästövähennyksille Ylikireät energia- ja palomääräykset estävät puurakentamista Geenimuunnellun levän tai kasvilajikkeen leviäminen luontoon

Suomalainen biopolitiikka kansainvälisessä ympäristössä

Biopolitiikassaan Suomi ei saa rajoittua vain maamme rajojen sisällä tapahtuvaan toimintaan. Tulevaisuusvaliokunta korostaa suomalaisten toiminnan haasteita erityisesti maailman trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla. Suomen kansallisten etujen valvontaa ja Suomen kansallista biopolitiikkaa tulee tehdä yhdenmukaisesti ne kestävä kehityksen haasteisiin näillä alueilla. Käytännössä biopolitiikkaa globaalissa ympäristössä voidaan toteuttaa monin tavoin: EU:n ilmastopolitiikkana, kehitysyhteistyöpolitiikkana, ulkomaankauppapolitiikkana, vaikuttamisena valtion osittain omistamien yhtiöiden johtamisen eettisiin toimintaperiaatteisiin jne.

Kehitystä kohti visiota edistää erityisesti pienimuotoisen, moniin toisiaan täydentäviin kasvilajeihin ja ihmistyöhön olennaisesti perustuvan viljelyn suosiminen ja tehostaminen maailman trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla. Erityisesti lajien moninaisuuden säilyttämisen kannalta sademetsien säilyttäminen on olennainen tähän linjaukseen liittyvä tavoite.

Paikallista ruokahuoltoa turvaava ja työllistävä, mutta nykyisiin käytäntöihin verrattuna olennaisesti tehokkaampi viljely voi ratkaista valtavia yhteiskunnallisia ongelmia, joita liittyy väestön keskittymiseen kehitysmaiden suurkaupunkien slummeihin. Työllistävää viljelyä on tuettava kaikilla tieteen ja teknologian ja varsinkin uuden bioteknologian tarjoamilla tavoilla. Myöskään nopeasti kehittyvän geenimuuntelun mahdollisuuksia ei tule tässä jättää käyttämättä.

Ei ole toivottavaa, että maaperää käytetään olennaisesti nykyistä enemmän maailman trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla ravintokasvien viljelyyn suurilla samana kasvia tuottavilla viljelyalueilla. Vaikka nämä viljelymuodot voivat lisätä satoja, nämä maankäytön muodot vievät edellytyksiä tehostuvalta pienimuotoiselta viljelyltä. Kasvimyrkky glyfosaattia kestäviä geenimuunneltuja lajikkeita ei tule suosia varsinkaan niissä tapauksissa, joissa niiden viljely johtaa suoraan tai epäsuorasti sademetsien hävittämiseen ja maaseutuväestön siirtymiseen kaupunkeihin.

Myös puuplantaasit uhkaavat tavoiteltavaa pienimuotoista viljelyä. Suhtautumissa eukalyptuksen ja muiden trooppisten puiden viljelyyn tulee ilmastonmuutoksen torjunnan ohella erityisesti ottaa huomioon ratkaisujen vaikutukset työllisyyteen Suomessa. Eukalyptusviljelmät uhkaavat suomalaista työllisyyttä heikentämällä suomalaisen puun ja varsinkin koivun asemaa sellun raaka-aineena. Toisaalta on tärkeää, että suomalaisia globaalilla metsäsektorilla työllistävät yritykset säilyvät kilpailukykyisinä. Jotta suomalaistaustaisen metsäteollisuuden sekä metsäteollisuuden tarvitsemien koneiden ja laitteiden suomalaisen valmistuksen kilpailukyky ei vaarantuisi, on eukalyptusplantaasien ja niihin liittyvien sellukombinaattien lisääminen hyväksyttävää, jos seuraavat ehdot ovat paikallisesti voimassa:

- voidaan osoittaa vakuuttavasti, että plantaaseilla voidaan olennaisesti lisätä hiilen ja muiden kasvihuonekaasujen sitomista ilmakehästä
- viljelmät eivät suoraan tai epäsuorasti uhkaa olemassa olevia sademetsiä tai sademetsiksi palautuvia alueita
- viljelmät eivät vaaranna alueella keskeisten resurssien eli veden ja ravinteiden saantia tai saannin vähenemisen on kohtuullisella tavalla korvattu vähenemisestä kärsiville
- plantaasit ja niihin perustuva teollinen toiminta lisäävät paikallisen köyhän väestön työllistymistä tai eivät ainakaan vähennä köyhän väestönosan työllistymistä kohtuullisen elintason turvaavalla tavalla
- viljelmät ja niihin perustuva teollinen toiminta eivät saamillaan suurilla subventioilla ja veroedulla edistä epätervettä kilpailua maailman maiden välillä yrityksille annettavissa tuissa

Asetetut vaatimukset ovat eukalyptusta helpommin saavutettavissa trooppisia mäntyjä viljelemällä. Trooppiset männyt varastoivat kasvukautenaan hiiltä pidemmäksi aikaa kuin eukalyptus. Trooppisista männyistä valmistetut puutuotteet myös sitovat hiiltä pysyvämmiin kuin eukalyptuksesta valmistetut. Niiden paikallinen työllistävä vaikutus on myös eukalyptusta suurempi. Puutuotteiden markkinat ovat myös paikallisempia kuin kuitupohjaisten tuotteiden markkinat eivätkä näin samassa määrin kuin eukalyptus uhkaa Suomessa tapahtuvan tuotannon kilpailukykyä.

Sademetsien raivaamisen uhkaa tulee vähentää taloudellisin kannustein, jotka tukevat uhatun sademetsäalueen väestön työllistymistä ja toimeentuloa. Erityisen hyvä on menettely, jossa sademetsiä omistavien suostumuksella sademetsiä kestäväällä tavalla hyödyntäville maksetaan siitä, että he jatkavat kestävä kehityksen mukaista hyödyntämistä ja suojelevat metsiä niiden laittomilta hakkuilta.

Suurilla maa-alueilla tapahtuvaan karjan kasvatukseen liittyy sekä hyviä että huonoja puolia. Perinteisellä tavalla tapahtuva karjankasvatus ei käytä runsaasti luonnon resursseja. Se myös työllistää trooppisilla alueilla enemmän kuin kasvinsuojeluaine glyfosaattiin perustuva laajojen alueiden soijan tai maissin kylväminen viljely. Ongelmana ovat tropiikin ja erityisesti Brasilian perinteisen karjankasvatuksen vaatimat erittäin suuret maa-alueet. Maailman ruokahuollon ollessa uhattuna lähi-vuosikymmeninä ja ilmastonmuutoksen torjunnan vaatiessa biopolttoaineiden merkittävää tuotantoa, lihan lisääntyvään kulutukseen maailmassa on pakko kiinnittää kasvavaa huomiota. Ilmastonmuutoksen torjunnan kannalta karjankasvatuksen metaanipäästöt ovat suuri ongelma. Lihan tuotannon tulisi ainakin tapahtua lisääntyvästi siellä missä luontaiset edellytykset sille veden runsaan saannin ja hyvin kasvavien nurmien ansiosta ovat hyvät. Suomi kuuluu niihin maihin, joissa ilmastonmuutoksen edetessä näyttäisi olevan tulevaisuudessa erityisen hyvät edellytykset karjan kasvatukseen.

Jotta biopolttoaineista voisi maailmanlaajuisesti tulla merkittävä keino ilmastonmuutoksen torjuntaan, niiden valmistuksen tulisi erittäin huomattavasti tehostua. Trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla lupaavimpia biopolttoaineiden raaka-aineita vuoden 2030 perspektiivillä näyttäisivät olevan levät, sokeriruoko ja jatropa-kasvi.

Leviä on tutkittu jo kauan varsinkin Yhdysvalloissa mahdollisina diesel-öljyn lähteinä. Periaatteessa öljytonnin tuottamiseen tarvittavan levien kasvatusaltaan pinta-ala on noin kymmenesosa tai jopa vain sadasosa siitä pinta-alasta, jonka öljypalmu tarvitsee öljytonnin tuotantoon. Levien käytössä bioöljyn lähteenä on edelleen paljon teknisiä vaikeuksia, mutta nopeasti etenevä biotekniikka antaa perusteita uskoa menestykseen vuoteen 2030 mennessä. Levien erityinen etu on, että niitä voidaan viljellä myös suolaisessa merivedessä. Varsinkin geenimuunnellut levät voivat tulevaisuudessa olla ylivoimainen biopolttoaineiden lähde. Ne voivat myös kehittyä ratkaisevan tärkeäksi tavaksi hiilidioksidin talteenottoon hiiltä poltettaessa. Suolaisessa vedessä tehokkaasti lisääntyvään levään liittyy kuitenkin myös suuri riski, että se pääsee hallitsematta lisääntymään merissä. Tehokkaasti lisääntyvä levä voi vaikuttaa erittäin vaikeasti korjattavalla tavalla maailman ekosysteemeihin.

Sokeriruoko on korkeasti polyploidinen kasvi eli sen perimän kymmenen kromosomia esiintyvät kasvissa viisin tai jopa neljatoistakertaiseksi monistuneena. Tällaista kasvia on äärimmäisen vaikea kehittää perinteisin risteilyksin menetelmin. Niinpä ei ole yllättävää, että juuri tätä kasvia on voitu viime vuosina kehittää erityisen paljon geenien siirroilla. Yleisesti on esitetty arvio, että geneettisellä muuntelulla sokeriruoko on etanolin tuotto voidaan kaksinkertaistaa 15 vuodessa. Myös kuivilla alueilla menestyvää bioöljyä tuottavaa jatropa-pensasta voidaan kehittää geenimuuntelulla paremmin tuottavaksi.

Suomessa mahdollisesti vuonna 2030 tuotettavat biopolttoaineet kilpailevat todennäköisesti erityisesti edellä mainittujen maailman trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla tuotettujen biopolttoaineiden kanssa. Suomen biopolitiikan yksi ydinkysymys on, voidaanko suomalaisista biopolttoaineiden lähteistä kehittää tasaväkisesti kilpailevia vaihtoehtoja mainituille polttoaineille. Ratkaisevaa kilpailukyvyn kannalta on, kuinka kasvien ja erityisesti puiden sisältämää selluloosaa ja ligniiniä kyetään taloudellisesti mielekkäästi muuntamaan polttonesteeksi. Tähän on pyrittävä kaikin tieteen tarjoamin keinoin myös edistämällä Suomessa geenimuuntelun käyttöä tähän tarkoitukseen.

Suomalaiseen biotuotantoon liitetään maailmalla vahvasti mielikuva puhtaudesta. Tätä käsitystä on lähitulevaisuudessa perusteltua hyödyntää suomalaista biotuotantoa kehitettäessä. Luomuviljelyn edistäminen on perusteltua ottaa yhdeksi Suomen kansallisen biopolitiikan keskeiseksi tavoitteeksi.

Epäilykset geneettisesti muunneltujen ravintokasvien perinnöllisen aineksen leviämisestä tavanomaisin menetelmin viljeltyihin kasveihin ja varsinkin luomuviljeltyyn kasvustoon on lähivuosina torjuttava. On kuitenkin tärkeää, että uuden kasvibiotekniikan korkeatasoinen osaaminen säilyy Suomessa. Suomalaisen biotuotannon pitää olla myös tieteellisen tiedon eikä vain mielikuvien varassa kestävä kehityksen mukaista. Tulee esimerkiksi varautua siihen, että jo 2020-luvulla pystytään tekemään geenimuuntelua hyvin täsmällisesti niin, että DNA –ketjun muutos tehdään täsmälleen tavoiteltuun kohtaan perimässä. Näin geenimuuntelulla voidaan esimerkiksi tarkkaan jäljitellä sitä, mitä tapahtuu kasvien risteytyessä.

Viimeistään vuoden 2030 vaiheilla, mutta mahdollisesti jo paljon aikaisemmin, on tarpeen perusteellisesti arvioida, millaisia uusia linjauksia kehittynyt biotekniikka ja geenitekniikka vaativat Suomen biopolitiikassa. On mahdollista, että kehittyvä biotekniikka ”arkipäiväistää” geenitekniikan niin, että kasvilajien kehittäminen geenimuuntelulla paremmin tauteja, kuivuutta, suolaisuutta ja ravinteiden niukkuutta kestäviksi ei herätä enemmän epäilyksiä kuin samoihin tavoitteisiin pyrkiminen nykyisin risteilyyn perustuvien menetelmin. Turvallisuussyistä geenitekniikkaa on perusteltua ottaa käyttöön ensin biopolttoaineiden valmistuksessa, sitten sellaisten rehujen valmistuksessa, joita ei käytetä ihmisravinnoksi ja vasta viime vaiheessa laajasti ravinnon tuotannossa.

Helsingissä 5. päivänä helmikuuta 2010

Asian käsittelyyn valiokunnassa ovat ottaneet osaa

pj.	Marja Tiura /kok
vpj. Jyrki	Kasvi /vihr
jäs.	Mikko Alatalo /kesk
	Marko Asell /sd
	Harri Jaskari /kok
	Kyösti Karjula /kesk
	Miapetra Kumpula-Natri /sd
	Jouko Laxell /kok
Päivi	Lipponen /sd
	Marjo Matikainen-Kallström /kok
	Mats Nylund /r
	Sirpa Paatero /sd
	Lyly Rajala /kok
Kimmo	Tiilikainen /kesk
	Pertti Virtanen /ps
	Jyrki Yrttiaho /vas.

I JOHDANTO

1 Globaalin biopolitiikan ja ilmastonmuutoksen haaste ¹

1990-luvulta lähtien suomalainen teollinen tuotanto on nopeasti levittäytynyt ympäri maailmaa. Suomen vientiteollisuuden työvoimasta jo yli puolet työskentelee Suomen rajojen ulkopuolella. Vuonna 2008 Suomen Teknologiateollisuus ry:n jäsenyritysten ulkomainen työvoima ylitti ensimmäisen kerran kotimaisen työvoiman määrän. Metsäteollisuutemme asiakkaat ovat jo kauan olleet pääasiassa Suomen ulkopuolelta. Metsäteollisuus on kuitenkin aina viime vuosiin saakka näyttänyt vakaasti kansalliselta tuotannolta. Toisteltuun kiteytykseen, että ”Suomi elää metsästä” on liittynyt vankka usko siihen, että puunjalostusteollisuus on ja pysyy Suomessa. Tähän uskoon on perustunut mm. se, että Suomessa alettiin 1950-luvulla erittäin pitkäjänteisesti kehittää puiden taimituotantoa paremmin metsäteollisuuden tarpeita vastaamaan.

Tällä hetkellä tuntuu erikoiselta, kuinka suurena yllätyksenä Suomessa toimivan metsäteollisuuden rakennekriisi tuli. Eukalyptussellusta puhuttiin julkisuudessa tuskin mitään silloin, kun Suomi vuonna 2007 tuskaili Venäjän puutullien kanssa. Näin oli, vaikka eteläamerikkalainen eukalyptussellu oli jo edullisilla tuotantokustannuksillaan nopeasti korvaamassa koivusellua. Myös paperin kysynnän hiipuminen maailmalla tuli lopultakin yllätyksenä. Näin siitä huolimatta, että ensimmäisiä visiointejä paperittomasta konttorista esitettiin jo 1980-luvun alkupuolella ja että Suomi on ollut yksi uuden tietotekniikan edelläkävijöitä.

Metsäntutkimuslaitoksessa tehty selvitys (Hetemäki ja Hänninen 2009) vahvistaa niitä huolestuttavia näkymiä, joita jo tulevaisuusvaliokunnan teettämässä Metsät-ravinto-vesi –hankkeen esiselvityksessä (Honkapohja ja Kuusi 2008) hahmoteltiin. Vaikka kaikki pessimistisimmät näkymät eivät toteutuisikaan, metsäteollisuus on myös tuotannon järjestämisessä siirtynyt selkeästi globaalitalouden piiriin.

Suomessa toimivan metsäteollisuuden kriisi antaa hyvän perusteen tarttua vielä laajempaan haasteeseen. Tämä Metsät-ravinto-vesi –hankkeen loppuraportti haastaa päätöksentekijät ja kansalaiset kehittämään Suomen globaalia biopolitiikkaa. Raportin yksi keskeinen viesti on, että Suomen ei tule ”piiloutua EU:n selän taakse” ilmasto- ja muissa biopoliittisissa ratkaisuissaan. Vaikka on toki tärkeää, että Suomi pyrkii täyttämään maailmalle EU:ssa asetetut velvoitteet, Suomen on etsittävä oma tapansa toimia globaalilla biosektorilla. Monet globaalissa biotuotannossa toimivat suomalaiset on saatava toimimaan paremmalla tavalla yhdessä erityisesti liittyen globaaliin ilmastonmuutokseen ja maailman ravintoturvaan. Kehittämällä tällaista kansallista tulevaisuuspolitiikkaa, Suomi voi myös suunnata EU:n politiikkaa. Tämä koskee erityisesti metsäsektoria, mutta mahdollisuuksia on myös muun biotuotannon osalta.

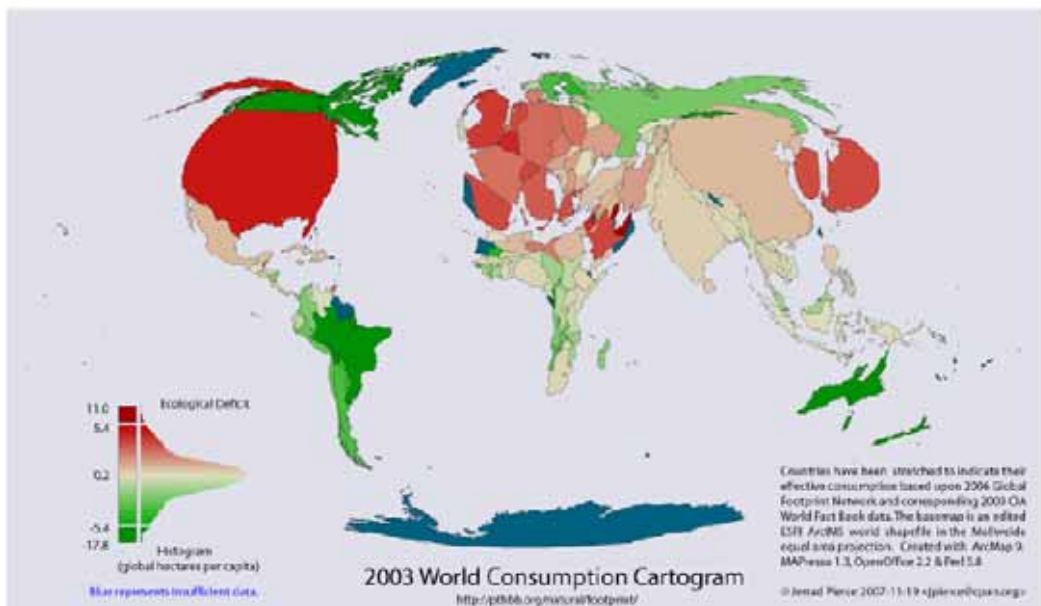
Tässä johdantoluvussa avaamme keskeisiä näkökulmia, joita mielestämme on nyt otettava erityisesti huomioon Suomen globaalia biopolitiikkaa hahmoteltaessa. Näiksi toisistaan vahvasti riippuviksi haasteiksi olemme tunnistanee: ilmastonmuutoksen torjunnan, luonnon moninaisuuden eli biodiversiteetin turvaamisen, maailman vesivarojen hallinnan ja tarkoituksenmukaisen käytön sekä mielekkään tasapainon löytämisen tehokkaan mutta monenlaisia ongelmia aiheuttavan monokulttuuriviljelyn ja pienimuotoisen perustoimeentulon suurille väestöryhmille takaavan viljelyn välillä.

¹ Luku on yhdessä Osmo Kuusen, Sirpa Kurpan ja Jussi Pakkasvirran kirjoittama

1.1 Ilmastonmuutos

Etsittäessä tapoja vaikuttaa biosektorin kehittämisen kautta ilmastonmuutokseen on tärkeää huomiota epätasapaino paikallisten luonnonresurssien määrän ja käytön välillä maailman eri alueilla. Oheisessa kartassa on kuvattu sitä, kuinka maailman eri osissa käytetään luonnonresursseja suhteessa niiden omaan biotuotantoon. Kuva 1.3. kertoo, että Yhdysvallat, Japani ja Keski-Eurooppa käyttävät selkeästi ravintoonsa enemmän luonnonresursseja kuin mitä nämä maat voivat kestävällä tavalla käyttää. Toisaalta erityisesti Etelä-Amerikka ja Australia omaavat selkeästi enemmän resursseja biotuotantoon kuin mitä ne käyttävät. Myös Suomi ja Ruotsi ovat kuvion mukaan biotuotannossaan antavina osapuolina.

Kuva 1.1. Globaalin tuotannon ja kulutuksen alueelliset suhteet vuonna 2003 (Pierce 2007).



Kuva esittää ekologisen jalanjäljen kokoa eri kansakuntien osalta. Alueen lihominen osoittaa sitä että asukkaiden ekologinen jalanjälki on suurempi kuin maan biotuotannon mahdollisuudet ja maa-alueiden laihtuminen sitä että maa luovuttaa osuuttaan muiden käyttöön. Punainen väri tarkoittaa ekologisen jalanjäljen vajetta (vaje = biokapasiteetti – jalanjälki, kaikki suureet globaalihehtaareita) ja vihreä väri ekologisen jalanjäljen säästöä kullakin alueella.

Ekologinen jalanjälki on William Ree'n ja Mathis Wackernagel'n kehittämä mittari, joka kuvaa sitä globaalin biotuotannon hehtaarien määrää, joka tarvitaan kuluttajan kulutukseensa käyttämien tuotteiden tuottamiseen. Globaalihehtaari (gha) on hehtaarin suuruinen alue, jonka ekologinen tuottavuus vastaa maapallon keskiarvoa. Suomelle on tyypillistä, että ekologinen jalanjälkemme on suuri mutta samanaikaisesti menestymme hyvin Maailman talousfoorum (World Economic Forum) ympäristön kestävyysindeksi (EPI) –vertailuissa.

Suomen ekologinen jalanjälki oli vuonna 2003 maailman kolmanneksi suurin: 7,6 hehtaaria asukasta kohden. Koko maailman ekologisiksi jalanjäljeksi laskettiin 2,23 hehtaaria asukasta kohden ja maailman kestävä kehityksen mukainen biokapasiteetti salli vain noin 1,8 hehtaarin kokoisen

ekologisen jalanjäljen asukasta kohden. Suomen oma biokapasiteetti on WWF:n laskelmien mukaan kuitenkin jopa 12 hehtaaria asukasta kohden, joten biokapasiteetin ylijäämä on 4,4 hehtaaria asukasta kohden. Vuoden 2005 luvut Suomen osalta ovat hieman pienemmät: koko ekologinen jalanjälki 27,5 milj. gha eli henkeä kohti 5,2 gha. Maamme biokapasiteetiksi arvioitiin 61,6 milj. gha (<http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/trends/finland/inen>).

Vertailukohtana Brasilian ekologiseksi jalanjäljeksi asukasta kohden WWF laski noin 2,3 gha ja biokapasiteetiksi noin 7,3 gha. Ekologinen jalanjälki on maailmassa säilynyt likipitään saman viimeiset 30 v, mutta biokapasiteetti on pudonnut 30 vuoden aikana lähes puoleen. Suomessa biokapasiteetti on samana aikana pudonnut hieman yli 10 %.

Ilmastonmuutoksen torjunta yhdistyy globaalilla tasolla mitä keskeisimmin kysymykseen maaperän ja veden tarkoituksenmukaisesta käytöstä. Ilmastonmuutoksen kannalta erittäin ratkaisevaa on, miten eri tavoin biomassaa tuottavat alueet (metsät, pellot, joutomaat, vesistöt ja asutut alueet) toimivat hiilen tai muiden kasvihuonekaasujen varastoina tai erilaisten kasvihuonepäästöjen lähteinä (hiilidioksidi, metaani, typen yhdisteet jne.) ja kuinka erilaisissa kasvuympäristöissä tuotetut biopolttoaineet korvaavat fossiilisia energialähteitä.

Maailman ilmastopaneeli arvioi eri ihmisistä riippuvien tekijöiden vaikutusta globaaliin ilmastomuutokseen kuvan 1.2. (alkuperäislähde 2.1.) mukaisesti.

Kuva 1.2. Kansainvälisen ilmastopaneelin arvio eri tekijöiden merkityksestä globaaliin ilmastomuutokseen ([http://www.ipcc.ch/pdf/assessment report](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment%20report)). Eri kasvihuonekaasujen osuudet ilmastomuutos vaikutuspotentiaalissa ja eri elinkeinoelämän haarat kasvihuonekaasujen tuottajina. CO₂ ekvivalentti tarkoittaa, että muuta kasvihuonekaasut on muunnettu hiilidioksidin vaikutustasoon. Metaanin kerroin on 26 (se on siis 26 kertaa vahvempi kasvihuonekaasu kuin CO₂) ja typpioksiduulin kerroin on 310.

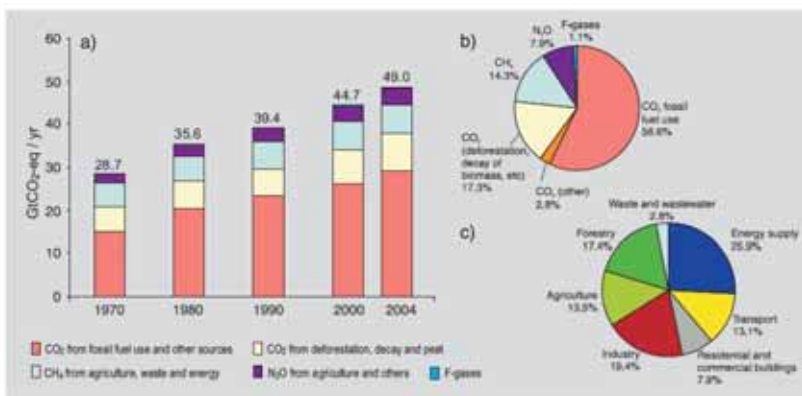


Figure 2.1. (a) Global annual emissions of anthropogenic GHGs from 1970 to 2004.¹ (b) Share of different anthropogenic GHGs in total emissions in 2004 in terms of CO₂-eq. (c) Share of different sectors in total anthropogenic GHG emissions in 2004 in terms of CO₂-eq. (Forestry includes deforestation.) (WGI) Figures TS.1a, TS.1b, TS.2b)

Vuonna 2004 tehdyn arvion mukaan energiantuotanto aiheuttaa maailmassa eniten kasvihuonekaasupäästöjä. Seuraavina ovat arvion mukaan teollisuus ja metsien käytön muutokset kuten sademetsien raivaaminen. Maataloudesta aiheutuu arvion mukaan 13,5 % päästöistä eri hieman enemmän kuin liikenteestä. Joidenkin arvioiden mukaan kuitenkin jopa 18 % maailman päästöistä aiheutuisi pelkästään karjankasvatuksesta. Liikenteen ja rakennusten päästöt jäisivät näitä selvästi pienemmiksi.

Eri maissa biotuotannon osuus kasvihuonekaasupäästöistä vaihtelee suuresti. Sen osuus kasvihuonekaasujen päästöistä riippuu biotuotannon energiantensiivisyydestä, energian käytön tehokkuudesta ja energiamuotojen valinnasta. Päästöt ovat ensisijaisesti hiilidioksidia. Biotuotanto on samalla huomattava muiden kasvihuonekaasujen lähde.

IPCC:n arvion mukaan metsien hävittämisen osuus kasvihuonekaasupäästöistä olisi noin kolmannes ja metsätalouden osuus hieman suurempi kuin maatalouden. Arviossa ei oteta huomioon epäsuoria yhteyksiä eri toimintojen kuten maatalouden ja metsätalouden välillä. Arvio on tehty tuotantolähtöisesti tarkastelematta sitä, kuinka eri päästötyypit ilmenevät kuluttajien valintojen kautta.

Kuva 1.3. Ilmastomuutoksen vaikutukset lämpötilan noustessa 0 – 6 °C

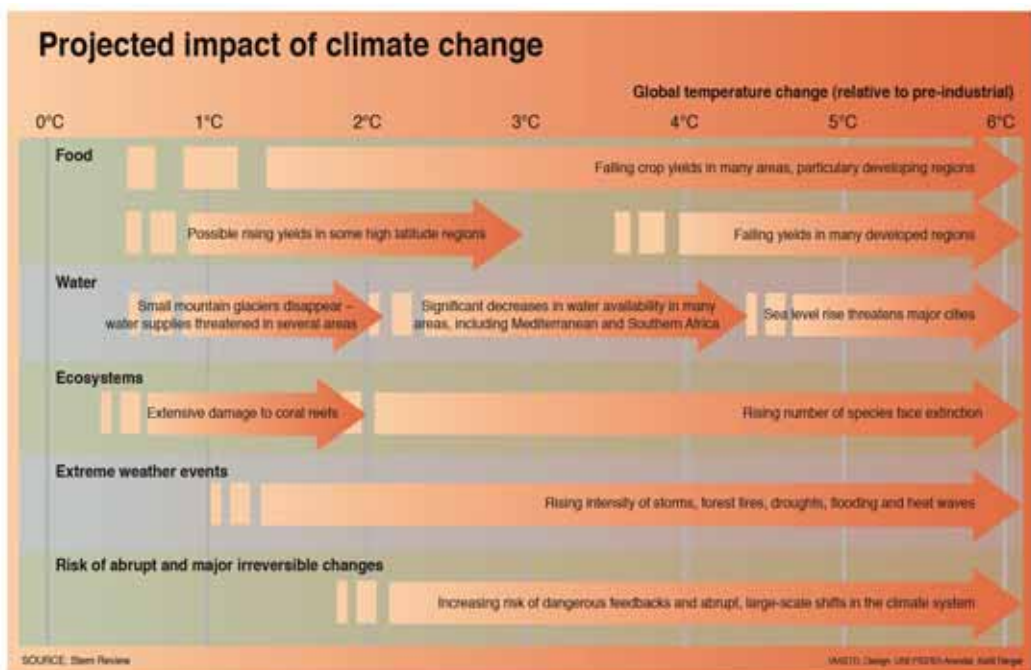


Figure SR-CC2. *Projected impacts of climate change.*

Ilmastomuutosta ei voida tarkastella erillään maailman ravinnon tuotannon ja ruokahuollon haasteista. Maailman sosiaalinen kestävä kehitys ja ekologisesti kestävä kehitys liittyvät läheisesti toisiinsa. Bioenergian laajamittainen tuotanto uhkaa erityisesti maailman huono-osaisimpien mahdollisuuksia saada ravintoa. Tätä uhkaa eivät ole ainakaan vähentämässä edelleen varsin nopeana jatkuva väestönkasvu maailmassa, viljelyyn kelpoillisen maan ennakoitu väheneminen ja globaali talouskriisi. Erityisesti Afrikka, Intia ja jotkut Latinalaisen Amerikan maat ovat nyt ravintohuollon suhteen erityisen uhanalaisia.

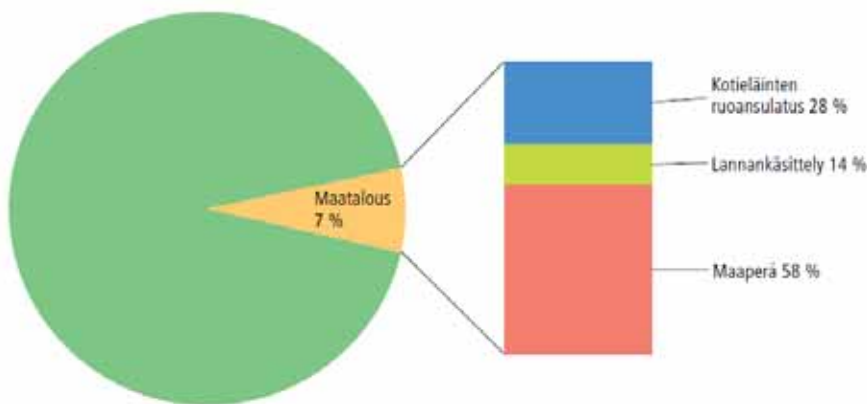
Ilmastomuutoksen vaikutukset alkavat näkyä jo yhden asteen lämpenemisen jälkeen: ruoantuotanto vähenee kehitysmaissa, lajeja ajautuu kiihtyvällä vauhdilla sukupuuttoon ja äärimmäiset sääilmiöt lisääntyvät. Kasvukausi saattaa pohjoisilla leveysasteilla pidentyä, joten sadot voivat Suomessa lisääntyä. Yli kahden asteen lämpeneminen aiheuttaa monilla alueilla vakavaa veden puutetta ja riskiä pysyviin muutoksiin ilmastossa. Neljän asteen lämpeneminen aiheuttaa satojen heikkenemisen

myös monissa kehittyneissä maissa ja vedenpinnan nousu uhkaa suurimpia kaupunkeja. (IAASTD 2009).

Maataloustuotteiden hiilijalanjälki Suomessa ja muualla

Maatalouden päästöt (5,5 miljoonaa ekvivalenttista hiilidioksiditonnia) olivat noin 7 % Suomen kokonaispäästöistä (Kuva 1.4.) Maatalouden päästöihin lasketaan kotieläinten ruuansulatuksesta ja lannankäsittelystä syntyneet metaanipäästöt (CH₄) (1,54 ja 0,77 milj. t CO₂ ekv) ja lannankäsittelystä, viljelymaasta ja kasvitähteiden poltosta syntyneet dityppioksidipäästöt (N₂O) (3,9 milj. t CO₂ ekv) (Taulu 1.1.). Tähän lukuun ei sisälly maaperän hiilidioksidipäästöjä (7,4 milj. t CO₂ ekv) tai energian kulutuksesta kuten maatalouskoneiden käytöstä aiheutuvia päästöjä (1,3 milj. t CO₂ ekv). Kaiken kaikkiaan maatalouden päästöt olivat vuonna 2007 noin 18 % Suomen kokonaispäästöistä (14,2 milj. t CO₂ -ekv).

Kuva 1.4. Maatalouden osuus Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Ei sisällä maankäyttöä, maankäytön muutosta ja metsätaloussektorin hiilidioksidipäästöjä eikä maatalouden energiankäytön päästöjä (Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990 – 2007, Tilastokeskus). http://www.stat.fi/tup/khkinv/suominir_2009.pdf

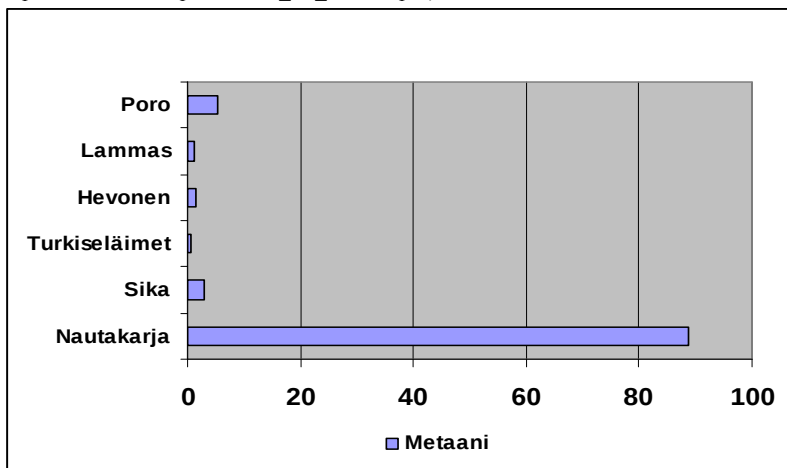


Kotieläimet

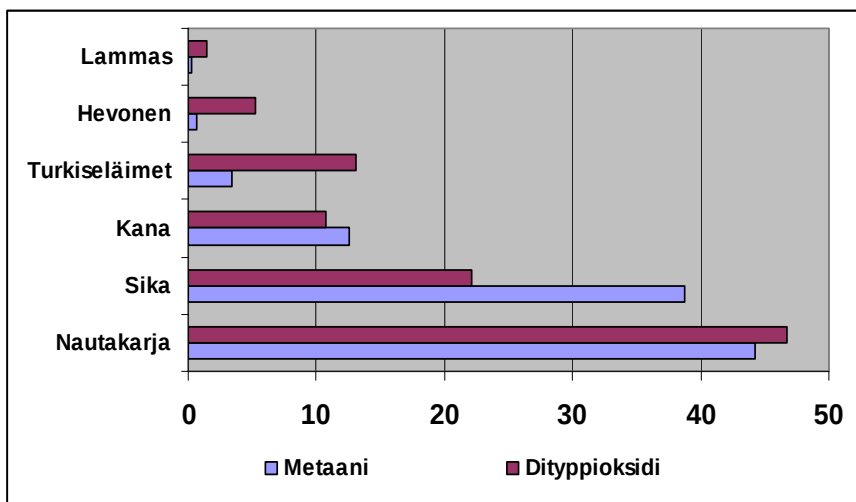
Kotieläinten ruuansulatuksesta ja lannankäsittelystä aiheutuvat päästöt ovat suurimmaksi osaksi peräisin nautakarjasta mutta myös siat, kanat ja turkiseläimet aiheuttavat päästöjä (kuva 1.5 a). Suurin osa maatalouden päästöistä on peltoviljelyn suoria ja epäsuoria dityppipäästöjä. Niitä aiheutuu lannoituksesta, typen sidonnasta, hajoavista kasvintähteistä, turvepeltojen muokkauksesta, ammoniakilaskeumasta sekä vesistöihin huuhtoutuvista typpipäästöistä (Kuva 1.5b.) (Tilastokeskus 2008)

Kuva 1.5. Kotieläinten metaani- ja dityppipäästöt

a) Kotieläinten metaanipäästöt ruuansulatuksesta aiheutuneet metaanipäästöt prosentteina eri kotieläimillä vuonna 2007. Kanankasvatuksesta aiheutuneita päästöjä ei ole arvioitu (Tilastokeskus, http://www.stat.fi/tup/khkinv/fi_nir_030409.pdf)



b). Eri kotieläimien prosenttiosuudet lannankäsittelystä aiheutuneista metaani- ja dityppipäästöistä (Tilastokeskus, http://www.stat.fi/tup/khkinv/fi_nir_030409.pdf)



Teknologiaa ja maan käyttöä muuttamalla voidaan olennaisesti vähentää maatalouden päästöjä. Energiaa voidaan tuottaa vähemmän päästöjä aiheuttavilla tavoilla. Viljelymaiden päästöt vähenevät poistamalla turvemaita käytöstä ja lisäämällä orgaanisen aineksen pitoisuutta kivennäismailla. Maaperän N₂O päästöjä ja lannan päästöjä voidaan vähentää. Viimeaikaisten tulosten mukaan jopa kotieläinten, - erityisesti märehitjoiden – metaanituottoa voidaan vähentää. Kotimaisin toimin ei ole kuitenkaan kovin paljon tehtävissä. Sen sijaan globaalilla tasolla ja varsinkin sellaisissa maissa, joissa uutta maa-alaa otetaan viljelykseen, mahdollisuuksia päästöjen vähentämiseen on paljon.

Päästökehitys

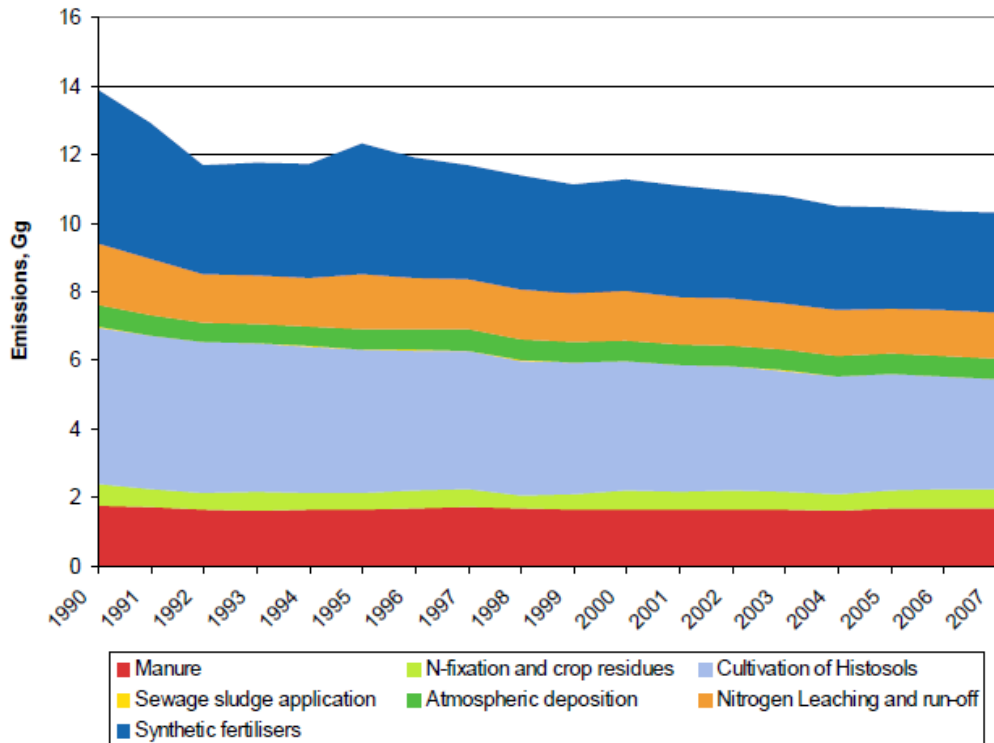
Vuosina 1990 – 2007 päästöt maataloudesta ovat vähentyneet 22 % (Taulu 1.1.). Pääasiallinen syy vähenemiseen on ollut maatalouden rakennemuutos ja etenkin nautakarjan määrän lasku yli 30 prosentilla vuodesta 1990. Eläinten ruuansulatuksesta johtuvat dityppioksidipäästöt ovat vähentyneet. Samaan aikaan tosin maidon ja lihantuotanto eläintä kohti on kasvanut, mikä on lisännyt päästöjä eläintä kohti. Maidon- ja lihantuotantoa kohti päästöt ovat kuitenkin vähentyneet. Lietelantaloiden yleistymisen on lisännyt jonkin verran lannankäsittelyn metaanipäästöjä, mutta dityppioksidipäästöt ovat samalla merkittävästi pienentyneet. Lantaa voidaan käsitellä myös biokaasulaitoksessa vähentäen päästöjen määrää ja korvaten fossiilisia polttoaineita. Toistaiseksi näin käsitellyn lannan osuus on vielä kuitenkin pieni. Yhteisvaikutuksena kokonaispäästöt lannankäsittelyssä ovat joka tapauksessa vähentyneet.

Viljelymaan dityppioksidipäästöt ovat vähentyneet neljänneksellä vuoden 1990 tasosta ja tämä vaikuttaa merkittävästi koko maatalouden päästöjen pienenemiseen. Päästöjä on vähentänyt typpilannoituksen määrän väheneminen ja turvepeltojen pinta-alan pieneneminen. (Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990 – 2007, Tilastokeskus) http://tilastokeskus.fi/tup/khkinv/suominir_2009.pdf

Taulu 1.1. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen kehitys 1990 – 2007 (milj. tonnia CO₂–ekv.) (Tilastokeskus 2009).

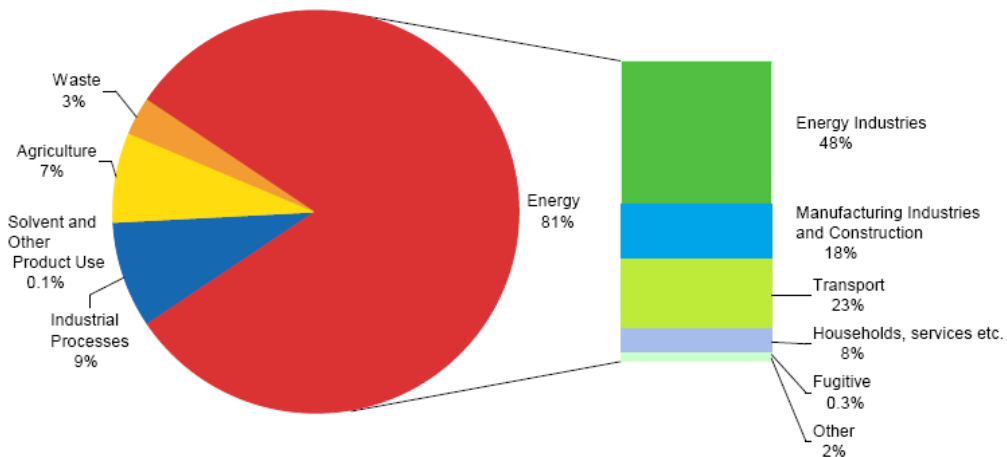
Vuosi	Kotieläinten ruuansulatus	Lannankäsittely		Maaperä		Kasvintähteiden poltto	CH ₄	N ₂ O	Päästöt yhteensä
	CH ₄	CH ₄	N ₂ O	N ₂ O		CH ₄ +N ₂ O	Yhteensä	Yhteensä	(CH ₄ + N ₂ O)
1990	1,93	0,23	0,65	4,31	0,002	2,16	4,97	7,12	
1991	1,85	0,22	0,62	4,00	0,000	2,07	4,61	6,69	
1992	1,79	0,22	0,59	3,63	0,000	2,01	4,20	6,23	
1993	1,79	0,22	0,56	3,66	0,000	2,01	4,21	6,23	
1994	1,79	0,23	0,56	3,63	0,000	2,02	4,20	6,21	
1995	1,69	0,25	0,56	3,81	0,000	1,94	4,38	6,31	
1996	1,70	0,25	0,59	3,69	0,001	1,95	4,27	6,23	
1997	1,73	0,26	0,59	3,63	0,000	1,99	4,22	6,21	
1998	1,69	0,26	0,59	3,53	0,000	1,95	4,12	6,07	
1999	1,66	0,26	0,56	3,44	0,000	1,92	4,01	5,92	
2000	1,66	0,26	0,56	3,50	0,001	1,92	4,05	5,98	
2001	1,64	0,25	0,53	3,44	0,001	1,89	3,97	5,86	
2002	1,64	0,26	0,53	3,38	0,001	1,91	3,92	5,81	
2003	1,61	0,27	0,53	3,35	0,001	1,89	3,86	5,76	
2004	1,59	0,27	0,50	3,26	0,001	1,87	3,76	5,62	
2005	1,58	0,28	0,50	3,22	0,000	1,86	3,74	5,58	
2006	1,58	0,28	0,53	3,19	0,000	1,87	3,72	5,59	
2007	1,56	0,28	0,50	3,19	0,001	1,84	3,69	5,53	

Kuva 1.6. Dityppioksidipäästöt viljelymaan maaperästä vuosina 1990 - 2007. Punaisella lanta, vaalean vihreällä typen sidonta ja viljan tähteet, vaalean sinisellä orgaanisen maan viljely, vihreällä ilmakehästä peräisin oleva typpi, oranssilla typen valunta ja huuhtoutuminen ja sinisellä lannoitus. (Tilastokeskus 2009, http://www.stat.fi/tup/khkinv/fi_nir_030409.pdf)



Kuva 1.7. Suomen kansallinen kasvihuonekaasupäästöjen jakauma eri sektoreille. Kuvasta puuttuu maan käyttöön ja maankäytön muutokseen liittyvät, lähinnä CO₂ päästöt, joiden määrä maatalouden osalta on 7,4 milj t CO₂ ekv. Nämä LULUCF (Land use and land use change) päästöt mukaan lukien maatalouden osuus kansallisista kasvihuonepäästöistä ovat 18 % kaikista päästöistä.

11



Brasilia on esimerkki maasta, jossa päästösuhteet ovat aivan toiset. Maatalouden muutoksesta ja metsästä syntyy lähes 55 % maan kasvihuonekaasupäästöistä. Brasilia on Indonesian kanssa tässä suhteessa selvästi kaikista muista maista poikkeava (http://pdf.wri.org/navigating_numbers.pdf, Baumert et al 2005). Sen sijaan energiantuotannon suhteelliset päästöt ovat Brasiliassa hyvin alhaiset (16,6 % - Suomessa 81 % kansallisista kokonaispäästöistä), erityisesti suuren uusiutuvan energian osuuden ansiosta (38 %).

Taulu 1.2. Brasilian kasvihuonekaasupäästöprofiili. <http://www.scidev.net/en/policy-briefs/brazil-climate-change-a-country-profile.html>

Emissions in carbon dioxide equivalents	Energy	Industrial processes	Agriculture	LULUCF*	Waste	Total
Carbon dioxide	236.51	16.87	–	776.33	–	1,029.71
Methane	9.22	0.07	233.70	41.52	18.47	302.98
Nitrous oxide	2.66	4.14	148.89	3.55	3.55	162.80
Total	248.39	21.08	382.59	821.40	22.02	1,495.49
Total %	16.61	1.41	25.58	54.93	1.47	100.00

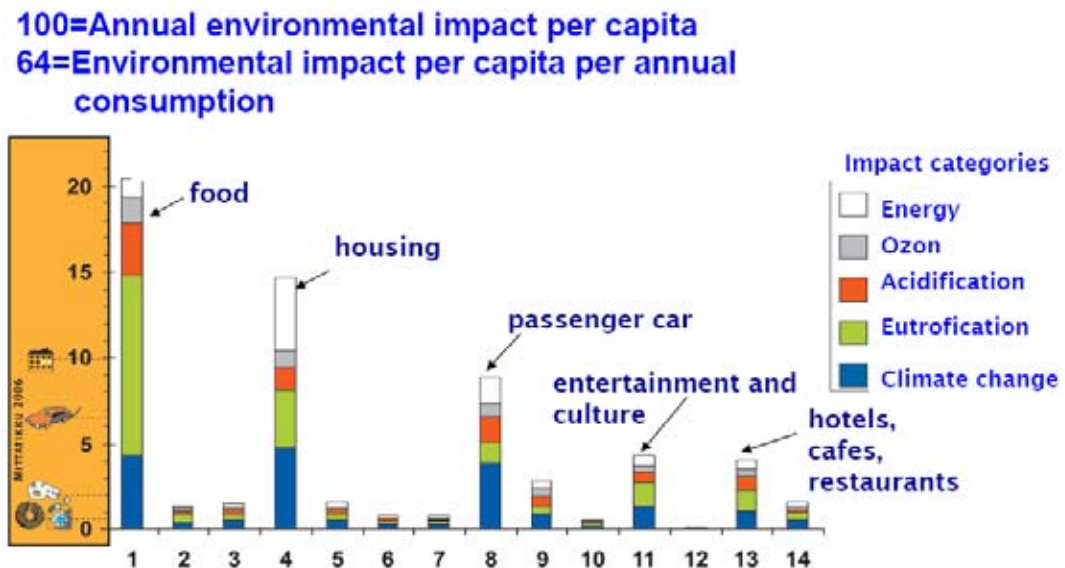
* land use, land use change, and forestry

Units are megatons of carbon dioxide equivalent

Ilmastonmuutos ja kulutuksen muut ympäristövaikutukset

Ilmastonmuutos ei ole ainoa tekijä, joka on otettava huomioon kun arvioidaan kulutuksen ympäristövaikutuksia. Huomioon on otettava myös vaikutukset mm. vesistöjen rehevöitymiseen (engl. eutrofication) ja maaperän ja vesistöjen happamoitumiseen (engl. acidification). Kuvassa 1.8. on esitetty yksi arvio näiden haittatekijöiden suhteellisesta merkityksestä ja eri kulutusryhmien merkityksestä ympäristöongelmien kannalta.

Kuva 1.8 Mittatikkuesitys eri kulutusmuotojen vaikutuksista ympäristöön



NISSINEN, A., GRÖNROOS, J., HEISKANEN, E., HONKANEN, A., KATAJAJUURI, J.-M., KURPPA, S., MÄKINEN, T., MÄENPÄÄ, I., SEPPÄLÄ, J., TIMONEN, P., USVA, K., VIRTANEN, Y. 2007. Developing benchmarks for consumer-oriented life cycle assessment-based environmental information on products, services and consumption patterns. *Journal of Cleaner Production* 15, 6/2007: 538-549.

Mittatikon asteikkona käytetään ympäristövaikutuksia päivässä henkilöä kohti. Ympäristövaikutukset lasketaan vuosittaisista päästöistä ja energiankulutuksesta Suomessa. Esimerkiksi vesistöjä rehevöittävistä päästöistä otetaan huomioon teollisuuden, maatalouden ja yhdyskuntien ravinnepäästöt Suomessa. Mittatikussa ympäristöongelmia painotetaan niiden tärkeyden mukaan. Painokertoimet (painotukset, joiden summa on 1) perustuvat noin sadan ympäristö-asiantuntijan näkemysympäristövaikutusten merkityksestä ja painoarvoista Suomessa. Painojen asettamisen ongelmallisuudesta viestii se, että ilmastonmuutoksen kokonaismerkitys esitetään tässä arvioissa vähäisemmäksi kuin vesistöjen rehevöitymisen.

Vastaavalla tavalla kuin kuvassa 1.8. voidaan esittää minkä tahansa tuotteen ympäristövaikutukset, jos siitä on tehty elinkaariarviointi. Eri viljelykasvien elinkaaritarkasteluihin palataan varsinkin raportin luvussa 7.

1.2 Biodiversiteetti²

Vuonna 2009 käynnistettiin biodiversiteettitutkimusta Suomessa kokoava luonnontila.fi sivusto. Sivuston mukaan maatalousympäristöjä ensisijaisena elinympäristönään käyttävän lajiston osuus koko Suomen hyvin tunnetusta lajistosta on noin 16 %. Maatalousympäristöt (7 % pinta-alasta) ovat edelleen varsin runsaslajisia ja monimuotoisia elinympäristöjä. Tosin maatalousmaiseman vaihtelevuus ja pienipiirteisyys on viime vuosikymmenien aikana vähentynyt (<http://www.luonnontila.fi/fi/indikaattorit/maatalousymparistot>).

Vieraslajien³ ilmestymisen ja kotoperäisten lajien katoamisen riskit ovat tyypillisimpiä eliölajistoon kohdistuvia riskejä maa- ja metsätalouden ekosysteemeissä.⁴ Kuitenkin ravinto tuotetaan pääasiassa vieraslajeilla. On esimerkiksi arvioitu, että 98 % Yhdysvaltojen ruoasta tuotetaan vieraslajeilla (Carpenter ym. 2005). Monet viljelyskasvit ovat kuitenkin jo vanhoja. Niiden kantamuodot esiintyvät yleensä hyvin erilaisina muunnelmina. Erityisesti alkuperäisiä kantamuotoja halutaan nykyään suojella. Yksi suojelun tapa on kasvin tai sen siementen tallettaminen geenipankkiin. Myös eläinten alkuperäisrotuja on suojeltu geenipankkeja perustamalla. Tiettyjen kasvien kuten esimerkiksi perunan osalta alkuperämuotoja tunnetaan paljon. Kotieläimistä monimuotoisimpina ovat säilyneet naudat. Ne ovat sopeutuneet hyvin erilaisiin ympäristöolosuhteisiin arktisista trooppisiin.

Eliölajiston monimuotoisuus vaikuttaa todistetusti maa- ja metsätalouden ekosysteemien tasapainoon. Myös ekosysteemin monimuotoisuuden kohennuskeinoja on tutkittu tieteellisesti (mm. Altieri 1999). Vertailuilla luomuviljelyn ja tavanomaisen viljelyn välillä on osoitettu tuotantos suunnan monimuotoisuuden ja habitaattitaso monimuotoisuuden välinen yhteys (mm. Mansvelt ym. 1998, Hansen 2001). Habitaatti tarkoittaa tietyn eliölajin tai siihen kuuluvan yksilön tai paikallisen esiintymän tyypillistä elinympäristöä tai ainutkertaista esiintymispaikkaa tai –aluetta, kuten metsää, havumetsää, lehdon lehvästöä, puroa jne.

Maatalousalueiden maankäytön ja monimuotoisuuden välisiä yhteyksiä Euroopassa on kartoitettu neljällä vuoteen 2030 ulottuvalla skenaariolla (Reidsma ym. 2006). Tarkastelun yleisenä johtopäätöksenä esitettiin, että Euroopassa maatalousalueiden monimuotoisuutta voidaan lisätä varsinkin ympäristömyönteisillä viljelymenetelmillä. Tämä on raportin mukaan parempi ratkaisu kuin siirtää maata suojelukäyttöön ja samalla tehostaa viljelyä pienemmillä viljelyaloilla. Johtopäätös on kuitenkin varsin voimakas yleistys. Eri ratkaisujen monimuotoisuusvaikutukset ovat todennäköisimmin paikkakohtaisia.

Esimerkkejä biodiversiteettiä uhkaavasta maa- ja metsätalouden maankäytöstä on löydettävissä niin väkirikkaasta Intiasta ja Kiinasta kuin melko harvaan asutusta Brasiliastakin. Osin perinteisten yhteiskuntarakenteiden osin globalisaation on osoitettu aiheuttavan maanomistuksen keskittymistä

² Biodiversiteetti eli luonnon monimuotoisuus, biologinen monimuotoisuus, luonnon kirjo tai elonkirjo on käsite, jolla laajimman määritelmän mukaan tarkoitetaan kaikkea elollisen luonnon monipuolisuutta. Biodiversiteetti ilmenee useilla erilaisilla tasoilla, joista seuraavat kuvaavat kahta ääripäätä ja tavallista tarkastelutasoa: 1) Yhden lajin yksilöiden perinnöllinen vaihtelu 2) Lajien monipuolisuus (tietyn alueen) eliöyhteisössä, eli lajibiodiversiteetti. Lajibiodiversiteettiin vaikuttavat lajien lukumäärä ja niiden suhteellinen runsaus. 3) Eliöyhteisöjen monipuolisuus (tietyllä alueella)

³ Tulokaslajilla tarkoitetaan lajia, joka ei ole alueella alkuperäinen, vaan levinnyt sinne melko äskettäin. Vieraslajeiksi kutsutaan tulokaslajeja, jotka ovat ihmisen joko tahattomasti tai tahallisesti sinne siirtämiä.

⁴ Ekosysteemi tarkoittaa luontonsa puolesta verraten yhtenäisen alueen eliöiden ja elottomien ympäristötekijöiden muodostamaa toiminnallista kokonaisuutta. [1] Siihen sisältyy niin luonnon elolliset kohteet kuin elottomatkin kohteet tietyllä rajatulla alueella. Voidaan puhua esimerkiksi tietyn metsän tai lammen ekosysteemistä.

pieniltä maatiloilta suurten yritysten haltuun (mm. Shiva 2004, Pingali 2006). Kansainväliset elintarvikeyritykset solmivat suoria sopimuksia paikallisten viljelijöiden kanssa. Samalla ne muuttavat sopimusviljelyn kautta viljelykulttuurin sekä viljeltävän tuotantokasvilajiston mieleisikseen.

Sopimusviljelyllä haetaan ”hajautetun” suurtuotannon etuja ja keskitetyn kaupan palveluvalmiutta. Tämä on paikallista tuotantokasvien biodiversiteettiä kohtaan kasvava uhka. Samalla tämä kehitys uhkaa muuttaa ruokaraaka-aineiden tuotantokulttuurin ja kaventaa ruokatarjonnan kautta myös ruokakulttuurit. Siitä, että ruokakulttuuri kansainvälisellä tasolla koko ajan yhdenmukaistuu, on olemassa jo hyvin selvää näyttöä (Deumling ym. 2003, Mendez & Popkin 2004).

Kansainvälinen elintarvikekulutus keskittyy voimakkaasti eläinperäisten tuotteiden käyttöön kasvi-peräisten tuotteiden sijasta (Schmidhuber 2004). Suuria ihmisjoukkoja palvelevat eläintuotannon yksiköt pyritään keskittämään väestökeskusten lähelle suuriksi yksiköiksi. Ne tarvitsevat eläinten ruokintaan paljon kasviperäistä rehua. Rehu pyritään saattamaan mahdollisimman tiivistettyyn muotoon ja hankkimaan sen raaka-aine tehokkaasti isoista kasvintuotantoyksiköistä. Tällainen suurtuotannon etujen tavoittelu erottaa kotieläintuotannon ja kasvinviljelyn ja muuttaa molemmat hyvin yksipuolisiksi.

Biodiversiteetin sekä vesi- ja energiavarojen vuorovaikutussuhde

Keskittyvä kasvintuotannon monokulttuuri vaikuttaa biodiversiteettiin peltokohtaisten maankäytön muutosten (vrt. Gerbens-Leenes & Nonhebel 2005) ohella myös välillisesti viljelyalueen ulkopuolella. Se vie niukkoja vesivaroja taloudellisesti vähempiarvoisemmilta kasveilta. Kun veden tarve lisääntyy moninkertaiseksi ruuan raaka-aineiden tuotannossa, seuraa käytännössä yleensä suuntautuminen yksipuoliseen viljelyyn. Niukasti vettä omaavat alueet, myös kehitysmaat, siirtyvät entistä enemmän rehuraaka-aineiden tuojiksi.

Niukentuva energia ja peltobioenergian tuottaminen tulevat vaikuttamaan pellon käyttöarvoon olennaisesti. Energiaomavaraisempi maatalous kilpailee vähemmän teollisuuden kanssa samoista energialähteistä. Kuitenkin pellon siirtyminen energiantuotantoon lisää tuottotavoitteita vähentyneillä peltotohteilla. Se puolestaan yksipuolistaa maankäyttöä korkeatuottoisten kasvien ja lajikkeiden suuntaan. Tämä saattaa uhata biodiversiteettiä, vaikka varsinkin monivuotiset energiakasvit joissakin tapauksissa myös lisäävät tuotantoalueen monimuotoisuutta.

Maatalouden biodiversiteetti ja muu ympäristö

Keith Halfacree (2006) on jäsentänyt maatalouden tuotantoympäristöjä jaottelulla bioregionaaliseen ja teollis-tieteelliseen. Bioregionaalinen tuotantoympäristö korostaa suojelua, omavaraisuutta, yhteistyötä, hajautettuja rakenteita ja täydentyvyyttä, monimuotoisuutta, symbioosia ja monipuolista tuotantorakennetta. Teollis-tieteellinen ote puolestaan korostaa luonnonvarojen hyödyntämistä, globaalia taloutta, kilpailua, keskittämistä, hierarkkisia rakenteita, polarisaatiota ja monokulttuuria. Esimerkkinä on brittiläinen maaseutu, jonka Halfacree ennakoii radikaalisti muuttuvan.

Australiassa on julkaistu mielenkiintoinen maatilojen toiminta-ajatuksen mukainen jako tuotantoa, kuluttajaa ja luonnonsuojelua painottaviin kuuteen tilatyypin: 1) tuotantoon keskittyvät, 2) maaseudun tuotteistamiseen keskittyvät, 3) monitoimiset (edellisten yhdistelmä), 4) metropolialueiden rajapinnassa toimivat intensiivisen kulutuksen palveluun keskittyvät, 5) marginalisoituvat tuotannon ja luonnonsuojelun integroimiseen keskittyvät ja 6) luonnonsuojeluun keskittyvät ja sisäisiä arvoja korostavat maatilat (Holmes 2006). Stankey ja Shindler (2006) ovat puolestaan pohtineet harvinais-

ten ja vähän tunnettujen eliölajien yhteiskunnallista hyväksyttävyyttä. He korostavat hyväksyttävyyden merkitystä biodiversiteetin säilyttämisessä.

Biodiversiteetti ja yhteiskunta

Maatalouden monimuotoisuus liittyy myös perinteiden hyödyntämiskulttuuriin ja tälle pohjalle rakentuviin taloudellisiin toimintoihin. Tältä kannalta tarkasteltuna maataloudella on vahva alueellinen leima ja se yhdentyy vahvasti tuotteiden jatkojalostukseen (Courtney ym. 2006).

Biodiversiteetille löytyy vertailukohta elintarviketalouttakin ylläpitävän verkostotalouden näkökulmasta. Verkostotaloudessa on osoitettu heikkojen linkkien eli vain harvoilla yhteyksillä muuhun systeemiin liittyvien toimijoiden olevan laajan verkoston elinehto. Heikot linkit muodostuvat keskittymien ulkolaidoille ja ylläpitävät verkoston monimuotoisuutta ja yhdistävät erilaisia osa-alueita toisiinsa (Csermely 2006). Myös yksilöiden tasolla ympäristön biodiversiteetti voidaan käsittää erilaisten habitaattien eli kasvuympäristöjen välisenä verkostona, joista muodostuu ympäristön kokonaiskuva (vrt. Soini 2007). Tästä näkökulmasta ”heikot” linkit, kuten edellä mainitut reuna-alueet, ovat kokonaisuuden kannalta varsin merkityksellisiä.

Suomalaisia olosuhteita muistuttavilla alueilla Kanadan Winnebegin järviolueella, Manitobassa ja Ontariossa sekä Brittiläisessä Kolumbiassa on tutkittu monimuotoisen ympäristön merkitystä myös ihmisyhteisöjen elinvoiman ja kestävyyskannalta (Turner ym. 2003). Tutkimuksen mukaan äärialueilla ja reunoilla elävät yhteisöt eivät välttämättä ole keskusalueita heikommassa asemassa, eikä ydin- ja reuna-alueiden tasapäästäminenpitoilla välttämättä saavuteta positiivisia tuloksia. Edellä kuvattu ilmiö voidaan viedä myös elintarvikkeiden tuotannon asiayhteyteen ja olettaa myös ruokakulttuurin tuollaisilla raja-alueilla olevan keskittymäalueita monimuotoisempaa.

Biodiversiteettiin liittyvä taloudellinen ohjaus on osoittautunut varsin ongelmalliseksi ja toteutuvan vain monipuolisen ohjaus- ja tukiohjelman avulla (McNeely 2006). McNeely’n pääjohtopäätös on, että biodiversiteetin suojele voi onnistua vain siten, että suojeeluun liittyy taloudellinen kannattavuus. Hän nostaa myös vihreän biodiversiteettimarkkinoinnin yhdeksi mahdollisuudeksi.

Biodiversiteetti, erikoistuminen ja maailman biotuotannon Millennium -skenaariot

FAO on nostanut biodiversiteetin ja ravitsemuksen välisen yhteyden vahvasti esille ja ehdottaa jopa ruokavalmisteiden merkintää tavalla, joka muistuttaisi kuluttajia tuotantoeläinten ja kasvien monimuotoisuudesta (Toledo & Burlingame 2006). Myös Kansainvälinen Ruokapolitiikan Tutkimuslaitos (IFPRI) yrittää kehittää erikoiskasvien hyödyntämistä varsinkin kehitysmaiden olosuhteissa (vrt. Gruère ym. 2006). Vastaava kehittämisote FAO:n piirissä on pyrkimys kehittämään ”korkealle arvostettuja maataloustuotteita” (High value agricultural products, HVAT) (Davis 2006).

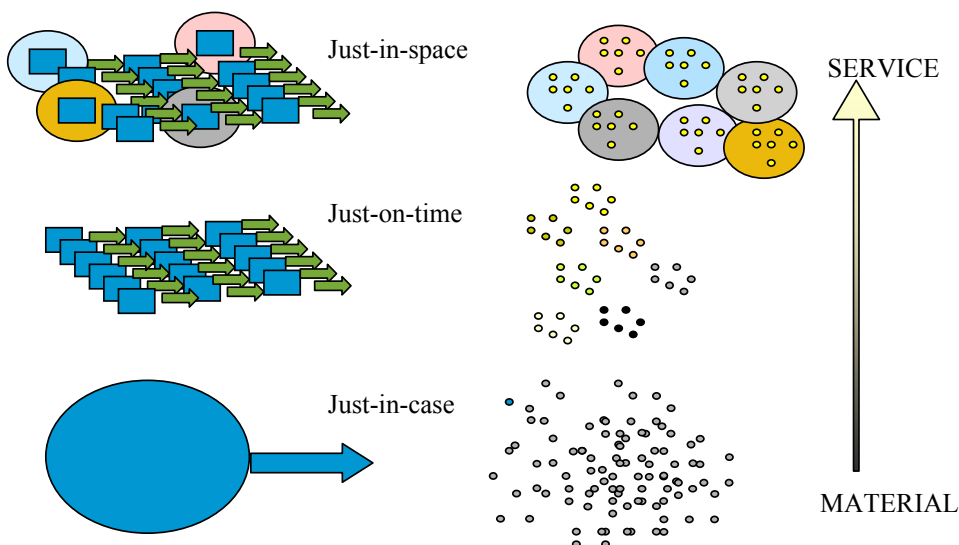
Suurimmiksi pullonkauloiksi edellä mainituissa hankkeissa on todettu markkinoiden tunnistamiseen liittyvät ongelmat ja markkinoiden hajanaisuus. Ratkaisu voisi olla sellaisten kansainvälisten tuottaja- ja toimittajaverkostojen rakentaminen, joita ennakoidaan erityisesti tämän raportin luvun 11 skenaariossa ”Sopeutuva mosaiikki” (jakso 11.9). Kun erikoiskasvien hyödyntämisessä materiaalmäärät ovat pieniä, jopa valmistus voisi tapahtua eri tavoin erilaistettuna eri puolilla yhteistyöverkoston. Lopputuotteena olisivat erikoistuotteet markkinoitaviksi asiakkaille eri puolilla verkostoa.

Tisdell ja Seidl (2004) kuvaavat paikallisen, alueiden välisen ja globaalien markkinoiden moninaisuuden dynamiikkaa ja arvioivat erikoistuote- (niche) markkinoiden asemaa ja merkitystä. He vertaavat samalla ekologista ja ekonomista moninaisuuskäsitystä. Heidän käsityksensä mukaan niche –

markkinoiden suuri merkitys on niiden innovatiivisuutta ruokkivassa luonteessa. Niche – markkinat hyödyntävät valinnaisia raaka-aineita innovatiivisella tavalla. Ne tasoittavat tällä tavoin kilpailua raaka-aineiden saannin osalta. Raaka-aineiden niukkuustilanteessa ne voivat tasata pitkällä aikavälillä hintakilpailua. Niche – markkinat eivät toimi muuten kuin kysyntälähtöisinä (vrt. jälleen skenaario Sopeutuva mosaiikki, jakso 11.9). Kansainvälisessä kilpailussa monopoliasemaan päässeet tuotantoketjut sen sijaan muuttuvat tarjontalähtöisiksi ja samalla tuotteiden moninaisuus supistuu.

Mutersbaugh (2005) on esittänyt lähinnä tuotevastuun ja kokonaislaatuarvioinnin puolelta niche – markkinoita havainnollistavan käsitteen just-in-space. Käsite muodostaa tavallaan jatkumon massa-tuotantoidealle (just-in-case) sekä asiakassuuntautuneelle ja tuotannon oikea-aikaisuutta korostavalle just-in-time käsitteille. Just-in-space rakentuu nimenomaan työn tekemisen paikallisen laadukkaan sovelluksen ja paikallisesti määriteltyjen laatukriteerien varaan.

Kuva 1.9. Massatuotanto ja asiakassuuntautunut tuotanto



Just-in-case noudattaa massatuotannon etuja ja tuottaa vakiolaatuista tuotetta tai palvelua suurelle keskimääräistä/yleisesti sovittua vaatimustasoa edustavalle asiakasjoukolle. Luvun 11 skenaariosta varsinkin Maailman yhteispeli –skenaariota voi tulkita noudattavan tätä mallia (jakso 11.7.) Just-in-time järjestelmä tuottaa asiakkaalle vakiolaatuista ja toimintojen kannalta oikea-aikaista tuotetta tai palvelua. Myös tämä perinteinen tapa lisätä tuottavuutta sopii hyvin Maailman yhteispeli –skenaarioon.

Just-in-space järjestelmä tuottaa erilaisille asiakasryhmille kokonaislaadultaan sopimuksenmukaista erilaistettua tuotetta tai palvelua. Just-in-space laatuarviointia ei tehdä yhtenäisesti sovittujen tai erilaisten vähimmäiskriteerien avulla vaan yksilöidyn laatukokonaisuuden kautta. Laatuarviointi on tietyllä tavalla 'puolijulkinen' tai tietyn tuotemerkin maineeseen perustuva. Tuotemerkin monimuo-

toisuuteen sitoutuvaa laatua on mahdoton arvioida lähtien määrällisestä tuotannosta, jossa tuotteiden oletetaan olevan laadultaan vähimmäistasoa.

Käytettäessä perinteisiä määrällisiä tapoja mitata tuottavuutta just-in.space –tuotanto näyttyy helposti suurten tuotantokustannusten valmistuksena ja matalana tuottavuutena. Näin tätä Sopeutuva mosaiikki –skenaarion keskeistä tuotantomallia myös tulkittiin YK:n Millennium Ecosystem Assessment -hankkeen alkuperäisen Adaptive Mosaic –skenaarion tuottavuuden kehitysarviossa (jakso 11.1.) Jos asiakkaat ovat kuitenkin maksamaan saamastaan erikoispalvelusta, tuotanto voi olla hyvin kannattavaa. Kyse on silloin usein erityisesti tuotemerkin nauttimasta arvostuksesta. Just-in-space tyyppisellä tuotemerkillä monimuotoisuusarvo välitetään kokonaisvaltaisesti markkinoille. Mutersbaugh käytti omassa just-in-space työssään esimerkkinä markkinoilla hyvin menestynyttä Starbuckin kahvia (Mutersbaugh 2005).

Yksi esimerkki just-in-space –ajattelusta on lähiruoka. Lähiruoan edistämistä voidaan paikallisesti perustella sekä taloudellisilla että ympäristöhyödyillä. Muutokset ovat kuitenkin melko pieniä, jos ne suhteutetaan inhimillisen toiminnan kaikkiin ympäristövaikutuksiin alueella tai koko aluetalouteen. Koska maatalousvaltaiset ja harvaan asutut alueet tuottavat suurelta osin ruoan myös kaupunkiväestölle, lähiruoan käytön lisääntyminen maaseudulla ei välttämättä merkittävästi vähennä ympäristökuormitusta (Seppänen ym. 2006).

Just-in-space tuotemerikiksi tulkittuna lähiruulla on kuitenkin monia sen käyttöä perustelevia piirteitä kuten vaikutukset maisemaan, ravinne päästöihin vesistöihin, kaasumaisiin päästöihin ja energiankäyttöön. Biodiversiteetin säilytystavoitteita ei voida suoraan käyttää lähiruoan suosimisen perusteena biodiversiteetin mittaamisen vaikeuksien vuoksi. Ilman mittauksiakin monipuolisesti paikallisia raaka-aineresursseja hyödyntävää elintarvikehankintaa voidaan kuitenkin pitää biodiversiteettiä hyödyntävänä myös kansainvälisesti vastuullisessa ruokataloudessa.

Paikallisuuteen perustuvia, lähituotteisiin ja palveluihin pyrkiviä rakenteita ei kuitenkaan voida suoraan viivaisesti pitää kestävinä. Kestävyydestä saattaa hukkua, jos alueelliset toiminnot joudutaan toteuttamaan perinteisten voimakkaiden päätuotevirtojen ja markkinoijien ehdoilla (vrt. Ilbery & Maye 2005) tai alueellinen tuotantostrategia on ristiriidassa käytettävissä olevien luonnonvarojen kanssa.

Suomalaisesta maataloustuotannosta on ylläpidetty ympäristömyönteistä (ekologista) mielikuvaa, vaikka se toimii voimaperäisen tuotannon ympäristössä. Mielikuvalle on vaikea löytää perusteita ympäristökuormituksia tai energiataloutta vertailemalla. Biodiversiteettinäkökulma voi tulla avuksi positiivisen mielikuvan rakentamisessa suomalaisista/kotimaisista tuotteistamme, kun mittausmenetelmät saadaan kansainvälisesti sovitua. Ei ole kuitenkaan itsestään selvää, että suomalainen tuotanto menestyy biodiversiteettivertailuissa. Menestyminen edellyttää erityistä asiantuntemusta, jolla luonnonvaroja hyödynnetään monimuotoisesti Suomen olosuhteisiin räätälöidyn toimintamallein.

1.3 Vesivarat

Veden niukkuus tulee olemaan yksi tulevaisuuden perushaaste biotuotannossa. Veden saannin haaste ei ole niinkään sen kokonaismäärän niukkuus maailmassa vaan sen saanti oikeassa muodossa, oikeaan paikkaan ja oikeaan aikaan. Periaatteessa valtameret sisältävät vettä käytännöllisesti katsoen ihmisen tarpeisiin nähden rajattomasti. Tämän vesivarannon hyödyntämiseksi tarvittaisiin tehokkaita tapoja poistaa suola merivedestä tai sellaisia kasveja, jotka pystyvät tuottamaan ravintoa tai muita biotuotteita myös merivedessä tai suolaantuneessa maassa. Uudet, nanotekniikkaan perustuvat suodatustekniikat ja suolaisuutta geeninsiirroin paremmin kestävät viljelykasvit tarjonnevat veden

niukkuudesta kärsiville rannikkoseuduille hyviä mahdollisuuksia viimeistään vuoden 2050 vaiheilla. Raportin luvussa 6 tarkastellaan geenimuuntelun tarjoamia mahdollisuuksia tähän.

Tehokkaasti käytettynä maailman makean veden varatkin riittäisivät hyvin moninkertaiselle määrälle väestöä ilman mullistavia edistysaskelia meriveden käytössä. Vettä tulisi käyttää tehokkaasti siellä missä sitä on tarjolla ja varastoida varautuen kuiviin kausiin. Myös viljelytekniikoilla kuten veden säästämällä, tarveohjatulla tihkukastelulla ja viljelykasveja kehittämällä veden riittävyyteen voidaan vaikuttaa.

Oheinen taulu 1.3. ja oheiset kartat kuvaavat sitä, missä veden saanti on erityinen ongelma ja missä suolatonta vettä on vielä varsin runsaasti käytettävissä.

Taulu 1.3. Eri maaryhmien ja niissä asuvien osuus maailman vuotuisesta sadekertymästä Lähde: World Water Development Report 2009 (www.unesco.org/water/wwdr/)

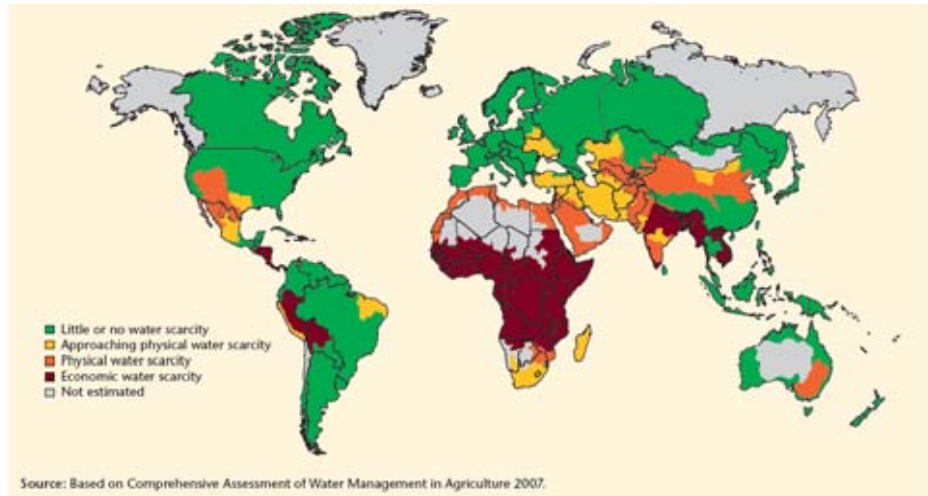
Maaryhmä	Osuus maailman vuotuisesta sadekertymästä, prosenttia	Veden osuus, joka poistuu haihtumalla, prosenttia	Väestö/ käytettävissä oleva miljoona kuutiometriä vettä
Aasia	25	55	350
Entisen Neuvostoliiton alue	10	27	60
Latinalainen Amerikka	33	27	30
Pohjois-Afrikka ja Lähi-Itä	1	86	1110
Muu Afrikka	11	78	140
OECD-alue	20	64	120
Koko maailma	100	63	140

Osittain veden puutteessa on kuitenkin kyse myös siitä, että vettä on todella vähän verrattuna alueella asuvaan väestöön. Tällöin kysymys on myös juomaveden riittävyydestä. Kuten taulu ja karttakuvat osoittavat, näin on laita varsinkin Lähi-idässä ja Pohjois-Afrikassa.

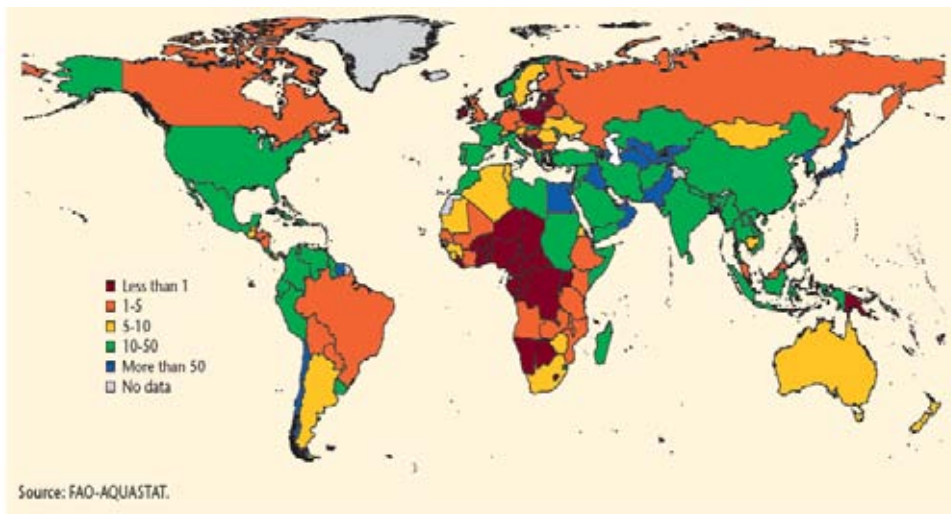
Maatalous on selkeästi keskeisin käyttöveden muoto noin 70 % osuudella (www.unesco.org/water/wwdr/). Taulusta 1.3. voi päätellä, että vesiresurssien määrän ja käytön ja näin myös viljelyn kehittämisen osalta selkeästi lupaavimpia alueita maailmassa ovat Etelä-Amerikka ja entisen Neuvostoliiton alueet. Näiden alueiden vesiresurssien runsautta korostaa, että niissä olennaisesti pienempi osa vedestä palautuu haihtumalla ilmakehään. Kuva 1.10. osoittaa, että vettä on runsaasti erityisesti Brasiliassa. Kuten kuva 1.11. osoittaa, runsaan veden saannin vuoksi maassa ei ole sen aivan eteläisintä osaa lukuun ottamatta turvaututtu laajassa mitassa kasteluveden käyttöön eikä veden varastointiin. Näin on, vaikka maan pohjoisosassa on kuivuudesta kärsiviä alueita. Tilanne on täysin toisenlainen esimerkiksi Japanissa, missä vesi on varsin tarkkaan käytetty viljelysten kasteluun.

Kuvassa 1.12. on tummanpunaisella merkitty alueita, joilla vedenkäyttöä tehostamalla sen niukkuutta voitaisiin olennaisesti lievittää. Vettä tehokkaammin käyttämällä. Tällaisiksi alueiksi Unescon raportti nimeää erityisesti Pohjois-Intian, Keski-Afrikan ja osan Etelä-Amerikan Andien länsipuolista aluetta. Intiassa mahdollisuudet liittyvät erityisesti monsuunisateiden tuottaman veden parempaan varastointiin.

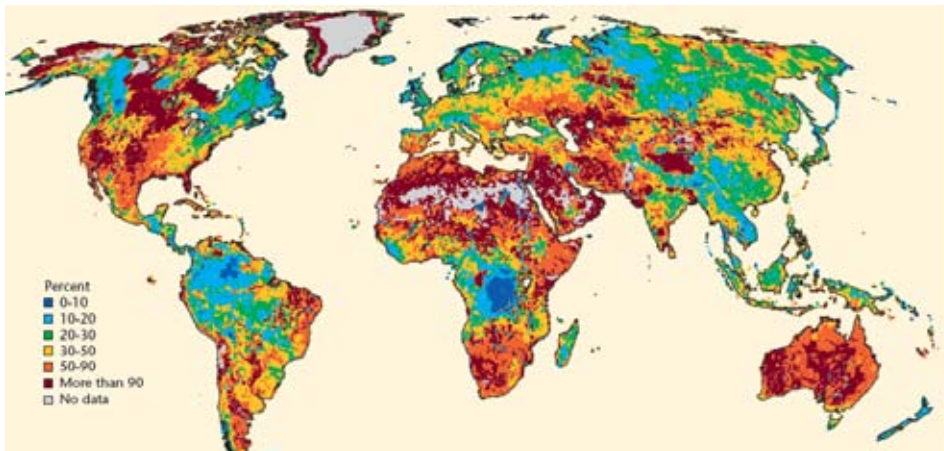
Kuva 1.10. Veden niukkuus maailman eri alueilla (www.unesco.org/water/wwdr/)



Kuva 1.11. Keinokasteltujen alueiden prosenttiosuuksia maailman eri osissa (www.unesco.org/water/wwdr/)



Kuva 1.12. Vuotuiset vaihtelut sademäärässä alueittain. Kuinka paljon suurempi on suurin vuotuinen sademäärä verrattuna keskiarvoon 10 vuoden periodilla (www.unesco.org/water/wwdr/).

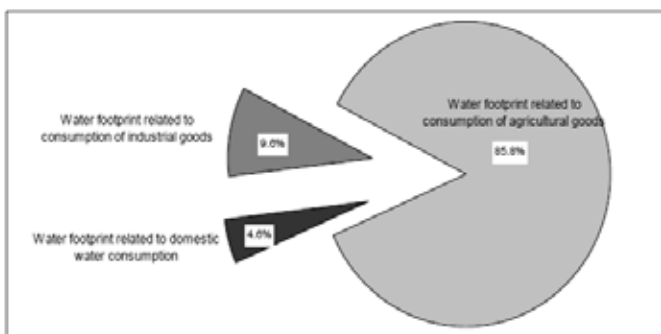


Niukkojen vesivarojen haasteeseen voidaan vastata lisäämällä biotuotantoa niillä alueilla, joilla on vielä käytettävissä runsaasti vettä. Erityisesti se biotuotanto, joka vaatii poikkeuksellisen paljon vettä, kannattaa keskittää alueille, joilla vettä on runsaasti. Oheisessa kuviossa on esitetty kootusti erilaisten tuotteiden tuotannon vaatimia vesimääriä. Kuvio on tärkeä Suomen globaalien biopolitiikan kannalta erityisesti kahdessa mielessä. Ensinnäkin Suomella on suhteellinen etu sellaisten tuotteiden tuottamisessa, jotka vaativat varsin paljon makeaa vettä. Toisaalta on myös globaalisti vastuullista suunnata suomalaista kulutusta sellaisiin tropiikkiin tuotteisiin, jotka eivät kuluta liikaa paikallisia niukkoja vesivaroja. Kuvasta selviävät erityisesti valtavat erot veden tarpeessa liharavinnon ja kasvisravinnon välillä.

Vesijalanjälki ja virtuaalivesi

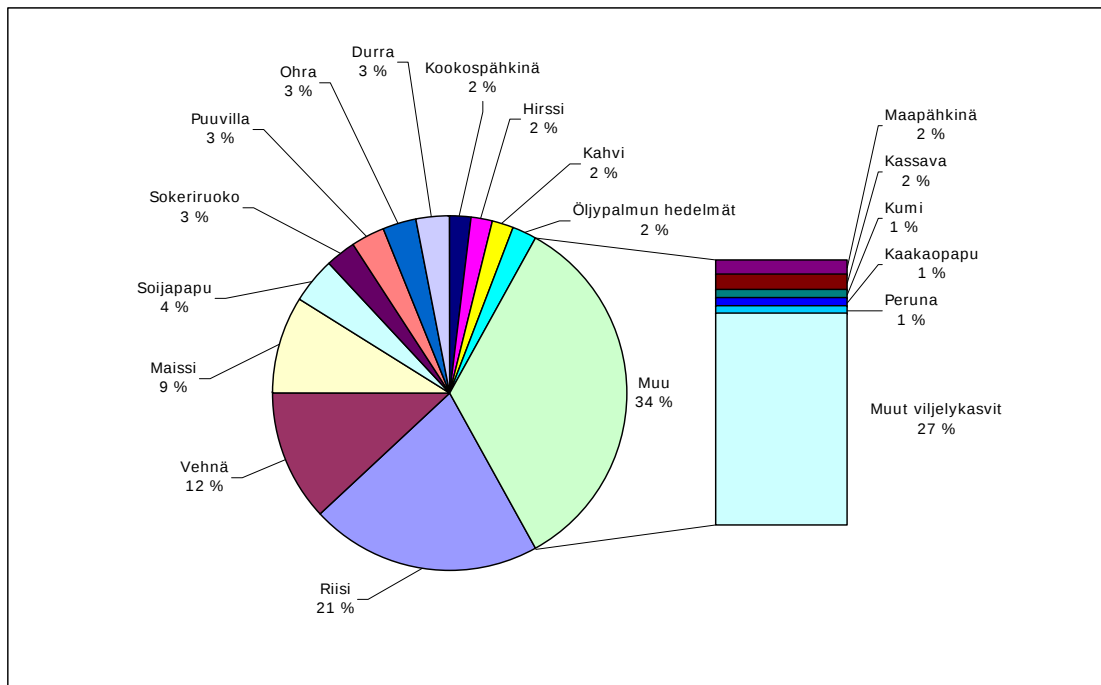
Käsite vesijalanjälki on syntynyt ekologisen jalanjälkikäsitteen pohjalta. Tietyn valtion vesijalanjälki saadaan kun lasketaan maatalouteen, teollisuuteen sekä muuhun kulutukseen käytetty vesimäärä ja jaetaan se asukasmäärällä. Vesijalanjälkeen liittyy läheisesti käsite virtuaalivesi. Virtuaalivesi on vesimäärä, joka on tarvittu tietyn elintarvikkeen tai tuotteen valmistamiseen.

Kuva 1.13. Maailman vesijalanjäljen jakautuminen eri kohteisiin. Unesco, IHE
<http://www.waterfootprint.org/Reports/Report17.pdf>



Suurin osa vedestä käytetään maataloustuotteisiin ja pienemmät osuudet teollisuustuotteisiin sekä muuhun kulutukseen. Riisin viljely kuluttaa eniten vettä, n. 1359 Gm3/vuodessa, joka on 21 % kaikesta viljelyyn käytetystä vedestä.

Kuva 1.14. Veden käyttö eri viljelykasvien tuotantoon. Unesco, IHE
<http://www.waterfootprint.org/Reports/Report17.pdf>



Tuotteiden maailmankauppa siirtelee virtuaalivettä pitkiäkin välimatkoja. Tärkeitä veden kuljettajia ovat naudanliha, soija ja vehnä (kuva 1.14 ja taulu 1.4.). Eläinperäiset tuotteet kuluttavat paljon vettä verrattuna kasviperäisiin. Vesijalanjälkeä voi pienentää ottamalla huomioon tuotteiden tarvitseman virtuaaliveden määrän viennissä ja tuonnissa.

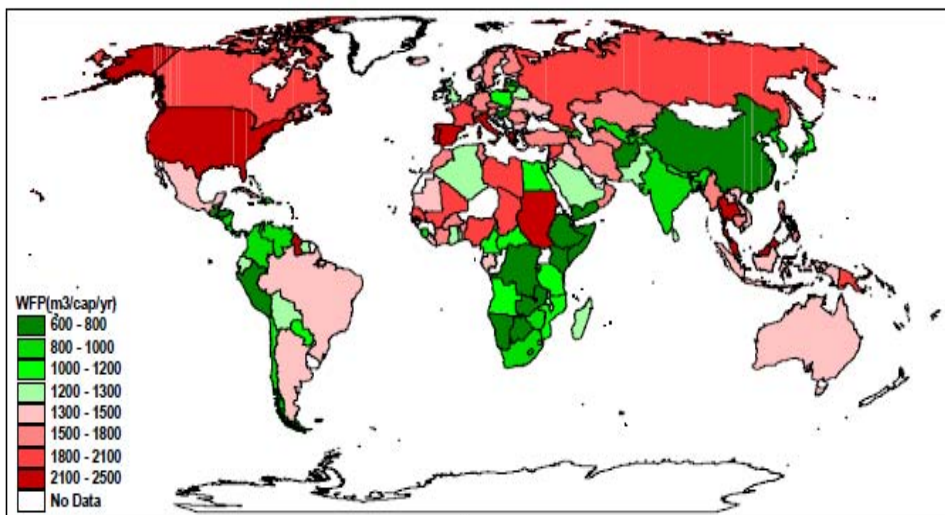
Taulu 1.4. Virtuaalivesimäärät eri maataloustuotteilla. Unesco, IHE
<http://www.waterfootprint.org/Reports/Report17.pdf> , Water Footprint Network
<http://www.waterfootprint.org/?page=files/home>

kasvituote	l/kg	eläintuote	l/kg
riisi	3305	maito	1000
vehnä	1334	kananm	unat
maissi	900	sianliha	4800
kaura	1597	pihviliha	15500
ohra	1300	juusto	5000
ruis	901	vuohenliha	4000
soijapapu	1800	kananliha	3900
kookospähkinä	2500		
kahvi	21000		

Valtioiden välillä on hyvinkin suuria eroja veden kulutuksessa ja vesijalanjäljessä (kuva 1.15). USA:ssa jalanjälki on 2480 m³/hlö/vuosi ja Kiinassa vain 700 m³/hlö/vuosi. Suomalaisen jälki on 1727 m³/hlö ja maailmassa se on keskimäärin 1243 m³/hlö/vuosi.

Neljä tekijää selittää kansallisella tasolla lasketun suuren vesijalanjäljen, ensimmäinen on kokonaiskulutus, joka on riippuvainen maan varallisuustasosta. Toinen tekijä on asukkaiden kulutustottumukset. Runsas lihan käyttö selittää yleensä myös suuren vesijalanjäljen. Esim. USA:n suuri jalanjälki selittyy osaltaan lihankulutuksella. Maassa syödään lihaa 120 kg/hlö, joka on yli kolme kertaa enemmän kuin maailman keskimääräinen lihankulutus. Myös suuri teollisuustavaroiden tuotanto rikkaissa maissa lisää vesijalanjäljen suuruutta. Kolmas tekijä on ilmasto. Kuivilla alueilla vettä kuluu viljelysten kasteluun enemmän tuotettua yksikköä kohti. Tämä selittää esim. Senegalin, Sudanin tai Nigerian suurta jalanjälkeä. Neljäs tekijä on tehoton maataloustuotanto, jossa vettä kuluu paljon tuotettua yksikköä kohti. Esim. Thaimaassa riisisato oli vuosina 1997-2001 keskimäärin 2,5 t/ha kun maailman keskimääräinen sato oli 3,9 t/ha. (Unesco IHE, <http://www.waterfootprint.org>).

Kuva 1.15. Valtioiden vesijalanjäljet asukasta kohden (m³/hlö/v). Vihreällä merkittyjen maiden jalanjälki on yhtä suuri tai pienempi kuin keskimäärin. Punaisella merkittyjen maiden jalanjälki on keskiarvon yläpuolella. Unesco, IHE <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report17.pdf>



1.4 Kilpailevat agribisnesmalli ja pientuotantomalli

Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä, luonnon moninaisuuden turvaamista ja veden tarkoituksenmukaista käyttöä ilmastomuutoksen torjuntaan ja maailman ruokahuoltoon ei voida realistisesti käsitellä irrallaan omistamiseen ja valtaan liittyvistä kysymyksistä. Tulevan kehityksen kannalta on keskeisen tärkeää, miten maan ja muiden bioresurssien omistus kehittyy ja kuinka maaperän, veden ja muiden luonnon resurssien käytöstä päätetään paikallisella, kansallisella ja kansainvälisellä tasolla.

Kehitysmaissa ja erityisesti tässä raportissa lähempään tarkasteluun otettavassa Etelä-Amerikassa maakiistat ovat historiallisesti liittyneet maareformivaatimuksiin. Pohjimmaltaan kysymys ristiriidoissa ei ole kuitenkaan ole pelkästään siitä, kuka omistaa maan. Kyse on nyt pikemminkin kahden

lähtökohdiltaan hyvin erilaisen tuotantomallin kilpailusta. Resursseita kilpailevat harvojen lajikkeiden koneistettuun suurtuotantoon perustuva agribisnes ja paikallisia olosuhteita ja kasvilajeja hyödyntävä työvaltainen pientuotanto. Yhteenottojen osapuolina ovat olleet Etelä-Amerikassa ja muuallakin maailmassa toisaalta pienviljelijät ja maaton maaseutuväestö ja toisaalta isot perinteiset karjatilalliset, soijaa viljelevät suurmaanomistajat ja kansainvälisesti toimivat puutuotteiden valmistajat (esim. Chabot & Vinthagen 2007).

Suomalaistaustainen metsäteollisuus on yksi vahva agribisneksen edustaja niin Etelä-Amerikassa kuin muuallakin maailmassa. Metsäteollisuuden toimintatavat, maan hankinnassa eukalyptusviljelmää varten ovat herättäneet erityisesti Brasiliassa voimakasta kritiikkiä. Liittyen metsäteollisuuden supistuksiin Suomessa kritiikki on vahvistunut myös Suomessa (esim. Lyytinen ym. 2009).

Teho- ja pientuotantoa vertailemalla voidaan muodostaa kaksi tuotannon stereotyyppistä mallia, jotka kuvaavat erilaisia tapoja ratkaista maailman biotuotannon tulevia haasteita (tarkemmin raportin luku 2). Nämä mallit kilpailevat selkeimmin ruuan, energian ja kuitujen tuotannossa suurissa maatalousmaissa, mutta, malleille löytyy liittymäkohtia myös vaikkapa vertailemalle Suomen maataloutta vuosina 1910 ja 2009.

a) Agribisnesmalli

- Omistajuus on keskittynyt ja voi olla myös valtiollista. Keskittyminen liittyy sekä tuotantopanosten, perustuotannon, jalostusvaiheen että kaupan keskittymiseen.
- Maan hankinta kotimaisten ja ulkomaisten suurmaanomistajien käyttöön on tapahtunut alhaisin investointikustannuksin ja myös arveluttavilla tavoilla. On syntynyt riitoja maan omistamisesta.
- Tuotanto on äärimmilleen viedyn tehokasta ja koneistettua. Tuotantoketjut ovat keskittyneet vain ydintoimintoihin. Aikaisemmin tuotantoon yhdenmetyt tukitoiminnot on ulkoistettu.
- Lähes kaikki käytössä olevat viljelytuotteet on kehitetty geeniteknologian avulla.
- Tuotanto on energiaintensiivistä - mutta parhaassa tapauksessa myös energiatehokasta - kunkin ydintuotantoketjun osalta.
- Tehokkuutta haetaan kapea-alaisten ydintoimintojen keskittämisen, ei toimintojen yhdistämisen kautta.
- Tuotteita valmistetaan laajoille markkinoille sekä vientiin että kotimarkkinoille. Menestymisstrategiana on tuotantomäärän kasvattamispyrkimys.
- Kuluttajat ovat kaukana tuotannosta. Tuotantoverkostot ovat hyvin monimutkaisia ja tuotantoketjut niissä pitkiä. Kilpailu verkostossa on kova.
- Tuotantoverkossa on paljon sisäisiä kuljetuksia ja kuljetusten tehokkuutta maksimoidaan. Tuotteistaminen on suunniteltu pitkälti kuljetusvaatimusten ehdoilla. Vaikka kuljetuskustannuksia koko verkostossa paljon, kuljetusten hinta kunkin tuotantovaiheen lisäarvoon nähden on kuitenkin suhteellisen vähäinen.
- Väli- ja lopputuotteiden hinta määräytyy kilpailuperiaatteiden mukaan. Tuotannon sosiaalisten ja ympäristöllisten ulkoisvaikutusten ottaminen huomioon hinnanmuodostuksessa riippuu kansallisten määräysten, tullisopimusten ja kansainvälisten kauppasopimusten luonteesta ja tasosta.
- Kunkin tuotantovaiheen maantieteellinen sijoittuminen riippuu erityisesti maan ja työvoiman hinnasta, tuotantopanoksina käytettyjen voimavarojen saatavuudesta ja resurssien käyttöön liittyvistä kansallisista määräyksistä. Tärkeää on myös, missä loppukuluttajat sijaitsevat.

- Mikäli kansallinen elinkeinorakenne ei ole hyvin vahva ja joustava, sosiaalisia ongelmia syntyy kaupunkeihin maaseudun maattoman ja työtä vaille jääneen väestön siirtyessä uusiin elinolosuhteisiin.
- Kun maaseudulla on aiempaa selvästi vähemmän väkeä, aikaisemman infrastruktuurin ylläpitokustannukset muuttuvat kohtuuttomiksi. Aikaisempi välitön yhteys tuottajan ja kuluttajan kesken poistuu. Maaseutu näivettyy kulttuuri- ja matkailuarvoltaan.
- Ilmastomuutoksen kannalta agribisnesmalli voi olla hyvin onnistuessaan lyhyellä tähtäimellä edullinen eli se voi edistää ilmastomuutoksen akuuttia torjuntaa. Pidemmällä tähtäimellä ilmastomuutoksen ja kestävä kehityksen kannalta edistyminen riippuu kuitenkin valtiollisen ja kansainvälisen valvonnan ja sääntelyn tasosta, koska agribisnesmallissa eteneminen määrittyy pääsääntöisesti vuosittainen taloudellisen voitontavoittelun logiikan mukaisesti.

Agribisnesmalli on ”utopia-malli”, joka perustuu koneistettuun ja biologiseen tieteellisteknologiseen utopiaan. Äärimmillään se on kuitenkin myös riskiyhteiskuntamalli, joka johtaa töttömyyden hallitsemattomaan kasvuun sekä valtaviin tulo- ja varallisuuseroihin. Uhkana on suurten väestöryhmien perustarpeiden tyydytyksen vakava vaarantuminen.

b) Pientuotantomalli

- Tuotanto on osittain koneistettu. Koneistamisessa on otettu huomioon energiatehokkuus ja erilaisten toimintojen yhdentäminen.
- Viljelytuotteet voivat olla sekä perinteisiä (vrt. Ekotalousmalli jaksossa 11.6) että geeniteknologialla parannettuja (vrt. Ikivihreä vallankumous jaksossa 11.6). Geeniteknologia ja lisäysaineisto on saatu viljelijöiden käyttöön sosiaalisesti oikeudenmukaisella ja ekologisesti kestävällä tavalla. Viljelijät eivät ole riippuvia geeniteknikalla tuotettujen lisäysaineistojen tai kasvinsuojeluaineiden toimittajista tai toimittajat edustavat vastuullisia voittoa tavoittelemattomia tahoja. Julkiset tai järjestöjen ylläpitämät neuvontaorganisaatiot ovat erittäin tärkeitä viljelyn tuottavuuden kehittäjiä.
- Pienviljelijät ovat perustaneet osuuskuntia, jotka esimerkiksi lainaavat jäsenilleen tarvittavia maatalouskoneita ja muita tuotantovälineitä.
- Maaseudulla on selvästi nykyistä enemmän väkeä. Sen väestörakenne on monipuolinen. Monipuolisen väestörakenteen taustana on monimuotoinen elinkeinorakenne ja suhteellisen lyhyet etäisyydet alueellisiin osakeskuksiin. Väestönkasvu tapahtuu maaseudulla eikä vain kaupungeissa.
- Kuljetuslogistiikka perustuu lyhyisiin kuljetuksiin, joiden tehokkuutta haetaan eri kuljetustarpeiden yhdentämisestä. Raaka-ainetoimittajat ovat lähellä kuluttajia ja tuotannon ympäristövaikutukset ”näkyvät” kuluttajille. Tuottajien ja kuluttajien vuorovaikutus on kiinteää, jopa jokapäiväistä.
- Omistajuus on hajautunut. Yksityisomistuksen rinnalla on osuuskuntia sekä valtiollisia/julkisia esimerkkitaloja ja tukipalvelujen tarjoajia. Neuvostoliitto-mallinen valtiollinen massatuotanto edustaa kuitenkin enemmän mallia a).
- Tuotannolla tähdätään sekä kotimarkkinoille että vientiin esimerkiksi niche –tuotteilla (vrt. jakso 1.2).
- Sosiaalisia ongelmia voi syntyä. Niiden ratkaisu tapahtuu pääosin paikallisella tasolla. Tämä tosin edellyttää ei-korruptoitunutta paikallishallintoa.
- Maaomistuksen konflikteja pyritään ratkaisemaan eri osapuolia tasapuolisesti kuullen ja kohdellen.
- Maaseudulla tuotanto- että kulttuuriarvot hakevat koko ajan luovaa tasapainoaan.
- Ilmastomuutoksen kannalta luodaan edellytyksiä pitkällä tähtäimellä kestäviin ratkaisuihin.

Pientuotantomalli on myös ”utopia-malli”, joka perustuu yhtäältä yhteisölliseen maaseutuidylliin, mutta toisaalta on agribisnesmallia vakaampi, sillä se ei sisällä monokulttuureihin perustuvaan voittoa tavoittelevaa riskinottoa. Järjestelmä on myös hyvin toimiessaan yksipuolista tehotuotantomallia sopeutuvampi. Jos pienviljelijät kykenevät demokraattisesti määrittelemään toimintaansa, myös ilmastomuutoksen torjuntaa edistäviä käytäntöjä on helppo perustella ja toteuttaa. Kansainvälisesti tasapainoisella osaamistason kehittämisellä sekä paikallisella koulutustoiminnalla ja parhaiden käytäntöjen juurruttamisella on suuri merkitys. Valtiollisilla ja kunnallisilla toimijoilla on koulutus- ja neuvontatehtävässä tärkeä rooli.

Suomi ei voi globaalissa biopolitiikassaan välttyä ottamasta kantaa agribisnesmallin ja pientuotantomallin välillä. Agribisnesmallin tukeminen saattaa olla lyhyellä tai keskipitkällä tähtäimellä edullista Suomen kannalta. Ainakin se on sitä suomalaistaustaisten suurten tropiikissa toimivien metsäyhtiöiden kannalta. Voidaan kuitenkin kysyä, onko agribisnesmallin kritiikiton tukeminen pitkällä tähtäimellä edes Suomen kapean kansallisen edun kannalta perusteltua.

1.5 Lähtökohtia ja haasteita Suomen globaalille biopolitiikalle

Suomen globaalia biopolitiikkaa on mielekästä kehittää kahdesta näkökulmasta: tuotannosta ja kulutuksesta.

Jokainen kansalainen voi kulutusvalinnoillaan vaikuttaa ilmastomuutoksen etenemiseen ja muihin globaalin biopolitiikan keskeisiin ratkaisuihin. Toki ratkaisevaa on, miten kansalaiset maailman eniten päästöjä tuottavissa maissa kuten Kiinassa ja Yhdysvalloissa tulevat käyttäytymään ja kuinka heidän käyttäytymistään tullaan ohjaamaan. Tätä eritellään luvun 11 skenaarioilla. Jaksossa 1.1. on jo tarkasteltu erilaisten kulutusratkaisujen vaikutuksia ilmastomuutokseen. Jaksossa on korostettu erityisesti ruokaan liittyvien valintojen suurta merkitystä. Olennaista on ymmärtää, että suomalaisten ruokaan liittyvät valinnat ovat osa maailmanlaajuisia biopolitiikkaa. Raportin luvussa 7 tarkastellaan, miten erityisesti Brasiliassa tuotetut elintarvikkeet liittyvät kulutusvalintoihin myös Suomessa.

Vastuullisia kuluttajia palvelevan kaupan ja tulevaisuudessa ehkä myös verottajan on tärkeä olla selvillä kulutuksen vaikutuksista ilmastomuutokseen ja muihin Suomen biopolitiikan tavoitteisiin. Suomalaisten on myös tärkeää tunnistaa niitä erityisiä vahvuuksia, joita maallamme on resurssiensa puolesta vastata maailman biotuotteiden muuttuvaan kysyntään. Tässä on määrätietoisesti otettava huomioon EU:n politiikan ohella biotuotannon suhteelliset edut Suomessa ja nousevissa talousmahdeissa Brasiliassa, Kiinassa ja Intiassa.

Suomalaiset ovat aktiivisia toimijoita biotuotannossa eri puolilla maailmaa. Erityisesti Suomen metsäsektorin tulevaisuuden kannalta toiminta Etelä-Amerikassa on yhä olennaisempaa. Suomalais-taustaiset metsäyritykset ovat tehneet suuria investointeja Brasiliaan ja Uruguayhin viimeisen kymmenen vuoden aikana. Ne ovat jopa Uruguayn suurimpia maanomistajia Stora-Enson tuoreiden maanhankintojen jälkeen. Brazilian valtava ja harvaan asuttu maapinta-ala ja erityisen suuret makean veden varat nostavat sen erittäin tärkeään asemaan ravinnon turvaamisessa maailman väestölle tulevaisuudessa. Samoista syistä ja Amazonin sademetsien vuoksi Brasilialla on myös erityisen tärkeä rooli pyrittäessä torjumaan ilmastomuutosta kasvillisuuden ja erityisesti metsien avulla.

Pohdittaessa Suomen vaikuttamista tuotannon kautta globaaliin ilmastomuutokseen, metsät ovat erittäin luonteva vaikutuskohde. Suomi on malliesimerkki maasta, joka on osannut kääntää metsän vähenemisen metsän lisääntymiseksi samalla kun Suomen metsäteollisuus on voimakkaasti lisännyt puunkäyttöään (Kauppi 2007). Paitsi että Suomella näyttäisi olevan hyvät mahdollisuudet hoitaa

omaa päästökiintiötään hiilidioksidia puihin sitomalla, Suomi voisi myös tropiikin alueella kehittää vahvuudekseen kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämisen metsien avulla.

Viime aikoina ollaan tultu yhä tietoisemmiksi siitä, että ilmastonmuutosta ei voida lähteä torjumaan ottamatta huomioon maailman ravintohuoltoa. FAO:n laskelmien (FAO 2007 a ja b) mukaan elintarvikkeiden kysyntä kaksinkertaistuu nykyisestä vuoteen 2050 mennessä sekä väestönkasvun että elintason nousun ja ruokakulttuurin muutosten vaikutuksesta. Maailman elintarvikehuollon turvaamisesta voi FAO:n mukaan tulla yksi alkaneen vuosisadan suurimmista ongelmista.

FAO:n elintarvikehuippukokouksessa 2008 tunnistettiin seuraavia haasteita maailman elintarviketuotannolle (Salo 2008):

- Elintarvikkeiden kysyntä kasvaa vuoteen 2050 kaksinkertaiseksi nykyiseen verrattuna
- Lisääntyvän kysynnän kattamiseksi maapallonlaajuisten satojen on noustava 40 %/ha
- Lisämaan tarve on 100-200 milj. ha
- Kasteluveden tarve nousee 40-50 %. Tämä on valtava haaste, kun maatalouden osuus on nyt 70-75 % maailman makean veden kulutuksesta
- Maatalouden osuus hiilidioksidipäästöistä nyt noin 25 %. Myös osuus metsäkadon päästöistä on merkittävä pelloksi raivaamisen vuoksi. Osuus metaanipäästöistä on noin 50 %

Tarpeet ja tarvittava kehitys riippuvat toki ratkaisevasti monista vielä vaikuttavista asioista kuten ilmastonmuutoksen etenemisestä, viljelymaan muusta käytöstä kuin käytöstä ravinnon tuotantoon, maailman väkiluvun kehityksestä sekä viljelytekniikoiden ja lannoituksen kehityksestä. Tässä raportissa kehityksen mahdollisuuksia on pohdittu erityisesti luvun 11 päivitettyillä YK:n Millennium Ecosystem Assessment –hankkeen skenaarioilla.

Suomen globaalissa biopolitiikassa erityinen haaste on saada erilaisilla lähtökohdilla globaalissa ympäristössä vaikuttavat suomalaiset toimimaan paremmin yhteen. Tältä kannalta on tärkeää tunnistaa ja ottaa tarkasteluissa lähtökohdiksi kaikki globaalin biopolitiikan keskeiset ulottuvuudet. Biopolitiikkaa tulee rakentaa viidestä osittain ristiriitaisesta näkökulmasta:

- 1) Poliitiikan hyväksyttävyyys paikallisesta näkökulmasta
- 2) Poliitiikan tehokkuus ilmaston muutoksen torjunnan kannalta
- 3) Poliitiikka edistää maailman ravintoturvaa
- 4) Poliitiikan tukee biodiversiteetin suojelua
- 5) Poliitiikka edistää Suomen kansallisia erityisasetuja ja erityisesti suomalaisten työllistymistä

Biotuotannon tulee ensinnäkin olla paikalliselle väestölle hyväksyttävää. Tässä yksi tärkeä näkökulma on, suositanko jaksossa 1.4. luonnehdittua agribisnes –mallia vai pienimuotoista viljelyä. Pohdittaessa maankäytön vaihtoehtoja on tarkasteltava mm. seuraavia tekijöitä:

- Mikä on tuotantomuodon tuottavuus liikeloudellisella tuloksella arvioiden?
- Paikallinen työllistävyyys sekä vaikutus tuloihin ja tulonjakoon alueella
- Muu hyväksyttävyyys paikallisen väestön kannalta: aiheuttaako terveyshaittoja/hyötyjä, loukkaako perinteisiä omistussuhteita ja perinteisiä tapoja, aiheuttaako koettua ympäristön huononemista mm. biodiversiteetin vähenemisen ja maiseman tuhoutumisen muodossa.

Edullisuutta yleisten globaalien tavoitteiden eli ilmaston muutoksen, maailman ravinnon tuotannon

ja biodiversiteetin suojelun kannalta voidaan tarkastella mm. seuraavista näkökulmista:

- Edullisuus hiilen sidonnassa ja kasvihuonekaasujen päästöissä. Vaikutusten yhteismitallistamiseksi pyrittävä laskemaan hiilidioksiditonnia vastaavan päästön välttämisen hinta.
- Kasvien, eläinten ja muiden bio-organismien perimän säilyttäminen monimuotoisena. Bio-organismien sukupuuttoon ajautumisen estäminen.
- Kasvien, eläinten ja kulttuurien moninaisuutta edistävät ympäristöt
- Maaperän säilyminen kasvukykuisenä ja eroosion torjunta
- Lannoitteiden ja varsinkin fosforin tehokas käyttö. Fosforista näyttää tulevan se ravinne, joka vahvimmin rajoittaa biotuotantoa ja erityisesti ravinnon tuotantoa globaalilla tasolla pitkällä tähtäimellä
- Makean veden tehokas tai vähäinen käyttö tai edellytykset käyttää kestäväällä tavalla suoloista vettä.
- Edellytysten luonti monipuolisen ravinnon saantiin edullisesti maailman köyhimmille.

Koska kyseessä on nimenomaan Suomen globaalin biopolitiikan hahmottelu, lähtökohdaksi on otettava myös Suomen kansalliset edut. Suomen edut on pyrittävä sovittamaan yhteen biotuotannon paikallisten ja globaalien etujen kanssa. Poliittikkaa on arvioitava siltä kannalta, miten se vaikuttaa työllisyyteen ja tulonmuodostukseen Suomessa. Jos kyseessä on Suomeen tuotava tuote, on myös arvioita kuluttajien hyötyä tuonnista.

- Miten vaikuttaa suomalaisten työllistymiseen ja tuloihin Suomessa ja Suomen ulkopuolella
- Kuinka suomalaiset kuluttajat hyötyvät biopolitiikan ratkaisuista

Suomalaisen globaalipoliitiikan ilmeinen ongelma on ollut, että eri politiikkasektoreilla on toimittu lähtien vain jostakin tai joistakin näkökulmista. Kehitysyhteistyöpolitiikassa on johtotähtenä ollut erityisesti huono-osaisen paikallisen väestön hyötyminen ja viime aikoina myös enenevässä määrin ilmastopoliitiikan ja biodiversiteetin haasteet. Varsinaisen ilmastopoliitiikan kehittäminen on tapahtunut pääasiassa EU:n johdolla paljolti irrallaan maailman ravintohuollon turvaamisesta ja kehitysyhteistyöpolitiikasta. Viennin edistämistä on taas usein tehty lähes pelkästään Suomen kansallisen hyötymisen näkökulmasta. Kauppa on puolestaan ollut lähinnä vain kiinnostunut toimittamaan mahdollisimman edullisesti kuluttajille heidän haluamiaan tuotteita. Reilun kaupan tuotteet ovat tosin saaneet kaupan edustajat kiinnittämään huomiota myös olosuhteisiin, joissa tuotteet on valmistettu.

Tämän arviointihankkeen yksi päätavoite on ollut yhdentää ja suunnata Suomen kansainvälisellä toimintakentällä tapahtuvaa biopolitiikkaa. Arviointihankkeen loppuvaiheessa syksyllä 2009 haastateltiin 26 kansanedustajaa Suomen biopolitiikan tavoitteista. Valtaosa heistä oli joko arviointihankkeen ohjausryhmän jäseniä tai kuului eduskunnan tulevaisuusvaliokuntaan. He myös edustivat eduskunnan voimasuhteiden mukaisesti sen puolueita. Haastattelujen tulokset on esitetty raportin luvussa 10.

Haastattelujen tärkein tulos oli vision ja strategisten tavoitteiden muotoilu Suomen globaalissa toimintaympäristössä toteutettavalle biopolitiikalle. Visio ja strategiset tavoitteet on esitetty raportin jaksossa 10.5. Vision tavoittamisen mahdollisuuksia tarkastellaan päivitettyjen YK:n Millennium Ecosystem Assessmentin skenaarioiden avulla luvussa 11.

Visio on johdettu kannanotoista, joissa haastatellut asettivat tärkeysjärjestykseen viisi edellä mainittua Suomen biopolitiikan päätavoitetta. Haastatelluilla oli käytettävissään tämän loppuraportin alustava versio. Heitä pyydettiin ottamaan kantaa suomalaiseen biopolitiikkaan kaikilla maailman

trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla. Raporttiluonnoksessa esimerkkeinä käytetyt Brasilia ja Uruguay vaikuttivat kuitenkin epäilemättä kannanottoihin.

Tässä raportissa konkretisoidaan globaalin biosektorin haasteita tarkastelemalla raportin luvuissa 2 - 4 erityisesti Brasiliaa ja Uruguayta. Loppuluvuissa tarkastelu laajennetaan koskemaan koko maailmaa ja erityisesti sen trooppisia ja subtrooppisia alueita. Mielestämme ratkaisu on ollut perusteltu. Paikallisella ja maailmanlaajuisella tarkastelulla korostamme sitä, että ratkaisut maailman biosektorilla ovat aina sekä paikallisia että maailmanlaajuisia.

II BRASILIAN JA URUGUAYN BIOTUOTANNON HAASTEITA MAAILMALLE JA SUOMELLE

2 Maanomistus ja maankäyttö: agribisnestä, pienimuotoista viljelyä vai suojelua? Näkökulmia Etelä-Amerikasta⁵

2.1 Johdanto

Maanomistus ja maankäyttö ovat keskeisiä tekijöitä ilmastonmuutoksen torjunnassa ja muissa ympäristöasioissa. Maankäyttö on myös yksi ihmiskunnan suurimmista yhteiskunnallisista kysymyksistä nyt ja tulevaisuudessa. Latinalaisessa Amerikassa maakiistat ovat historiallisesti liittyneet maa-reformivaatimukseen, mutta viimeaikoina yhteenottojen osapuolina ovat olleet ennen kaikkea pienviljelijät ja maaton maaseutuväestö vastassaan isot perinteiset karjatilalliset, soijaa viljelevät suurmaanomistajat ja kansainvälisesti toimivat sellufirmat (esim. Chabot & Vinthagen 2007; Kröger 2009).

Kansainvälinen näkökulma Etelä-Amerikan maakysymyksiin on ajankohtainen ja mielenkiintoinen myös Suomessa, sillä se koskettaa suoraan suomalaistaustaista globaalissa rakennemuutoksessa elävää metsäteollisuutta (esim. Hetemäki & Hänninen 2009, Pakkasvirta 2008a ja 2008b, Lehtinen 2008, Häyrynen, Donner-Amnell & Niskanen 2007). Paperi- ja selluteollisuuden globalisaatio Latinalaisessa Amerikassa on kiihtynyt voimakkaasti 2000-luvulla. Kolmannes maailman metsävaroista sijaitsee alueella. Eukalyptuskuituun pohjautuvia yli miljoonan tonnin vuosikapasiteetin sellutehtaita on pelkästään Etelä-Amerikassa suunnitteilla tai rakenteilla kymmenkunta – jo alueella ennestään olevien lisäksi (Pakkasvirta 2008a, 21, 39-40). Verovapaat vapaatuotantoalueet ovat lisääntyneet, sillä käytännössä kuka tahansa voi omistaa maata esimerkiksi Brasiliassa ja Uruguayssa. Lisäksi alueen valtiot tukevat monin tavoin ulkomaisia sellu- ja paperiteollisuusinvestointeja. Vaikka maankäyttöä pyritään säännöstelemään ja valvomaan, viljelyalojen valtauksessa on yhä käytössä sellaisia arveluttavia menetelmiä kuten suurmaanomistajien aseistamien joukkojen suorittamat ns. yksityiset kolonisaatiot, ”private colonization” (Jepson 2006, 840; Kröger 2009; ks. myös Wittman 2009; Karriem 2008; Caldeira 2008; Brannstrom 2008; vrt. Rama 1996).

Tämän raportin Latinalaista Amerikkaa käsittelevässä alkuosassa tarkastellaan ensin globalisaatiota ja muita maankäyttöön liittyviä poliittisia ja taloudellisia seikkoja. Samalla pohditaan maankäyttöön liittyviä yhteiskunnallisia malleja ja vaihtoehtoja. Seuraavaksi tarkastellaan esimerkinomaisesti Brasiliasta – erityisesti Amazonian aluetta – ja Uruguayta. Brasilia on vesi-, maa ja metsäresurssien suhteen yksi maailman jättiläisvaltioista. Uruguay on taas pieni latinalaisamerikkalainen hyvinvointivaltio, joka on viime vuosina avannut talouttaan erityisesti ulkomaisella selluteollisuudelle ja eukalyptuksenviljelylle.

2.2 Globalisaation ulottuvuudet

Suomalainen metsäteollisuus ei olisi lähtenyt Etelä-Amerikkaan ilman maailmantaloudessa 1990-luvulla tapahtuneita suuria muutoksia. Osittain stereotyyppisesti ja kuluneesti muutoksesta käytetään termiä globalisaatio. Globalisaatio ymmärretään nykykeskusteluissa useimmiten kansainvälisen talousjärjestelmän viimeisimpänä ja väistämättömänä vaiheena. Globalisaatiota edustavat maailmanlaajuiset reaaliajassa elektronisesti toimivat rahamarkkinat ja ylikansalliset yritykset, jotka voivat uudenlaisissa oloissa toimia aiempaa helpommin. Tuotantojärjestelmät ovat globaaleja verkostoja ja tuotteet perinteisten lisäksi myös uudentyypisiä aineettomia ”intangibles” -tuotteita (brändejä, merkkejä, logoja, palveluita, tietoa ja muuta ei-materiaalista.). Silti esimerkiksi selluteol-

⁵ Luku on erikseen mainittuja kohtia lukuun ottamatta Jussi Pakkasvirran kirjoittama

lisuus ja tehomaatalous ovat edelleen merkittäviä globaalitalouden toimijoita, ja ne ovat voineet hyödyntää viime vuosikymmenten talouden avautumista.

Erona entiseen kansainväliseen talousjärjestelmään tai ”kansantalousmalliin” on se, että nykyglobalisaation infrastruktuurina ovat maailmanlaajuiset reaaliaikaiset informaatio- ja kommunikaatioverkot. Ne toimivat lähes joka paikassa, kännyköistä kannettaviin tietokoneisiin. Taloudellinen globalisaatio nähdään usein myös länsimaisen kulttuurin ja elämäntavan voittokulkuna. Siihen liittyy kulttuuripiirien yhteentörmäyksiä ja erilaisia fundamentalismin muotoja niin idässä ja lännessä kuin pohjoisessa ja etelässä. Vuoden 2008 talouslamasta lähtien uusliberaali globalisaatiomalli on ajautunut vakavaan kriisiin. Silti monet perinteiset teollisuusalat kuten paperi- ja selluteollisuus ovat hyötynet uusliberaalin talousglobalisaation suomista eduista 2000-luvulla. Tuotannon ja pääomien siirtelemisestä on tullut juridisesti helpompaa ja taloudellisesti kannattavampaa. Esimerkiksi maan hankkiminen ja omien vapaatuotantoalueiden tai satamien rakentaminen on tullut helpommaksi ja kannattavammaksi.

Globalisaatio voidaan nähdä myös maailmanlaajuisen tietoisuuden syntyä ja kasvuna. Valtakuntien rajoja aiempaa helpommin ylittävät mahdollisuudet ja riskit ovat synnyttäneet tämän globalisaatio-käsityksen. Ekologiset suurvaarat (sota, saasteet, kulutustottumukset, metsien häviäminen, ruoantuotannon ongelmat, monokulttuuri eli yhden lajikkeen massiivinen viljely, ilmastonmuutos, ase- ja ydinteollisuus) koetaan keskeisinä uhkina, mutta samalla globalisaatiossa nähdään mahdollisuus uuteen kansainväliseen tai poikkikansalliseen toimintaan. Erilaiset toimijat voivat etsiä liittolaisia entistä helpommin oman kansallisvaltion ulkopuolelta; globaalit tietoverkot ovat myös esimerkiksi kansanliikkeiden käytössä. Kansalaisliikkeiden globaali foorumi eli Maailman sosiaalifoorumi on yksi tällaisen globalisaatiotoiminnan kenttä. Useissa kriittisissä kansanliikkeissä globalisaatiota ei yksiulotteisesti vastusteta, vaan sille etsitään vaihtoehtoisia tulevaisuuksia ja malleja. Joku voi sanoa, että kyse on globaalista toiminnasta maapallon pelastamiseksi – globalisaatiosta globaalin hyvinvoinnin vuoksi. Toinen sanoo, että kyse on haihattelusta ja ihmislaajille haitallisista teknologista ja taloudellista nykyykehitystä haittaavista utopioista.

Yksi tapa suhtautua globalisaatioon – ja tulevaisuuteen – voisi olla edellä kuvattujen näkökulmien yhdistäminen ja sen miettiminen, miten kestävää suunnittelua sekä parhaita käytäntöjä ja teknologioita käytetään globaalisti ja demokraattisesti. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan näkökulmasta tämä lähtökohta on skenaarioita laadittaessa tärkeä. Ideana olisi etsiä vapaimman markkinakapitalismin ja jäykimmän valtiollisen suunnitelmatalouden välistä sosiaalisesti kestävää yhteiskuntamallia, luonnonresurssien hyötykäytön ja suojelun parasta suhdetta sekä globaalin tulonjaon oikeudenmukaisia tasausmekanismeja konfliktien estämiseksi. Globaalisti tällaisia yrityksiä tehtiin toisen maailmansodan jälkeen. Silloisessa kylmän sodan alkutilanteessa parhaat suunnitelmaversiot kuitenkin kaatuivat, kun esimerkiksi Maailmanpankista ja Kansainvälisestä valuuttarahastosta ei muodostunut sellaisia hyvinvointia tasaavia instituutioita, jollaisiksi niitä alun perin suunniteltiin. 2000-luvun uudet haasteet – kuten ruokatuotannon riittävyys, väestön kasvu, ilmastonmuutos, kasvavat globaalit tuloerokulut – pakottavat ihmiskunnan kuitenkin väistämättä etsimään taas uudenlaisia monikeskisiä ja demokraattisia ratkaisuja yhteisten uhkien edessä.

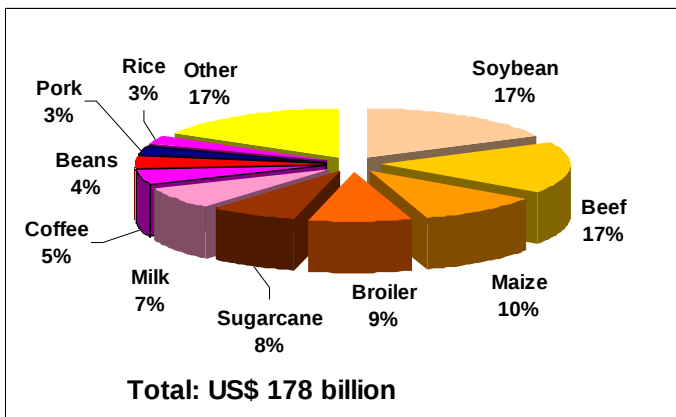
2.3 Globaali tehomaatalous, ”agribisnes”

Globaalilla agribisneksellä tarkoitetaan yleisesti uutta tehomaataloutta, joka on aiempia monokulttuurisia vientitalousmalleja keskittyneempi ja poikkikansallisempi. Suuryrityksillä on aiempaa paremmat toimintaedellytykset ja teknologiakohityksen vuoksi usein myös suunnittelu- ja tuotantomonopoli (geeniteknologian toistaiseksi kallis hinta). 2000-luvun agribisnes voi olla myös valtiollista toimintaa, kuten esimerkiksi Brasilian valtion tukema ja harjoittama sokeriruokoetanolin mas-

satuotanto tai muut tehomaatalous. Käytännön agribisneksessä teho ja volyyymi menevät usein muiden arvojen edelle, sillä kovassa globaalissa maatalouskilpailussa on tuotettava maksimiteholla mahdollisista negatiivisista sosiaalisista ja ekologisista sivuvaikutuksista huolimatta.

Kuva 2.1. Päämaataloustuotteet Brasiliassa prosenttiosuuksina tuotannon bruttoarvosta (Lähde: Celia Fortes Ferreira, ppt-esitys, Eduskunta 8.10.2009 ja www.agricultura.gov.br)

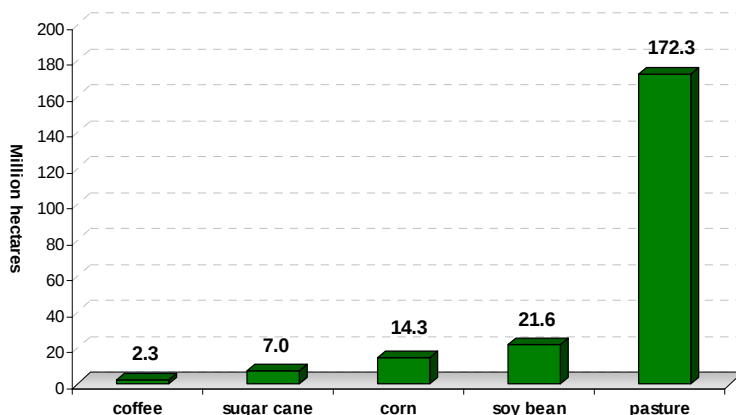
Major agricultural products in Brazil Gross value of production (April 2008)



Source: CNA

Kuva 2.2. Kahvin-, sokeriruohon-, vehnän-, soijan- ja karjankasvatuksen maa-alat Brasiliassa, miljoonaa hehtaaria kasvukaudella 2007-2008 (Lähde: Celia Fortes Ferreira, ppt-esitys, Eduskunta 8.10.2009 ja www.agricultura.gov.br)

Main Crops - Area 2007/2008 Harvest



Source: Conab / MAPA and IBGE (pastures – 2006)

Jatkuvasti kasvavaan globaaliin agribisnekseen kuuluvat traditionaaliset hedelmäplantaasit, lihan-tuotanto, bio- tai peltopolttoaineet, maissin- ja soijanviljely sekä esimerkiksi eukalyptussellu. Teho-viljely muuttaa maaseutua erityisesti Etelä-Amerikassa ja muutos tuntuu tapahtuvan aiempaa huo-mattavasti nopeammin.

Esimerkiksi sellun kuitumateriaalin viljely Etelä-Amerikassa taistelee tulevaisuuden viljelyalasta ja muista resursseista usean muun toimijan kanssa. Isolla mantereella on samalla myös suuria aluekoh-taisia eroja. Esimerkiksi Uruguayn karjan tallaamilla ja vähän asutetuilla tasangoilla metsätalouden maihin nousu ei ole synnyttänyt maan sisäisiä kansallisia tai alueellisia konflikteja. Uruguayssa eu-kalyptusplantaasit eivät myöskään vielä kilpaile ruoantuotannon kanssa – valtio on määritellyt puuplantaaseille sellaisia alueita, jotka eivät sovellu kovin hyvin ruoantuotantoon. Eukalyptuksen viljelyä myös säännellään ja valvotaan tarkasti. Sen sijaan esimerkiksi suomalais-ruotsalaisen Stora Enson ja brasilialaisen Fibrian (aiemmin Aracruz) yhteistehdas (Veracel) Brasilian Bahiassa on törmännyt useisiin paikallisiin ongelmiin. Selluviljelmiä ja -tehtaita vastassa ei vielä ole ollut soi-janviljelijöitä tai karjankasvattajia vaan paikallisia ihmisiä perinteisine elinkeinoineen ja maattomi-en liikkeitä.⁶ Brasilian hallitus tukee voimakkaasti myös biodiesel-tuotantoa, ja jossain vaiheessa voi olla odotettavissa maakiistoja esimerkiksi selluviljelmiin ja sokeriruokoviljelmiin liittyen: kummalla tuotteella maata varataan ja annetaan?

Esimerkiksi Brasiliassa Bahian osavaltion alimman asteen tuomioistuin antoi heinäkuussa 2008 päätöksen, jonka mukaan Veracel kaatoi 64 hehtaaria sademetsää ilman riittäviä lupia vuonna 1993. Tämän rikkeen hyvittämiseksi tuomioistuin vaati Veracelia muuttamaan 47 000 hehtaarin verran plantaasejaan sademetsäksi. Yhtiölle määrättiin myös 8 miljoonan euron sakot. Lisäksi jos yhtiö ei kerää eukalyptusta vuoden sisällä, sille on määrätty vielä korkea päiväsakkorangaistus. Veracelilta on vaadittu myös uusia ympäristöselvityksiä.

Stora Enso on kuitenkin esittänyt, että sen Brasilian tehdas on toiminut kaikkien Brasilian lakien ja asetusten mukaan. Stora Enson mukaan yhtiö ei myöskään ole kaatanut sademetsää plantaasien tiel-tä, ja yhtiön tulokinnan mukaan ennallistettu sademetsäkin oli joutomaata jo ennen metsityksen aloit-tamista. Syyskuussa 2009 Bahian osavaltion tuomioistuimelta tuli uusi päätös, jonka mukaan yhtiön on lopetettava uusien istutuksien tekeminen niin pitkäksi aikaa, kunnes Eunápoliksen kuntaan on tehty ympäristövaikutusten arviointi ja maankäyttösuunnitelma.

Bahian osavaltion oikeus tutkii myös, onko Veracel rikkonut määräyksiä, joiden mukaan korkein-taan 20 prosenttia maa-alasta voi olla puupeltoa. Paikallisen lainsäädännön mukaan vain viidennes maatalous- ja metsätalousmaasta voi olla viljeltyä puupeltoa. Jos Veracelin todetaan ylittäneen sallit-tut istutusmäärät, yhtiö saattaa joutua purkamaan istutuksiaan.

Stora Enso on ilmoittanut, että tuomarin päätös ei vaikuta yhtiön toimintoihin ja että päätöksistä va-litetaan korkeampiin oikeusasteisiin. Samalla yhtiö on pyrkinyt parantamaan yhteiskuntavastuuti-miaan niin Brasiliassa kuin Uruguayn uusilla plantaaseillaan.

Suomessa toimivan suomalaisen metsäteollisuuden kannalta iso kysymys näiden sosiaalisten ja oi-keudellisten konfliktien taustalla on se, että sellun tuottaminen trooppisilla tai lauhkean alueen eu-kalyptusviljelmillä ja verotuseduin on tällä hetkellä ja vastoinikäymisistä huolimatta silti edelleen vähintään tuplasti Pohjolassa tehtyä kannattavampaa.

⁶ Maattomien liike on vastustanut erityisesti eukalyptusplantaaseja, sillä monet liikkeen jäsenet jäivät vaille toimeentu-loa, kun esim. karjatiloja – heidän työpaikkojaan – myytiin sellufirmoille eukalyptuksen kasvatukseen. Plantaaseilta ei ole löytynyt työtä kuin pienelle osalle maattomista.

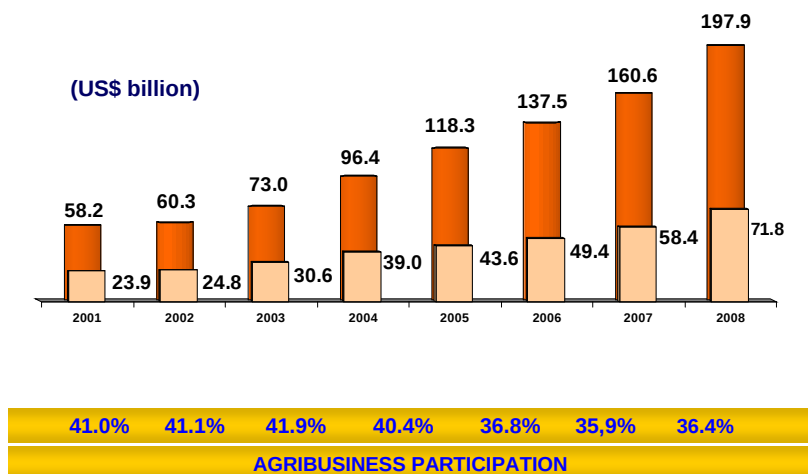
Suomalaisyriytysten selluntuotanto Latinalaisessa Amerikassa voidaan nähdä siis osana maailmanlaajuista agribisnestä. Sen ja niin sanotun agroekologian muuttuva suhde onkin globaalin maatalouspolitiikan olennainen kysymys. Nämä maaseutua muokkaavat ilmiöt kilpailevat maasta, hallituksen huomiosta, markkinoista ja yhteiskunnan hyväksynnästä. Toinen huomattava asia on globaalin ympäristötietoisuuden yleinen kasvu Latinalaisessa Amerikassa.

Latinalaisessa Amerikassa 2000-luvun agribisnekseen liittyy uusliberalismin ja monikansallisten yhtiöiden lisäksi monopolikapitalistista suunnitelmatalousideologiaa, jossa monet valtiot takaavat muutamille suurtuottajille maaseudun kehittämisen monopolin ja samalla myöntää niille mittavia tukia. Muutos 1800-luvun lopun ”banaanivaltioista” nykyajan agribisnesvaltioiksi on ollut iso. Jo 1980-luvulta lähtien Latinalaisessa Amerikassa on siirrytty perinteisestä suurmaanomistuksesta voittojen välittömään investointiin keskittyvään tuotantotapaan, jossa maa on vain tehoresurssi. Ennen vanhaan *latifundio*, suurmaanomistus, miellettiin vallan ja statuksen symboliksi eikä aina pyritty maksimaaliseen tuotantotehokkuuteen. Latifundio muutti pienviljelijöiden asemaa jo kolonialismin ja 1800-luvun aikana, mutta viimeisen vuosikymmenen aikana muutos on ollut ennen kokemattoman nopeaa.

Globaalissa mittakaavassa Latinalainen Amerika ja koko Amerikkojen kaksoismanner ovat olennaisia uuden tehomaatalouden toimijoita – sekä tuottajia että kuluttajia. Argentiina, Brasilia, Chile, Paraguay ja Uruguay (ja Yhdysvallat) ovat valtioita, joissa uudella tehomaataloudella on ollut kaikkein otollisin kasvualusta. Samalla Pohjois- ja Etelä-Amerikassa tapahtuneilla muutoksilla on globaaleja vaikutuksia. Nämä kehityskulut liittyvät samalla kulutusmalleihin ja -tottumuksiin. Toisaalta kyse voi olla myös maailman laajimman sademetsäalan Amazonasin supistumisesta.

Kuva 2.3. Agribisneksen osuus Brasilian viennistä. (Lähde: Celia Fortes Ferreira, ppt-esitys, Eduskunta 8.10.2009 ja www.agricultura.gov.br)

Brazilian Exports: total vs. agribusiness

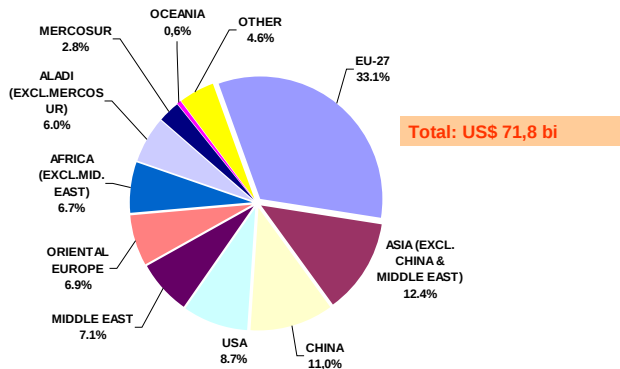


Source: MAPA

Kuva 2.4. Brazilian agribisneksen vienti maaryhmittäin sekä viennin ja tuonnin tasapaino (Lähde: Celia Fortes Ferreira, ppt-esitys, Eduskunta 8.10.2009 ja www.agricultura.gov.br)

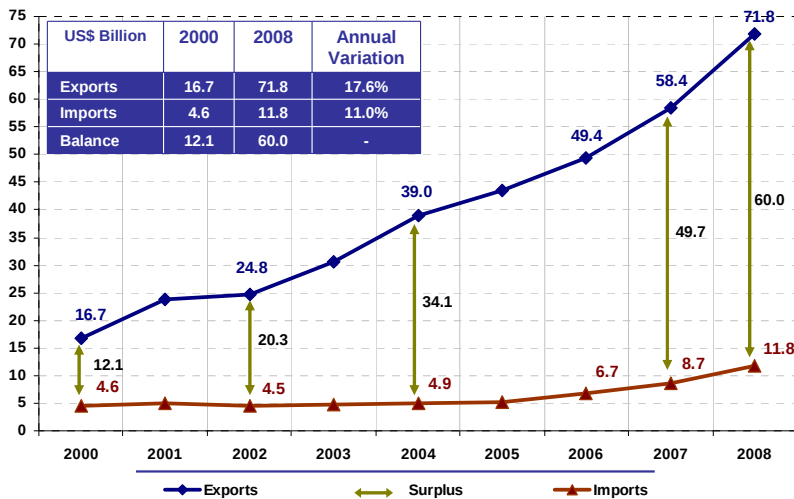
Exports of Brazilian Agribusiness

MAIN DESTINATIONS - 2008



Source: AgroStat Brasil / SECEX/ MDIC

Agribusiness Trade Balance



Source: MAPA

Kestävä kehitys, maankäytön suunnittelu ja ilmastonmuutoksen torjunta elävät tässä valtiojohtoisen tai yksityisen markkinatalouden ekonomistisessa ristiaallokossa. Modernista luomu-ajattelusta, reilusta kaupasta ja alkuperäiskansojen keräilymaataloudesta juontuva paikallistuotantoa ja kestävää

kehitystä suosiva agroekologia on muokannut pientuotantoa myös markkinatalouden keinoilla. Esimerkkejä ovat kahvin, banaanin, maissin ja papujen tehokas viljely sopivaa varjoa tarjoavien kumi- tai muiden puiden kanssa. Viljelylajikkeiden sopiva sekoittaminen tuovat maaperään myös ruokakasvien kaipaamaa tyypeä vähentäen myrkytys- tai lannoitustarpeita. Tulevaisuuden keskeisenä haasteena on se, miten yhdistää esimerkiksi geeniteknologian mahdollisuudet parhaalla ja kestäväällä tavalla muihin agroekologisiin innovaatioihin (esim.

http://www.agassessment.org/docs/LAC_SDM_130508_English.htm).

Monet agroekologiset hankkeet toimivat osuuskuntapohjaisina ja käyttävät myös paikallisesti tuotettua aurinko-, tuuli- ja bioenergiaa. Näin on pystytty yhdistämään sekaviljelyn edut ja paikallisesti rationaalinen energiantuotanto. Tällaisessa tuotantotavassa pyritään eroon tehomaa- ja maatalouden yksiläisestä monokulttuurisesta tehotuotannosta. Näin ei aina tarvittaisi suuryritysten kuten Monsanto'n monopolioikeuksia ja patentein kauppamia kalliita geenimuunneltuja siemeniä, lannoitusta, torjunta-aineita eikä isoa määrää maatalouskoneita.

Latinalaisessa Amerikassa taistelu maasta on yhä arkipäivää, ja monet maaseudun toimijat väittävät samoja maa-aloja omikseen eri perustein. Vaikka maareformeja on tehty ja yhä tehdään, maanomistus tuntuu edelleen keskittyvän. Erilaiset maattomien liikkeet, kuten Brasilian MST (*Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra*), ”maailman suurin köyhien kansanliike” (yli 1,5 milj. jäsentä) ovat vaatineet ”maakansalaisoikeuksiaan” vedoten perustuslakien pykäliin, joita voidaan tulkita siten, että viljelemätön maa voidaan ottaa ruokatuotannon käyttöön.

Brasiliassa työväenpuoluetaustaista, alkujaan monin tavoin maattomien liikkeeseen kytkeytynyttä ja jo toista kautta vallassa olevaa presidentti Luiz Inácio Lula da Silvaa on arvosteltu valtiollisen agribisneksen liiallisesta suosimisesta. Lulan kaudella (2003–) tehomaa- ja maatalouden raaka-aineiden (soija, mineraalit) ja puolijalosteiden (sellu, sokeriruokoetanoli) vienti on kasvanut monikertaisesti. Brasiliasta on tullut tehomaa- ja maatalouden globaali keskus sekä tuotannollisessa, tutkimuksellisessa että diplomaattisessa mielessä. Brasiliassa monet kansalaisjärjestöt ovat kysyneet kriittisesti, ajaako Lulan hallitus agribisneksen globalisoitumista vai käyttäkökö globaali agribisnes etelän valtiomiestä hyväksi laajentumisessaan. Brasiliassa (ja myös Yhdysvalloissa) agribisneksen ongelmat liittyvät usein juuri valtiollisesti tuettuun tuotantoon.

Merkittäviä globaaleja toimijoita agribisneksessä ovat esimerkiksi yhdysvaltalaiset/monikansalliset yhtiöt Cargill, Monsanto ja Sygenta (Giarracca 2008; ks. myös Shiva 2003). Vasemmistolaisena valtaan nousseen Lulan politiikan on kuvattu muuttuneen osittain lyhyen aikavälin vaalipolitiikaksi, jossa pitkän aikavälin ympäristösuunnittelu on usein tehokkuutta rajoittava ongelma, ei politiikan ydin. Nopeita kansantalouden kasvulukuja tarvitaan vaalivoittoihin ja niitä saadaan soija-, eukalyptus- ja sokeriruokopelloilta. Tutkimuspanokset uusiin etanolin tuottamisen tapoihin ovat merkittäviä, mutta se miten parhaat tutkitut käytännöt saadaan toimimaan voi kestää, koska pika- ja vaalivoittoja jylläävät rahasammut puuskuttavat sokeriruoko-, soija- ja eukalyptuspelloilla.

Brasilian etanolituotannossa laajenevien sokeriruokoviljelysten on syytetty rikkovan myös maan ympäristölakeja, joiden mukaan tietty osa maapinta-alasta on suojeltava. Maan syyttäjänvirasto sekä ympäristö- ja oikeusministeriö huomauttavat toistuvasti etanoli-, soija- ja puunistutushankkeissa tapahtuvista säännönmukaisista ympäristölakien rikkomuksista, mutta toistaiseksi ympäristölait ovat jääneet agribisnesmallin jalkoihin.

Brasilian nykyhallitus on useissa yhteyksissä vakuuttanut maansa onnistuneen hillitsemään metsäkatoa (http://www.brasil.gov.br/governo_federal/Plan_prog_proj/proj_meioambiente/). Maan johto toistaa usein, että hallitus on kyllä herännyt ja pystynyt vähentämään metsäkatoa puuttamalla lait-

tomiin hakkuihin ja parantamalla maanomistajuuteen liittyvää järjestelmää. Virallinen Brasilia kertookin, että hakkuualueilla on tarkoitus tehdä tehokkaita viranomaistarkastuksia. Hakkuulupia jäädytetään, ja yrityksiä aiotaan sakottaa, jos ne ovat ostaneet puuta laittomilta hakkuualueilta.

Samalla Brasiliassa kiistellään jatkuvasti valtiollisen agribisneksen vaikutuksista. Kiistat kulminoituvat maan kauppa- ja teollisuusministeriön ja ympäristöministeriön erimielisyyksiin. Brasilian pitkäaikainen ympäristöministeri Marina Silva – legendaarisen kumityöläisten marttyyri Chico Mendesin (1944–1988) työtoveri ja yksi Amazonian kuminkerääjien liiton perustajista – erosi hallituksesta toukokuussa 2008. Eronsa syyksi Silva ilmoitti vienti- ja plantaasisektorin hallitsemattoman laajenemisen. Silva oli sinnitellyt Lulan hallituksessa alusta asti ja ollut monessa mielessä sen kriittinen ekologinen ääni. Vaikka monet brasilialaiset kansanliikkeet ovat arvostelleet rajusti Silvaa hallituskauden varrella, hänen eronsa kuitenkin vähensi yleistä uskoa Lulan hallituksen kestävä kehityksen puheisiin.

Brasilialaisen yhteiskunnan konfliktialttius on kasvanut ja yhteiskunnan erilaisten toimijoiden aito vuoropuhelu vaikeutunut. Lulan hallituksen ministerit ovat todistelleet erityisesti ulkovaltioiden suuntaan, että kaikki on hallinnassa ja tuotantoprosessit esimerkiksi ruoka- ja etanolibisneksen kohdalla kunnossa. Viesti tuntuu menevän hyvin perille esimerkiksi suomalaisissa tiedotusvälineissä. Monipuolinen Brasiliasta tuleva riippumattomien tutkimuslaitosten ja kansalaisjärjestöjen informaatio kuitenkin osoittaa, että valtion maankäyttöpolitiikassa on hyvin monta ratkaisematonta ongelmaa niin Amazonialla kuin muuallakin.

2.4 Yhteiskunnallisia malleja ja vaihtoehtoja

Maankäyttöä voidaan ja pitää lähestyä sekä paikallisesta että globaalista näkökulmasta. Ihmisen ja maan suhteen kannalta kyse on lähes aina myös hyötynäkökulmasta, sillä maa on merkittävä tuotantoväline ja resurssi. Paikallinen hyöty tarkoittaa useimmiten elannon ja ruuan hankkimista. Kokonaisvaltaiseen paikalliseen hyötyyn liittyy myös pyrkimys terveelliseen ja fyysisesti miellyttävään lähiympäristöön. Paikallisella tasolla maakysymyksellä on myös suuri vaikutus alueelliseen tulonjakoon ja siitä mahdollisesti aiheutuviin yhteiskunnallisiin ongelmiin.

Globaalisti maankäytön hyötynäkökulma liittyy useimmiten ilmasto-, vesi- ja ravintokysymyksiin. Kyse on siitä, mikä on alueellisesti rationaalisinta maankäyttöä koko maapallon ja ihmiskunnan kannalta. Globaalisti kestävä kehityksen näkökulmasta ympäristöä ja maata on käytettävä hyvin ja kaikkien parhaaksi, mutta myös riittävän tehokkaasti (jos maa on hyötykäytössä eikä yhteisesti – yleensä kansallisesti – sovitusti suojelualueena). Ilmaa, vettä ja ympäristöä ei oikeastaan ”omisteta” yksityisesti, kansallisesti tai alueellisesti vaan se kuuluu kaikille. Maata on omistettu historiallisesti ja omistetaan useimmissa nyky-yhteiskunnissa, mutta maahan liittyy samanlaisia globaaleja näkökulmia kuin veteen ja ilmaan. Ympäristöä ja maata on globaalista näkökulmasta lisäksi myös suojeltava, jotta se pysyy ”puhtaana” ja on toimiva sekä monimuotoinen.

Joskus globaali ja paikallinen hyöty tarkoittavat samaa, mutta usein ne ovat ristiriitaisia. Maa-alueilla voidaan viljellä niillä huonosti menestyvää eli maan ja energian käytön kannalta tehotonta lajia. Vaikka globaalisti olisi rationaalista vaihtaa useita paikallisia viljelylajeja, paikalliset tottumukset ja kuljetuskustannukset voivat olla niin merkittävät, että juuri tuon ”huonon” lajikkeen käyttö on paikallisesta näkökulmasta ”järkevin”.

Tärkeää on myös pohtia sitä, mikä on Suomen hyöty maankäyttökysymyksissä. Globaalista näkökulmasta voidaan ajatella idealistisesti, että Suomi hyötyy, jos maailma hyötyy. Kun kuitenkin pohdimme tässä raportissa erityisesti Brasilian ja Uruguayn maankäyttöön liittyviä seikkoja, huo-

maamme, että asiat monimutkaistuvat. Miten mielekästä suomalaisten enemmistön kannalta on edistää suuria selluntuotanto- ja metsänviljelyhankkeita Etelä-Amerikassa? Ratkaisut vaikuttavat monilla tavoilla työllisyyteen ja taloudelliseen kehitykseen Suomessa. Sellutuotannon katoaminen Suomesta vaikuttaa ensisijaisesti metsäklusteriin mutta myös metsäkoneiden valmistukseen, konsultointiin ja muihin palveluelinkeinoihin.

Globaalista ja oikeudenmukaisuusnäkökulmasta voidaan pohtia myös sitä, millaisia vaikutuksia suomalaisilla toimijoilla on paikallisen väestön kannalta Etelä-Amerikan yhteiskunnallisissa oloissa. Miksi suomalaisyritykset toimivat vapaatuotantoaleilla eivätkä maksa paikallisia tai kansallisia veroja? Työllistyvätkö paikalliset ihmiset suomalaishankkeissa? Kohdellaanko heitä oikeudenmukaisesti? Kuinka tehtävät ratkaisut edistävät Suomen kehitysyhteistyöpolitiikalle asetettuja tavoitteita ja toimintaperiaatteita?

Globaalisti ja paikallisesti kestävä maankäytön ja ravinto- ja energiatuotannon peruskysymyksiä ovat: a) mitä tuottaa, b) kenelle, c) kenen toimesta, d) missä ja e) millaisilla tavoilla ja menetelmillä (vrt. <http://www.agassessment.org/>)

On tärkeää pohtia näiden peruskysymysten merkityksiä. Millä tavalla eri näkökulmat vaikuttavat maakäyttöön ja ravinnontuotantoon? On myös analysoitava, kuka erilaisista ratkaisuista hyötyy, millä tavalla erilaiset toimijat puhuvat ja millaisia taustavaikuttajia eri puhujien/toimijoiden takana on? Kyse on kansallisista, alueellisista ja kansainvälisistä poliittisista prosesseista ja niiden vaikutuksista globaaliin kehitykseen ja muutokseen.

Kansallisissa ja kansainvälisissä poliittisissa strategioissa vaikuttaa aina erilaisia ja usein ristiriitaisia toimijoita. Siksi esimerkiksi kehitysyhteistyön ja kauppapolitiikan tavoitteet voivat olla ristiriitaisia, vaikka hallitusohjelmissa niitä pyritään sovittamaan yhteen. Usein eri tavoitteiden yhteensovittaminen on kuitenkin retorista ja pintapuolista. Kehityspoliittisia tavoitteita argumentoitaessa pyritään yleensä katomaan kapean kansallisvaltion tai pelkän kansantaloudellisen edun yli ja pohtimaan sitä, miten päästä tehokkuudesta ja lyhytkestoisesta voiton maksimoinnista pitkän aikavälin tehokkuuteen sekä globaalisti ja sosiaalisesti oikeudenmukaisiin käytäntöihin (=kestävyyteen). Esimerkiksi agribisnesmallin ja kestävä kehityksen ristiriita tiivistyy siihen, miten edetä yksiuλοtteisesta tehokkuusajattelusta moniulotteiseen kestävyys/tehokkuus-ajatteluun. Dilemmana on myös klassinen taloustieteellinen kysymys siitä, miten asettaa raja voiton maksimoinnin ja riittävän voiton tavoittelun välille. Kyse on usein poliittisista päätöksistä, joita valvovat valtiot ja poikkikansalliset organisaatiot, esimerkiksi EU.

Ilmastonmuutoksen, energiakysymysten ja globaalin ruokaturvan kannalta monilla maankäytön ratkaisuilla on kuitenkin niin kova kiire, että erilaisten valtiollisten ja alueellisten toimijoiden olisi pian kyettävä toimimaan riittävästi yhdessä. Tämä tarkoittaa, että ajattelun ja toiminnan on muututtava paikallisella, kansallisella ja globaalilla tasolla. Ruotsalaista taloustieteilijää Sten Nilssonia siteeraen muutoksen on toimittava myös niin, että ”niille jotka kolaroivat koulubussin, ei saa enää antaa uutta bussia ajettavaksi”. (Nilsson 2009) Vaikka Nilsson kommentillaan viittaa viimeisimmän talouskriisin aiheuttajiin, ajatus sopii hyvin myös päättäjien liian passiiviseen suhtautumiseen ilmastomuutoksen torjunnassa.

Jotta uudenlaisiin ratkaisuihin päästään, on tietysti tunnistettava pian erilaisten toimijoiden intressit. Mitä erilaiset yhteiskunnalliset ryhmät ja ihmisyyshyönteöt haluavat? Millaisia intressiryhmiä kunkin paikallisen toimijan takana on? Miten saavuttaa minimikonsensus, joka vie ilmastomuutoksen

kannalta parhaaseen tulokseen. Ekologisesti vastuulliset omaa toimintaansa kehittävät pienviljelijät ovat yksi hyvä ratkaisu kestävässä maankäytössä. Heitä voitaisiin tukea myös kehitysyhteistyövaroista. Jotta tällainen alhaalta ylös prosessi onnistuu, myös agribisneksen ja tehomatalouden rakenteisiin pitää voida puuttua. Maan, metsien ja veden järkevä käyttö onnistuu vain paikalliset ihmiset mukaan ottamalla (vrt. Lounela 2009, 180).

Edellä esitetyt näkökulmat liittyvät tämän raportin tavoitteisiin. Kyse on siitä, miten Suomi voi vaikuttaa siihen, että maankäyttöön saadaan rationaalista ja kestävää globaalihallintaa. Globaalista näkökulmasta joka paikassa olisi järkevintä tuottaa/viljellä parasta. Paras tarkoittaa paikallisesti tehokkainta, sosiaalisesti hyväksytyintä, ekologisinta ja vähiten sosiaalisia kiistoja aiheuttavaa tuotetta: oli se sitten soija, sellu, liha, hedelmä, vilja tai mikä tahansa tuote. Tuotos pitäisi myös jakaa maapallon tasolla edes jollain lailla oikeudenmukaisesti. Tämä on globaalin maankäytön hallinnan kansallisvaltiopoliittisesti kaikkein vaikein kohta. Rikkaus ja resurssit (erityisesti maapallon yhteisistä resursseista otettu hyöty) ovat jakaantuneet epätasaisesti maapallon eri osien välillä ja niiden sisällä. Eri alueilla on myös erilaisia kulutustottumuksia ja erilainen historia. Nämä vaikuttavat – mentaalaisella, poliittisella ja kulttuurisella tasolla – myös suhtautumiseen ilmastomuutokseen.

Globaalin hallinnan ja sopimisen skenaariossa voidaan kuitenkin kehittää esimerkiksi sellaisia malleja, joissa Suomi tukee kehitysyhteistyövaroilla esimerkiksi Afrikassa tai Etelä-Amerikassa tuotettuja maan hedelmiä (sellua, soijaa, viljaa, lihaa(?), biodieseliä, jne.) – kun Suomessa ei kannata näitä tuottaa. Vaikeaksi kysymykseksi nousee se, mitä Suomessa sitten tuotetaan. Lisäksi paikallisella monipuolisella viljelyllä ja muulla paikallistuotannolla on usein merkittäviä etuja. Maankäytön globaalilla hallinnalla pitäisi etsiä jokaiselle alueelle paras tuote, jota määriteltäessä analysoidaan monipuolisesti myös yhteiskunnallisia, kulttuurisia tekijöitä, ei vain taloudellisia kysymyksiä, kuten energiatehokkuutta ja kuljetuskysymyksiä.

Globaali sopiminen johtaa väistämättä eturistiriitoihin ja ”kansallisten itsekkyyksien” törmäyksiin. Ilmastomuutoksen sekä tehokkaan ja kestävä ravinnontuotannon kannalta olisi mahdollisimman pian kuitenkin kyettävä tieteidenväliseen monipuoliseen edullisuusvertailuun, joka on myös yhteiskunnallisesti kestävä (taloudellisesti, mutta yhtä lailla myös poliittisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti). Tämä tarkoittaa sellaisten hyvien rakenteiden ja parhaiden käytäntöjen etsimistä ja vakiinnuttamista, jotka kestävät kriittisen monipuolisen tarkastelun. Jotta tällaisiin ratkaisuihin päästään, on pystyttävä demokraattiseen tieteidenväliseen oppimisprosessiin. Tällainen lähestymistapa on vaikea, sillä ”toista” on osattava kuunnella aidosti ja ennakkoluulottomasti. Vaikeudestaan huolimatta demokraattinen tieteidenvälinen oppimisprosessi on välttämätön, sillä sen kautta jo olemassa olevasta tiedosta löydetään myös parhaat toimintatavat. Tiivistetysti kyseessä on tieteellisen ajattelun perusasiat: a) pyrkimys objektiivisuuteen, b) kaiken kriittinen epäileminen, c) kaiken pitäminen mahdollisena, d) pyrkimys parantaa maailmaa ja ihmiskunnan elämänlaatua (ks. esim. Mikkeli & Pakkasvirta 2007, 186-192). Yhteiskunnallisessa keskustelussa ja poliittisissa päätöksissä tämän pitäisi tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että paras argumentti voittaa (kun kaikki saatavilla oleva tieto on varmasti käsitelty).

Tieteidenvälisyys ilmastomuutoskeskustelussa tarkoittaa sellaista lähestymistapaa, jossa ymmärretään sekä ekosysteemien erilaisten ainekiertojen yhteenkietoutuneisuus että niiden yhteys yhteiskunnallisiin, kulttuurisiin ja taloudellisiin tekijöihin. Tieteidenvälisestä näkökulmasta voidaan lähestyä myös tärkeää ilmaston haavoittuvuus-tekijää (vulnerability). Haavoittuvuus on kansainvälisen ilmastopaneelin IPCC:n mukaan mittari sille, miten altis tai selviytymiskyvytön kukin systeemi on ilmaston muuttuessa (ks. Metzger & Schröter 2006, Reg. Env. Change 6: 201-216 ja Schröter et

al. 2005, Science 310: 1333-1337). Ilmastonmuutosta ja erilaisten systeemien haavoittuvuutta on tarkasteltava entistä enemmän juuri tieteidenvälisestä näkökulmasta, sillä esimerkiksi kulttuuri- ja yhteiskuntatieteellisiä tekijöitä ei ole nykyisissä malleissa vielä otettu riittävästi huomioon.

Käytännön tasolla tällainen pohdiskelu johtaa kuitenkin usein vaikeisiin valtakysymyksiin eli edellä mainittuihin eri toimijoiden erilaisiin intresseihin. Maapallon useimmilla alueilla on edelleen maanomistukseen liittyviä vakavia ongelmia ja konflikteja. Maanomistuksen jakautuminen vaikuttaa usein myös siihen, onko maankäyttö suurimittaista tehomaa- tai pientuotantoa. Tieteidenvälisen monipuolisen maankäytön edullisuusvertailun kautta joudutaan kysymään, kumpi on järkevämpää: viedä ihmiset kaupunkeihin ja tuottaa ääritheholla maaseudulla – vai jättää ihmiset asumaan maaseudulle ja tuottaa hieman tehottomammin. Tämä on yksi kestävän globaalin maankäytön politiikan peruskysymys.

Tehotuotanto voi kapeasta taloudellisen näkökulmasta aluksi näyttää parhaalta ja rationaalisimmalta tuotantotavalta. Kun vertailuun otetaan muita tekijöitä kuin pelkkään tuotantotehokkuuteen perustuva muuttujia, tehotuotanto ei välttämättä näyttäydy rationaalisimpana. Pientuotannossa on kyse esimerkiksi työllisyydestä, joka lopulta saattaa tasoittaa tulonjakoa verrattuna tehotuotantomalliin. Samoin tehotuotantomalli johtaa väistämättä kaupungistumisen ongelmien kiihtymiseen, kun maaseudulla pyritään toimimaan mahdollisimman tehokkaasti ja vähäisellä työvoimalla.

Teho- ja pientuotantoa vertailemalla saadaan kaksi tuotannon stereotyyppistä mallia, jotka ovat eräänlaisia skenaarioita. Nämä ovat sekä ruoka- että energia- ja kuitutuotannon malleja lähinnä suurissa maatalousmaissa, mutta, näitä skenaarioita voidaan tarkastella myös suomalaisen maanviljelyn historiallisessa ja vertailevassa kontekstissa (esim. suomalaisen maatalouden rakenne vuosina 1910 ja 2009). Kolmantena esitellään lyhyesti sekamalli joka tarkoittaa lähinnä nykyistä mallia, jossa on elementtejä molemmista stereotyyppisistä skenaarioista.

a) Agribisnesmalli

- omistajuus keskittynyt, ja se voi olla myös valtiollista; keskittyminen liittyy sekä tuotanto-panoksiin, perustuotantoon, jalostusvaiheeseen että kauppaan
- maan hankinta kotimaisten ja ulkomaisten suurmaanomistajien käyttöön on tapahtunut alhaisin investointikustannuksin ja joskus myös arveluttavilla tai laittomilla tavoilla, jotka ovat aiheuttaneet maakonflikteja
- tuotanto on äärimmilleen viedyn tehokasta ja koneistettua; tuotantoketjut keskittyneet vain ydintoimintoihin, aikaisemmin tuotantoon integroidut tukitoiminnot on ulkoistettu
- lähes kaikki käytössä olevat viljelytuotteet on kehitetty geeniteknologian avulla
- energiaintensiivistä (mutta parhaassa tapauksessa myös energiatehokasta) kunkin ydintuotantoketjun osalta
- tehokkuutta haetaan kapea-alaisten ydintoimintojen keskittämisen, ei toimintojen integroinnin kautta
- tuotteita valmistetaan laajoille markkinoille (sekä vientiin että kotimarkkinoille); menestymisstrategiana tuotantomäärän kasvattamispyrkimys; kuluttajat ovat kaukana tuotannosta

Kuva 2.5. Samanaikaista soijankorjuuta ja maissinviljelyä Brasiliassa (Lähde: Celia Fortes Ferreira, ppt-esitys, Eduskunta 8.10.2009).



Scale, mechanization

Two crops in the same year without irrigation

Harvesting (soybeans) and sowing (corn) in the same day

- tuotantoverkostot monimutkaisia ja tuotantoketjut niissä pitkiä, kilpailu verkostossa kova; paljon sisäisiä kuljetuksia, tuotteistamisprosessit on suunniteltu pitkälti kuljetusvaatimusten ehdoilla, kuljetusten tehokkuutta maksimoidaan; kuljetuskustannuksia koko verkostossa on paljon, mutta kuljetusten hinta on kunkin tuotantovaiheen lisäarvoon nähden kuitenkin suhteellisen vähäinen
- väli- ja lopputuotteiden hinta määräytyy kilpailuperiaatteiden mukaan; tuotannon sosiaalisten ja ympäristöllisten ulkoisvaikutusten huomioiminen hinnanmuodostuksessa riippuu kansallisten määräysten, tuliosopimusten ja kansainvälisten kauppasopimusten luonteesta ja tasosta
- kunkin tuotantovaiheen maantieteellinen sijoittuminen riippuu erityisesti maan ja työvoiman hinnasta, tuotantopanoksina käytettyjen resurssien saatavuudesta ja resurssien käyttöön liittyvistä kansallisista määräyksistä sekä kulutuskapasiteetin sijoittumisesta
- mikäli kansallinen elinkeinorakenne ei ole hyvin vahva ja joustava, sosiaalisia ongelmia syntyy kaupunkeihin maaseudun maattoman ja työtä vaille jääneen väestön siirtyessä uusiin elinolosuhteisiin; ongelmia myös maaseudulla, jossa aikaisemman infrastruktuurin ylläpitokustannukset muuttuvat väkimäärään nähden kohtuuttomiksi
- maaseudulla on vähän väkeä, tuottajan ja kuluttajan vuorovaikutus on vähäistä
- maaseudulla on vain tuotantoarvo (ei kulttuurista ja esim. matkailuarvoa)
- ilmastonmuutoksen kannalta agribisnesmalli voi olla hyvin onnistuessaan lyhyellä tähtäimellä edullinen (ilmastomuutokset akuutti torjunta); pidemmällä tähtäimellä ilmastonmuutoksen ja kestävän kehityksen kannalta edistymisen riippuu valtiollisen ja kansainvälisen valvonnan ja sään-

telyn laadusta, koska agribisnesmallissa toiminta määrittyy pääsääntöisesti vuosittainen taloudellisen voitontavoittelun logiikan mukaisesti

Agribisnesmalli on ”utopia-malli”, joka perustuu koneistettuun ja biologiseen tieteellisteknologiseen utopiaan. Äärimmillään se on myös riskiyhteiskuntamalli, joka johtaa tilanteeseen ”World with wheat and people only?” (Joel Cohen 1996)

b) Pientuotantomalli

- tuotanto on osittain koneistettu, koneistamisessa on huomioitu energiatehokkuus ja erilaisten toimintojen integraatio
- viljelytuotteet sekä perinteisiä että geeniteknologialla parannettuja (jos geeniteknologia ja lisäysaineisto on saatu viljelijöiden käyttöön sosiaalisesti oikeudenmukaisella ja ekologisesti kestävällä tavalla – ilman riippuvuuksia siementen, lisäysaineiston ja kasvinsuojeluaineiden omistussuhteista ja markkinointitavoitteista)
- pienviljelijät ovat perustaneet osuuskuntia, jotka esimerkiksi lainaavat jäsenilleen tarvittavia maatalouskoneita ja muita tuotantovälineitä
- maaseudulla on paljon väkeä, selvästi nykyistä enemmän, väestörakenne on monipuolinen, väestörakenteen perustana ovat monimuotoinen elinkeinorakenne ja suhteellisen lyhyet etäisyydet alueellisiin osakeskuksiin (väestönkasvu tapahtuu maaseudulla ei vain kaupungeissa)
- kuljetuslogistiikan strategia ovat ajallisesti lyhyet kuljetukset, joiden tehokkuutta haetaan eri kuljetustarpeiden integraatiosta (raaka-ainetuottajat ovat lähellä kuluttajia, tuotannon ympäristövaikutukset ”näkyvät” ympärillä, tuottajien ja kuluttajien vuorovaikutus kiinteää, jopa joka-päiväistä – tuottajat mieltävät itsensä myös kuluttajina)
- omistajuus on hajautunut, myös osuuskunnat ja valtiolliset tilat/tuotantolaitokset (mutta ei siis Neuvostoliitto-malli, sovhoosi-kolhoosimalli enemmän agribisnesmallia)
- tuotannolla tähdätään sekä kotimarkkinoille että vientiin (kotimarkkinat ovat paikan päällä ja toki myös kaupungeissa)
- sosiaalisia ongelmia voi syntyä, niiden ratkaisu tapahtuu pääosin paikallisella tasolla (mikäli paikallishallinto toimii, ei esim. korruptiota)
- maaomistuksen konflikteja pyritään ratkaisemaan ensisijaisesti neuvottelemalla ja mahdolliset uudet omistusratkaisut vakiinnutetaan eri osapuolia riittävästi tyydyttävällä kestäväällä tavalla
- maaseudulla on sekä tuotanto- että kulttuuriarvo (ja esim. matkailuarvo), erilaiset elinkeinot haavevat koko ajan tasapainoan
- ilmastomuutoksen kannalta on mahdollisuus pitkällä tähtäimellä kestäviin ratkaisuihin, taustana monipuoliset ja muutoksia tasapainottavat rakenteet sekä maaseudulla että kaupungeissa.

Pientuotantomalli on myös ”utopia-malli”, joka perustuu yhtäältä yhteisölliseen maaseutuidylliin, mutta toisaalta on agribisnesmallia realistisempi, sillä se ei sisällä monokulttuureihin perustuvaa voittoa maksimoivaa riskinottoa. Järjestelmä on hyvin toimiessaan yksipuolista tehotuotantomallia vakaampi ja sopeutuvampi. Jos pienviljelijät kykenevät demokraattisesti määrittelemään toimintaansa, myös ilmastomuutoksen torjuntaa edistäviä käytäntöjä on helppo perustella ja toteuttaa. Kansainvälisesti tasapainoisella osaamistason kehittämisellä sekä paikallisella koulutustoiminnalla

ja parhaiden käytäntöjen juurruttamisella on suuri merkitys. Valtiollisilla ja kunnallisilla toimijoilla on koulutustehtävässä tärkeä rooli.

Vaikka viime vuosikymmenien keskittynyt maataloustuotanto on usein ollut menestyksekkästä, tutkimukset osoittavat myös, että pitkällä tähtäimellä pelkästään ravinnon turvaamisen kannalta suur-
tuotantomalli ei ole tehokkain ja vakain. Esimerkiksi Reidsma & Ewert (2008, Ecology and Society 13) ovat osoittaneet Euroopan mittakaavassa, että keskimääräinen tuotannon intensiteetti ja keskimääräinen tilakoko (otos 50 000 tilaa EU15-alueella vuosina 1990–2003) edustivat kaikkein sopeutuvinta tuotantorakennetta (tutkimuksessa mitattiin vehnäntuotannon vuosisatojen alttiutta heilahdella kasvukausien sääolojen vaihtelujen mukana). Maataloustuotannon tehokkuudenkin kannalta on siis tärkeää pohtia sellaisia tuotantojärjestelmien rakenteita, jotka tuovat vakautta tuotantomääriin. Pientuotannon kehittäminen on yksi tällainen mahdollisuus.

World Resources Instituutin tiedepaneeli Millennium Ecosystem Assessment (MEA 2005, kts. esim. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington.

<http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>) nosti skenaarioissaan yhdeksi lupaavaksi vaihtoehdoksi alueelliseen sopeutumiseen tähtäävän 'adaptive mosaic' – skenaarion. Millennium skenaarioita ja tätä vaihtoehtoa on kuvattu raportin luvussa 11. Myös International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development on tuottanut arvioita ekosysteemien tilasta ja niiden kyvystä palvella ihmiskuntaa tulevaisuudessa (IAASTD 2009, <http://www.agassessment.org/index.cfm?Page=IAASTD%20Reports&ItemID=2713>).

Nämä tuhansien tutkijoiden tekemät raportit sisältävät skenaariota, joissa maan metsien ja veden käyttö tuodaan taloustieteelliseen ja poliittiseen keskusteluun. Arvioinnit päätyvät suosittamaan yhtenä lupaavana mahdollisuutena pientuotannon kehittämistä ja tutkimuksen ja teknologian suuntaamista ns. agroekologiseen toimintatapaan. Pientuotantoa suosivan agroekologian yhtenä ajatuksena on paikallisten resurssien kestävä käyttö siten, että energian ja ravinnon tuotanto rakentuu paikallisten ruokajärjestelmien globaaliksi verkostoksi. Tuotannolla ja kulutuksella on aina paikallinen ja ajallinen yhteys, jota ei voida purkaa. Esimerkiksi kestävä ruokaturva ei siis perustu suhteellisesti edullisimpien tuotanto-olojen ulosmittaamiseen ns. globaalien ruokakorin idealla vaan paikallisten järjestelmien maailmanlaajuiseen verkkoon.

c) Sekamalli

Tässä mallissa yhdistyy molempien ylläkuvattujen visioiden eri puolia. Tavallaan tehotuotantoa ja pienviljelyä yhdistelevä malli tarkoittaa nykyistä "business as usual" -järjestelmää. Eräällä tavalla tämä malli on paras, koska se on ollut realistisin toteuttaa, mutta ongelmalliseksi sen tekee se tosiasia, että toteutuksen realismi riippuu vahvasti paikallisista ratkaisuista ja taloustilanteista eri puolilla maapalloa. Kun lähtökohdat ovat hyvin erilaiset, kilpailutilanteet ovat vahvasti epätasapainossa. Globaalit valtarakenteet antavat mahdollisuuksia esimerkiksi erilaisia hintasuhteita, sosiaalisia ja ympäristörajoituksia sekä tullisopimuksia hyväksikäyttävään ylimääräisen voiton tavoitteluun. Nykyistä sekamallia pitää kehittää voimakkaasti, koska siinä ei avata tietoisesti biopolitiikan globaaleja ongelmia samalla tavalla kuin agribisnes- ja pienviljelymalleissa. Kysymys ilmastomuutoksesta on siis artikuloitava nyt tehtyä selkeämmin.

Hyvin toteutettu pienviljelymalli näyttäytyy monella tavalla demokraattiselta ja toimivalta. Myös ilmatonmuutoksen kannalta se tuottaa kestävimmit ja sopeutuvimmat ratkaisut, koska sillä on paikallinen hyväksyntä, joka edesauttaa vaikeidenkin yhteisten ratkaisujen tekemistä ja toteuttamista. Optimisesti voidaan ajatella, että jos jostain on luovuttava, se koskee yhtä lailla kaikkia yhteisöjen jäseniä. Raportin jaksossa 11.6 pientuotantomallit on jaoteltu edelleen geenimuuntelulle kielteiseen "ekotalousmalliin" ja sille myönteiseen "ikivihreään vallankumoukseen".

Käytännössä pienviljelymallin toteuttamisella on suuria esteitä. Laajamittainen siirtyminen pientuotantoon tarkoittaisi merkittäviä maareformeja. On selvää, että suurmaanomistajat ja suuryritykset eivät – ilman huomattavia kompensatioita – ole valmiita luopumaan saavutetuista eduista ja vetäytymään hallinnoimiltaan maa-aleilta. Siksi olisi löydettävä rakenteellisia ratkaisuja, joilla maankäyttöä ja maanomistusta muutetaan ja joihin myös maaseutualueiden suuret vallankäyttäjät saadaan sitoutumaan. Ilmatonmuutoksesta kiihtyvät fyysiset ja kulttuuriset paineet saattavat kuitenkin pakottaa nykyiset edunsaajat oikeudenmukaisempaan ja kestävämpään malliin. Myös valtiollisen ja ylikansallisen lainsäädännön, kauppa-, kehitys- ja tukipolitiikan ja verotuksen suunnalla on suuri merkitys. Samalla kyseessä on taas dilemma voiton maksimoinnin ja ns. riittävän voiton suhteesta (Suomalainen esimerkki tästä on Stora Enson sulkema Kemijärven sellutehdas, joka tuotti voittoa, muttei tarpeeksi).

Pientuotantomallilla on myös selviä tulonjako- ja työllisyysvaikutuksia. Näitä ja muita heijastusvaikutuksia on vaikea laskea. On kuitenkin selvää, että agribisnes-mallissa tarvitaan alkuinvestointien aikana paljon työvoimaa, mutta myöhemmin työvoiman tarve laskee dramaattisesti ja sitä myös pyritään vähentämään. Toteutusvaiheessa työvoimatarpeen vaihtelut ovat suuret, mikä ei sosiaalisessa mielessä ole ongelmatonta. Esimerkiksi Uruguayssa selluteollisuuden kausityöläiset (eukalyptusviljelmien istuttajat ja korjaajat) tulevat jo tällä hetkellä suureksi osalta muualta kuin läheiseltä (autioituvalta) maaseudulta. Työllistävyyden kokonaisvaikutuksia arvioitaessa pitää osata laskea myös tällaisia tekijöitä: vaikka työllisyys saattaisi hetkellisesti "kasvaa", sen vaikutukset voivat olla ongelmallisia.). Erilaisten toimintojen integrointiin keskittyvässä pientuotantomallissa toimijat sidotaan paikoilleen erilaisista lähteistä tarjoutuvaa työtarvetta yhdistämällä. Tähän liittyy myös kehitys- ja koulutuspoliittisia tavoitteita.

3 Brazilian ja Uruguayn haasteita maailmalle ja Suomelle⁷

3.1 Brasilia – maailman metsä-, vesi- ja lajijättiläinen

Tässä luvussa käsitellään Brazilian ja Uruguayn yhteiskuntia, luonnonolosuhteita ja maankäyttöä. Brasiliassa pääpaino on Amazonian alueen tilanteessa – ei siis varsinaisesti selluteollisuuden ydinalueilla Bahiassa ja Rio Grande do Sulissa. Perusteena tälle on se, että Amazonian uhkakuvat ilmastomuutoksen kannalta ovat globaalisti niin merkittäviä.

Brasilian liittotasavalta (República Federativa do Brasil)

Brasilian liittotasavalta (República Federativa do Brasil) eli **Brasilia** on pinta-alaltaan (8 511 965 km²) maailman viidenneksi suurin ja asukasluvultaan (199 milj.) maailman kuudenneksi suurin valtio. Maailman suurin yhtenäinen sademetsä- ja jokialue Amazonia sijaitsee Brasiliassa. Brasilia on kokonsa ja luonnonresurssiensä vuoksi myös suuri talousmahti. Maan bruttokansatuote on lähes 2 biljoonaa US \$ (2008), bkt asukasta kohden 10 100 US \$ (arvio 2008). Brasilia on maailman kymmenenneksi suurin kansantalous ja Etelä-Amerikan suurin valtio. Brasilialla on myös maaraja kaikkien muiden Etelä-Amerikan maiden paitsi Chilen ja Ecuadorin kanssa.

Kuva 3.1. Brasilia, sen asutuskeskukset ja naapurit



Latinalaisen Amerikan maiden tapaan myös Brasilia on presidenttivaltainen. Presidentillä on laajat valtaoikeudet. Lisäksi valtaa on keskittynyt merkittävästi liittovaltioiden hallinnolle. Brazilian par-

⁷ Luku on Jussi Pakkasvirran kirjoittama

lamentti (*Congresso Nacional*) on kaksikamarinen. Ylähuoneeseen (*Senado Federal*) valitaan kolme edustajaa kustakin 26 osavaltiosta. Parlamentin alahuoneeseen (*Câmara dos Deputados*) valitaan 513 jäsentä nelivuotiskaudeksi. Brasiliassa äänioikeuden alaikäraja on 16 vuotta.

Brasilian maaperä

Kuvassa 3.2. näkyvät Brazilian keskeiset maaperätyypit

Viljely *cerradolla* eli savanneilla:

- Brazilian savannien maaperä on kulunutta, hapanta ja ravinneköyhää.
- Maatalouden kasvu on ollut mahdollista ennen muuta 1980 luvulla alkaneen lannoitetechnologiakehityksen vuoksi (typpi- ja fosfaattiyhdistelmälannoitteet)
- Happamien savannimaiden viljelyn avain ovat maaperän ravinneliset; kalkin ja mineraalilisten käytön optimointi ("*cerrado* -lannoitteet")
- Vuodesta 2007 alkanut typpi- ja fosfaattilannoitteiden nopea hinnannousu ja savanniviljelyn kasvava lannoitekysyntä on osaltaan taustana Brazilian ja Tyynenmeren rannikon yhdistävien IIRSA-jokiväylä- ja tieverkoston rakentamisessa.
- Tyynenmeren piirissä etenkin Perun ja Chilen rannikon fosfaattiesiintymien tehokas hyödyntäminen on cerradon maatalouden elinehto. Erityisen piirteen cerradon soijaviljelyssä muodostaa yhdistelmälannoitteiden superfosfaattien sisältämä rikki, joka on soijaviljelylle välttämätön.

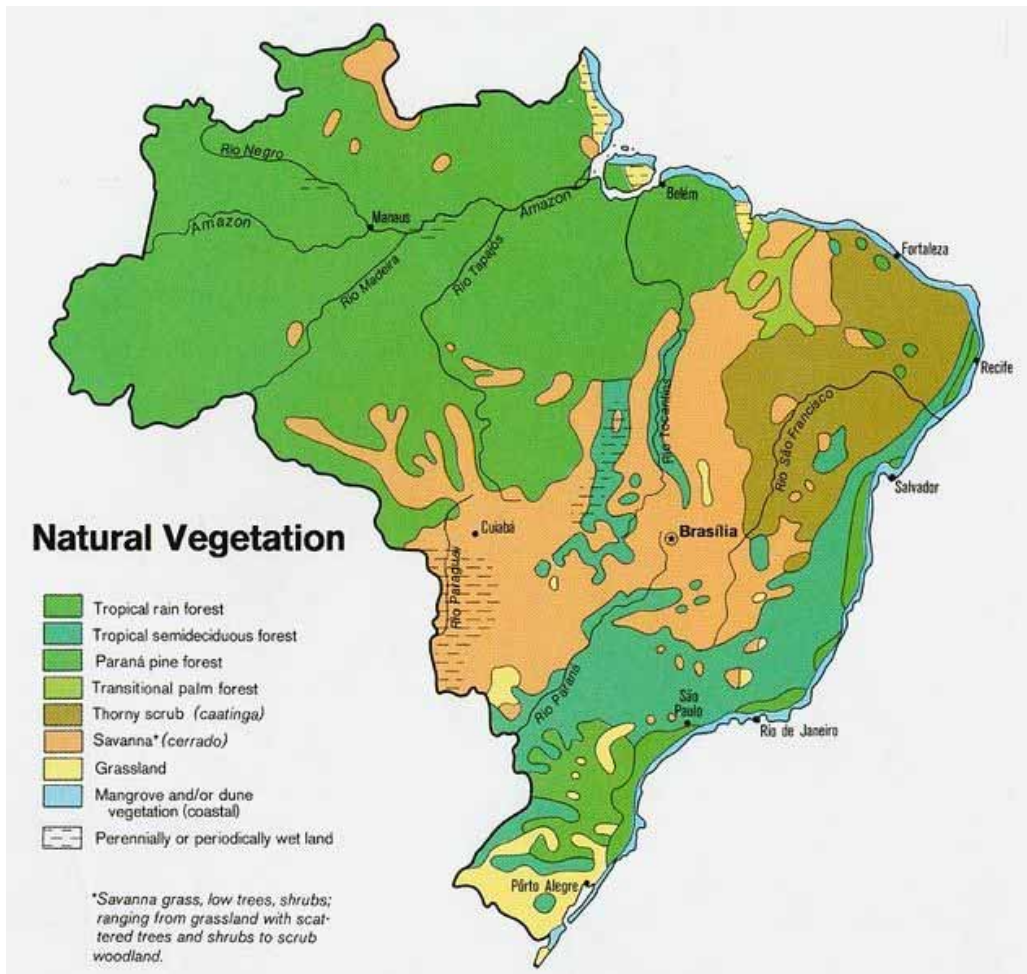
Terra preta

- Amazoniassa ja cerradon reunavyöhykkeellä esiintyvä mustanmaan alue (mollisoli) "*terra preta*" on viljelyarvoiltaan erittäin ravinteikasta maata, jota voidaan käyttää edelleen vähä-ravinteisen maan parantamiseen.
- *Terra preta* sisältämä hiili on syntynyt tuhansien vuosien kuluessa Amazonian alkuperäisväestön käyttämästä maanmuokkaustekniikasta.
- Tekniikka perustuu kaskeamisen ja orgaanisen kasvimateriaalin hiiltämiseen ja hitaasti kyteväen hiilloksen sekoittumiseen maaperään. *Terra preta* –tekniikoita on esitetty laajasti vaihtoehtona cerradon ja muiden happamien tropiikin viljelymaiden luontaiseen parantamiseen.
- *Terra preta* –maanparannus on myös esillä globaalina tropiikissa käytettävänä hiilensitomismenetelmänä, sillä hienojakoinen puuhiili säilyy maapohjassa jopa satoja vuosia ja siirtyy hitaasti takaisin ilmakehään.
- Puuhiilen käyttöä viljelyssä voidaan jatkossa mahdollisesti soveltaa ilmastopimuksen CDM-mekanismeissa

Brasiliassa sekä tulonjako että maanomistus ovat erittäin keskittyneitä. Varakkain kymmenes maan väestöstä saa 48 prosenttia kansatulosta, köyhin kymmenes vain alle prosentin. Brazilian väestöstä lähes 18 prosenttia elää alle kahden dollarin päivätuloilla, ja noin 30 prosenttia maan väestössä elää tilastoidun köyhyysrajan alapuolella. Kolme prosenttia maanomistajista omistaa kolme neljäsosaa viljeltävästä maasta, kolmannes maanomistajista omistaa vain 1,6 prosenttia viljelymaasta (ECLAC, <http://www.eclac.cl/estadisticas/bases/default.asp?idioma=IN>)

Brasilian kiihtyvä kaupungistuminen on vaikuttanut viimeisten vuosikymmenien aikana siten, että vain alle viidennes maan väestöstä elää maaseudulla (ECLAC, World Bank 2005, UNDP 2006). Silti maattoman maaseutuväestön määrä on merkittävä, eri tilastojen mukaan heitä on 3–6 miljoonaa perhekuntaa (Carter 2009).

Kuva 3.2. Brasilian maaperätyypit



3.2 Amazonin metsät Brasiliassa

Amazonin sademetsä (termit: alueena Amazonia, Amazonas, vrt. Amazon-joki, erilaisia suomenkielisiä nimimuotoja; vrt. myös [http://fi.wikipedia.org/wiki/Amazon_\(sademets%C3%A4\)](http://fi.wikipedia.org/wiki/Amazon_(sademets%C3%A4))), on maailman suurin yhtenäinen sademetsäalue, ja siellä elää kolmasosa kaikista maailman tunneituista kasvi- ja eläinlajeista. Sen pinta-ala on noin 7,5 miljoonaa neliökilometriä. Noin puolet Amazonin sademetsistä sijaitsee Brasilian alueella ja sademetsä kattaa samalla yli puolet Brasilian pinta-alasta. Amazonin alue ulottuu myös Bolivialaan, Peruun, Kolumbiaan, Venezuelaan sekä Ecuadoriin.

Vaikka metsäkatoa on onnistuttu ajoittain hidastamaan, Amazonin sademetsistä oli hävitetty 2000-luvulle tultaessa noin 15 prosenttia. Amazonin atlanttisista rannikkosademetsistä on jäljellä enää alle 10 prosenttia. Amazonian alueella on ollut runsaasti asutusta jo ennen eurooppalaisten tuloa, ja

erityisesti itäosissa metsää oli kadonnut ihmisasutuksen tieltä. Rannikkosademetsien väheneminen kiihtyi kuitenkin 1500-luvulla eurooppalaisten tulokkaiden perustamien sokeriplantaasien vuoksi. Kun saha-, tukki- ja selluteollisuus kasvattivat toimintaansa Brasilian kaakkoisosissa noin 40 vuotta sitten, entistä laajempia rannikkosademetsäalueita katosi hakkuiden ja puuplantaasien tieltä. Maatalouden leviämisen, kaupungistumisen ja teiden rakentamisen myötä alkuperäistä miljoonan neliökilometrin atlanttista rannikkosademetsää on säilynyt vain hajanaisina laikkuina. Uhattuina olevien rannikkometsien suojeleminen on erityisen tärkeää, sillä suhteellisesti pienellä kasvillisuusalueella on arvioitu olevan 15 prosenttia maailman kaikista kasvi- ja eläinlajeista. Brasilian hallitus on perustanut rannikkotasangolle suojelualueita, ja sademetsiä on yritetty myös palauttaa. Stora Enson Bahian Veracelin tehtaan eukalyptusistutuksiin liittyneet konfliktit ovat osaltaan nivoutuneet näihin kysymyksiin.

Amazonian sisäosissa metsien katoaminen ei suhteellisesti vaikuta yhtä dramaattiselta kuin rannikoilla, sillä kyseessä on valtava alue, jonka uudisasuttaminen on huonojen kulkuyhteyksien vuoksi aloitettu varsinaisesti vasta 1800-luvun lopulla. Silti myös Amazonin sademetsiä on tuhottu pahimpina vuosina yli miljoonan hehtaarin vauhdilla.

Amazonian sisäosien sademetsäalueen katoamisen taustalla on ennen kaikkea Brasilian 1960-luvulla alkanut valtion ja talouden modernisaatio: valtio antoi tai varasi maattomille ja köyhille maa-omakeuksia sademetsistä. Uudisasukkaat raivasivat ja kaskesivat peltoja. Amazonian sisäalueille on sittemmin saapunut köyhiä siirtolaisia rannikon suurkaupungeista ja suurtilallisten hallitsemalta maaseudulta ympäri Brasiliää. Siirtolaisuus kiihtyi erityisesti Trans-Amazon valtatieen rakentamisen jälkeen 1970-luvulla. Yli 5000 kilometriä pitkä tie ulottuu Recifestä Atlantin rannikolta Gruzzeiro do Soliin Perun rajalle. Esimerkiksi keskellä Amazonin sademetsää sijaitsevaan neljä kertaa Suomea suuremman Parán osavaltion alueella on viimeisen 15 vuoden aikana muuttanut yli kolme miljoonaa ihmistä – kymmenien miljoonien lehmien lisäksi.

Kuva 3.3. Brasilian osavaltiot



Erityisesti Parán osavaltiota on ollut keskeinen asemassa Amazonin sademetsäalueen katoamisessa. Myös sen eteläpuolella olevan Mato Grosson osavaltion kautta asutusta on levinnyt Amazonian ydinalueille. Näin asutus ja monet ongelmat ovat levinneet lännessä olevan Amazonasin osavaltion alueelle viimeisten vuosikymmenten aikana.

Muuttajat raivasivat ja raivaavat edelleen itselleen karja- ja maatiloja. Sademetsän pintakerroksen maaperä on monilla alueilla niin ohut, että uusi peltö on kaskettava muutaman vuoden välein, ja näin siirtolaisuus leviää ja metsää katoaa. Kasketut ja kulutetut alueet muuttuvat *cerradoksi*, mutta ne voivat pahimmillaan kuivua lähes aavikoksi, eli *caatingaksi*.

Myös monikansalliset suuryhtiöt ja muut metsäyhtiöt hakkaavat alueelta arvopuulajeja, joita käytetään esimerkiksi globaalissa huonekaluteollisuudessa. Monet näistä hakkuista ovat olleet laittomia. Sahateollisuuden on laskettu hävittäneen Amazonialla joinakin vuosina yli miljoona hehtaaria metsää. Hakkuutoimintaa seuraa usein pihvikarjankasvatus. Ensin hakkuufirmat ovat sahanneet sademetsistä arvokkaimmat puulajit, jonka jälkeen metsät katoavat pihvikarjan alati laajanevien laitumien alta – sademetsälaitumet kun ehtyvät nopeasti.

Viime vuosina metsiä on hakattu ennen kaikkea soijaplantaaseiksi, mutta pihvinauta lienee edelleen Amazonian pahin vihollinen. Imazon-järjestön tuore raportti osoittaa, että jopa 40 prosenttia Brasilian pihvikarjasta laiduntaa Amazonialla, eli alueella on lähes 100 miljoonaa nautaa (<http://www.imazon.org.br/publicacoes/publicacao.asp?id=544>). Myös Amazonian runsaita kulta-, rauta-, öljy- ja mineraalivaroja hyödynnetään. Tämä tapahtuu usein ympäristölle haitallisella tavalla, sillä avolouhokset paitsi tuhoavat sademetsää aiheuttavat myös vesistöä ja maaperää kuormittavia raskasmetallipäästöjä. Teollisuus- ja kaivostoimintaan liittyy aina myös vesivoimaloiden, maanteiden, rautateiden ja muiden tilaa vievien infrastruktuurien rakentamista.

Kaikki yllä kuvatut prosessit ovat alkaneet pilkkoa ennen yhtenäistä sademetsäaluetta pienemmiksi ”tilkuiksi”. Useat kriittiset laskelmat arvioivat, että ilman isoja ja tehokkaita suojeleohjelmia Amazonin sademetsät tuhoutuvat muutaman seuraavan vuosikymmenen aikana. Uhkaava tuhoutuminen on samalla sidoksissa maapallon lämpenemisen monimutkaisiin syy-seuraus suhteisiin – sekä syynä että seurauksena.

Kuva 3.4. Brasilian biomit (eloyhteisöt). Suurin osa Amazonian hyväksikäytöstä liittyy juuri cerrado-alueeseen, joka ei varsinaisesti kuulu Amazonian ytimen sademetsäalueeseen.

(Lähde: Celia Fortes Ferreira, ppt-esitys, EK 8.10.2009)

a) Brasilian erilaiset kasvu ympäristöt

Brazilian Biomes



Brazilian Biomes	Appr. area (million km ²)	Preserved area (%)
Amazônia	4.2	85.0
Cerrado	2.0	61.1
Mata Atlântica	1.1	27.4
Caatinga	0.8	62.7
Pampa	0.2	41.3
Pantanal	0.1	88.7

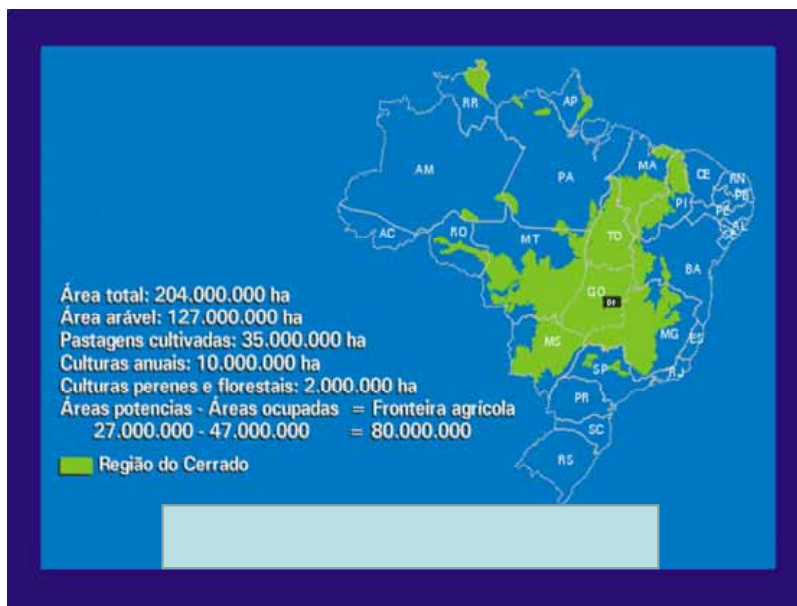
Source: Mapa de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros. Ministério do Meio Ambiente. 2006.

b) Brazilian Amazonin hallinnolliset alueet

Legal Amazon vs. Amazon Biome



c) Brazilian cerrado-alueiden käyttö



Uhkakuvat ja ongelmat ovat yleisessä tiedossa. Silti Amazonin sademetsiä raivattiin esimerkiksi vuoden 2007 lopussa yllättävän nopealla vauhdilla – samaan aikaan, kun alueen maiden hallitukset kehuivat suojelutoimiaan. Vuoden 2007 viiden viimeisen kuukauden aikana metsää tuhoutui 3235 neliökilometriä, enemmän kuin kymmenenä edeltävänä vuotena. Vuosittaiset metsäkatoluvut vaihtelevat sen mukaan miten suuret hakkuualueet otetaan huomioon. Brasilian avaruusviraston INPE

tarkentuneet satelliittimittaustekniikat antavat olettaa, että sademetsätuho oli vieläkin pahempi vuonna 2008. INPE mittausten mukaan elokuun 2007 – heinäkuun 2008 välisenä aikana sademetsää tuhottiin joko kokonaan (12 000 km²) tai osittain (25 000 km²) yhteensä 37 000 neliökilometriä, joka olisi kaikkien aikojen tilastoennätys. Syynä on INPE:n mukaan pihvilihan ja soijan maailmanmarkkinahintojen nousu. Brasilian ympäristöministeriön mukaan luku mahdollisesti kaksinkertaistuu, kunhan tarkemmat satelliittikuvat on analysoitu. Brasilian ympäristöministeriö onkin yleensä lähes sotajalalla vientiteollisuus- ja kehityshenkisen muun valtionhallinnon kanssa. Monien silminnäkijöiden mukaan metsiä ei ole koskaan hävitetty näin nopeasti. Maan entinen ympäristöministeri Marina Silva on sanonut, että ruoan ja etenkin soijan hinnan nousu on vaikuttanut metsien tuhoutumiseen. Amazonia merkitsee viljelijöille yhä edelleen halpaa viljelysmaata – aivan samalla tavalla kuin 1960-luvun asutusprojekteissa. Tuoreimpien skenaarioiden mukaan Amazonin sademetsästä on hävinnyt 55 prosenttia vuoteen 2030 mennessä, jos mitään ei tehdä (vrt, myös luku 8.1., Nepstad 2007).

Eniten brasilialaista metsää on hävinnyt Mato Grosson osavaltiossa. Kiistat maasta vaikuttavat myös alueen alkuperäiskansoihin: samalla alueella sai surmansa suurin osa viime vuonna väkivaltaisesti kuolleista Brasilian intiaaneista. Amazonian kuminkerääjin liiton sankarin ja marttyyrin Chico Mendesin tarina elää yhä: hänen tavallaan moni muukin on kuollut puolustaessaan perinteisiä alueitaan, paljastaessaan ihmisoikeusrikkoksia, korruptiota tai huumekauppaa.

3.3 Yhteiskunnallinen taistelu Amazonialla

Maan epätasa-arvoinen omistusrakenne on johtanut yhden maailman suurimman kansanliikkeen, Brasilian maattomien maatyöläisten liikkeen kasvuun (*Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra*, MST). Vuodesta 1985 lähtien liike on ottanut haltuunsa käyttämätöntä maata, jonka myös Brasilian perustuslaki tavallaan oikeuttaa. Näille ”vallatuille” maille on perustettu maatalousosuuksuntia, rakennettu asuintaloja ja kouluja. Amazonian alueella liike on myös pyrkinyt tietoisesti suojelemaan alueiden perinteisiä intiaanikulttuureja.

MST on kohdistanut toimintaansa pääosin vapaana oleville eli tuottamattomille maille, ja se toimii yhdessä useiden muiden brasilialaisten sekä kansainvälisten kansalaisjärjestöjen kanssa. Pienviljelyyn verrattuna uuden plantaasitalouden on nähty tarjoavan pinta-alaansa nähden työtä vain hyvin harvoille. Kansalaisliikkeiden mukaan ”vihreät agribisnes-autiomaat” keskittävät maanomistusta entisestään, syrjäyttävät ruokakasvit, kuluttavat ja saastuttavat vesivaroja – eli uhkaavat myös maaseudun ruokaturvaa. Samanlaista kritiikkiä on esitetty pitkään myös puuplantaaseja vastaan (esimerkiksi World Rainforest Movementin kautta <http://www.wrm.org.uy/plantations/material/likes.html> /Ricardo Carrere). Plantaasiteollisuutta syytetään samalla alkuperäiskansojen maaomikeuksien rikkomisesta. Maanomistuskonflikteja on kärjistänyt lisäksi se, että Brasilian valtiollinen maa- ja metsätalouspolitiikka ei ole ollut johdonmukaista, ja isossa valtiossa (ja osavaltioissa) erilaiset toimijat ja intressipiirit ovat ottaneet yhteen usein myös väkivaltaisesti.

Brasilian sademetsäkamppailun yhteiskunnalliset rintamalinjat ovat selvät. Yhdellä puolella ovat sademetsäalueen kansanliikkeet, pienviljelijät, ympäristöjärjestöt ja Brasilian monitasoiset ympäristövirastot, jotka haluavat suojella mahdollisimman pitkälle jäljellä olevat sademetsät. Toisella puolella ovat hakkuufirmat, karjankasvattajat, vientikasvien suurviljelijät, selluteollisuus ja agribisnes-

mallia peräänkuuluttavat poliitikot sekä teollisuus- ja kehitysministeriö, jotka haluavat suuren osan Amazonian luonnonvaroista taloudelliseen käyttöön mahdollisimman tehokkaasti ja nopeasti.

Kiista Amazonian metsien kohtalosta ja käytöstä – ja yleensä Brasilian maakäytöstä – heijastaa sekä paikallistason väkivaltaisia konflikteja että Brasilian kehitysmallista ja yhteiskuntapolitiikasta käy-
tävää kamppailua. Erityisesti selluteollisuus ja suurtilojen kontrolloima vientisoijaviljely ovat nous-
seet kiistojen keskiöön.

Amazonian yhteiskunnallinen todellisuus kärjistyy kysymykseen siitä, onko alueella asuva henkilö suurmaanomistajien ja suurteollisuuden puolella vai heitä vastassa. Taistelun intensiteettiä, väkival-
taisuutta ja voimasuhteita kuvastaa se, että pelkästään Parán osavaltiossa on murhattu viimeisen 30
vuoden aikana noin 1000 sademetsäasukkaiden yhdistysten, kuminkerääjien liiton, maatyöläisten
ay-liiton tai maattomien liikkeen johtajaa ja aktiivia. (Rönkkö 2009)

Syrjäseutujen laajamittaisten metsätuhojen taustalla on maakeinottelua ja valtion tai perinteisten
asukkaiden tekemät maiden valtaukset. Amazonin metsissä asuu yhä yli 200 000 alueen alkuperäis-
kansoihin kuuluvaa intiaania sekä pari miljoonaa jokivarsiasukasta. He ovat muuttaneet sademetsi-
en reuna-alueille ja syvälle jokivarsiin viimeisen parin vuosisadan aikana. Edellä on jo kuvailtu,
kuinka asutustoiminta kasvoi 1960-luvulla, aluksi sotilashallituksen toimesta. Köyhille viljelijöille
luvattiin maata Amazoniasta. Noin miljoonan asukkaan tulo alueella vaikutti sademetsiin dramaatti-
sesti. Metsää kaskettiin viljelylle ja karjanhoidolle, teitä raivattiin ja uusia kyliä ja kaupunkoja pe-
rustettiin.

Intiaanit ja muualta tulleet jokivarsiasukkaat eivät ole luopuneet asuttamistaan alueista vapaaehtoi-
sesti, vaan laittomien hakkaajien ja uusia hyötymaita etsivien suurtilallisten on pitänyt häätää metsi-
en asukkaat, usein väkivaltaisesti. Amazonian syrjäisillä reuna-alueilla onkin vallinnut viime vuo-
siin asti villin lännen tyylinen vahvimman laki. Suurmaanomistajien aseistamat ja palkkaamat *pisto-
leivot* ovat kontrolloineet ja terrorisoineet maaseutua, kun viranomaiset eivät ole pystyneet tai ha-
lunneet valvoa syrjäseutuja. (Rönkkö 2009)

Brasilian työväenpuolueen PT:n valtaannousu vuonna 2003 merkitsi suurta muutosta myös Ama-
zonialla. Työväenpuolueen koalitiot ovat voittaneet paikallisvaaleja esimerkiksi Parán osavaltiossa.
Uusien vallanpitäjien myötä laittomia hakkuita ja maakeinottelua on yritetty saada kuriin entistä te-
hokkaammin, ja myös maaseudun häikäilemättömmästä terrorista ja rankaisemattomuuden kult-
tuurista on monella tasolla päästy eroon: palkkamurhaajia ja jopa murhien tilanneita suurtilallisia on
pantu tuomiolle. Suuri osa Amazoniasta on myös rajattu erilaisiksi suojelualueiksi. Tätä suojelupo-
litiikkaa kuitenkin voidaan lukea yksin Lulan hallituksen aikaansaannokseksi, sillä suojelualueita
alettiin perustaa jo 20 vuotta sitten.

Silti valtavat alueet sademetsää on vielä suojelematta eikä vuosittainen tuho ole merkittävästi vä-
hentynyt. Parán liittovaltion oikeusasiamiehen Felicio Ponteksen mukaan syynä ovat viranomaisten
vähäiset resurssit ja korruptio. Brasilian oikeusasiamieslaitoksen mukaan laillisen kuuden miljoonan
vuosittaisen puukuution lisäksi esimerkiksi Parässä hakataan joka vuosi sama määrä myös laitto-
masti.

Silti metsäkadon syynä on oikeus- ja ympäristöviranomaisten mukaan ennen kaikkea Amazonialla
vallitseva kehitysmalli, joka perustuu laajamittaisiin metsien hakkuihin ja suurtilojen julkisiin tu-
kiaisiin, joilla viime aikoina on rohkaistu erityisesti soijanviljelyä.

Yli tuhat kilometriä Amazonasin suulta sijaitsevan Parán osavaltion Santarémin kaupungin maatyöläisten liiton mukaan vientisoijanviljely on nykyään – perinteisen karjankasvatuksen ohella – Amazonin sademetsän ja sen perinteisten asukkaiden pahin uhka. Ympäristöjärjestöt puolestaan pelkäävät, että agribusiness on leviämässä keskelle Amazoniaa Santarémin soijanvientisataman kautta (Rönkkö 2009).

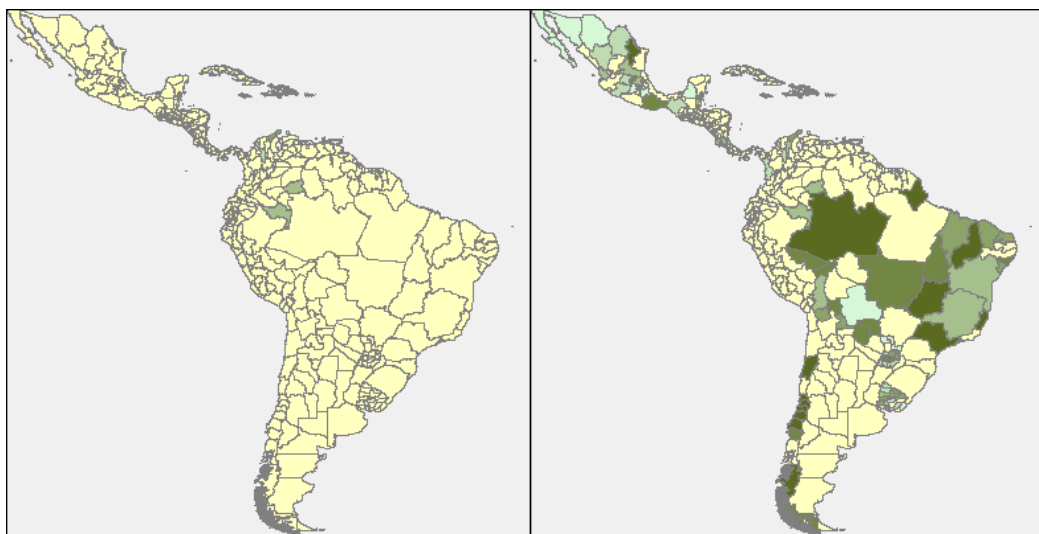
Santarémin kautta viedään pääosa Amazonian eteläisimmässä osavaltiossa Mato Grossossa viljelystä soijasta. Sato rahdataan proomuilla Tapajos-jokea pitkin Santarémin terminaaliin ja sieltä edelleen rahtilaivoilla Euroopan, Aasian ja Yhdysvaltojen markkinoille. Mato Grosson sademetsiä on hakattu erityisesti viimeisimmän soijabuumin aikana. Osavaltion kuvernööri ja Maggi yhtiön pääomistaja Blairo Maggi – *rei da soja* (the Soybean King) – lienee maailman suurin soijanviljelijä satojen tuhansien hehtaarien soijaplantaaseillaan (Lilley 2004).

Soijanviljely ja vientisatama tuovat Santarémin alueelle merkittäviä investointeja ja uuttaa vaurautta, ja kuvernöörin suosio on perustunut tähän kehitysstrategiaan, joka tukee häntä sekä taloudellisesti että poliittisesti. Maatyöläisten liiton mukaan soijabuumin tuoma vauraus jakautuu kuitenkin hyvin epätasaisesti: Amazonian ulkopuolelta tulleet muutamat plantaasiviljelijät ja monikansalliset suuryhtiöt saavat suurimman osan valtion tukiaisista sekä tietysti itse liiketoiminnan voitoista.

Pitkälle koneellistettu soijanviljely- ja kuljetus työllistää suhteellisen vähän – samalla kun laajenevat soijaplantaasit valtaavat pienviljelijöiden maita ja metsiä. On myös väitetty, että soijaplantaaseilla käytetyt torjunta-aineet kulkeutuvat pienviljelijöiden asuttamille alueille, myrkyttäen sekä viljelmät että asuinalueet.

Kuva 3.5. Soijanviljely Latinalaisessa Amerikassa ja erityisesti Amazonian alueella (Lähde: Celia Fortes Ferreira, ppt-esitys, eduskunta 8.10.2009 <http://www.fao.org/landandwater/agll/agromaps/>). Soijan viljelyalat Etelä-Amerikassa vuonna 2000 ja 2006 (tummimmilla alueilla soijaa yli 172 000 ha). Kuitenkin vielä vuonna 2007 vain pieni osa Amazonian biomista (0,2 %) on soijanviljelyssä.

a) Soijanviljely Brasiliassa vuosina 2000 ja 2006

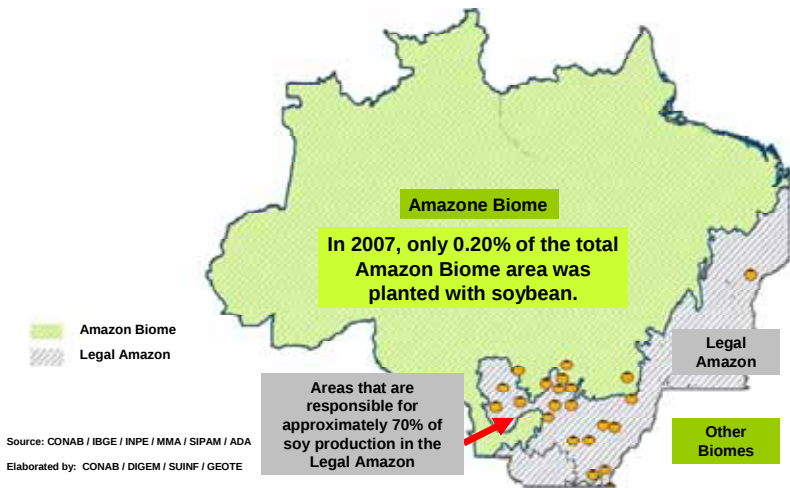


2000

2006

b) Soijanviljely Amazonin eri hallinnollisilla vyöhykkeillä

Soy Production – Amazon Biome (2007)



Sademetsien kansanliikkeillä ja heitä tukevilla kansainvälisillä ympäristöjärjestöillä on vastassaan liike-elämän ja paikallispoliitikkojen melko yhtenäinen rintama. Kun Greenpeacen laiva kävi viimeksi Santarémmissä vuonna 2006, syntyi jopa käsirysyjä ja ympäristöjärjestön laivan miehistö pidätettiin. Kaupungissa heiluteltiin kylttejä tekstillä “Heitäkää Greenpeace ulos, palauttakaa Amazonia brasilialaisille”. Soijanplantaasiin omistajat ovat siis saaneet monet alueen poliitikot ja paikallismedian luonnonsuojelualueita vastustavaan nationalistis-henkiseen kampanjaan. (Rönkkö 2009)

Monet paikalliset yrittäjät ovat harmissaan, kun he eivät ole päässeet hyödyntämään luonnonsuojelualueiksi rajattuja metsiä. Amazonian reuna-alueille on viimeisen vuosikymmenen aikana rajattu lähes 10 miljoonaa hehtaaria yhteisöllisiä suojelualueita, joissa metsien laajemmat kaupalliset hakkuut on kielletty ja luonnonvarojen käyttö on paikallisten asukasyhdistysten valvonnassa. Yhteisölliset suojelualueet takaavat perinteisten asukkaiden oikeuden maihinsa ja edistävät sademetsien luonnonvarojen kestäväää käyttöä kontrolloidun pienviljelyn mallin kautta. Amazonian syrjäseutuja perinteisesti hallinneiden eliittien näkökulmasta nämä suojelualueet ovat osa ympäristöihmistien ja ulkovaltojen organisoimaa vallan ja maan kaappausta. Vastustus kulminoituu luonnonsuojelujärjestöihin, erityisesti ”helppoon viholliseen”, kansainvälisenä miellettyyn Greenpeaceen, ”edistyksen ja modernisaation pysäyttäjään”.

Mutta myös sademetsäasukkaiden kansaliikkeet ovat arvostelleet Greenpeacen toimintatapoja. Greenpeacen laivojen on tapana saapua konfliktialueille näyttävän mediajulkisuuden saattelemana. Kun julkisuusmylläkkä laantuu ja Greenpeacen Artic Sunrise -laiva jatkaa matkaansa kohti uusia seikkailuja, jäävät sademetsien kansaliikkeiden omat edustajat edelleen joenrannalle. Toisaalta, vaikka Greenpeacea usein arvostellaan ja vierastetaan, se ja muut kansainväliset ympäristöjärjestöt ovat Amazonian asukkaiden liikkeille tärkeitä yhteistyökumppaneita, sillä on selvää, ettei Amazonia enää saada suojeltua ilman kansainvälistä tukea ja jopa painostusta. Kansainvälistä painostusta tarvitaan erityisesti siksi, että Amazonian osavaltio- ja paikallishallitukset valvovat ja edistävät

suojelun ja kestävä kehityksen velvoitteitaan – eivätkä taivu lyhyen keston taloudellisten voitontavoittelun intressien edessä.

3.4 Uruguay – eteläamerikkalainen hyvinvointivaltio vai selluteollisuuden veroparatiisi?

Pieni Uruguay on jättimäiseen Brasiliaan verrattuna kovin erilainen valtio, vaikka se Brasilian etelänaapurina monin tavoin muistuttaa – esimerkiksi kulttuuriltaan ja elinkeinorakenteiltaan – Brasilian vaurasta eteläosaa. Seuraava alaluku käsittelee niitä syitä, joiden vuoksi subtrooppisesta Uruguaysta on tullut suomalaiselle metsäteollisuudelle Brasiliaakin kiinnostavampi kohde.

Kuva 3.6. Uruguay ja sen asutuskeskukset



Uruguay on perustuslaillinen tasavalta, jossa presidentti toimii myös pääministerinä. Presidentti ja eduskunta valitaan joka viides vuosi. Uruguayn pinta-ala on 176 215 km², ja valtio on jaettu 19 lääniin. Asukkaita Uruguayssa on (2008) noin 3,5 miljoonaa, joista puolet asuu pääkaupungissa Montevideossa. Maasto on aroa ja kukkuloita, maan korkein kohta on vain 514 metrin korkeudella merenpinnasta.

Uruguayan ulkomaanvelka oli 67 prosenttia kansatuotteesta. Tärkeimmät kauppakumppanit Uruguaylle ovat naapurimaat Brasilia ja Argentiina Latinalaisen Amerikan mittakaavassa Uruguay on vauras maa. Vuonna 2008 Uruguayn BKT/ asukas oli 12 200 US dollaria, lukutaitoprosentti 98 ja odotettu elinikä 76 vuotta. Uruguayn väestöstä 8 prosenttia elää alle kahden dollarin päivätuloilla, silti vain 3 prosenttia maan väestössä elää YK:n tilastojen määrittämässä äärimmäisessä köyhyydessä (luku on koko Latinalaisen Amerikan alhaisin). Varakkain kymmenes maan väestöstä saa 34,8 prosenttia kansatulosta, köyhin kymmenes 1,9 prosenttia. (ECLAC, <http://www.eclac.cl/estadisticas/bases/default.asp?idioma=IN>).

Uruguayn maanomistus ei ole ollut niin keskittynyttä kuin useimmissa Latinalaisen Amerikan maissa. Vielä toisen maailmansodan jälkeen pienet ja keski-suuret viljelijät (40 prosenttia maanomistajista) omistivat 55 prosenttia viljelymaasta. 1990-luvulla pienten ja keski-suurten maanomistajaperheiden hallussa oli alle 25 prosenttia viljelymaasta. Silti nämä tilat tuottivat yli 45 prosenttia Uruguayn maataloustuotannosta. 2000-luvun aikana Uruguayn maanomistusjärjestelmässä on tapahtunut merkittäviä muutoksia, kun esimerkiksi ulkomaiset selluyhtiöt ovat ostaneet merkittävän paljon viljelymaata (<http://countrystudies.us/uruguay/55.htm>; <http://www.ine.gub.uy/>; <http://www.mgap.gub.uy/Dica/default.htm>, tilastot maanomistuksesta vuodelta 2000; uusi tilastointi valmistuu 2010).

Kuva 3.7. Uruguay ja sen osavaltiot



Uruguayn ilmasto on subtrooppinen. Maasto koostuu pääosin tasangoista ja matalista kukkuloista, rannikko on viljavaa alankoa. Suurin osa maasta on siis tasaista ruohomaata, joka soveltuu hyvin karja- ja lammastaloudelle. Lounaassa Uruguay rajautuu Rio de la Plata-jokeen, läntisenä rajana Argentiinan suuntaan on Uruguay-joki.

Karjankasvatuksesta selluun

Espanjalaiset perustivat Uruguay-joen itäpuolella sijaitsevalle Banda Orientalin alueelle linnoituksen vuonna 1726. Linnoituksesta – ja myöhemmin Montevideosta – kehittyi hyvän sijainnin ja sataman vuoksi merkittävä alueellinen keskus. Latinalaisen Amerikan itsenäistymissodissa Brasilia ja Argentiina kiistelivät alueesta, mutta kolme vuotta kestäneiden taistelujen jälkeen Uruguay julistautui itsenäiseksi vuonna 1828. Syntynyt valtio oli naapurimaihinsa verrattuna kääpiö, mutta se sijaitsi lauhkean vyöhykkeen hyvällä maatalousmaalla. Erityisesti 1800-luvun loppupuolella alue alkoi

houkutella siirtolaisuutta Euroopasta. Argentiinan lailla menestyksekkäs karjankasvatus ja maanviljely loivat Uruguayhin vaurautta. Maailman lihankysyntä kasvoi ja lihan kylmävarastoinnin kehityksessä sen kuljetus kauas oli entistä helpompaa. Uruguaysta tuli rikas länsimaa (ks. esim. Valtonen 2001; Pakkasvirta 2008a)

Colorados-ryhmäksi nimitetyt liberaalit johtivat Uruguayn politiikkaa 1800-luvun lopulta lähtien. Toinen poliittinen ryhmä oli *blancos* (konservatiivit). Liberaalipresidentti José Batlle y Ordoñezin kausilla (1903–1907 ja 1911–1915) maahan luotiin maailman ensimmäistä hyvinvointivaltiota. Kahdeksan tunnin työaikalaki, minimipalkka, kuolemanrangaistuksen poistaminen, avioerolaki ja vanhuuseläkejärjestelmä olivat esimerkkejä Uruguayn sosiaalisista uudistuksista. Myös koulutusjärjestelmää kehitettiin ja maassa oli vapaa lakko- ja järjestäytymisoikeus. Valtion toimintaa taloudessa edistettiin perustamalla uusia julkisoikeudellisia yhtiöitä. Uruguaylla oli jo 1910-luvulla valtion vakuutusyhtiö, joka hoiti työläisten tapaturmavakuutukset.

Hyvinvointivaltion ylläpitäminen ja maanosassa harvinaisen demokraattiset olosuhteet takasivat Uruguaylle rauhallisen kehityksen aina 1960-alkuun, jolloin maa koki syvän talouslaman. Sosiaaliohjelmien toteuttaminen ontui ja poliittiset ristiriidat kärjistyivät laman aikana ja sen jälkeen. Aivan uutta demokraattisesti kehittyneessä maassa oli vasemmistolaisen Tupamaros-kaupunkisissiliikkeen ilmaantuminen Montevideon kaduille 1960-luvun lopulla. Sissiliikkeen iskuihin sekä jatkuviin lakkoihin ja mellakoihin kyllästynyt armeija puuttui vuonna 1972 latinalaisamerikkalaisella tyylillä maan politiikkaan ja kaappasi vallan. Kansalaisvapauksia rajoitettiin ja vasemmistoaktivisteja katosi. Uruguayn sotilashallitus murskasi sissiliikkeen ja samalla suuren osan maan vasemmistosta ”likaisen sodan” keinoin. Vaikka Uruguayn sotilasjuntan tekoja ei voi määrittää verrata Argentiinan saman aikakauden sotilashallituksen ihmisoikeusrikkomuksiin, jäi demokraattiseksi mielletyn hyvinvointivaltion viittaan ruma tahra.

Sotilaat luovuttivat vallan siviileille vuonna 1984 järjestetyissä vaaleissa. Sotilasjohtajat ja vankiloissa vielä tuolloin olevat sissit saivat yleisen armahduksen. Colorado-puolue tuli valtaan ja pyrki tällä kertaa – ankarasta vastustuksesta huolimatta – talouden yksityistämiseen. Uruguay on alkanut muistuttaa 2000-luvulla montaa muuta talousvaikeuksista ja uusliberalismista kärsinyttä Latinalaisen Amerikan valtiota, mutta monet yhteiskunnan piirteet kertovat vielä maan toisenlaisesta historiasta.

Erityisesti agribisnes-sektorin toimintaa on avattu ulkomaiselle pääomalle, mutta samaan aikaan sen toimintaa on säännelty ja valvottu Latinalaisen Amerikan mittakaavassa tarkasti. Vuonna 2004 valtaan tullut vasemmistolainen Tabaré Vázquezin hallitus on jatkanut tasapainoilua taloudellisen liberalismin ja hyvinvointivaltiomallin välillä. Vuonna 2009 Uruguayhin valittiin edelleen vasemmistolainen hallitus, presidentiksi tuli entinen Tupamaros-sissi José Mujica.

Sellunkeiton veroparatiisi?

Uruguayn on siis perinteinen maatalousvaltio, jossa on ollut vähän teollisuustuotantoa. Maatalous tuottaa 23 prosenttia Uruguayn BKT:sta (ja kaksi kolmasosaa viennistä). 2000-luvulla Uruguay on kuitenkin panostanut huomattavasti eukalyptuspohjaiseen sellutuotantoon tukemalla monin tavoin globaaleja monikansallisia yhtiöitä ja niiden eukalyptusviljelmää. Perinteisestä Etelä-Amerikan hyvinvointivaltiosta onkin viime aikoina alettu puhua selluteollisuuden veroparatiisivaltiona (Brasiliassa selluyhtiöt maksavat veroja). Botnian vuonna 2007 avaama sellutehdas Fray Bentosissa Argentiinan rajalla on ollut ensimmäinen ja paljon kiistoja aiheuttanut sellutehdas Uruguayassa (ks. Pakkasvirta 2008a).

Uruguayssa tapahtuva kuituviljely ja sellunvalmistus on annettu lähes kokonaan ulkomaisille vapaa-tuotantoalueilla toimiville yhtiöille. Ulkomaiset voivat ostaa maata Uruguayssa samalla tavalla ja samoin oikeuksin kuin maan omat kansalaiset. Ensimmäinen metsitystä koskeva laki säädettiin Uruguayssa vuonna 1968. Sen perusteella istutettiin kahdessakymmenessä vuodessa vain 15 000 hehtaaria viljelysmetsää. 1980-luvulla lakia uudistettiin, ja viljelysmetsille varattiin 3,5 miljoonaa hehtaaria. Siitä on tänä hetkellä metsäplantaaseina yli 700 000 hehtaaria. Plantaasit ovat käytännössä eukalyptusta, ja ne ovat pääosin ulkomaalaisomistuksessa (esim. UPM/Botnia, Stora Enso).

Suomalais-ruotsalainen Stora Enso päätti toukokuussa 2009 ostaa chileläisen metsäyhtiön Araucon kanssa 130 000 hehtaaria puuviljelmiä Uruguaysta. Kaupan seurauksena Stora Ensosta ja Araucosta tulee – yhtiöiden entisten maaomistuksien (126 000 hehtaaria) kanssa – Uruguayn suurin yksityinen maanomistaja. Maa-alueet Stora Ensolle myi espanjalainen selluntuottaja Grupo Ence – Botniaa ennen sellutehdasluvan Uruguayssa saanut yhtiö, joka näin on vetäytynyt suomalaisten tieltä Uruguayn selluhankkeista. Heinäkuussa 2009 UPM päätti ostaa Botnian tehtaan ja eukalyptusviljelmät (n. 190 000 ha) Uruguaysta, joten kaikki merkittävimmät suomalaiset metsäyhtiöt ovat tai ovat olleet voimakkaasti mukana Uruguayn taloudessa ja politiikassa.

Kuva 3.8. Eukalyptusplantaasi Uruguayssa



Mielenkiintoista Uruguayn sellubisneksessä on se, että Uruguay on noussut 2000-luvulla OECD:n veroparatiisien mustalle listalle. Tämän listan maat eivät olleet tehneet verotusta avaavia sopimuksia yhdenkään muun maan kanssa eivätkä ne olleet reagoineet OECD:n tiedusteluihin. Veroparatiisin epäilyttävän arvonimen saavat maat tai alueet, joissa on matala tai käytännössä olematon verotus ja joissa ulkomaisille yrityksille annetaan parempia veroetuja kuin kotimaisille. Lisäksi veroparatiisin kriteerinä on se, että maa kieltäytyy antamasta verotus- ja omistustietoja ulkomaille.

(<http://www.oecd.org/dataoecd/38/14/42497950.pdf>) ja
(<http://www.oecd.org/dataoecd/50/0/42704399.pdf>).

Aikoinaan hyvinvointivaltiona tunnetuksi tullut Uruguay on muuttunut muutenkin viimeisen vuosikymmen aikana. Maailmanpankin vuotuisen Doing Business -raportin mukaan esimerkiksi työntekijän irtisanominen ei ole missään maailman maassa helpompaa kuin Uruguayssa. Doing Business -raportti mittaa tätä asiaa indeksillä yhdestä sataan. Uruguayssa ja Yhdysvalloissa indeksiluku on pyöreä 0, Suomessa ja Ruotsissa 40, Hollannissa ja Meksikossa 70 (<http://www.doingbusiness.org/>; HS 23.5.2009, Jyri Raivio).

Hyvinvointivaltioon liitetystä byrokratiasta muistuttaa vielä kuitenkin moni asia Uruguayssa. Uruguay on Maailmanpankin kansainvälisessä vertailussa häntäpäässä muun muassa omaisuuden rekisteröimisasioissa ja rakennuslupien saamisessa. Verojen maksu on vain 14 maassa hankalampaa kuin Uruguayssa. Maahan investoivia suomalaisyrityksiä tämä ongelma ei tosin koske, koska ne eivät maksa veroja. Yrityksen käynnistäminen on verrattain hankalaa mutta sen lopettaminen helppoa. Ulkomaisten sijoitusten suoja on Uruguayssa maailman keskitasoa.

3.5 Suomalainen metsäteollisuus tulevaisuudessa?

Suomalaiset ja suomalaistaustaiset yritykset ovat (vielä) tällä hetkellä teknologisesti ja tiedollisesti markkinajohtajia metsäteollisuudessa. Alan kaupassa ja rakenteissa tapahtuneet muutokset (esim. kulutuksen muutokset ja kuidun hinta) ovat 2000-luvun jälkipuoliskolla vieneet suomalaisia vauhdilla Etelä-Amerikkaan. Suomalaisissa alan skenaarioissa (TEM; Hetemäki & Hänninen 2009; Lehtinen 2009, Häyrynen, Donner-Amnell & Niskanen 2007) esitetään muun muassa, että vuonna 2030 metsäklusterin tuotannosta 60 prosenttia olisi jotain muuta kuin kemiallista puunjalostusta, joka nyt on pääosin sellua. Suomessa tämä tarkoittaisi, että sellu käytännössä tehtäisiin muualla kuin Suomessa.

Jos 60 prosentin skenaario epäonnistuu ja kotimainen selluntuotanto käytännössä lakkaa, suorat työllisyysvaikutukset Suomessa ovat väistämättä negatiivisia, sekä metsä(viljely)sektorilla että teollisuussektorilla – jos ei siis todella löydetä kestäviä puupolttoaine, rakennus, nano-paperi ym. ”innovaatioita”. Vielä toistaiseksi koneet, kemianteollisuus ja muu teknologia tehdään pääosin Suomessa, mutta myös nämä sektorit kohdannevat lähitulevaisuudessa vakavia kilpailuhaasteita.

Metsäteollisuuden globalisoitumista pohdittaessa on yhä kuitenkin tärkeää muistaa, että metsäteollisuus ei ole suinkaan kadonnut Suomesta kokonaan. Suomessa on edelleen 25 paperi- ja 13 sellutehdasta, 15 kartonki- ja pakkaustehdasta, 180 teollista sahaa ja vaneritehdasta. Metsäteollisuus työllistää edelleen suoraan noin 50 000 ja välillisesti noin 200 000 ihmistä. Vientituloista metsäteollisuus muodostaa edelleen lähes 20 prosenttia (ks. esim. Metsäteollisuus r.y. ja Sohlström 2009).

Suomi saattaa silti tulevaisuudessa menettää erityisasemiaan metsäteollisuuden toimintaympäristönä. Globaalissa kilpailuasetelmassa erityisesti Suomessa tapahtuvan kemiallisen metsäteollisuuden perinteiset toimintatavat ovat vaikeuksissa. Etelä-Amerikan eukalyptuspelloilta on haettu vastauksia selluteollisuuden tulevaisuuden haasteisiin. Muutosta kuvaa se, vuonna 2008 metsäteollisuuden viennin arvo oli 11,2 miljardia euroa, eli enää vain vajaa viidennes tavaraviennin arvosta. Tammi-huhtikuussa 2009 metsäteollisuuden viennin arvo Suomesta oli 2,6 miljardia euroa eli 35 % vähemmän kuin vastaavana ajankohtana vuosi sitten. (Metsäteollisuus/Tullihallitus 2009). Osan viennin vähenemisestä selittää globaali talouslama, mutta myös sellutuotannon siirto Etelä-Amerikkaan näkyy voimakkaasti tilastoissa.

Metsäteollisuuden osuus Suomen viennistä on pudonnut vuoden 2000 yli neljänneksestä 17 prosenttiin vuonna 2008. Vuonna 1980 metsäteollisuuden viennin osuus oli vielä yli 42 prosenttia Suomen kokonaisviennistä. Metsäteollisuuden muutoksesta Suomen kansantaloudessa tarkemmin oheisessa taulussa (arvot prosentteina)

Taulu 3.1. Metsäteollisuuden merkityksen muutos Suomen viennissä

(Lähde: Tilastokeskus, Tullihallitus ja Metsäteollisuus ry 2009)

(<http://www.metsateollisuus.fi/tilastopalvelu/Tilastokuviot/Vanhat/Perustietoa/Forms/AllItems.aspx>)

	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2008
Osuus työllisyydestä							
Puutuoteteollisuus	2,4	1,8	1,5	1,5	1,4	1,2	1,2
Massa- ja paperiteollisuus	2,4	2,1	1,9	1,9	1,7	1,4	1,0
Koko metsäteollisuus	4,8	3,9	3,4	3,4	3,1	2,6	2,2
Osuus BKT:sta							
Puutuoteteollisuus	2,5	1,3	1,5	1,4	1,2	1,0	0,8
Massa- ja paperiteollisuus	4,2	3,6	2,9	5,0	4,8	2,6	2,1
Koko metsäteollisuus	6,7	4,9	4,4	6,4	6,0	3,6	2,9
Osuus teollisuustuotannosta							
Puutuoteteollisuus	9,0	5,2	6,3	5,5	4,6	4,3	3,5
Massa- ja paperiteollisuus	15,4	14,5	13,0	19,8	18,1	11,3	9,5
Koko metsäteollisuus	24,4	19,7	19,3	25,3	22,7	15,6	13,0
Osuus viennistä							
Puutuoteteollisuus	13,4	7,1	7,1	6,9	5,2	4,7	3,5
Massa- ja paperiteollisuus	29,0	29,1	30,5	26,9	20,8	15,3	13,6
Koko metsäteollisuus	42,4	36,2	37,6	33,7	26,1	20,0	17,1

Tulevaisuudentutkimuksen näkökulmasta on mielenkiintoista katsoa kymmenen vuoden takaisia skenaarioita, kuten Suomen hallituksen vuonna 1999 hyväksymää ”Kansallinen metsäohjelma 2010” (Maa- ja metsätalousministeriö). Ohjelmassa sanottiin, että se ottaa huomioon metsien kestävä käytön niin taloudellisen, ekologisen, sosiaalisen kuin kulttuurisenkin puolen. Samalla ohjelman skenaarion sanottiin vastaavan ”kansallisten tarpeiden lisäksi” myös ”kansainvälisen metsäpolitiikan uusiin tarpeisiin”.

On hämmästyttävää, että 39 asiantuntijan ja 59 kansalaisfoorumin 2000-luvun kynnyksellä tuottamassa tulevaisuusohjelmassa ei osattu edes mainita eukalyptuspuupeltoja – joita kuitenkin jo oli perustettu esimerkiksi Uruguayhin ja Brasiliaan.

Vielä hämmästyttävämpää on, että myös vuoden 2006 Kansallisessa metsäohjelmassa (”Kansallinen metsäohjelma 2010 – monipuolisesti metsästä”, Maa- ja metsätalousministeriö) katse on edelleen kovin kansallinen: pian uhkaavaa sellutuotannon katoamista ei pohdita juuri lainkaan, vaikka sen kansallisia vaikutuksia olisi jo pitänyt ennakoida. Esimerkiksi Stora Enso oli jo rakentanut sellutehtaan Brasiliaan ja Botnian Uruguayn tehdas oli rakenteilla.

Suomalaisen metsäteollisuuden globalisaatiomuutosta voi lähestyä myös pientuotanto- ja agribisnesmallin vertailunäkökulmasta, vaikka suomalainen metsäteollisuus on toki ollut moni tavoin juuri tehotuotantoa. Etelä-Amerikassa tapahtuva selluntuotanto muistuttaa kuitenkin agribisnesmallia puhtaimmillaan.

Suomalainen ”metsäjärjestelmä” on tarkoittanut puusta korkeaa hinta metsänomistajille. Sellu- ja paperitehdas ovat olleet lähes aina vierekkäin. Mallissa on historiallisesti syntynyt teollisuuden verkostoituneita ”paperikaupunkeja”. Koko tuotantoprosessi metsästä lopputuotokseen on tapahtunut alueellisesti. Myös valtion ja kuntien voimakkaat tukitoimet ovat kuuluneet suomalaiseen metsäjärjestelmään. Sellu- ja paperiteollisuuspoliittista kansallista ajattelua on pidetty eräänlaisena metsäfundamentalismina, jossa metsäteollisuuden edun ja kansallisen edun yhdenmukaisuutta on pidetty itsestäänselvyytenä (Raumolin 1987; Rytteri 2000). Metsäsektori on mielletty kansallisen identiteetin yhdeksi perusosaksi. Metsä, sellu ja paperi ovat symboloineet suomalaisille työtä, itsemääräämisoikeutta ja taloudellisten vaikeuksien voittamista – ja myös pitkän keston kansainvälistä menestymistä (Donner-Amnell 1991; 2000).

Eteläamerikkalainen eukalyptusmalli eroaa suomalaisesta perinteestä monella tavalla. Paikallisen väestön kannalta vaikutukset ovat eri tapauksissa ja alueilla hieman erilaisia. Tiivistäen eteläamerikkalainen eukalyptussellu-malli on kuitenkin paikallisesti ja alueellisesti suomalaismallia ongelmallisempi. Siinä tuodaan uusinta teknologiaa kyllä ”köyhiin” maihin, mutta millä rakenteilla? Esimerkiksi Uruguay on monin tavoin ”veroparatiisi”: tehtaat sijaitsevat vapaatuotantoalueilla ja nauttivat muita veroetuja. Ulkomaiset yhtiöt ovat ostaneet Uruguaysta itse asiassa jo lähes kaiken eukalyptuksen tuotantoon osoitetun maan. Sellu on raaka-ainetta, jota viedään köyhistä maista jalostettavaksi muualle – syynä yksinkertaisesti se, että kuituaines saadaan nopeatuottoisilta viljelyksiltä halvalla. Eukalyptusmalli – ulkomaisomistuksessa olevana vientitalousmallina – määrittää ”imperialistisesti” yhden valtion maankäyttöä, aivan kuten yhdysvaltalaisaustaiset hedelmä- ja kaivosyhtiöt 1900-luvun alussa. Suomalaisfyrmoista tulee näin väistämättä myös poliittisia toimijoita Uruguayssa. Suomessa on harvoin kysytty, mitä Uruguay tästä prosessista lopulta hyötyy. Mitä jos selluntuotanto sitten joskus lakkaa esim. Uruguayssa? Kuinka monta kiertoa maaperä kestää eukalyptuksen viljelyä? Monet tutkimukset kertovat, kuinka eukalyptuksen tehoviljelyn onnistuminen riippuu saatavan veden määrästä ja että plantaasit lisäävät maan suolaantumista ja happamoitumista (ks. esim. Stape et al. 2004; Jackson et al. 2005).

On myös tärkeää kysyä, kuka eukalyptusmallista hyötyy Suomessa? Eukalyptuksen tehoviljelymalli on agribisnekseen verrattavaa toimintaa, joka ei monista hyviksi esitetyistä käytännöistä huolimatta sovi useimpiin kestäväen kehityksen periaatteisiin (esimerkiksi suomalaisen kehityspolitiikan kaikkiin periaatteisiin). Lisäksi selluntuotannon katoamisella Suomesta on negatiivisia alue-, elinkeino- ja teollisuuspoliittisia vaikutuksia. Vaikka globaalit suomalaisyritykset toimivat yleensä hyvin esimerkiksi yritysten yhteiskuntavastuun saralla, aiheuttaa eukalyptusmalli melko suuren haasteen monille suomalaisille yhteiskuntapolitiikan lohkoille.

Uruguayssa ei esiinny (vielä) merkittäviä maakonflikteja, mutta esimerkiksi, Brasiliassa, Indonesiassa ja Kiinassa on jo useasti jouduttu vaikeisiin maankäytön ristiriitatilanteisiin. Pitkällä aikavälillä myös Uruguayssa voi tulla ongelmia – varsinkin kun sellutehtaita on maahan suunnitteilla useita. Pahimmassa visiossa Uruguayn maaseudun monimuotoisuus on hävinnyt eukalyptusviljelmien alle ja maaseutu on lähes kokonaan autioitunut – lukuun ottamatta kausityöläisten silloin tällöin pystyttämiä sadonkorjuuleirejä.

Uruguay on Etelä-Amerikan mittakaavassa pieni valtio – ja erityisen pieni suomalaisten toiseen ”sellumaahan” Brasiliaan verrattuna. Brasiliassa sellu- ja maankäyttöä onkin syytä tarkastella osavaltioiden mukaan. Ruotsalais-suomalaisen Stora Enson plantaasit sijaitsevat Rio Grande do Sulin osavaltion eteläosissa sekä Bahian osavaltiossa Koillis-Brasiliassa. Molemmat alueet ovat suurmaanomistajaseutua, joissa on ollut jo perinteisesti maankäyttöön liittyviä konflikteja. Historiallisia ongelmia ovat muun muassa monet laittomin tai epäilyttävin perustein hankitut maanomistusasiakirjat (Carter 2009; Jepson 2006; Kröger 2009). Suomalaistaustaiset selluinvestoinnit eukalyptusviljelyyn asettuvat siis väistämättä historiallisesti riitaisiin olosuhteisiin. Globaalisti operoiva selluteollisuus toimii aina läheisessä yhteistyössä sekä valtion että alueellisten suurmaanomistajien kanssa ja omaksuu tätä kautta helposti näiden arvoja suhteessa muihin alueen toimijoihin.

Sellu- ja paperiteollisen globalisaation vuoksi maakonfliktit ovat lisääntyneet Brasiliassa. Maassa on paljon maattomia maatyöläisiä, jotka ovat perinteisesti asuneet maaseudulla renkeinä tai siirtyneet hiljattain kaupunkien laitamille. Kun maattomat ovat järjestäytyneet vaatimaan perusoikeuksiaan, vanhat maakonfliktit ovat tulehtuneet uudella tavalla. Intensiivinen eukalyptusviljely poikkeaa huomattavasti esimerkiksi karjankasvatuksesta, johon liittyy paljon joutomaata. Konfliktien ratkaisun avain on eukalyptuksen agribisnesmallin muuttaminen. Selluteollisuus tai eukalyptus ei sinänsä ole vastustuksen kohde – ne ymmärretään usein merkittäviksi taloudellisiksi mahdollisuuksiksi. Hankkeiden vastustajien kohteena on ennen kaikkea yksipuolinen investointimalli, jossa pienviljelijöiden tai maattomien ääntä ei kuunnella.

Suomen tulee muuttaa biopolitiikkaansa Brasiliassa ja muualla kehitysmaissa

Markus Kröger

Laajan mittakaavan selluinvestoinnit Brasiliassa ovat hyvä esimerkki Suomen nykyisin harjoittaman biopolitiikan eli metsä- ja maatalouspolitiikan sekä investointipolitiikan ongelmista kehitysmaissa. Yli miljoona tonnia sellua vuodessa tuottavat uudet tehtaat tarvitsevat noin 100.000 hehtaaria eukalyptusplantaaseja tehtaan ympäriltä. Investoinnit ovat hyvin pääomavaltaisia ja koneistettuja. Työllisyys on heikentynyt ja pientilat vähenneet selluinvestointien myötä, sillä Brasilian maaseudulla asuu edelleen maatyöläisiä, jotka ovat investointien myötä siirtyneet kaupunkeihin. Tämä prosessi jatkuu edelleen selluinvestointien laajetessa. Olisikin syytä pohtia kuinka nykyistä laajan mittakaavan sellumallia tulee muuttaa. Kuinka luoda selluinvestointeja, jotka eivät seuraa agribisneksen negatiivisia vaikutuksia?

Veracelin tapaus kuvastaa globaalin Etelän suurten plantaaseihin nojaavien selluinvestointien ja paikallisen kehityksen välistä ristiriitaa. Vaikka uusi miljoonan tonnin selluinvestointi tuo kovaa ulkomaanvaluuttaa vaihtotasetta tasapainottamaan ja kasvattaa bruttokansantuotetta sekä kunnallisveroja, investointialueen asukkaat eivät välttämättä hyödy. Seurasin Veracelin sosioekonomisia vaikutuksia Etelä-Bahiassa vuosina 2004–08. Aluksi väestö odotti innokkaasti kehitystä jota poliitikot ja yhtiöt olivat lupailleet. Vuonna 2006 alkoi näkemys olla se, että luvutut työpaikat jäivät saavuttamatta. Vuonna 2008 virkamiehet ja oikeusviranomaiset nousivat näyttämättömiä kansalaisyhteiskunnan kriitikoiden rinnalle tuomaan esille selluinvestointien kiistämättömiä ongelmakohtia. Brasilian maattomien liikkeen vaihtoehtoinen kehitysehdotus, jossa pienviljelijät ja osuuskunnat tuottavat halpoja elintarvikkeita lähiseuduille alkoi saada kannatusta, sillä samaan aikaan perusruokatarpeiden saatavuus heikkeni dramaattisesti ja hinnat nousivat. Alueen yrittäjät, kaupunkien pormestarit, kunnallispoliitikot, byrokraatit, tuomarit, yleiset syyttäjät ja liittovaltion poliisi alkoivat sättiä Veracelia alueen ongelmista ja tut-

kia yhtiöön liitettyjä laittomuuksia. Nykyisin yrittäjät selluinvestointialueilla pitävät suuren tehtaan tuloa ja plantaasien leviämistä negatiivisena liiketoimilleen.

Selluinvestointien ja eukalyptusplantaasien sosio-ekonomisia vaikutuksia Etelä-Bahialla on tutkittu melko laajalti Brasilian yliopistoissa. Talous- yhteiskunta- ja maantieteilijöiden tekemät, tieteellisissä aikakauslehdissä ja yliopistoissa julkaistut tutkimukset, joita yhtiöt eivät ole rahoittaneet, ovat yksimielisiä seuraavista vaikutuksista. Selluhankkeiden vuoksi on tapahtunut merkittävä työpaikkojen häviäminen maaseudulta; suuri maaltamuutto; maaomistuksen keskittyminen; yleinen elintason heikentyminen sekä maalla että alueen kaupungeissa; sekä slummien ja näiden mukana tulevien ongelmien kasvu (Almeida et al. 2008; Carvalho 2006; Joly 2007; Netto and Silva 2008; Pedreira 2004; Dias 2001).

Tutkimukset nojaavat Brasilian tilastokeskuksen IBGE:n virallisiin lukuihin. Vaikka BKT yleisesti nousi investointialueilla, YK:n mittaama human development index nousi vähemmän niissä kunnissa joissa oli sellu- ja plantaasi-investointeja kuin niissä joissa investointeja ei ollut, ja oli yleisesti alhaisempi kuin Brasilian keskitaso (Almeida et al. 2008: 12). Lisäksi useat luonnontieteelliset tutkimukset ovat osoittaneet että eukalyptusplantaasit kuivaavat, suolaavat ja happamoittavat maaperää monin paikoin ja aiheuttavat näin eroosiota (Jackson et al. 2005), päinvastoin kuin pienviljelijöiden harjoittama luonnonmukainen viljely joka rikastaa maaperää. Etenkin Eunápoliksessa vaikutukset olivat kielteiset, vaikkakin kunta sai eniten verotuloja Veracelin tultua ja koki myös osittain positiivista kehitystä joillain saroilla.

Maaltamuuttaneiden määrä kasvoi kunnassa eniten koko Brasiliassa vuonna 2005, jolloin Veracelin tehdas valmistui. Se ylsi 250 prosenttiin, kun Veracel otti haltuunsa yhä useammat maa-alueet, jotka aiemmin kuuluivat pienviljelijöille, hedelmäplantaaseille tai karjankasvattajille (suuri enemmistö maista oli entisiä karjanmaita, laidunmaat ovat Brasilian suurin monokulttuuri), jotka työllistivät maillaan asuvia torppareita ja palkkatyöläisiä. Tämä maaseudun väestö joutui siirtymään alueen kaupunkien slummeihin. Slummeissa ei kuitenkaan ollut töitä tarjolla, joten Maattomien liikkeen jäsenten tultua koputtamaan mökin ovelle, monet lähtivät matkaan kohti maattomien leiriä: tavoittelemaan uutta maapalasta turvatakseen perheen elannon. Etenkin Veracelin rakennustyövaiheen 9000 työläistä päätyivät maattomien leireille, sillä he eivät löytäneet töitä alueelta, kun Pöyryn johtama rakennusurakka oli ohi parissa vuodessa. Eukalyptusplantaasit eivät tarjoa riittävästi pysyvää työtä.

Kuuden Brasilialaisen tutkijan ryhmä on osoittanut että Etelä-Bahian selluinvestointien levittämät eukalyptusplantaasit ovat kasanneet maaomistusta ja vähentäneet huomattavasti tarjottujen työpaikkojen määrää maaseudulla (Almeida et al. 2008: 15). Vuosien 1980-2000 välillä maaseutuväestö alueella väheni 51 prosentilla. IBGE:n tilastojen mukaan vuosien 1970 ja 1996 välillä Gini-indeksi, joka mittaa vaurauden keskittymistä, epätasa-arvoisuutta nollasta (kaikki tasa-arvoisia) yhteen (maksimaalinen epätasa-arvoisuus), kasvoi dramaattisesti 0.575:stä 0.744:n Etelä-Bahian etelä-kärjessä, missä Suzanon ja Veracelin selluinvestoinnit sekä Aracruzín eukalyptusplantaasit vievät ovat alkaneet viedä yhä suuremman osan maista. Samanaikaisesti 50-100 hehtaarin kokoisten tilojen määrä väheni 3443:sta 881:n. (IBGE 2008.)

Metso, Andritz, Partek, Valmet ja monet muut Suomessa toimivat metallipajat toimittivat sellulinjaston osia, laitteita ja koneita selluinvestoinneille. Köyhän etelän tiheästi

asuttujen maaseutujen asukkaille vahvasti pääomavaltaisen investoinnin sijaan parempi ratkaisu olisi ollut ihmispääomavaltaisen investointi, joka työllistää useampia vähemmällä rahalla. Brasilian virallinen maauudistusohjelma, jonka toteuttamista esimerkiksi Brasilian Maattomien maatyöläisten liike MST yrittää vauhdittaa, tarjoaa vaihtoehtoiseksi kehityspolitiikaksi maauudistusta ja luonnonmukaista viljelyä, jonka tuotteet menevät helposti kaupaksi läheisellä Porto Seguron turistirannikolla.

Suomesta löytyy jo myös ihmispääomavaltaisen maa- ja metsätalousmallin mukaista maailman johtavaa teknologiaa. Esimerkiksi Oululainen Chempolis on johtava ei-puusta tehdyn pienimuotoisen selluteknologian kehittäjä. Tukemalla tällaisen teknologian viennin suurten sellulinjastojen viennin tukemisen sijaan Suomi siirtyisi välittömästi tukemaan monipuolisen ja ihmiskapasiteettia maksimoivan mallin tukemiseen. Tällä hetkellä suurten pääomavaltaisten selluhankkeiden tukeminen vie pohjaa ihmispääomavaltaiselta kehitykseltä, lisäten maaltamuuttoa ja ympäristötuhoja sekä liittäen Suomen oleelliseksi osaksi globaalia agribisnestä ja monokulttuurituotantoa joka ei ota tarpeeksi huomioon paikallisväestön syrjäytymistä ja slummiutumisen sekä ruokahuollon heikentymisen vaaroja.

3.6 Puukuitu ja biopolttoaineet

Yllä käsitellyt metsäteollisuuden kysymykset liittyvät tulevaisuudessa väistämättä myös energiatuotannon ja -teollisuuden haasteisiin. Puu on aina ollut myös polttoainetta ja saattaa olla sitä jopa aiempaa enemmän tulevaisuudessa. Kun tukeista tehdään vaneria ja sahataravaa, kuitupuusta sellua ja paperia, hakkuujätteitä, pienpuita ja kantoja käytetään sähkön- ja lämmöntuotantoon sekä polttoaineiden valmistukseen. Uusiutuvaan energiaan ja sen tutkimukseen on Suomessa sijoitettu viime vuosina miljardeja. (Ks. esim. Solhlström 2009).

Vuonna 2007 maailmassa tuettiin biopolttoaineiden tuotantoa 15 miljardilla dollarilla. OECD:n biopolttoaineasiantuntijat varoittavat kuitenkin biopolttoaineiden päästövaikutuksista (<http://www.oecd.org/statsportal/>). Biopolttoaineet voisivat laskelmien mukaan täyttää 13 prosenttia maailman liikenteen tarpeista vuonna 2050. Edullisin keino hiilidioksidipäästöjen leikkaamiseen on silti edelleen energiatehokkuus. Nykyinen tapa tukea biopolttoaineita rohkaisee käyttämään yhtä paljon energiaa kuin ennenkin.

Toisaalta dieselin tekeminen biomassasta mahdollistaa monenlaisten raaka-aineiden käyttämisen – myös sellaisten, jotka eivät suoraan kilpaile ruokatuotannon kanssa. Esimerkiksi plantaaseilta ja metsistä saatava puukuitu on tällaista. Biomassasta valmistettu diesel myös vähentää hiilidioksidipäästöjä enemmän kuin vaikkapa maissietanoli. Myös palmuöljy on tehokas raaka-aine, mutta jos sitä aletaan tuottaa nykyistä vielä enemmän, trooppisilta alueilta tarvitaan viljelyyn paljon lisämaata eli sademetsää.

Fossiilisten polttoaineiden käytöstä ei vielä voida nopeasti ja ongelmitta siirtyä bioenergian polttoon. Esimerkiksi EU on päättänyt, että 10 prosenttia polttoaineista unionin alueella vuonna 2020 pitää olla jotain muuta kuin raakaöljypohjaista (6 prosenttia vuoteen 2010 mennessä). Kyseessä on sinänsä järkevään päämäärään pyrkivä teknologinen utopia: ihmiskunta tyydyttää tulevaisuuden jatkuvasti lisääntyvän energiatarpeensa pelloilta ja metsistä koottavalla biomassalla. Tässä utopiassa uskotaan, että bioenergian tuottaminen ei maksa paljoa, ei vaadi juuri energiaa, ei aiheuta päästöjä vaan oikeastaan vain puhdistaa ilmaa.

Tällainen teknologinen visio on kuitenkin osoittautunut ongelmalliseksi. Tutkimustieto muuttaa käsityksiä lähes päivittäin. Esimerkiksi Suomessa Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen ja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen viimeaikaiset selvitykset kertovat, ettei Suomessa ole mitään järkeä tuottaa nestemäisiä polttoaineita ohrasta tai rypsiä.

Peltoviljely vaatii kyntämistä, kylvämistä, lannoitteita, kasvinsuojeluaineita, sadonkorjuuta, viljan varastointia ja kuivatusta – ja suuret määrät energiaa. Useimmat biopolttonesteiden lisäämisestä aiheutuvia ympäristövaikutuksia analysoivat tutkimukset antavat pessimistisen kuvan: useimpien bio- raaka-aineitten käyttö polttonesteiden valmistukseen lisää eikä suinkaan vähennä ympäristötaakkaa. Globaalisti katsoen Yhdysvalloissa valtion tukema maissintuotanto on aiheuttanut valtavan etanolin valmistusbuumin, vaikka ohrasta tai maissista ei ole järkevää tehdä ”ruokaa” autoille. Yksi pelkkää etanolia käyttävä auto kuluttaisi vuodessa saman määrän maissia kuin seitsemän amerikkalaista tarvitsisi elääkseen. Globaalisti ajatus ruoka- ja öljykasvien viljelystä autojen polttoaineeksi on sekä ympäristöpoliittisesti että taloudellisesti vailla mieltä. Samaa koskee monin tavoin ruoko-, soija- ja palmuöljyä, vaikkakin muista syistä: sademetsiä ei kannattaisi kaataa biopolttoaineiden vuoksi.

Puuperäisten, toisen sukupolven polttonesteiden valmistus näyttäisi olevan edullisempaa ja rationaalisempaa. Tällä alalla tehdään jatkuvasti kansainvälistä uutta tutkimusta, johon myös selluteollisuudella on mielenkiintoisia kytköksiä. Tällöin puhutaan harvennuspuihin, hakkuutahteiden ja kantojen hyötykäytöstä sekä uudenlaisten kuitulajikkeiden tutkimuksesta. Jos näiden käyttöä tehostetaan eivätkä korjuu- ja kuljetuskustannukset karkaa käsistä, hyviä energialähteitä voidaan kehittää.

Teknologian kehitys voi siis mahdollistaa entistä ympäristöystävällisemmän ja tehokkaamman raaka-aineiden jalostamisen polttoaineiksi. Esimerkiksi Brasilialainen öljy-yhtiö Petrobras on tutkinut peltopolttoaineiden jalostamista erilaisista viljelykasvien kuitu- ja kuoriosista. Nykyisen tuotannon ylijäämäosien (esimerkiksi sokeriruohon kuoriosia) hyödyntäminen on tärkeä osa tehokkaiden teknologioiden edistämistä. Asia on ekologisesti vielä mielenkiintoisempi, mikäli edetään leväpohjaisiin tai jätteitä käyttäviin innovaatioihin. Visiot autiomaissa polttoaineita tuottavista leväsäiliöistä tai jätteistä kaasua tuottavista metaanivoimaloista tuntuvat vielä laajassa mitassa utopioilta, mutta tällaisiin pitkän keston projekteihin olisi ryhdyttävä, jos halutaan puhua biopolttoaineista.

Bioteknologiainnon keskellä on hyvä muistaa, että toistaiseksi harvoin käsiin kasautuva agribisnes on vähentänyt ruuantuotantoa, ja samalla nostanut ruoan hintaa. Esimerkiksi Brasiliassa ruokakasveja viljelevät pienmaanomistajat vastaavat suuresta osasta ruoantuotantoa, ja he ovat joutuneet siirtymään agribisneksen tieltä. Tämä vaikuttaa koko maan ruokahuoltoon. Rio Grande do Sulin osavaltion eteläosissa maaseutu-uudistus on käytännössä pysähtynyt sen jälkeen, kun paperiteollisuus aloitti siellä maanostot puunistutuksia varten.

Maailmanlaajuisessa mittakaavassa puhutaan usein jo ruokapulasta. Yhdysvaltain maatalousministeriön selvitys maaliskuulta 2008 kertoo, että esimerkiksi vehnän ja riisin varastot henkeä kohden ovat vähimmillään 35 vuoteen. FAO:n laskelmien mukaan ruuan hinta on noussut 47 prosenttia vuoden 2007 aikana. Ruuan kallistuminen on aiheuttanut levottomuuksia ja jopa mellakoita useissa maissa.

Myös ruokakasvien geeniteknologian vaikutukset voivat agribisnes-tyylisessä tuotantotavassa olla arvaamattomia, erityisesti yhteiskunnallisessa mielessä. Geenimuunneltujen lajikkeiden käyttö useassa Latinalaisen Amerikan maassa on kasvanut voimakkaasti, mutta kasvuun liittyy rakenteellisia ja sosiaalisia ongelmia – niin kauan kuin uudet ja kalliit teknologiat ovat käytössä vain suuryritysten patentteina ja monopoleina.

4 Puuplantaasit mahdollisuutena ja uhkana ⁸

4.1 Maailman metsät

Metsä määritellään yleensä lähtien puiden latvustojen peittämän maa-alan osuudesta. Eri määritelmässä vaadittava peitto vaihtelee 10 % ja 60 % välillä. Määritelmän kannalta ongelmallinen on taimivaiheessa oleva metsä. Niinpä metsien hävitys edellyttää lisäksi metsän käyttötarkoituksen muutosta. Metsittäminen puolestaan perustuu käyttötarkoituksen palauttamiseen metsäksi.

Ihmisen toiminnan on arvioitu vähentäneen metsien pinta-alaa maailmassa noin 40 % ja vähennyksestä noin kolme neljännestä on tapahtunut kahden viimeisen vuosisadan aikana (Carpenter ym. 2005). Metsittämisestä on yksiselitteisempiä tietoja kuin metsien hävittämisestä. Ilmakuvausta käytetään nykyisin yhä enemmän metsä-alan arviointiin. FAO:n tilastojen mukaan metsien hävittämistä 16,1 %:n alalta tasapainotti 6,7 %:n lisäys metsäalassa istutuksin ja metsittymisenä 1990-2000 (FAO 2006).

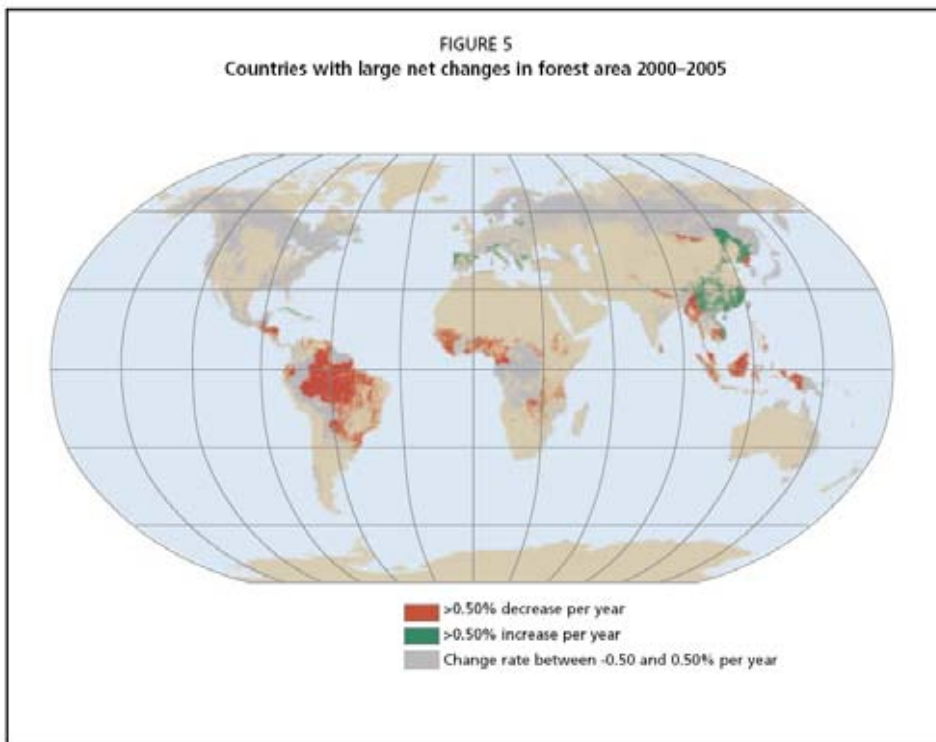
FAO on arvioinut, että vuonna 2005 vajaa neljä miljardia hehtaaria eli noin 30 % maapallon maa-alueista oli metsien peitossa. Metsäisin alue on Etelä- ja Keski-Amerikka lähes 50 % osuudella maa-alasta. Osuudeksi Pohjois-Amerikassa, Euroopassa ja entisen Neuvostoliiton alueilla on arvioitu noin 30 %. Afrikassa ja Aasiassa osuus maapinta-alasta on noin 20 %. Pinta-alalla mitaten Venäjällä on valtioista selvästi eniten metsää eli 809 milj. ha. Brasilia on toinen 478 milj. ha. Verrattuna muihin tropiikkiin valtioihin Brasilia on metsäpinta-alassaan ylivoimainen. Seuraavaksi eniten metsää on Kongon demokraattisessa tasavallassa, missä sitä arvioitiin olevan 134 milj. ha. Indonesiassa FAO arvioi metsää olevan 88 milj. ha ja Intiassa 68 milj. ha (FAO 2006).

Taulu 4.1. FAO:n arvio maailman metsien pinta-alasta ja metsien peittämästä alueesta eri maanosissa (Lähde: FAO 2006)

Region/ Sub-region	Forest Area (1 000 ha)	% of Land Area
Eastern and Southern Africa	226 534	27.8
Northern Africa	131 048	8.6
Western and Central Africa	227 829	44.1
Total Africa	635 412	21.4
East Asia	244 862	21.3
South and Southeast Asia	283 127	33.4
Western and Central Asia	43 588	4.0
Total Asia	571 577	18.5
Total Europe	1 001 394	44.3
Caribbean	5 974	26.1
Central America	22 411	43.9
North America	677 464	32.7
Total North and Central America	705 849	32.9
Total Oceania	206 254	24.3
Total South America	831 540	47.7
World	3 952 025	30.3

⁸ Luku on Osmo Kuusen kirjoittama. Se sisältää paljon prof. Pertti Harstelan toimittamaa aineistoa.

Kuva 4.1. Metsät ja metsäpinta-alan muutokset maailmassa



FAO:n (2006) mukaan metsiä raivataan lähinnä viljelykäyttöön vuosittain noin 13 milj. ha. Saman-aikaisesti metsä myös lisääntyy istuttamalla ja luonnollisella uusiutumisella. Periodina 2000-2005 metsien nettovähennys oli FAO:n arvioin mukaan -7,3 milj. ha vuodessa. Vähennys on hidastunut vuosien 1990-2000 keskimäärin noin -8,9 milj. ha vuodessa. Suurin vähenemä vuosina 2000-2005 oli Etelä-Amerikassa 4,3 milj. ha vuosivauhdilla Afrikan vähenemän ollessa 4,0 milj. ha (vrt. kuva 4.1.)

FAO:n arvion mukaan luonnonmetsän (primary forest) osuus maailman metsistä oli v. 2005 36,4 %. Muokattujen metsien (modified natural forest, semi-natural forest) osuus oli 59,8 %. Kaupallisten puuplantausten osuus oli 3 % ja suojelutarkoituksessa tehtyjen plantausten 0,8 %. Kaupalliset puuplantaajat on perustettu puun ja kuidun tuotantoon. Suojelutarkoituksessa tehdyt istutukset puolestaan pyrkivät vesivarojen ja maaperän suojeluun. Vuosina 2000-2005 kaupallisten puuplantausten määrä kasvoi noin 2,5 milj. ha vuodessa (FAO 2006)

Maailman maaperää voidaan metsien näkökulmasta ryhmitellä monin tavoin. Hyvin yleisluontoinen jaottelu on jako trooppisiin sademetsiin, trooppisiin monsuuni- ja savannimetsiin, subtrooppisiin metsiin, pohjoisiin havupuuvaltaisiin metsiin ja metsättömiin alueisiin (Kummerly 1973, White ym. 2007). Kummerlyn tekemän jaottelun karkeudesta kertoo, että hänen maailman metsien kartassaan koko Uruguay ja koko sademetsien ulkopuolinen alue Brasiliassa oli luokiteltu puuttomaksi alueeksi. Todellisuudessa sekä Brasilian cerrado- että caatinga-alueilla on varsin paljon puita.

Kasvavien puulajien määrä vaihtelee suuresti maapallon eri osissa. Yleisesti ottaen lajimäärä on suurinta päiväntasaajan tienoilla ja vähenee edettäessä napoja kohti. Alueellisista lajimääräeroista

kertoo, että trooppisilla alueilla kasvavaan eukalyptus –sukuun kuuluu enemmän kuin 700 lajia kun taas havupuulajeja on yhteensä vain noin 600 (Judd ym. 1999, White ym. 2007).

4.2 Puuplantaasien nousu pohjoisten metsien haastajiksi

Vielä 1990-luvun alussa pohjoiset havumetsät muodostivat puunjalostusteollisuuden selvästi keskeisimmän raaka-ainelähteen. 1990-luvun alussa noin 80 % kehitysmaiden puusta käytettiin polttoaineena kun taas kehittyneissä maissa yli 80 % käytettiin teollisiin tarkoituksiin (FAO 1995, White ym. 2007).

Käännö tapahtui, kun tropiikin puuplantaasiviljely alkoi tuottaa paremmin. Vielä 1980-luvulla puuplantaasiviljely oli kokeilua hyvin vaihtelevin tuloksin. Puutteelliset tiedot paikallisista olosuhteista johtivat usein muutoksiin viljellyissä puulajeissa. Pancelin (1993, White ym. 2007) tutkimissa 42 viljelyprojektissa puutteelliset lähtötiedot johtivat viljellyn puulajin muutokseen 60 % tapauksista. 1990-luvulla tehtiin mittava tutkimusponnistus eri ympäristöihin parhaiten soveltuvien puulajien tunnistamiseksi. CABI – kirjallisuustietokannasta tehty haku vuosilta 1987-1997 tunnisti noin 800 artikkelia, jotka käsitelivät parasta lajivalintaa metsitysprojekteissa (White ym. 2007).

Puun laajamittainen viljely kehitysmaissa teolliseen käyttöön käynnistyi 1980-luvun lopulla. Viljeltyjä puita ovat olleet erityisesti eukalyptus ja trooppiset männyt. Kehitystä kuvaa hyvin Brasilian sellun viennin kehitys. Brasilian eukalyptus-sellun viennin arvo oli vuonna 1990 noin miljardi dollaria. Vuoteen 2005 vienti kasvoi 3,5 miljardiin dollariin.

4.3 Väitteitä ja vastaväitteitä puuplantaaseista

1990-luvun lopulla puuplantaasien kannattajat esittivät hyvin toiveikkaita tulevaisuudennäkymiä. Sedjo ja Botkin (1997) esittivät, että teollisen puunkäytön tarpeet voitaisiin tyydyttää jopa vain viidellä prosentilla maailman silloisesta puualasta. Brasilia oli 1990-luvun alun tietojen perusteella erityisen lupaava kohde tällaiseen teho viljelyyn. Siellä vain noin prosentti metsäalasta oli 1990-luvun alussa plantaasiviljelyssä, mutta se vastasi puolesta teollisuuden käyttämän puun tuotannosta (FAO 1995, White ym. 2007).

Puuplantaaseilla esitettiin olevan mm. seuraavia etuja verrattuna luonnonmetsiin ja monia lajeja suosivaan kasvatukseen (White ym. 2007):

- Plantaaseilla puut kasvavat olennaisesti nopeammin kuin luonnon metsissä, kun käytetään perimältään nopeasti kasvavia lajeja. Paitsi verrattuna pohjoisiin puulajeihin myös tropiikissa luontaisesti kasvaviin lajeihin verrattuna kasvunopeus voi olla kymmenkertaista
- Plantaasit voidaan sijoittaa lähelle työvoimaa ja puuta jalostavia tehtaita. Myös maatalouden hylkäämiä alueita on opittu käyttämään.
- Plantaaseilla tuotettu puu on samanlaatuista, mikä alentaa korjuu-, kuljetus ja prosessointikustannuksia.
- Plantaaseilla voidaan estää eroosion etenemistä, parantaa veden laatua, estää tuulten vaikutusta, palauttaa hylättyjä teollisuusalueita käyttöön.
- Plantaasit voivat toimia hiilinieluina kasvihuoneilmiön torjunnassa.

Puuplantaasien vastustajat ovat kiistäneet kaksi viimeksi esitettyä perustetta ja monista muistakin syistä kyseenalaistaneet erityisesti suurimuotoisen plantaasiviljelyn. Ehkä tunnetuin puiden plantaasiviljelyn vastustaja on World Rain Forest Movement –liikkeessä toiminut Ricardo Carrere. Hän

on kiteyttänyt näkemyksensä vuonna 1999 liikkeen plantaasikampanjan paljon lainatuksi taustapaperiksi ”Kymmenen vastausta kymmeneen valheeseen”(Carrere 1999).

Carrerren (1999)⁹ mukaan puuplantaaseista on esitetty seuraavat kymmenen valhetta:

1. Puuplantaasit ovat istutusmetsiä
2. Puuplantaasit parantavat ympäristön tilaa
3. Puuplantaasit poistavat paineita hakata luonnonmetsää
4. Plantaasit parantavat heikentynyttä maata ja saavat sen parempaan käyttöön
5. Plantaasit estävät ilmastonmuutoksen voimistumista
6. Plantaaseja tarvitaan kattamaan kasvava paperinkysyntä
7. Plantaasit ovat paljon tuottavampia kuin luonnonmetsät
8. Plantaasit luovat työpaikkoja
9. Mahdollisia teollisten puuplantaasien ongelmia voidaan lievittää hyvällä hallinnalla
10. Plantaaseja ei voi käsitellä erillisenä

Seuraavassa esitellään vapaamuotoisesti ja tulkiten Carreren perusteluja näkemyksilleen:

1. Puuplantaasit ovat puupeltoja, eivät metsiä

Carrerren mukaan puuplantaaseja ei voi pitää istutusmetsinä vaan parempi käsite on puupelto. Todellisessa trooppisessa tai subtrooppisessa metsässä tulisi Carreren mukaan olla: lukuisia eri ikäisiä puu- ja pensaslajeja suuri määrä muita kasvilajeja, joita kasvaa sekä metsäpohjassa että puiden ja pensaiden oksien ja rungon päällä (köynnöskasvit, päällyskasvit eli epifyytit, loiskasvit jne.)suuri määrä eläimiä, jotka löytävät ruokaa ja suojaa metsästä ja jotka lisääntyvät siellä.

Kasvien ja eläinten monimuotoisuus toimii ekologisena järjestelmänä yhdessä maaperän luontaisten ravinteiden, veden, auringon energian ja ilmaston kanssa. Järjestelmä kokonaisuutena turvaa järjestelmän eri osien kestävyys eli kasvi- ja eläinlajien säilymisen sekä maaperän ravinteiden ja veden riittämisen. Perinteiset trooppisen tai subtrooppisen metsän ihmisyhteisöt ovat myös Carreren mukaan osa luonnonmetsää. Ihmiset asuvat siellä saaden metsästä monia tuotteita, jotka auttavat heitä selviämään hengissä.

Puuplantaasien päätavoite on tuottaa ja kaataa suuret määrät puuta mahdollisimman lyhyessä ajassa. Puuta viljellään kuten mitä tahansa maatalouden rahakasvia. Kaupalliset puuplantaasit tarvitsevat maan muokkausta ja kasvit valitaan nopean kasvun ja muiden teollisuuden tarvitsemien teknisten vaatimusten täyttämiseksi. Kasvit täytyy lannoittaa, ”rikkakasvit” poistaa kasvimyrkyillä ja puut täytyy istuttaa säännöllisille tonteille ja korjata niin nopeasti kuin mahdollista. Veden laatu kärsii käytettyjen maatalouskemikaalien vuoksi. Perinteiset ihmisyhteisöt eivät voi asua puuplantaaseilla. Heiltä yleensä estetään yleensä pääsy koko plantaaseille, koska heitä pidetään uhkana. Enintään heitä voidaan pitää halvan työvoiman lähteenä istutusten aikaan ja jälleen, kun on puunkorjuuaika.

Plantaasi aiheuttaa Carreren mukaan biologisen tasapainon häiriytymisen, mistä seuraa uusien vahinkoeläinten saapuminen. Ne levittäytyvät myös alueella oleville pelloille ja laitumille. Tarvitaan lisää tuholaisien torjuntaa. Carrerelle myös uusi biotekniikka näyttäytyy luonnon moninaisuuden vihollisena. Sen päämääränä ovat hänen mukaansa ”superpuut”, jotka vielä nopeamman kasvun li-

⁹ Lähteenä on käytetty ensi sijassa Tove Selinin suomennosta Carreren paperista.

säksi ovat vastustuskykyisiä kasvimyrkyille, jolloin niiden vaikutukset kaksinkertaistuvat. Seurauksena on suurempi saastuminen maatalouskemikaalien takia ja suurempi veden kulutus.

2. Puuplantaasit heikentävät ympäristön tilaa ja luonnon moninaisuutta

Kun plantaaseja kutsutaan ”istutusmetsiksi” väitetään, että ne parantavat ja suojelevat maaperää, sääntelevät vesikiertoa ja säästävät paikallisia kasveja ja eläimiä. Näin on luonnonmetsissä, mutta ei kaupallisissa puuplantaaseissa. Laajamittaiset puuplantaasit päinvastoin aiheuttavat ympäristölle Carreren mukaan ongelmia.

Ensinnäkin plantaasi yleensä heikentää maaperää johtuen monien seikkojen yhteisvaikutuksesta. Näistä syistä entisiä plantaasimaita on myös hyvin vaikea muuttaa takaisin maatalousmaaksi.:

- Maaperän eroosio etenee. Maa on paljaana kaksi ensimmäistä vuotta uusien puiden istutuksesta ja kaksi vuotta puiden kaadon jälkeen, joten vesi ja tuuli pääsevät kuluttamaan maaperää. Ravinteita menetetään sekä eroosion että suurten hakkuiden vuoksi muutaman vuoden välein.
- Ravinteiden kierron tasapaino häiriintyy, koska puuplantaaseilla on vieraslajeja. Paikallisilla eliöillä, jotka ovat sopeutuneita hajottamaan aineista, on suuria vaikeuksia hajottaa puusta putoavaa orgaanista aineista (lehdet, oksat, hedelmät) eli puusta putoavat ravinteet kiertävät hyvin hitaasti. Viljeltyjen mäntyjen ja eukalyptuksen alla on paljon hajoamatonta kuollutta kasvustoa ja lehvästöä. Maa myös kovettuu, koska käytetään raskaita koneita. Vesi ei näin imeydy vaan lisää eroosiota.
- Carreren mukaan vesivarat yleensä niukentuvat ja veden laatu kärsii niillä alueilla jonne plantaasit perustetaan. Niinkin erilaisissa paikoissa kuin Etelä-Chile, Esprito Santo Brasiliassa, Etelä-Afrikka ja Koillis-Thaimaa veden saanti on vaikeutunut laajamittaisten nopeakasvuisten mänty- ja eukalyptusplantaasien takia. Pääsyy on, että nämä tehokkaasti kasvavat lajit käyttävät hyvin paljon vettä. Tämän raportin erityisesti eukalyptusta käsittelevässä jaksossa 8.3 esitetään varsin vahvaa tieteellistä näyttöä sille, että eukalyptuksen puumassan tuotanto Brasilian Bahian osavaltiossa riippuu lähes suoraviivaisesti sen saaman veden määrästä.
- Entisissä sademetsissä sijaitsevat puuplantaasit ovat olleet erityisen tuhoisia luonnon moninaisuudelle. Plantaasit aiheuttavat tai ylläpitävät metsäkatoa, sillä ennen niiden perustamista olemassa ollut metsä on usein kaadettu tai poltettu. Näin oli Carreren teesien kirjoitushetkellä varsinkin Indonesiassa, missä surutta raivattiin sademetsää erityisesti öljypalmujen viljelyä varten. Brasiliassa plantaaseja on 1990-luvulla perustettu pääasiassa jo aiemmin raivatuihin rannikkosademetsiin. Tällöinkin savannin (cerrado) ekosysteemin rikkaus ja monimuotoisuus on Carreren mukaan menetetty.
- Itse plantaaseilla suurin osa paikallisista kasveista hävitetään, etteivät ne kilpailisi istutettujen puiden kanssa. Vain muutama laji onnistuu kasvamaan plantaasialueella. Nämäkin hävitetään, kun plantaasi hakataan ja istutetaan uudestaan. Tällöin tyypillisesti käytetään kasvimyrkkyjä estämään kilpailu istutettujen taimien kanssa. Tällaisesta glyfosaatin käyttöön perustuvasta uudistamisesta on kuvaus raportin eukalyptusta käsittelevässä jaksossa 8.3. Carreren mukaan maanpinnan kasvien menetys vaikuttaa merkittävästi maaperän hedelmällisyyteen pitkällä tähtäimellä.
- Suurimmalle osalle paikallisia eläinlajeja plantaasi rinnastuu autiomaahan ravinnon hankinnassa eli ne poistuvat plantaasialueilta. Ne muutamat lajit, jotka pystyvät sopeutumaan joko hävitetään, koska niitä pidetään plantaaseille vahingollisina, tai ne menettävät elinympäristönsä kun plantaasin puut kaadetaan myyntiin.

3. Puuplantaasit eivät vähennä luonnonmetsien hävittämistä

Vastoin puuplantaasien puolustajien väitteitä puuplantaasit ovat Carreren mukaan olleet syynä kasvavaan metsäkatoon. Näin oli Indonesiassa Carreren teesien kirjoittamisen aikaan ja vielä 2000-luvun alkuvuosina. Siellä metsää hävitettiin valtavilla metsäpaloilla tai puut kaadettiin ja myytiin plantaasin rahoittamiseksi. Plantaaseilla on Carreren mukaan joskus jopa perusteltu metsäkatoa, sillä suuria hakkuita ei pidetä metsäkatona, kun tilalle on istutettu uudet puut. Joskus plantaasifirmojen on tarvinnut vain ilmoittaa kiinnostuksensa johonkin alueeseen, mikä johtaa spekulatioon ja metsämaiden ostoon. Sen jälkeen ne on hakattu ja myyty plantaasiyhtiöille.

Monissa tapauksissa puuplantaasien perustaminen on johtanut paikallisyhteisön vapaaehtoiseen muuttoon tai pakkosiirtoon. Heidän on siirryttävä uusiin metsiin ja otettava ne käyttöön turvataksaan elantonsa. Näissä tapauksissa plantaasien epäsuorasti aiheuttama metsäkato on suurempi kuin suoraan plantaasin aiheuttama.

Plantaasipuut eivät korvaa arvokkaita trooppisia kovapuita, sillä niillä on kovin erilaiset markkinat. Plantaasin puu tuotetaan pääasiassa sellun keittoon ja muihin heikkolaatuisiin puutuotteisiin, kun taas suurin osa trooppisesta metsästä hakatusta puusta menee korkealaatuisiin puutuotteisiin kuten huonekaluteollisuudelle.

4. Vastoin puuplantaasien puolustajien väitteitä ne istutetaan yleensä hyvälle maaperälle

Laajamittaiset kaupalliset puuplantaasit perustetaan Carreren mukaan harvoin huonolle maaperälle yksikertaisesta syystä: puut eivät kasva siellä hyvin eivätkä siten tuota tarpeeksi. Tosin jotkut epäkaupalliset pienimuotoiset plantaasit on Carreren mukaan istutettu huonolle maalle sen parantamiseksi.

”Huonolla maalla” plantaasien perustajat viittaavat yleisesti luonnonmetsään, josta on hakattu puuta tai jossa harjoitetaan omavaraista maanviljelyä. Tällaista maata myös yleisesti kutsutaan käyttämättömäksi, jotta plantaaseja voitaisiin perustella suurelle yleisölle. Paikallisyhteisöt eivät ymmärrettävästi ole samaa mieltä arviosta ja varsinkaan siitä, että tilalle pitäisi istuttaa eukalyptusta, mäntyä tai muita kaupallisia puulajeja. Ei ole hämmästyttävää, että paikallinen väestö on usein noussut voimakkaaseen vastarintaan tällaisen ”käyttämättömän” maan haltuunottoa vastaan.

5. Plantaasit eivät estä ilmastonmuutosta

Puuplantaasien puolustajat ovat väittäneet, että ne sitovat enemmän hiilidioksidia kuin mitä niiden perustaminen tuottaa sitä. Näin ei ole Carreren mukaan siksi, että monissa tapauksissa puuplantaasit korvaavat luonnonmetsän. Carreren mukaan metsänhakkuista seuraavat hiilidioksidipäästöt ovat suurempia kuin mitä kasvava puuplantaasi voi niellä edes pitkällä tähtäimellä. Vaikka plantaaseja ei perustettaisi luonnonmetsän tilalle, ne perustetaan usein muihin ekosysteemeihin, jotka myös sitovat hiiltä (kuten savannit). Niihin sitoutunut hiili pääsee ilmakehään kun plantaasia perustetaan.

Ylipäätään laskettaessa plantaasien kasvihuonekaasutaseita pitäisi ottaa huomioon puuplantaasien moninaiset ympäristölliset ja yhteiskunnalliset vaikutukset. Carreren mukaan ratkaisun ilmastonmuutokseen pitää tulla vähentämällä fossiilisten polttoaineiden kulutusta ja suojelemalla luonnonmetsiä, ei yrityksistä vallata suuret määrät maata ilman että sen seurauksia on kunnolla eritelty.

6. Paperia käytetään tarpeettomasti

Carrere teki valhelistansa ennen kuin painopaperin kysynnän kasvu alkoi hiipua uuden sähköisen viestinnän vuoksi. Carrere piti paperinkulutusta myönteisenä, jos se liittyi lukutaitoon, kirjallisen tiedon saatavuuteen ja siten parempaan elämänlaatuun. Hän kuitenkin katsoi, että puuplantaaseja ei voida perustella tästä lähtökohdasta seuraavilla perusteilla:

- Suurta osaa tropiikissa tuotetusta sellusta ei käytetä tropiikin maiden asukkaiden tarpeiden tyydyttämiseen Yhdysvallat ja Japani käyttivät vuonna 1990-luvun lopussa 230-330 kg paperia henkeä kohden vuosittain. Sellua vievät maat kuten Chile, Etelä-Afrikka, Brasilia ja Indonesia käyttivät silloin henkeä kohden vuosittain samassa järjestyksessä 42, 38, 28 ja 10 kg.
- Lähes 40 % maailman paperista käytetään pakkauksiin, kun vain 30 % käytetään kirjoitus- tai painopaperiksi, joten lukutaitoargumentti ei ole niin relevantti kuin se aluksi näyttää. Carrere ei mainitse kartonkipakkausten edullisuutta ilmastonmuutoksen kannalta muovipakkausten korvaajana.
- Suuri määrä kirjoitus- ja painopaperista käytetään mainontaan. Yhdysvalloissa 60 % lehtien palstatilasta oli 1990-luvun lopussa mainoksia ja vuosittain tuotettiin 52 000 miljoonaa mainostuotetta mukaan lukien 14 000 miljoonaa postimyyntiluetteloa. Internetin leviämisen myötä paperin lisääntyvälle kulutukselle on selvä luonnonvaroja säästävä vaihtoehto, johon Carrere ei valhelistauksessaan puuttunut.

7. Puuplantaasit eivät ole yhteiskuntataloudellisesti tuottavia

Kaupallinen puuplantaasi tuottaa vuosittain hehtaaria kohden suuren määrän puuta teollisuudelle. Mutta se on Carreren mukaan ainoa asia, mitä se tuottaa. Tästä hyötyy suoraan vain yhtiö, joka omistaa plantaasin.

Carreren mukaan luonnonmetsä tuottaa puuta joka voidaan myydä, mutta se tuottaa monia muitakin tuotteita: polttopuuta, puuta paikalliseen käyttöön, vihanneksia ja muita kasveja, riistaa, hedelmiä, sienä, hunajaa, rehua, kompostimultaa, kasvikuituja, luonnonlääkkeitä, sekä monien muiden tarpeiden palvelua kuten maaperän ja vesistöjen ylläpitoa, biodiversiteetin suojelua ja pienilmaston ylläpitoa.

Kun verrataan kaikkia tuotteita ja palveluita, joita puuplantaasi ja luonnonmetsä tuottavat, on Carreren mukaan selvää, että metsät ovat paljon tuottavampia kuin puuplantaasit. Näin on varsinkin paikallisten ihmisten kannalta. He menettävät suurimman osan resursseista, jotka siihen asti olivat turvanneet heidän elantonsa. Näille yhteisöille puuplantaasien tuottavuus on nolla tai pikemminkin miinusmerkkinen.

8. Puuplantaasit tuottavat vain vähän työpaikkoja

Laajamittaiset plantaasit luovat työpaikkoja pääasiassa istutus- ja puunkorjuuvaiheessa. Kun puut on istutettu, työpaikat vähenevät Carreren mukaan dramaattisesti. Kun puut ovat korjuukypsä, työntekijät palkataan uudestaan, mutta nämäkin työpaikat ovat häviämässä korjuun mekanisoituessa yhä enemmän myös tropiikin maissa.

Harvat syntyvät työpaikat ovat yleensä vähän ammattitaitoa vaativia kausityöpaikkoja, joissa on alhaiset palkat. Niissä on tyypillisesti Carreren mukaan huonot työolosuhteet: huono ruoka, heikot asumisolot ja olemassa olevien työlaainsäädäntöjen noudattamatta jättäminen. Onnettomuudet ja työhön liittyvät sairaudet ovat yleisiä. Määräävä piirre näissä työpaikoissa on se, että plantaasiyhtiöt

hankkivat alihankkijoihseen harmaita yrityksiä, jotka palkkaavat työntekijät istutukseen ja puunkorjuuseen. Koska investointeihin käytetään mahdollisimman vähän rahaa, nämä harmaat yritykset joutuvat kilpailemaan kovasti. Kilpailut voittaa yhtiö, jonka työvoimakustannukset ovat alhaisimmat, mikä selittää plantaasityöntekijöiden alhaiset palkat ja työolot. Vain siellä, missä puun korjuu hoidetaan kalliilla ja moderneilla metsäkoneilla, nämä tehtävät ovat plantaasiyhtiön käsissä, jolloin yhtiö joutuu tarjoamaan paremmat työolot.

Monissa maissa puuplantaasit aiheuttavat sen, että sen entiset asukkaat menettävät maansa ja toimeentulonsa. Yleensä puuplantaasit perustetaan maille, joilla on ollut omavaraisviljelyä, jolloin tuloksena on työpaikkojen nettohäviäminen. Lisäksi kun plantaasit hävittävät luonnonmetsää, sen asukkailta viedään ammatti ja tulonhankintakeinot, joita luonnonmetsä ennen tarjosi. Lähes kaikissa tapauksissa puuplantaasit johtavat paikallisten yhteisöjen karkottamiseen tyypillisesti suurten kaupunkien reunamilla oleviin slummeihin.

Eri puolilla maailmaa on ollut nähtävillä, että puuplantaasit luovat paljon vähemmän työpaikkoja kuin maatalous tai edes laajamittainen karjankasvatus. Mitä tehdastyöhön tulee, puuplantaasit eivät aina johda paikallisen teollisuuden luomiseen, sillä usein tuotetaan käsittelemätöntä tukkipuuta, joka viedään ulkomaille. Sellu- ja paperitehtaissa näiden tehtaiden korkea automaation aste merkitsee, että vain harvoja työpaikkoja syntyy.

9. Kyse puuplantaasien ongelmassa ei ole huonosta liikkeenjohdosta.

Puuplantaasien puolustajat esittävät usein, että plantaasien ongelmat johtuvat huonosta liikkeenhoidosta. Ratkaisu ongelmiin on heidän mielestään tekninen: hyvän liikkeenhoidon keinot pitää ottaa käyttöön.

Carrereren mukaan tämä ei ole tekninen asia, vaan pikemminkin poliittinen kysymys: kysymys valasta, voittajista ja häviäjistä. Maailman valtakeskuksissa tehdään päätökset päämääränä tuottaa maailmanmarkkinoille puutuotteita. Paikallisilla tarpeilla ja toiveilla ei yksinkertaisesti ole sijaa siinä. Tätä tosiasiaa ei voi muuttaa ”hyvällä liikkeenjohdolla”.

Carrereren mukaan plantaasiyhtiöiden omistajien kannalta hyvä liikkeenjohto tarkoittaa maiden hallitusten taivuttamista tukemaan hankkeita. Niiden tulee sallia yhtiön investoinnit halutuille alueille ja ne pitää saada myöntämään etuja kuten suoria tai epäsuoria tukiaisia. Tarvittaessa maiden hallitusten tulee olla valmiit karkottamaan paikallinen väestö tai niiden tulee käyttää voimaa paikallisyhteisöjä vastaan. Hyvän liikkeenjohdon päätyökaluja ovat erilaisten painostus- ja sortokeinojen kehittäminen, joilla ratkaistaan yhteiskunnallisia konflikteja.

Carrereren mukaan on vain muutama tekninen keino, joilla liikkeenjohto voi liiketaloudellisesti kannattavasti välttää tai lievittää ympäristövaikutuksia. Voidaan käyttää vähemmän maatalouskemikaaleja, maanmuokkausta voidaan tehdä mukautetulla aurauksella ja maan kulumista voidaan välttää puunkorjuun aikana. Ongelmana on Carrereren mukaan lopultakin tuotantomalli, ei tapa liiketaloudellisesti toteuttaa sitä.

10. Ei ole löydettävissä tapaa yhdistää suojelumetsiä ja puuplantaaseja

Puuplantaasien puolustajat ovat väittäneet, että metsä voi olla yhdistelmä suojeltua luonnonmetsää, suojelumetsää ja tuotantometsää. Carrere ei suostu tällaiseen tulkintaan. Hän rinnastaa sen väitteeseen, että luonnon eläimet ja maitokarja ovat osa jatkuvaa järjestelmää. Hän näkee tulkinnassa verukkeen tietyn luonnonalueen tuhoamiselle sillä perusteella, että toisella alueella metsää suojellaan.

Tehokkaasti maaperää, kasveja ja elämiä suojelevista metsistä tulee peruste laajamittaisten yksilajisten puuplantaasien perustamiselle. Carreren mielestä näin ei voida perustella sitä, että suojelemetsien ulkopuolella tuhotaan luonnonvaroja ja paikallisten ihmisten oikeuksia ja elinkeinoja.

Professori Pertti Harstela kommentoi seuraavassa Carreren esittämiä näkemyksiä puuplantaaseista.

Miksi ja miten eukalyptusplantaaseja perustetaan?

Professori Pertti Harstela

Eukalyptus-plantaasit ovat kohdanneet paljon kritiikkiä kuten edellä esitetty Carreren kritiikki. Silti niiden määrä lisääntyy koko ajan. On syytä tarkastella niitä syitä, jotka tekevät eukalyptuksesta niin suosittua. Tärkein syy on tietysti suuri vuosituotos, mikä Brasiliassa on keskimäärin 30 – 40 m³/ha/v, eräiden raporttien mukaan jo yli 40 m³/ha/v Alkuperien valinnalla, kloonuamalla, hybridien tuottamisella ja muulla jalostustoiminnalla sitä uskotaan vielä voitavan huomattavasti lisätä. Koeoloissa on päästy jopa lähes 100 m³/ha tuotokseen. (www.fao.org/docrep/004/AC121E/ac121e04.htm)

Nykyisien plantaasien ja niiden varaan perustetun teollisuuden tuotoista on raportoitu 15 ... 35 % sisäisiä korkoja (The global...2003, Cunha 2008). Näin ollen halukkaita investoijia varmasti riittää ilman suomalaisiakin yhtiöitä, jos paikalliset olot, maariski ja kyseisten maiden politiikka antavat siihen mahdollisuuden.

Yksi eukalyptuksen piirre on sen suuri geneettinen vaihtelu lajien ja niiden maantieteellisten alkuperien eli proveniensien välillä. Sopiva laji ja provenienssi löytyy mitä erilaisimpiin ilmasto ja maaperäoloihin. Lisäksi eukalyptus on kiittollinen jalostuskohde.

Kritiikin kärki on suuntautunut sademetsien hävittämiseen, paikallisen väestön elinmahdollisuuksien kaventamiseen ja eukalyptuksen veden käyttöön ja maaperän happamoittamiseen ja köyhdyttämiseen. Kohteet joista on syntynyt voimakasta kritiikkiä onkin perustettu sademetsäalueella tai väkirikaille ja paikallisen väestön käyttämille maa-alueille, jolloin on syntynyt ristiriitatilanne joko luonnonmetsien säilyttämisen ja ennallistamisen tai paikallisen väestön tarpeiden kanssa. Eukalyptus-plantaasit haluttaisiin luonnollisesti perustaa kasvuoloiltaan mahdollisimman hyvälle paikalle lähelle sellutehdasta, jolla taas paras paikka on lähellä satamaa. Toisaalta ne tuottavat tyydyttävästi myös monilla joutomailla ja maanviljelyksen ja ruuan tuotannon kannalta marginaalisilla alueilla, joten maankäyttöä säätelemällä voitaisiin ristiriitoja pitkälti välttää.

Onkin olemassa esimerkkejä menestyksellisistä plantaaseista, jotka on perustettu degeneroituneille alueille, joissa ei ole ollut merkittävää paikallista käyttöä ja joista paikallinen väestökin on kokenut hyötyvänsä (www.klabin.com, Tyynelä 2002). Esimerkiksi Klabin yhtiön plantaasit Brasiliassa Paranán osavaltiossa on istutettu pääosin sisämaan alueille verraten kauaksi rannikon sademetsistä. Istutukset on tehty mosaiikkimaisesti siten, että eukalyptus ja mäntyistutusten väliin on tehty paikallisten puulajien istutuksia, rehabilitoituja luonnonmetsiä ja laidunalueita. Noin puolet pinta-alasta on viimeksi mainittuja. Istutukset ovat saaneet FSC-sertifikaatin ekologisen, sosiaalisen ja taloudellisen kestävyuden perusteella.

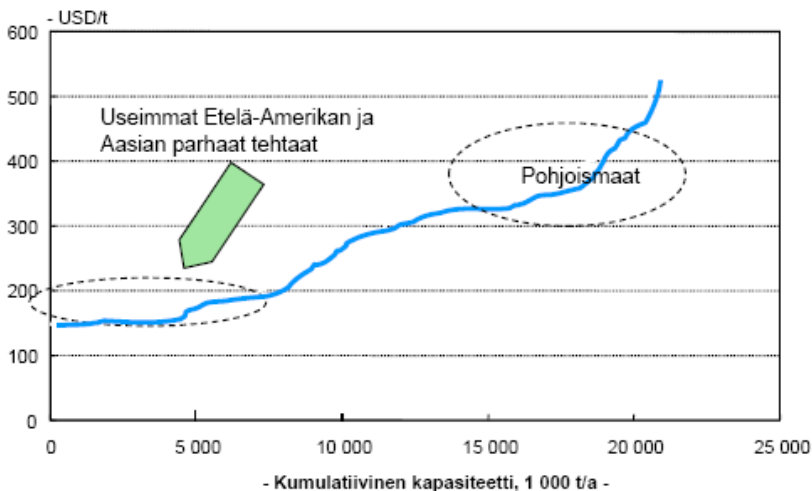
Maaseudun tulonmuodostusta edistämään on perustettu paikallisten maanviljelijöiden insentiivi- järjestelmä, jossa maapalstojen jouto- ja marginaalimailla kasvatetaan puita. Tehtaiden puuhuolto on suunniteltu niin, että tulevaisuudessa n. 20 % puusta kasvattavat pienviljelijät. Yritys tukee paikallisyhteisöjä moni tavoin sosiaalisesti. Yritys tuottaa sekä paperi- että puutuotteita ja sahapuuta ja se on edistänyt merkittävästi myös metsien muiden tuotteiden kuin puun käyttöä. Klabin on rekrytoinut vakituiseen metsätyöntekijäkunnan, joiden sosiaalisesta asemasta huolehditaan terveydenhoitoa ja äitiysneuvoloita myöten. Työ ei ole kausiluontoista tai tilapäistä, vaan eri-ikäiset lohkot tulevat korjuu- ja uudistamisvaiheeseen vuoronperään ja työ on jatkuva.

4.4 Ketä puuplantaasit hyödyttävät ja ketä haittaavat?

Miten väitteisiin ja vastaväitteisiin puuplantaaseiden hyödyistä ja haitoista tulisi suhtautua? Yksi asia on ilmeinen. Puuplantaaseihin liittyy erittäin vahvoja eri toimijatahojen eturistiriitoja. Yksi selkeä hyötyjätaho eukalyptuksen plantaasiviljelystä ovat olleet monikansalliset metsäyhtiöt. Eukalyptussellun tuotantokustannukset ovat nyt globaalisti selkeästi alhaisemmat kuin koivusellun, jota se on korvaamassa. Tästä varsin selvä todistus on seuraava arvio lyhytkuituisen sellun valmistuksen kustannuksista troppiinkin alueella ja Pohjoismaissa.

Kuva 4.2.

Lehtisellun valmistuskustannukset



Lähde: Rainer Häggblom, Jaakko Pöyry, 28.4.2006

Valmistuskustannusten perusteella puuplantaaseja omistavilla yrityksillä on varaa maksaa huomattavasti enemmän eukalyptuspeltojen ympäristöllisten ja yhteiskunnallisten haittojen korvaamisesta.

Metsäyhtiöiden ohella toinen epämääräisemmin määriteltävissä oleva taho, joka on hyötynyt puuviljelmistä, ovat olleet jotkut puuviljelmien sijaintimaissa toimivat kansalliset eliitit. Jotkut eliittiryhmät ovat voineet hyötyä puuviljelmistä suoraan sijoituksillaan viljelyhankkeisiin ja monet ryh-

mät epäsuorasti. Brasilian ja Uruguayn perinteinen harvaan asuttujen alueiden valtaeliitti ovat olleet karjankasvattajat. He ovat ilmeisesti kokeneet puuplantaasit pikemminkin uhkana kuin hyötymisen mahdollisuutena. On vaikea arvioida, millä tavoin plantaasiyhtiöt ovat vaikuttaneet suoraan keskushallituksen ja paikallishallintojen johtaviin edustajiin. Suoraa vaikuttamista on ollut ainakin vaalivastustusten muodossa.

Selkeästi häviävä osapuoli puuplantaaseista on myös nimettävissä. Häviäviä ovat ilmeisesti olleet plantaasialueiden luonnontuotteiden varassa eläneet epävirallista maa- ja metsätaloutta harjoittaneet pienviljelijät. On kuitenkin hyviä perusteita väittää, että yleisemminkin plantaasien lähellä eläneet ovat kärsineet niistä. Tosin puuplantaasiyritykset ovat Brasiliassa jossain määrin kompensoineet tappioita alkuperäismetsän suojeluohjelmillaan, ympäristöohjelmillaan sekä kulttuuri- ja koulutusohjelmillaan (ks. tämän jakson loppu).

Eukalyptuksen viljelyn ekologisesta kestävyyydestä ja sen sivuvaikutuksista paikalliselle viljelijä- ja muulle väestölle on täysi syy olla huolissaan. Kuten jaksossa 8.3. lainatut Brasilian Bahian osavaltiossa tehtyjä laajoja viljelykokeita tarkastelevat tieteelliset artikkelit osoittavat, eukalyptuksen puumassan tuotto perustuu lähes suoraviivaisesti viljeltyjen puiden saaman veden määrään ja eukalyptuksen plantaasiviljelyllä näyttäisi olevan selkeä maaperää happamoittava vaikutus. Tämä on perusteellisissa viljelykokeissa otettu käytännössä huomioon niin, että uusintaviljelmille on levitetty kalsiumia eri muodoissa.

Ainakin tutkimusten kohteena olleilla Bahian plantaaseilla muu kasvillisuus hävitettiin viljelyalueelta ennen taimien istutusta kasvimyrkky glyfosaatilla. Glyfosaatti tuhoaa kasvien ohella myös mikrobeja. Tämän lisäksi alueita torjuttiin vuosittain lehtien leikkaajamuurahaisilta torjunta-aineella. Tällaisella alueella eivät kyllä varmasti hunajaa tuottavat mehiläiset viihdy ja ilmeisesti myös putoavia lehtiä humukseksi muuttavilla mikrobeilla on suuria vaikeuksia selvitä eukalyptusmetsissä.

FAO:ssa joulukuussa 2003 kerätyn puiden geneettistä muuntelua koskevan aineiston (Chaix ym. 2004) perusteella näyttää siltä, että geenitekniikan lähin sovellus eukalyptuksen viljelyyn on Monsanto johdolla kehitettävä glyfosaatin kestävyys. Tutkimustulokset viittaavat siihen, että vaikka itse glyfosaatti näyttäisi olevan turvallinen ihmiselle, sen sitomiseen kasvien lehtiin käytetty aine olisi terveydelle vaarallinen (ks. jakso 6.7).

Ekologiselta kannalta ja paikallisen väestön kannalta eukalyptuksen plantaasiviljelyyn näyttäisi siis liittyvän varsin ongelmallisia piirteitä. Puuplantaasien menestystä tuskin voi kuitenkaan selittää pelkästään kapeiden eliittien hyötymisellä. Myös Brasilian ja Uruguayn kansantalouksien on pitänyt hyötyä puuplantaaseista. Varmasti sekä valtakunnallisten että paikallisten viranomaisten ja poliitikkojen myötämielelle ovat selityksenä olleet myös odotukset verotuloista, työpaikoista ja viennin lisäyksestä.

Vastuullisesti toteutettuna eukalyptuksen viljely voi olla tapa torjua ilmastonmuutosta. Erityisesti tämä koskee kuitenkin toista trooppisten puuviljelmien päätuotetta eli trooppista mäntyä. Tähän liittyy oheinen professori Pertti Harstelan tekemä arvio.

Sahapuun kasvatusta on tehokasta ilmastomuutoksen torjuntaa

Professori Pertti Harstela

Suomen kannalta ja globaalistikin hyvin tärkeä biotuotanto on sahapuun tuottaminen metsissä. Sademetsien puu menee suurimmalta osin sahapuuksi ja sahapuuta voidaan tuottaa niin havumetsätaigalla kuin trooppisten alueiden plantaaseilla. Sahapuun kysyntä kasvaa voimakkaasti kehittyvissä maissa erityisesti Kiinassa, mutta myös Euroopassa on suuri kysynnän lisäyksen potentiaali, jos puurakentamista edistetään.

Puurakentaminen on erittäin edullista ilmastomuutoksen torjuntaa, koska se on uusiutuva raaka-aine ja puurakenteisiin sitoutuu hiiltä nettomääräisenä. Määrällisesti suoraa hiilensidontaa suurempia ovat niin sanotut substitutiivaikutukset. Puu korvaa energiain-tensiivisempiä materiaaleja kuten metalleja, kiveä ja muovia ja poistuvia puurakenteita poltettaessa energiaksi se korvaa fossiilisia polttoaineita. Suomessa on sahatavaran substitutiokertoimeksi laskettu 2,0, kun kerroin energiapuun poltossa on vain 0,9. (Valsta ym. 2006).

Trooppisten havupuumetsien alaksi on arvioitu 25 milj. ha. Brasilian mäntyistutuksia on noin 1,8 milj. hehtaaria. Vaikka monet istutusmetsien puulajit - mukaan lukien trooppiset männyt – eivät puuaineen ominaisuuksiltaan vastaa sademetsien puuta, korvaavat ne jo nyt jossain määrin sitä rakentamisessa ja huonekaluteollisuudessa. Puun manipulointia ja värjäystä edelleen kehittämällä voidaan sademetsien puun korvaamista edistää. Sahapuun tuotanto sopii myös pienimuotoisen maanviljelyksen yhteyteen joko omavaraiseen rakennuspuun tuotantoon tai ruokkimaan paikallisia sahoja. Männyin tuotanto etelässä tuskin kovin paljon uhkaa suomalaista sahateollisuutta puun huonomman laadun ja paikallismarkkinoille orientoitumisen vuoksi. Tosin havupuuvanerimarkkinoihin trooppisella männyllä on ollut selvä vaikutus. Trooppisia mäntyjä käytetään myös selluloosan valmistukseen, millä voi olla vaikutusta suomalaisen sellu- ja paperiteollisuuden kilpailuasetelmaan.

Suomen metsäklusterin selviämisstrategioissa sahapuun tuottamisella ja mekaanisella metsäteollisuudella voisi olla keskeinen rooli. Päämarkkina-alueella Keski- ja Itä-Euroopassa rakennuspuutavaran kulutus ennen taantumaa oli vain noin 0,2 m³/capita/v, kun se Suomessa oli yli 1,0, Ruotsissa 0,8 ja USA:ssakin 0,4. Jos puunkäyttö Keski-Euroopassa nousisi 0,1 m³/capita/v, niin se vastaisi koko Suomen sahatavaran tuotantoa. Puun etuna on paitsi ilmastomuutoksen torjunta myös edullinen hinta. Hintaetu paraneee uusiutumattomien materiaalien ja energian hinnan noustessa. Suomessakin on potentiaalia puunkäytön lisäämiseen kerrostalorakentamisessa, missä ollaan selvästi jäljessä muun muassa Ruotsista. Syynä lienevät tarpeettoman tiukat rakennusmääräykset, koulutuksen puute ja betonirakentamisen perinne.

Missä määrin suomalainen puuteollisuus pääsee osalliseksi mahdollisesta puunkäytön lisäyksestä, riippuu hintakilpailukyvyistä, uusien tuotteiden ja rakennusjärjestelmien kehittämistä ja markkinaosaamisesta. Puuta Euroopan metsissä on runsaasti, joten hintakilpailukyvyllä on tärkeä merkitys (Kuusela 1994, Metsätalastollinen vuosikirja 2008).

Brasilian puuplantaasiviljelijöillä on yhdistys ABRAF, Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. Yhdistys julkaisee tilastollista vuosikirjaa plantaasiviljelystä. Vuosikirja vai-

kuttaa ainakin siinä mielessä luotettavalta, että menetelmäliitteessä on varsin yksityiskohtaisesti kuvattu kirjassa esitettyjen lukujen laskentatavat. Vuonna 2007 eukalyptus- ja mäntyviljelmien pinta-ala oli 5,560,000 ha eli noin 0,65 % Brasilian koko pinta-alasta. Tästä alasta vajaa kolmannes (32,5 %) oli mäntyä. Kasvua pinta-alassa oli 3,4 % vuoteen 2006 verrattuna. (ABRAF 2008). Vuodesta 2005 vuoteen 2007 eukalyptuksen viljelyala kasvoi 10,1 % ja männyn 1,4 %.

Viljelyn männyn ja eukalyptuksen vuotuinen hehtaarituohto on merkittävästi parantunut viime vuosina. Männyn osalta muutosta puun vuotuisessa tuotossa voi pitää lähes dramaattisena. Vuodesta 2005 vuoteen 2007 tuotto hehtaarilta kasvoi suurimpia tuottajia edustavan ABRAF –järjestön istutusmetsissä 30,7 m³/vuosi 38,3 kuutioon vuodessa eli peräti 25 %. Eukalyptuksen osalta keskituoton paraneminen ei ole ollut yhtä suurta, mutta oli samana periodina kuitenkin 36,7 m³/vuosi 40,5 kuutioon vuodessa eli 10,4 %.

Brasilian kaikista verotuloista vuonna 2007 plantaasisektori tuotti ABRAF -lähteen mukaan 0,92 %. Osuus viennin arvosta oli sen sijaan niinkin korkea kuin 3,8 %. Arviot luoduista työpaikoista vaihtelivat suuresti laskentatavasta riippuen. Plantaasimetsätalouden sekä paperin ja sellunvalmistuksen suoraan tarjoamiksi työpaikoiksi laskettiin 360 000, mikä oli vain 0,36 % Brasilian työvoimasta. Kun mukaan laskettiin kaikki yritysten hankintojen, ulkomaan viennin ja tulojen lisääntymisen kautta epäsuorasti syntyvät työpaikat, ABRAF – lähde päättyy jopa 2,78 miljoonaan työpaikkaan eli 2,7 % Brasilian työvoimasta. Vertailun vuoksi huonekalujen valmistuksen tapauksessa suorien työpaikkojen osuus oli 0,21 % Brasilian työvoimasta ja epäsuorat vaikutukset mukaan laskien vain 0,57 %. Työllistävyysluvut nousevat vielä korkeammiksi, jos niitä verrataan virallisten tilastojen työllistyneen työvoiman määrään. Brasilian virallinen työttömyysaste vuonna 2007 oli 8 %.

Eukalyptuksen ja trooppisen männyn käyttötavat erosivat huomattavasti toisistaan Brasiliassa vuonna 2007. Eukalyptuksesta käytettiin noin 38 % sellun ja 36 % metallien käsittelyyn sopivan puuhiilen valmistukseen. Käyttö sahatararaksi tai vaneriksi oli vain noin 3 %. Arvonlisän kannalta hyvin tärkeä käyttö oli muu käyttö mm. erilaisiin paneeleihin, oviin ja huonekaluihin. Nämä käytöt edustivat puutavaran käytöstä noin 23 %. Männyn ylivoimaisesti tärkein käyttö oli sahatarava 51 % osuudella. Vaneriksi mäntyä käytettiin 11 %. Sellukäyttö oli vain 14 %. Puuhiileksi mäntyä ei tehty lainkaan. Muut käytöt olivat loput 24 %.

Istutusmetsien tuotteiden osuus Brasilian BKT:sta oli vuonna 2007 noin 5 %. Myös viennistä puutuotteiden osuus oli samaa suuruusluokkaa. Brasilian puutuotteiden viennissä 2007 sellun osuus oli arvoltaan noin puolet ja paperin noin kolmannes. Epäsuorasti puuhiilen käyttö metalliteollisuuden tuotteiden valmistukseen lisää ehkä istutusmetsien osuutta Brasilian viennissä muutamalla prosenttiyksiköllä.

Brasilian eukalyptus-sellun viennin arvo oli vuonna 1990 noin miljardi dollaria. Vuoteen 2005 viennin arvo kasvoi 3,5 miljardiin dollariin Suomeen tuotiin vuonna 2007 noin 150 miljoonan euron arvoisesti brasilialaista eukalyptussellua, mikä 24 % osuudella Suomen tuonnista oli selvästi tärkein Suomen tuontituote Brasiliasta. Suunnilleen samaa osuutta tuonnissa edustivat yhteensä muut biotuotteet (mm. kahvi, liha, soija ja hedelmät). Suomeen tuonti oli noin 5 % Brasilian eukalyptussellun viennistä.

Engelmana ABRAF:n luvuissa on ilmeisesti ainakin se, että ne eivät ota huomioon laajan epävirallisen sektorin työllistävää ja toimeentuloa tarjoavaa vaikutusta. Sen sijaan vuosikirja kuvaa varsin yksityiskohtaisesti ABRAF-yritysten yleishyödyllistä toimintaa. Tämän jatkuvasti lisääntyvän toiminnan voi tulkita etenemiseksi suunnassa jonka Carrere (1999) nimesi kymmenenneksi valheeksi. Vuosikirjan mukaan ABRAF -yhtiöt olivat vuonna 2007 sopimuksin viranomaisten kanssa suojel-

leet 1,42 milj. ha arvokkaita luontoympäristöjä. Tämä oli 25,5 % puuplantaasien pinta-alasta. Yritykset olivat panostaneet lisäksi erilaisiin ympäristöohjelmiin vuonna 2007 noin 10 milj. € (31 milj. BRL). Vuosikirja laski ohjelmista hyötyvien määräksi 210 000 henkeä. Lisäksi yritykset sijoittivat koulutusta ja kulttuuria edistäviin ohjelmiin 7 milj. € (21 milj. BRL). Näistä ohjelmista hyötyvien määräksi laskettiin jopa 1,14 miljoonaa henkeä. Puuplantaasisektorin vaikutuksia viiteen tämän raportin keskeiseen arviointikriteeriin on vedetty yhteen seuraavassa taulussa

Puuplantaaseista hyötymisen kokonaisarvio on esitetty raportin jaksossa 8.3., missä jatketaan eukalyptusplantaasien tarkastelua erityisesti ilmastonmuutoksen näkökulmasta.

III PERINTEINEN JA UUTEEN BIOTEKNIikkaAN PERUSTUVA KASVINJALOSTUS

5 Kasvinjalostus perinteisin menetelmin¹

5.1 Kasvien perinteinen tyypittely ja kasvinjalostuksen perinteinen päämenetelmä

Kasvien menestymisen edellytykset voidaan ryhmitellä kahteen päätyyppiin: ympäristöön ja perimään. Näiden yhteisvaikutusta on kasvin ilmiasu eli fenotyyppi eli millaiseksi kasvi ulkoisilta ominaisuuksiltaan kehittyy. Olennaisia ympäristötekijöitä ovat mm. ilmasto, maaperä, kasvuston tiheys ja millaisia hoitotoimia kuten kastelua ja lannoitusta kasviin kohdistetaan. Perimän vaikutus on perinteisesti jaettu seuraaviin osatekijöihin käyttäen puita esimerkkeinä (vrt. White ym. 2007):

- Päälaji (*genus*) kuten mänty (*Pinus*), eukalyptus (*Eucalyptus*), poppeli (*Populus*) ja kuusi (*Picea*)
- Laji kuten Suomen valtamäntylaji *Pinus sylvestris*, Yhdysvaltojen eteläosien yleisin mäntylaji *Pinus taeda*, Etelä-Amerikassa laajasti viljelty mäntylaji *Pinus elliottii* tai eukalyptusviljelmien päälaji *Eucalyptus grandis*
- Lajike eri kasvupaikoilla (engl. provenance) eli lajikkeen geneettinen vaihtelu kasvupaikan perusteella
- Kasvikohtaiset geneettiset erot samanlaisilla kasvupaikoilla

Perinnöllisten erojen neljästä tyypistä lajien välinen geneettinen ero on selkeimmin todettavissa. Pääsääntö on, että samaan lajiin kuuluvat sellaiset kasvit tai eläimet jotka voivat hedelmöittää toisensa ja tuottaa lisääntymiskykyisiä jälkeläisiä. Kasvien tapauksessa lajirajat ovat kuitenkin usein varsin helposti ylittettäviä samaan päälajiin kuuluvien kesken. Kahden tai useamman lajin risteytyksiä kutsutaan *hybrideiksi*. Kasvien tapauksessa hybridit ovat usein lisääntymiskykyisiä toisin kuin eläinten hybridit kuten hevosen ja aasin risteytyksenä syntyvä muuli.

Kasvinjalostajat ovat jo varsin kauan tunteneet tapoja tuottaa risteyttämällä systemaattisesti eri kasvilajien välisiä hybridejä ja näin parantaa viljeltävien kasvien ominaisuuksia. Jo ennen kuin uudesta biotekniikasta tiedettiin mitään, viljelijät valitsivat myös lisättäviksi luonnossa satunnaisesti muodostuneita *polyploidisia* eli kromosomistoltaan moninkertaistuneita kasviyksilöitä.

Perimän ja ympäristön osuutta kasvien menestykseen on perinteisesti selvitetty ilmiasuun perustuvalla menetelyllä, jota englanniksi kutsutaan nimellä ”common garden test”. Käytännössä testi voi tarkoittaa esimerkiksi seuraavaa (White ym. 2007). Oletetaan, että tutkittavana on puun pituuskasvu. Olkoon lähtökohtana metsä, jossa ympäristöltään samanlaisissa olosuhteissa kasvaa 1000 samaan aikaan istutettua puuta. Kerätään siemeniä viidestä pisimmästä ja viidestä lyhimmästä puusta ja istutetaan niitä kasvamaan erilaisiin kasvuympäristöihin. Vertaillaan keskimääräistä kasvutulosta molempiin ryhmiin kuuluvien kesken. Keskiarvojen eron voidaan tulkita johtuvan perinnöllisistä eroista.

Hyviä perinnöllisiä ominaisuuksia on tavoiteltu perinteisesti kasvatuskokeilla. Niiden lähtökohtana 1900-luvulla oli tyypillisesti ”mendeliläinen” tulkinta kasvien perimästä. Gregor Mendeliä pidetään nykyaikaisen perinnöllisyystieteen perustajana hänen herneillä tekemiensä risteytyskokeiden perusteella. Mendelin tärkeä oivallus oli dominoivien ja resessiivisten geenien erottaminen. Nyky-

¹ Luku on pääosin Osmo Kuusen kirjoittama ja hän vastaa sen sisällöstä. Dosentti Jussi Tammissola on kuitenkin merkittävällä tavalla tekstein ja kommentein auttanut sen teossa.

tiedon² perusteella herne on *diploidinen* eli yhden kromosomin molemmilta vanhemmiltaan saanut kasvi. Herneen kukan väriä määrävää proteiinia määrää kaksi samassa paikassa vastinkromosomeissa olevaa geeniä. Niitä kutsutaan *alleeleiksi*. Mikäli alleelit ovat samat, kasvia kutsutaan *homotsygoottiseksi*. Erilaiset alleelit omaavia kutsutaan *heterotsygoottisiksi*.

Dominoivaa alleelia on tapana merkitä suurella kirjaimella esimerkiksi P:llä ja vastaavaa väistyvää eli resessiivistä alleelia pienellä kirjaimella p. Herneen kukan värin tapauksessa P tuottaa purppuravärin kun taas resessiivinen geeni ei tuota väriä lainkaan eli johtaa valkoiseen kukkaan. Käytännössä tässä tapauksessa vain P tuottaa väriä aikaansaavaa proteiinia. Yleisesti ottaen ollakseen dominoiva alleelin DNA:n tulee selkeästi johtaa ominaisuutta määrittelevän proteiinin valmistusta. Lisäksi proteiinia tulee valmistua riittävän paljon, jotta ominaisuus ilmenisi.

Miksi perinteinen jalostus vaatii pitkiä ja monivaiheisia kasvatuskokeita? Monivaiheisten jalostuskokeiden tarvetta voi havainnollistaa Mendelin havaitsemien piirteiden kaltaisten piirteiden jalostamisella. Todellisuus on kuitenkin kasvinjalostuksessa vielä olennaisesti vaativampi kuin seuraavassa havainnollistuksessa kahdesta syystä. Ensinnäkin kasvien kromosomit voivat olla monistuneita, eli kahden kromosomin asemasta polyploidisella viljelykasvilla voi olla 3-16 rinnakkaista kromosomia (ks. jakso 6.2.). Toiseksi geenit uusimman tiedon perusteella vaikuttavat olennaisesti toistensa ilmenemiseen eli *ekspressoitumiseen* (ks. jakso 6.5.)

Oletetaan seuraavassa kuitenkin yksinkertaisuuden vuoksi, että a) kasvin laatua arvioidaan neljällä ominaisuudella, b) ko. kasvilajilla niitä säätelee vain yksi geeni kutakin, c) kunkin ao. geenin alleleista jokin on ilmentymiseltään vallitseva (dominoiva) ja muut sen suhteen väistyviä (resessiivisiä), ja d) jokainen noista geeneistä sijaitsee eri kromosomissa, jolloin kaikkia geeniyhdistelmiä pääsee syntymään risteytyksessä helpoimmin.

Kuvatkoon oheinen taulu esimerkiksi kylmänkestävämmäksi jalostettavan diploidisen perunalajikkeen ja sen kanssa risteytymiskelpoisen pakkaskestävämmän villiperunan olennaisia geneettisiä piirteitä.³ Merkitään näiden ominaisuuksien geenejä kirjaimilla *A*, *B*, *C* ja *P* (pakkasensiedon geeni); isolla kirjaimella merkitään vallitsevaa alleelia, pienellä taas väistyvää; ja alleeli on sitä epäsuotavampi jalostajan kannalta mitä suurempi on sen alaindeksi eli esimerkiksi alleeli *b* on toivotuin ja *b*₂ kaikkein epäsuotavin *b*-geenin alleeleista.

² Solubiologian peruskäsitteitä on käsitelty lyhyesti jaksossa 6.1.

³ Tässä vertailuesimerkissä joudutaan rajoittumaan risteytyvästä perunalajista löytyvään kylmänkestävyyttä parantavaan geenimuotoon. Paljon tehokkaampia kylmänkestävyysgeenejä löytyy muualta, esimerkiksi Etelämanteren heinälajin perimästä (John ym. 2009), mutta niitä voidaan siirtää perunaan ainoastaan geenimuuntelun avulla, ei perinteisesti risteyttämällä.

Taulu 5.1. ”Mendeliläisen” jalostuskokeen havainnollistus⁴

Ominaisuus	Diploidisen perunalajikkeen genotyyppi	Pakkasenkestävän villiperunan genotyyppi	Risteytyksellä satunnaisesti muodostuvat alleelikombinaatiot, tummennettuina alkuperäiseen nähden yhtä hyvät tai parantuneet (ilmiasun perusteella arvioituna)
Omin. A	<i>A a1</i>	<i>a1 a2</i>	<i>A a1 A a2 a1 a1 a1 a2</i>
Omin. B	<i>b b</i>	<i>B1 B1</i>	<i>b B1</i>
Omin. C	<i>c c1</i>	<i>c1 c2</i>	<i>c c1 c c2 c1 c1 c1 c2</i>
Pakkaskestävyys	<i>P1 P1</i>	<i>p p</i>	<i>P1 p</i>

Havainnollistuksen tapauksessa ensimmäinen risteytys ei johda pakkaskestävyydessä haluttuun tulokseen eli *p p*. Lisäksi hyvä genotyyppi (*b b*) on menetetty ominaisuudessa B. Ominaisuudessa A vain puolet ja ominaisuudessa C neljäsosa risteytysjälkeläisistä eli tummennetut genotyypit ovat fenotyypiltään alkuperäistä tasoa. Jos toiselle risteytyskierrokselle valitaan DNA-tutkimuksia käyttäen keskenään risteytettäviksi parhaat yksilöt, molemmat genotyypiltään *A a1 b B1 c c1 P1 p*, syntyi todennäköisyydellä $0,75 \times 0,25 \times 0,75 \times 0,25 = 0,035$ kasvi, joka on kaikkien neljän ko. ominaisuuden osalta alkuperäisen taulun parasta tasoa. Eli toisen risteytyskierroksen kasveista keskimäärin 3-4 sadasta olisi jalostustavoitteen mukaisia.

Esimerkissä on lähdetty siitä, että jalostaja seuraa nykyisen ammattitaitoisen kasvinjalostajan tavoin DNA-koettimilla, millaisia ominaisuuksia kasviin on siirtynyt. DNA-tiedon puuttuessa lisävaikeuden muodostaa se, että ei tiedetä, mitä resessiivisiä ominaisuuksia jää uuteen kasviin piileskelemään. Yllättäen sen jälkeläisissä ilmestyykin esimerkiksi A-ominaisuudeltaan kelvoton *a2 a2* -kasvi. Tosielämässä jalostettavat geenit eivät myöskään läheskään aina ole eri kromosomeissa, kuten tässä helppossa esimerkissä, vaan osa alleeleista on kytkeytynyt toisiinsa geneettisesti. Se saattaa suurestikin vaikeuttaa toivottujen alleeliyhdistelmien saavuttamista.

Koska tavoiteltavia ominaisuuksia on tavallisesti paljon enemmän kuin neljä, risteytyskokeita on tehtävä usein todella suurilla aineistoilla. Jos havainnollistuksessa tarkasteltaisiin risteytysvanhempien kahdeksaa ominaisuutta, toisen kierroksen risteytys tuottaisi enää noin yhden halutut ominaisuudet täyttävän kasvin tuhatta muuta kohti.

Käytännön esimerkki perinteisestä valintakokeesta on seuraava talvea kestäviä alppiruusulajikkeiden kehittäminen Suomeen.

Talvenkestävien alppiruusujen jalostus (Uosukainen ym. 1988, Kuusi 1991).

Alppiruusut (*Rhododendron sp.*) kuuluvat *Ericaceae*- eli kanervakasvien heimoon ja sukuun kuuluu lähes 900 etupäässä aasialaista lajia. Melkein sata vuotta kestäneen jalostustyön tuloksena oli 1980-luvun alussa yli 4800 nimettyä lajiketta rekisteröity virallisesti. Niistä ei kuitenkaan löytynyt Pohjois-Euroopassa hyvin menestyviä lajikkeita.

⁴ Havainnollistus on Jussi Tammisolan tekemä

Helsingin yliopiston kasvinjalostustieteen laitoksella käynnistettiin vuonna 1973 alppiruusujen jalostusohjelma, joka perustui Mustilan arboretumin pakkasta kestäväan alppiruusuaineistoon. Erityisen kestäväksi alppiruusuksi oli osoittautunut korealainen kookas, valkeakukkainen laji *R. brachycarpum subsp. tigerstedtii* Niz. eli mustilanalppiruusu. Erinomaisen talvenkestävyytensä vuoksi se valittiin jalostusohjelman keskeiseksi lajiksi. Pyrkimyksenä oli yhdistää mustilanalppiruusun talvenkestävyys ja muiden arempien lajien ja lajikkeiden koristeellinen kasvutapa ja kaunis kukinta.

Risteytysohjelmassa käytettiin äiteinä kaikkiaan 53 Mustilan arboretumissa kasvavaa alppiruusuuyksikköä. Osa pölytyksessä käytetystä siitepölystä haettiin Ruotsista, Tanskasta ja Hollannista. Kaikkiaan risteytysohjelmassa oli 496 risteytysrää. Risteytyksen tuloksena saatiin yli 20 000 siementainta. Niistä ensimmäisen vuoden aikana kuoli noin 25 %.

Jälkeläiskokeet perustettiin seitsemälle paikkakunnalle eri puolille Suomea. Vuosina 1975-79 jälkeläiskokeisiin istutettiin kaikkiaan noin 14000 tainta. Vuoteen 1982 mennessä oli taimista kuollut noin 37 % eri syistä. Osin syynä olivat huonot istutuspaikat ja taimien varkaudet.

Risteytysaineiston talvenkestävyyttä testattiin kylminä talvina 1984/85 ja 1986/87. Nämä kaksi talvea olivat useimmilla koepaikkakunnilla vuosisadan kylmimmät. Kylmien talvien seurauksena noin 30 % risteytysaineistosta kuoli tai vaurioitui niin pahoin, että ne poistettiin koekentiltä.

Risteytysaineistosta valittiin kaikkiaan noin 80 parasta yksilöä tarkempia lajikokeita varten. Nämä taimia lisättiin eli kloonattiin kasvien meristemiosia hyödyntäen. Lajikokeita käynnistettiin vuodesta 1983 lähtien seitsemälle Etelä- ja Keski-Suomen paikkakunnalle. Vuoden 1987 loppuun mennessä kuusi kloonioita oli laskettu kaupalliseen leviytykseen. Jalostusohjelmantuloksena Suomeen saatiin alppiruusulajikkeisto, jonka alhaisen lämpötilojen kestävyys on ainakin - 35 °C ja osa lajikkeista kestää -40 °C.

Edellä kuvattu alppiruusujen kehittämishanke perustui selkeästi kasvien ilmiäsuun eli on tässä mielessä esimerkki perinteisestä kasvinjalostuksesta. Kasvatuskoe sisälsi kuitenkin myös uuden biotekniikan käyttöä, vaikka sen käytön mahdollisuudet olivat toki hyvin rajoitetut 1980-luvun alussa verrattuna tilanteeseen 30 vuotta myöhemmin. Uutta biotekniikkaa edustavaksi kasvinjalostukseksi on tässä raportissa tulkittu kasvien lisääminen yksittäisistä kasvin kantasoluista eli käytännössä mm. niiden lehtien päissä sijaitseviin kasvupisteisiin/ kasvusolukoihin eli meristeemeihin. Meristemisoluihin tuotetaan kasvialkio liuoksessa, jossa kasvua on edistetty ja ohjattu erilaisilla kasvua edistävillä kemikaaleilla kuten entsyymeillä (ns. mikrokasvatus).

Uuteen biotekniikkaan, jota käsitellään varsin laajasti luvussa 6, on luettu myös luonnosta löydettyjen tai risteyttämällä tuotettujen kasvien perimän tutkiminen niiden DNA:ta lukien. Kolmanneksi uuden biotekniikan muodoksi on tulkittu geneettinen muuntelu eli geenien tai toisen lajin perimää vastaavan DNA:n siirtäminen lajiin, johon tätä geeniä tai ainesta ei ole pystytty aiemmin siirtämään risteytyksin.

Perinteistä kasvinjalostusta edustaa nykyisin selkeimmin luomuviljely. Sen harjoittajat torjuvat geneettisen muuntelun ja katsovat varsinkin geneettisesti muunnellun kasvin risteytymisen luomuviljelyssä käytetyn kasvilajin kanssa geneettiseksi saastumiseksi. Tämän ”saastumisen” välttämiseksi luomuviljelijät ovat vaatineet laajoja turva-alueita viljelmiensä ja potentiaalisesti luomulajikkeiden

kanssa risteytyvien geneettisesti muunneltujen kasvien välille. Sen ohella, että luomuviljelyssä on kielletty keinolannoitteet ja kasvimyrkkujen käyttö rikkaruohojen torjunnassa, myös kasvien alkiokasvatukseen entsyymejä käyttäen on suhtauduttu torjuen. DNA-tietoa on sen sijaan alettu käyttää luomuviljelynkin piirissä kasvavassa määrin.

Suomalaisten viljelijöiden enemmistöä palveleva kasvinjalostus on puolittain perinteistä risteytyksiin perustuvaa jalostusta ja puolittain uutta biotekniikkaa. Geenin siirtoja lajien välillä ei tehdä, mutta DNA-tietoa käytetään kaikilla muilla tavoin hyödyksi. Tämän kehitystyön lyhyt esittely osana perinteistä kasvinjalostusta on perusteltua siinä mielessä, että suomalaisen kasvinjalostuksen erityinen vahvuus on ollut pitkäjänteinen ulkoasuun/fenotyyppiin perustuva valinta. Tämä koskee erityisesti metsäpuiden kehittämistä, missä 1950-luvulla käynnistetyt jalostusprosessit alkavat vasta nyt vaikuttaa merkittävästi suomalaiseen puukantaan.

5.2 Suomalaisen peltokasvien jalostuksen historiaa ja nykypäivää

Kasveja onnistuttu paljon kehittämään aina siitä lähtien kun ihminen ryhtyi kasveja valitsemaan viljeltäviksi common garden –testiä muistuttavin menettelyin. Erityisen merkittävää menestys on kuitenkin ollut parin viime vuosisadan aikana ja varsinkin viime vuosisadalla. IAASTD:n (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development) raportin mukaan perinteisellä biotekniikalla vuodesta 1950 vuoteen 1980 vehnän sato parani 33 % ilman lannoitteiden käytön lisäystä. Perinteiseen biotekniikkaan raportti luki ilmiäsuun perustuvien kasvatuskokeiden ohella kasvullisen lisäyksen eri muodot (IAASTD 2009)

Suomessa kasvilajien systemaattinen kehittäminen alkoi runsaat sata vuotta sitten. Suomessakin on päästy merkittäviin tuloksiin viljakasvien osalta perinteisin kasvatuskokein. Ohran satoisuutta onnistuttiin 1990-luvun alkuun nostamaan 1920-luvulla käytettyihin lajikkeisiin verrattuna yli puolella ja kauran yli kolmanneksella (Kuusi 1991) ja tuottavuuden kasvu on senkin jälkeen ollut merkittävää. Viljalajien jatkuva kehitystyö tekee Suomessa tällä hetkellä erityisesti Jokioisilla toimiva Boreal Kasvinjalostus Oy (<http://www.boreal.fi>). Se perustettiin vuonna 1994 vaalimaan Suomen kasvinjalostuksen pitkiä perinteitä. Boreal Kasvinjalostus OY:n omistavat Suomen valtio, suomalaiset viljelijät ja ryhmä tärkeimpiä suomalaisia maatalousalan yrityksiä. Borealin jalostusohjelmien tärkeimpinä lajeina ovat viljat, öljykasvit, nurmikasvit, peruna ja herne. Boreal on kehittänyt runsaan valikoiman lajikkeita, jotka ottavat huomioon vaihtelevat kasvukaudet ja erilaiset Suomessa esiintyvät maaperät.

Lupaavia lajikeuutuuksia siemenkauppaan

(tiedote 5.12.2008, <http://www.boreal.fi>)

Boreal Kasvinjalostus Oy tuo siemenkauppaan syksyllä 2008 yhteensä viisi uutta lajiketta. Kauran jalostusohjelman tehostaminen on tuottanut tulosta. Jo viime vuonna markkinoille tuli Peltosiemen Oy:n kautta **Peppi^{BOR}** ja tänä vuonna uusia kauroja siemenkauppaan tulee peräti kolme. Muut uutuudet ovat kevätvehnä ja rypsi.

Aikaisien kaurojen lajikevalikoima kasvaa kahdella uutuudella Eemelillä ja Venlalla. **Eemeli^{BOR}** ja **Venla^{BOR}** ovat molemmat aikaisia ja lujakortisia kauroja. Aikaisuudestaan huolimatta ne ovat satoisia ja laadultaan erinomaisia. Sekä Eemeli että Venla sopivat erinomaisesti rehukäyttöön, mutta myös elintarviketeollisuuden raaka-aineeksi ja vientikauraksi. Eemeli korvaa

Agrimarket -ketjun Aarre-kauraa ja Venla puolestaan täydentää Tilasiemen Oy:n kauran lajikevalikoimaa.

Myöhempien kaurajoukkojen joukkoon Boreal tuo Juliuksen, joka kuuluu Agrimarket -ketjun valikoimiin. **Julius^{BOR}** on satoisa, erittäin lujakortinen ja melko myöhäinen kaura. Julius on isojyväinen ja se sopii erinomaisesti elintarviketeollisuuden raaka-aineeksi, mutta myös rehu-käyttöön ja vientikauraksi.

Peltosiemen Oy:n ja Raisio Oyj:n kautta siemenkauppaan tuleva uutuuskevätnä **Quarna^{BOR}** on melko aikainen ja laadultaan hyvä vehnä. Erityisesti laatu- ja leivontaominaisuuksiltaan Quarna kuuluu kevätnäiden kärkikastiin. Quarna kuuluu myös Raisio Oyj:n sopimusviljelijälajikkeiden joukkoon.

Kevättrypsiuutuus **Eos^{BOR}** on erittäin satoisa, laadukas ja laonkestävä rypsi. Se kuuluu satoisimpien viljelyssä olevien kevätrypsiä joukkoon ja täydentää Apollon rinnalla Agrimarket -ketjun rypsin lajikevalikoimaa

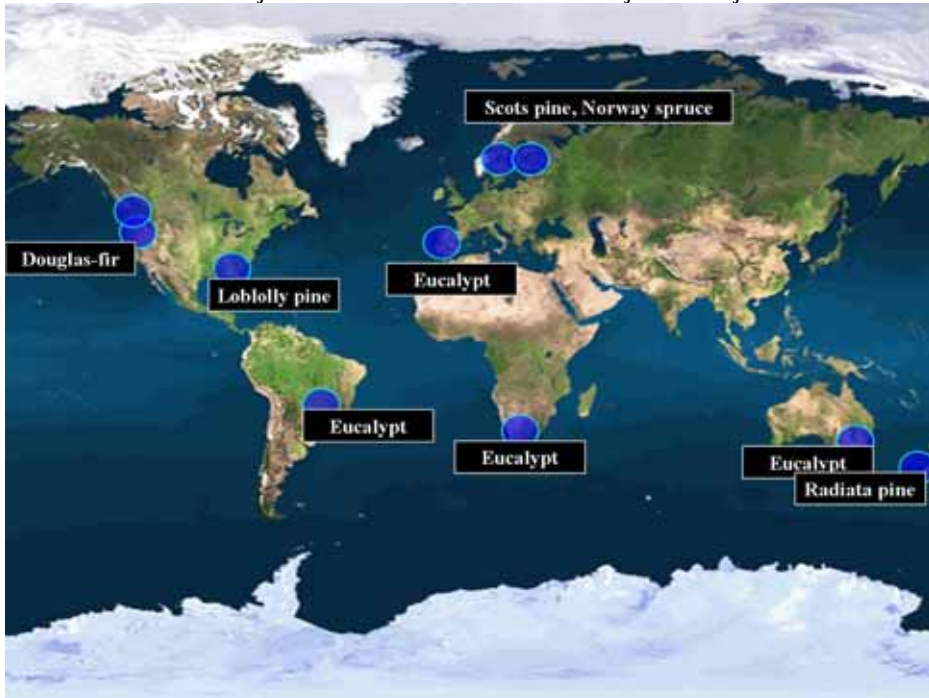
Uuden geenitekniikan sovellutusten kannalta selkeästi lupaavin viljelykasvi Suomessa on peruna, vaikka tarjolla pitkällä tähtäimellä on monia muitakin mahdollisuuksia kuten geneettisesti muunneltu maissi. Peruna on ainoa kasvi, jonka osalta Boreal Kasvinjalostus Oy:llä on käynnissä kenttäkokeita geneettisesti muunnellulla erityisesti tärkkelystä teolliseen käyttöön tuottavalla lajikkeella. Perunaan ja muihin tulevaisuuden mahdollisuuksiin palataan luvussa 7.

5.3 Metsäpuiden perinteinen jalostus Suomessa ja muualla maailmassa⁵

Metsien kasvua on systemaattisesti parannettu jalostusohjelmien avulla vasta 1900-luvun puolesta välistä lähtien. Vaikka puiden jalostaminen on myöhäisen aloituksen ja puiden pitkän kiertoajan vuoksi vasta lastenkengissä moniin viljelyskasveihin verrattuna, on jo nykyisellä jalostustoiminnalla saatu aikaan huomattavaa kasvunlisäystä ja laadun parannusta. Nykyinen taloudellisesti merkittävä ja laajamittainen metsänjalostustoiminta keskittyy muutamiin havu- ja lehtipuulajeihin eri puolilla maapalloa (kuva 1). Ruotsissa ja Suomessa jalostettavien havupuiden (mänty, kuusi) lisäksi havupuiden suurimittaisia jalostusohjelmia on Pohjois-Amerikassa (Douglasskuusi, loblollymänty) ja Uudessa Seelannissa (radiatamänty). Lehtipuista eukalyptuslajit ovat eteläisen pallonpuoliskon tärkeimpiä jalostettavia puita. Kuvasta puuttuvat julkisessa tiedossa huonommin olevat ohjelmat

⁵ Jaksossa on lainattu Metlan professori Katri Kärkkäisen keväällä 2009 arviointiryhmälle tekemää muistiota ”Metsänjalostuksen ja geenitekniikan mahdollisuudet lisätä metsien kasvua ja parantaa ominaisuuksia” (Kärkkäinen 2009)

Kuva 5.1. Maailmanlaajuisesti taloudellisesti merkittävät jalostusohjelmat



Kuten alla lähemmin kuvataan, Suomessa männyn tuottoa on voitu nostaa jalostuksella puun tilavuudella mitattuna noin 15 %. Puun laatuominaisuuksissa parannus on vielä selvempi. Loblolly - männyn kiertoaika on lyhyempi, ja siellä on valintajalostuksen keinoin saatu parannettua kasvua jo yli 30 %.

Seuraavassa on lyhyesti esitelty Metsäntutkimuslaitoksen Metsäinfon (www.metla.fi) aineistoa lainaten maamme keskeisten puulajien jalostushistoriaa ja nykyvaihetta.

Mänty

Männyn osuus metsiemme puuston kokonaistilavuudesta on noin 50 %. Männyn vuotuinen viljelyala ja tuotettujen taimien määrä väheni 1980-luvulla ja 1990-luvun alussa, mutta on nyttemmin jatkuvasti vakiintunut. Vuonna 2007 männyn taimituotanto oli 51,9 milj. tainta, mikä vastasi 31,3 %:n osuutta koko maan taimituotannosta. Etelä-Suomessa lähes kaikki männyn istutusmateriaali kasvatetaan tällä hetkellä siemenviljelyksiltä kerätystä jalostetusta siemenestä, koko maan keskiarvon ollessa 48 %. Vuonna 2007 männyn istutusala oli 23 800 ha, mikä on 26,2 % kaikesta metsänistutusalasta. Kylvöalat ovat viime vuosina kasvaneet, ja vuonna 2007 mäntyä kylvettiin 32 300 ha.

Männyn jalostettu siemen tuotetaan tällä hetkellä pääosin 1960- ja 1970-luvuilla perustetuissa ensimmäisen polven siemenviljelyksissä. Ensimmäisen polven istutukset tehtiin metsistä löydettyjen männyn valioyksilöiden ns. pluspuiden siemenistä. Nyt käytetty jalostettu siemen on syntynyt pääasiassa siten, että siemen on kerätty valiopuiden siemenillä kasvatetuista istutusmetsästä. Suurin osa näistä siemenistä on istutusmetsästä puitteissa syntyneen siitepölyn hedelmöittämää, mutta osa

on hedelmöittynyt alueen ulkopuolisesta siitepölystä. Tällaiseen käyttöön sopivia männyn siemenviljelyksiä on tällä hetkellä 149 kpl, yhteensä 2450 ha. Menetelmän työläyden vuoksi vain vähäisessä määrin siemeniä on tuotettu niin, että on varmistettu, että valioyksilöt hedelmöittyvät toisen valioyksilön siemenillä.

Uuden jalostusvaiheen tavoitteena on, että toinen jalostus sykli saadaan päätökseen viimeistään toisen polven siemenviljelysten perustamisen tullessa ajankohtaiseksi 2040-luvulla, ja niitä varten on silloin osoitettavissa uutta korkealaatuista testattua materiaalia.

Männyn taimitarhakylvöistä ja metsänistutuksista 50–70 % on tehty 1980-luvun puolivälistä lähtien siemenviljelysiemenellä. Käytännössä Etelä- ja Keski-Suomen metsänviljelytaimien tuotanto on viimeisten noin 15 vuoden ajan perustunut lähes kokonaan jalostetun siemenen käyttöön. Pohjois-Suomeen on toistaiseksi ollut saatavilla vain vähän männyn jalostettua siementä. Männyn jalostetun siemenen saatavuus metsänviljelyyn ja metsäkylvöön myös Pohjois-Suomessa on kuitenkin nopeasti paranemassa.

Taimitarhojen siementarve on vähentynyt männyn istutuksen vähentyessä ja kylvön lisääntyessä. Männyn siemenviljelyssiementä onkin ollut runsaasti saatavissa myös metsäkylvöön, jossa siementarve on moninkertainen. Siemenviljelyssiemenen jalostamatonta metsikkösiementä korkeampi hinta on kuitenkin rajoittanut sen yleistymistä metsäkylvöissä.

Etelä-Suomessa lähes kaikki männyn istutusmateriaali kasvatetaan tällä hetkellä siemenviljelyksiltä kerätystä jalostetusta siemenestä, koko maan keskiarvon ollessa 48 %. Vuonna 2007 männyn istutusala oli 23 800 ha, mikä on 26,2 % kaikesta metsänistutus-alasta. Kylvöalat ovat viime vuosina kasvaneet, ja vuonna 2007 mäntyä kylvettiin 32 300 ha.

Männyn jalostushyötyjä on selvitetty Metlan kenttäkokeissa, joissa on vertailtu metsikkösiemenestä, siemenviljelyssiemenestä ja pluspuiden risteytysiemenestä kasvaneita puita samoilla kasvupaikoilla. Mittaustuloksia on saatu vasta melko nuorista, 10–20 vuoden ikäisistä koeviljelyksistä. Siemenerien välillä on kuitenkin jo nähtävissä selviä eroja niin kasvunopeudessa kuin laadussakin.

Männyn siemenviljelysjälkeläisillä rungon tilavuuskasvu on keskimäärin noin 20 % parempi kuin verrokkimetsissä. Tämä tulos on saatu vapaapölytyksen tuloksena syntyneillä siemenierillä, joissa siemenviljelyksen taustapölytyksen jalostusastetta alentava vaikutus on jo mukana. Myös elinvoimaisuus ja elävyys ovat siemenviljelyssiemenellä jonkin verran metsikkösiementä parempia.

Uudemmissa 1½ -polven valiosiemenviljelyksistä on saatu ensimmäiset siemensadot vasta vuonna 2007, joten niitä koskevia koetuloksia ei ole vielä saatavilla. Uuden polven viljelysten jalostushyödyistä voidaan kuitenkin vetää alustavia johtopäätöksiä nykyisistä varttuneista jalosteiden vertailukokeista saatujen tulosten perusteella. Niissä ilmiäisun perusteella valittujen pluspuiden risteytys-erät ovat kokeissa olleet tilavuuskasvultaan keskimäärin 30 % metsikköeriä parempia. Tämän perusteella voidaan alustavasti arvioida, että uudemmilta 1½ -polven valiosiemenviljelyksiltä kerätty siemen tuottaisi runkopuun kasvunopeudessa noin 25 % (20–30 %) jalostushyödyn. Nuorissa l. täysin taustapölytetyissä siemenviljelyksissä hyöty tulee todennäköisesti jäämään 20–25 % välille. Valiosiemenviljelyksen oman siitepölytuotannon lisääntyessä jalostushyöty nousee 25–30 %:n välille.

Jalostuksen vaikutus rungon laatuominaisuuksiin on yhtä selvä. Metsänjalostuskokeissa puille annetaan yleisarvosana (1–10), johon vaikuttavat puun koko, oksien paksuus, oksien kulma runkoon nähden sekä yleinen elinvoimaisuus ja kasvumuoto. Kolmeen parhaaseen luokkaan (8–10) kuuluu yleensä vain pluspuiden jälkeläisiä, kun taas heikoimmissa luokissa (1–3) metsikkösiemenien yli-

edustus on huomattava. Suhteellinen oksanpaksuus (oksan paksuus suhteessa rungon läpimittaan) on siemenviljelysjälkeläisillä noin 10 % ja pluspuiden risteytysjälkeläisillä noin 20 % pienempi (parempi) kuin metsikköerillä.

Kuusi

Kuusen osuus metsiemme puuston kokonaistilavuudesta on noin 30 %. Kuusen vuotuinen viljelyala ja tuotettujen taimien määrä on kasvanut viimeisen vuosikymmenen ajan. Vuonna 2007 kuusen taimituotanto oli 109,8 milj. tainta, mikä vastaa 66,3 % koko maan taimituotannosta. Viljelytaimista 62 % oli kasvatettu siemenviljelyksiltä kerätystä jalostetusta siemenestä. Istutusala kuusella vuonna 2007 oli 63 900 ha eli 70,3 % koko istutuspinnoista. Kuusen kylvöala oli 200 ha.

Reilun kymmenen vuoden aikana kuusen siemenviljelyssiemenen osuus taimituotannossa on noussut noin 10 %:sta lähes 80 %:iin samalla, kun kuusen taimien tuotantomäärät ovat voimakkaasti lisääntyneet. Viimeaikaisten heikkojen kukintavuosien ja runsaiden siementuhojen takia kuusen jalostetun siemenen saatavuus ja käyttö on laskenut viime vuosina. Kuusella siemenviljelysten tuotanto on alkanut ja kehittynyt hitaammin kuin männyllä. Pohjois-Suomen erikoisolosuhteiden ottaminen huomioon jalostuksessa on osoittautunut vaikeaksi myös kuusella kuten männyllä.

Kuusen jalostus on edennyt muita pääpuulajeja hitaammin. Tämä johtuu pääasiassa biologisista syistä, kuten kuusen epäsäännöllisistä siemenvuosista ja vanhojen puiden varttamisessa esiintyneistä ongelmista, mutta myös ja erityisesti siitä, että kantapuuaineiston täydentämiseen lisävalinnoilla ryhdyttiin vasta 1990-luvulla. Viime vuosina kuusen jalostuksessa on kuitenkin menty ripeästi eteenpäin. Tällä hetkellä kuusella on menossa vastaava sukupolvenvaihdos kuin männyllä eli toisen polven uudistamispopulaatioiden perustaminen sekä risteyttämällä että vapaapölytyksen avulla. Kaksi uudistamispopulaatiota on jo pääosin kasvamassa uudistamiskokeissa.

Kuusen etuna jalostuksen kannalta on kuitenkin sen mäntyä helpompi kasvullinen lisättävyys, jonka vuoksi sillä voidaan käyttää siemenjälkeläisten testausta tehokkaampaa kloonitestausta pistokaskloneilla.

Kuusen siemenviljelysten jalostushyödyistä ei jälkeläiskokeiden nuoruuden ja vähäisyyden takia ole vielä voitu tehdä vastaavia selvityksiä kuin männyllä. On mahdollista, etteivät tulokset yllä kuusella ensimmäisessä sukupolvesta männyn tasolle, koska fenotyypin pluspuuvalinta luonnonkuusikoissa ei ilmeisesti ole voinut olla yhtä tehokasta kuin yleensä niitä iältään tasarakenteisemmissä männiköissä. Kuusen siemenviljelysaineiston pituuskasvun on kuitenkin todettu olevan Pohjois-Suomessa 10 % parempi kuin metsikköerillä.

Kuusella siemenviljelyssiemenen tuotannon rinnalle voi nopeastikin kehittyä myös kasvullista lisäystä hyväksikäyttävää taimituotantoa. Tällöin käytäntöön siirrettävissä olevat jalostushyödyt muodostuisivat heti huomattavasti suuremmiksi.

Rauduskoivu

Koivun osuus metsiemme puuston kokonaistilavuudesta on noin 20 %. Koivun jalostustoiminta on kohdistunut pääasiassa rauduskoivuun ja vähäisemmässä määrin visakoivuun. Hieskoivua ei ole lähdetty jalostuksella kehittämään. Rauduskoivun vuotuinen viljelyala ja tuotettujen taimien määrä on pienentynyt nopeasti 2000-luvulla johtuen etenkin hirvituhojen merkittävästä lisääntymisestä ja pellonmetsitysten vähentymisestä EU-metsitystukien poistuttua. Vuonna 2007 taimituotanto oli 3,0 milj. tainta, mikä vastaa 1,8 % koko maan taimituotannosta. Viljelytaimista 81 % oli kasvatettu

siemenviljelyksiltä kerätystä jalostetusta siemenestä. Viljelypinta-ala oli vuonna 2002 noin 4100 ha. Koivun käyttö metsäkylvöissä on lisääntynyt 1990-luvulla lisäten siten jalostetun siemenen tarvetta.

Rauduskoivun nopea kasvullinen ja suvullinen yksilönkehitys ovat jalostuksen kannalta erityisen suotuisia biologisia ominaisuuksia. Sen ansiosta rauduskoivun jalostus on edennyt pääpuulajeistamme nopeiten. Rauduskoivulla on jo edetty pitkälle toisen polven ehdokkaiden testaamiseen, jonka jälkeen vuorossa on toisen polven jalostuspopulaatioiden muodostaminen.

Koivun teollisen käytön tulevaisuuden näkymistä on tällä hetkellä epävarmuutta, mikä lienee osaltaan syynä koivun viljelypinta-alojen viimeaikaiseen pienenemiseen. Mikäli viljelymäärät pienenevät edelleen on ennakoitavissa, että koivun jalostukseen suunnatut panokset tulevat vähenemään. Tämä merkitsisi käytännössä toiminnan painopisteen siirtymistä enemmän jalostusaineistojen ylläpitoon niiden uudistamisen sijaan. Visakoivu, jonka viljelymäärät ovat viime vuosina vaihdelleet puolen miljoonan taimen molemmin puolin, sisältyy jatkossa rauduskoivun kolmeen jalostuspopulaatioon omina pieninä yksiköinä.

Rauduskoivulla, jolla jalostus on edennyt mäntyä ja kuusta pidemmälle, on (koeolosuhteissa) mitattu 20–26 %:n luokkaa olevia lisäyksiä puuntuotoksessa (rungon tilavuuskasvussa). Myös monissa muissa, erityisesti vaneriteollisuuden kannalta tärkeissä rungon ulkoisissa laatuominaisuuksissa on havaittu selvää paranemista, ominaisuudesta riippuen noin 15 %:iin asti.

Tällä hetkellä koivulla voidaan pääpuulajeista helpoimmin harjoittaa myös kahden kloonin risteytysiemenviljelyä, mikä tarjoaa perinteistä siemenviljelyä paljon tehokkaammat mahdollisuudet huippuyksilöiden suvulliseen massatuotantoon.

Haapa ja muut puulajit

Metlan kotisivujen (www.metla.fi) antamien tietojen perusteella männyn, kuusen ja koivun yhteinen osuus metsiemme puutilavuudesta on 100 %. Kuvanneeko tämä asennoitumista muihin puulajeihin? Muitakin puulajeja toki on, kuten jokainen lepikkojaan ja haavikkojaan raivannut sivutoiminen metsänomistaja tietää. Tämän Metla kyllä itsekin toteaa jalostusohjelmiinsa kelpuuttaneen haavan osalta. Metlan tietojen mukaan puhtaita haapametsiköitä on noin 0,3 % metsämaasta. Puuston kokonaistilavuudesta haavan osuus on noin 1,5 %.

Kuten myöhemmin todetaan, haapa on se puulaji, josta suomalaisista puulajeista eniten on kerätty DNA-tietoa. Tulevaisuudessa haapa näyttää olevan ainoa kotimainen puulaji, joka kykenee paperinvalmistuksessa kilpailemaan eukalyptuksen ja akaasian kanssa, joiden osuus maailmanmarkkinoilla on nopeasti kasvamassa. Etenkin hybridihaapa, joka on kotimaisen haavan (*Populus tremulus*) ja pohjois-amerikkalaisen haavan (*Populus tremuloides*) risteytys, on osoittautunut hyvin luopaavaksi. Juuri tästä puulajista löytyy erityisen paljon DNA-tietoa kansainvälisistä geenitiedon tietopankeista.

Haavan puuaine on vaaleaa ja se kuuluu lyhytkuituisiin puulajeihin. Haapaa paperin raaka-aineena käyttämällä valkaisuaineiden tarve pienenee ja energiaa kuluu vähemmän, joten ympäristön kokonaiskuormitus pienenee. Hybridihaavan viljelymäärät ovat toistaiseksi jääneet alhaisiksi. Vuosien 1997–2002 aikana haapaviljelyksiä perustettiin kaikkiaan 700 hehtaarin alalle.

Haavan jalostus alkoi maassamme jo 1950-luvun alussa, jolloin haapaa kasvatettiin lähinnä tulitikkuteollisuuden raaka-aineeksi. Päähuomio jo silloin oli lähes yksinomaan edellä mainitussa hybridihaavassa. Se on osoittautunut pitkäaikaisissa kenttäkokeissa Suomen nopeakasvuimmaksi puu-

lajiksi. Se kasvaa kotimaista haapaa yli puolet nopeammin ja sitä voidaan kasvattaa 20–40 vuoden kiertoajalla. Nopeakasvuisin on juurivesoista syntyvä uusi puusukupolvi.

Kotimaisen tulitikkuteollisuuden hiipuessaa haavan viljely ja jalostus tyrehtyi parikymmeneksi vuodeksi. Kiinnostus heräsi uudestaan 1990-luvun alussa, kun haavan huomattiin olevan kilpailukykyinen eukalyptuksen ja akaasian kanssa lyhytkuituisen massan raaka-aineena. Lupaavien näkymien vuoksi haavan jalostus käynnistettiin uudelleen vanhojen jalostusaineistojen pohjalta.

Haavan jalostuksen tavoitteena on valita puuntuotokseltaan, kestävyydeltään ja puuaineen ominaisuuksiltaan yhä parempia hybridihaapaklooneja kasvulliseen taimimateriaalin massatuotantoon. Lähimmän viiden vuoden aikana saadaan koeviljelyksiltä tietoa taloudellisesti tärkeiden ominaisuuksien periytymisestä tehokkaan valinnan varmistamiseksi. Haavalla tutkitaan ulkoisten kasvuominaisuuksien lisäksi puun sisäisiä laatuominaisuuksia puuainenäytteiden avulla, koska tarkoituksena on etsiä klooneja, jotka tuottavat paperiteollisuudelle sopivaa raaka-ainetta.

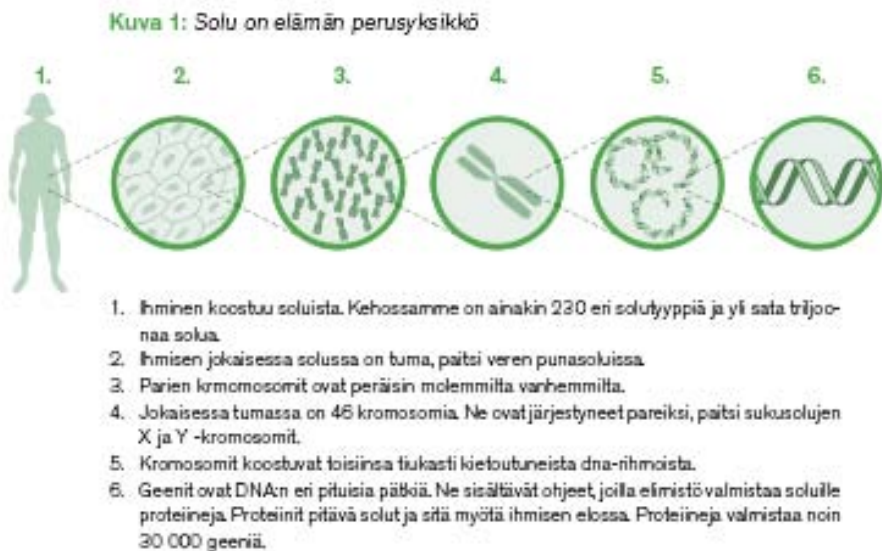
Haavan ensimmäisen polven jalostusaineistojen testaus jatkuu. Sen lisäksi tuotetaan uusia hybridihaapaperheitä risteyttämällä kenttäkokeissa hyviksi osoittautuneita vanhempia. Testatun aineiston pohjalta haavalle perustetaan kaksi jalostuspopulaatiota Etelä- ja Keski-Suomeen.

6 Uusi biotekniikka kasvinjalostuksessa⁶

6.1 Biotiedon nopea lisääntyminen

Uusi biotekniikka perustuu siihen, että elämän biokemiallinen perusta tunnetaan yhä tarkemmin. Kaikki tumalliset elävät organismit muodostuvat soluista. Kasvien ja eläinten soluista valtaosa on tumallisia. Jokainen tumallinen solu, joita ihmisessä on huikeat noin 100 triljoonaa, kantaa ”DNA-kirjastossaan” koko organismin geneettisen perinnön.

Kuva 6.1. Ihmissolu ja sen osat Lähde: Kuusi (2004)



DNA-tieto on esitettävissä erittäin yksinkertaisella tavalla DNA:n kaksoiskierteen emäsparien järjestyksenä. Emäkset ovat adeniini (A), sytosiini (C), guaniini (G) ja tymiini (T). Ne voivat normaalisti muodostaa vain parit A-T, T-A, G-C ja C-G, eli adeniini voi liittyä tymiiniin ja guaniini sytosiiniin. Pareihin viitataan nimillä emäspari, peruspari tai nukleotidipari. Koska yhden kierteen emäsjärjestyksen esittämisestä automaattisesti seuraa normaalisti toisen kierteen rakenne, emäsjärjestys yleensä esitetään vain yhtenä kirjainjonona:

AGTTTCCAGGA ...

⁶ Luku on pääosin Osmo Kuusen kirjoittama ja hän vastaa sen sisällöstä. Dosentti Jussi Tammissola on kuitenkin merkittävällä tavalla tekstein ja kommentein auttanut sen teossa.

Näitä eripituisia kirjainsarjoja voidaan tunnistaa ja tutkia, sekä selvittää niiden muutoksia ja vaikutuksia. Näin voidaan selvittää kasvien ja muiden elollisten ominaisuuksia ja eroavaisuuksia. Kasvilajin piirissäkin esiintyy eri yksilöiden välillä yleensä eroja perimän emäsjärjestyksessä. Jotkut eroista ovat suuria ja systemaattisia käsittäen pitkiä DNA-emäsjaksoja. Kaikkein yleisimpiä ovat kuitenkin yhden kirjaimen satunnaiset poikkeamat. Erosta yhdessä emäksessä geenitutkijat käyttävät nimeä SNP (single nucleotide polymorfism) eli snips. Satunnaisia pikkuroja voidaan löytää saman lajin eri kasviyksilöiden välillä tuhansittain.

Nature –tiedelehden artikkelissa 2001 esitettiin ”Mooren biolaki” (Kuusi 2004). Lailla havainnollistettiin vallankumouksellista edistymistä DNA:n emäsparien luennassa. Ennakoitua nopeampi kehitys oli tehnyt mahdolliseksi ihmisen perimän ensimmäinen täydellisen kartta-version valmistumisen paljon ennakoitua aikaisemmin. Mooren 1960-luvulla esittämän ”lain” mukaisesti tietokoneen tekemän laskutoimituksen hinta on alentunut 1960-luvulta lähtien noin puoleen aina vajaassa kahdessa vuodessa eli noin sadasosaan aina kymmenessä vuodessa. Vastaten tietotekniikan kehitystä yhden emäsparin luennan hinta oli 1990-luvun kuluessa alentunut noin sadasosaan.

Nature – tiedelehden artikkelissa 2001 arvioitiin, että kehitys jatkuisi ainakin seuraavat kymmenen vuotta ”Mooren biolain” mukaisesti. Geenitietoa voitaisiin näin lukea 2010-luvun alkuvuosina noin sata kertaa edullisemmin kuin vuonna 2000-luvun alussa. Tehostuminen ihmisen perimän luennassa on vastannut ennakoitua kehitystä. Kysymys ei ole ollut pelkästään edistymisestä emäsparien luennan tekniikoissa. Olennaista on ollut, että luenta kohdistuu nyt snipseihin, joissa ihmiset merkitsevällä tavalla poikkeavat toisistaan. Näiden määräksi on tunnistettu noin viisi miljoonaa eli alle tuhannesosa kaikista ihmisen DNA:n emäspareista. Vuonna 2003 yhdysvaltalainen Celera -yhtiö tarjosi miljonääreille mahdollisuutta lukea heidän perimänsä 750 000 \$ hintaan. Vuonna 2009 kuka tahansa voi tilata tiedot 500 000:sta snipsistään tulkintoineen noin 300 €:n hintaan.

Ihmisen perimän luennan ja tulkintojen paranemisen ohella kehitys on ollut nopeaa myös muiden elollisten geenien luennassa. Tässä luvussa keskitytään kehitykseen kasvien ja suppeammin eläinten DNA- ja RNA-tietoon perustuvassa jalostuksessa. Uusi kasvibioteekniikka on ollut tulosta geenien tehostuneen luennan ohella geenien lajista toiseen siirron, kromosomistojen monistamisen (polyploidia) sekä kasvullisen lisäämisen (kloonaamisen) uusien muotojen kuten alkiokasvatuksen kehittymisestä.⁷

Kuten edellisessä luvussa korostettiin, monessa tapauksessa ero perinteisten jalostuksen menetelmien ja uusien menetelmien välillä on hyvin liukuva. Uusi bioteekniikka voi suuressa määrin hyödyntää perinteisellä kasvinjalostuksella saatuja tuloksia. Olennainen ero vanhojen menetelmien ja nykyisten menetelmien välillä on kuitenkin, että uudessa bioteekniikassa molekyyllitasolla yhä paremmin ja paremmin ymmärretään mitä ollaan tekemässä. Tilanne on tässä suhteessa nyt myös ratkaisevasti erilainen kuin 20 vuotta sitten. Silloisen osaamisen puutteellisuuden vuoksi oli täysi syy olla epäluuloinen uutta bioteekniikkaa kohtaan. Nykytiedolla ”Hullun lehmän taudin” kaltaiset yllätykset ovat kuitenkin paljon epätodennäköisempiä kuin vielä 1990-luvun alussa.

Uusi bioteekniikka ei tarkoita vain geenien siirtoa. Yanchuk (2001) ehdotti puihin liittyvän uuden bioteekniikan jaottelua kolmeen luokkaan: (i) molekylaarisia markkereita käyttävään bioteekniikkaan, (ii) puiden kasvullisen monistamisen ja kloonaamisen tekniikoihin ja (iii) geeninsiirtoihin puiden välillä. Seuraavassa luetaan uuden bioteekniikan piiriin myös kromosomien monistaminen eli (iv) polyploidian systemaattinen hyödyntäminen.

⁷ ”Biotechnology is broadly defined as the array of recombinant DNA, gene transfer and tissue culture techniques used in the study and improvement of plants and animals” (White et. al 2007)

6.2 Kromosomien monistaminen ja uusin menetelmin tuotetut hybridit kasvien jalostuksessa⁸

Perinteinen valintaan perustuva kasvinjalostus on hyödyntänyt luonnossa satunnaisesti syntyneitä polyploidisia kasveja, joiden kromosomistot ovat moninkertaistuneet. Uuteen biotekniikkaan voidaan lukea ne muutamia vuosikymmeniä tarjolla olleet menetelmät, joilla kasvin kromosomien monistuminen voidaan tuottaa keinotekoisesti.

Useimpien eläinlajien kromosomistot ovat *diploidisia* eli niiden kromosomit voidaan ryhmitellä pareiksi. Diploidisen yksilön soluissa on siis perimän kutakin erilaista kromosomityyppiä (peruskromosomia) kaksin kappalein, joista toinen on peräisin koiraan, toinen naaraan sukusolusta. Sukusolujen syntyessä, meioosissa, solun kromosomiluku vähenee puoleen, eli sukusolut ovat *haploidisia*. Diploidisen yksilön sukusoluissa on siis kutakin peruskromosomia vain yksi kappale.

Kun diploidisen kasvin kasvupisteessä solujen kromosomisto kaksinkertaistetaan esimerkiksi käsittelemällä kasvupistettä kolkisiini-alkaloidilla, saadaan niistä kasvatetuksi *tetraploidinen* kasviyksilö. Tetraploidinen kasvi tuottaa yleensä diploidisia sukusoluja. Kun tällainen sukusolu yhtyy normaaliin haploidiseen sukusoluun, muodostuu *triploidinen* eli kolminkertaisen kromosomiston omaava kasvi. Diploidinen tai triploidinen kasvi voidaan edelleen saada kaksinkertaistamaan kromosomistonsa, jolloin tuloksena on tetraploidinen tai *heksaploidinen* kasvi. Moni hyvin tärkeä nykyinen viljelykasvi on *oktoploidinen*, jollainen voi syntyä esimerkiksi tetraploidisesta kromosomiston kahdentumisen tuloksena. Kasveja, joiden perimä muodostuu kromosomiparien asemasta kolmesta tai useammasta kromosomista kutsutaan yhteisesti edellä jo viitatulla nimellä *polyploidinen*.

Hyvin monet kasvilajit ovat syntyneet lajiristeytyminä, ja monet niistä ovat lisäksi polyploidisia. Tutkimukset viittaavat siihen, että valtaosaasa kasvilajeista on itse asiassa kokenut jonkin asteista polyploidiaa kehityshistoriansa kuluessa.

Kasveilla lajiristeytymät ovat tavallisesti elinkykyisiä, usein jopa emokasvejaan elinvoimaisempia, mitä kutsutaan heteroosi-ilmiöksi. Vastasyntyneellä polyploidilla saattaa sitä vastoin olla vaikeuksia tuottaa elinkykyisiä siemeniä. Pariton polyploidia-aste (triploidia, pentaploidia jne.) merkitsee näet yleensä suurta steriilisyyden astetta, koska kromosomien jakautuminen tasan sukusoluihin meioosissa ei voi onnistua. Siemenettömät kasvilajikkeet, muun muassa banaaneilla, meloneilla ja rypäleillä (esim. Thompson seedless), ovatkin usein triploidisia.

Polyploidiset kasvit ovat tyypillisesti hyvissä olosuhteissa kasvatettuina suurempia verrattuina diploidisiin kasveihin, joista ne ovat kehittyneet. Syynä tähän on kasvien solujen suureneminen kahdentumisen seurauksena. Polyploidiset kasvit myös usein kukkivat ja tuottavat suotuisissa oloissa paremmin hedelmiä kuin diploidiset sukulaisensa. Tästä syystä jopa yli 70 % nykyisistä viljellyistä kasvilajeista on kokenut tuoreen kehityshistoriansa aikana kromosomistonsa kaksinkertaistumisen. Myös jotkut kasvinjalostajien hybrideiksi kutsumat uudet kasviversiot ovat polyploidisia versioita jalostetusta kasvista esimerkiksi risteytyksinä aikaisemman viljelykasvin ja tetraploidisen kasviversioiden kesken. Valtaosa pienistä parannuksista hybridilajikkeilla on kuitenkin diploidisten tai polyploidisten lajimunnosten kehittyä edelleen.

⁸ Tämä jakso on syntynyt yhteistyönä Osmo Kuusen ja Jussi Tammisolan kesken

Yhteenvetona voidaan todeta, että peltoviljelyssä käytettyjä kasvilajeja voidaan niiden polyploidisuuden perusteella ryhmitellä seuraavasti:

- Diploideja: riisi, soija, tomaatti, ruis, ohra, herne, porkkana, vadelma, omena (Golden Delicious ym.)
- Triploideja: banaani, omena (Jonagold), vesimeloni, appelsiini, sitruuna
- Tetraploideja: peruna, makaronien valmistukseen käytetty vehnä, maissi, puuvilla, tupakka, maapähkinä, pelargonia
- Heksaploideja: kaura, leipien valmistukseen käytettävä vehnä, speltti -vehnä, krysanteemi, ruusu, kiivihedelmä
- Oktoploideja: sokeriruoko, kahvi, mansikka, orvokki

Kasvien kehittelyn kannalta sekä hybridikasveihin että polyploidisiin kasveihin liittyy kaksi perusongelmaa. Kuten jo edellä todettiin, uuden hybridikasvin tai polyploidisen kasvin kyky tuottaa siemeniä on tyypillisesti heikentynyt tai olematon. Kasvi ei voi tuottaa lainkaan siemeniä, jos sen perimässä on kutakin peruskromosomia pariton määrä, esimerkiksi kolme kuten triploidisissa kasveissa. Siemenongelma voidaan usein ratkaista esimerkiksi kahdentamalla kasvin kromosomisto tai harjoittamalla usean kasvisukupolven ajan korjaavaa valintaa, jolloin jatkoon valitaan aina vain siemeniä parhaiten tuottavat jälkeläisyksilöt.

Kun kaksi diploidista kasvilajia risteytetään, järjestäytyvät niiden perimät uudelleen risteytyksen jälkeläispolvissa. Ajan mittaan tällöin osa risteytysvanhempien geeneistä menetetään jälkeläistöstä. Jos risteytymän kromosomisto sitä vastoin saman tien kaksinkertaistetaan, voi jälkeläisten perimässä säilyä huomattavasti laajempi kokoelma risteytysvanhempien eri geenimuotoja. Tetraploidisessa kasviyksilössä voi näet kustakin geenistä esiintyä jopa neljä erilaista geenimuotoa (alleelia ks. jakso 5.1.) ja alleelien mahdolliset lukusuhteet kasviyksilössä ovat myös monipuolisemmat.

Siementen huonon tuoton ohella muita polyploidisen kasvin jalostaminen vaikeuksia perinteisin menetelmin voidaan havainnollistaa jaksossa 5.1. esitettyä havainnollistusta (taulu 6.1.). Muutetaan jaksossa 5.1. havainnollistusta siten, että jatkojalostuksella parannettava perunalajike onkin tetraploidinen. Jotta asia ei vaikeutuisi liiaksi, oletetaan lajikkeen olevan genotyypiltään suhteellisen yksinkertainen:⁹ se olisi jalostettu kaksinkertaistamalla jonkin diploidisen perunan kromosomisto. Kun tetraploidinen perunalajike risteytetään¹⁰ diploidisen (villi)perunan kanssa, ovat risteytysjälkeläiset triploidisia ja siis yleensä steriilejä. Jatkoristeytykset eivät sen vuoksi juuri onnistu, ellei polyploidia-astetta onnistuta palauttamaan jollain keinolla parilliseksi (esimerkiksi kaksinkertaistamalla risteytysjälkeläisen kromosomisto heksaploidiseksi).

⁹ Tosiasiassa useimmat viljelyperunalajikkeet ovat tetraploidisia, joten niiden alleelikirjo voi olla paljon suurempi kuin tässä havainnollistuksessa tarkastellussa esimerkissä.

¹⁰ Esimerkissä ajatellaan, että kyseinen villi perunalaji on risteytymiskelpoinen viljelyperunan kanssa. Monilla villoilla perunalajeilla tällainen risteyttäminen ei kuitenkaan voi onnistua.

Taulu 6.1. Tetraploidisen perunan jalostus risteyttämällä¹¹

Ominaisuus	Tetraploidisen perunalajikkeen genotyyppi	Pakkaskestävän diploidisen villi-perunan genotyyppi	Ensimmäisellä risteytyksellä satunnaisesti muodostuvia uudenlaisia alleelikombinaatioita (tummennettuina ne, joiden ilmiasu ko. ominaisuuden osalta (saattaa) yltää paremman vanhemman tasalle)
Omin. A	<i>A a1</i> <i>A a1</i>	<i>a1 a2</i>	<i>AA a1 AA a2 A a1 a1 A a1 a2</i> <i>a1 a1 a1 a1 a1 a2</i>
Omin. B	<i>b b</i> <i>b b</i>	<i>B1 B1</i>	<i>b b B1</i>
Omin. C	<i>c c1</i> <i>c c1</i>	<i>c1 c2</i>	<i>c c c1 c c c2 c c1 c1 c c1 c2</i> <i>c1 c1 c1 c1 c1 c2</i>
Pakkaskestävyys	<i>P1 P1</i> <i>P1 P1</i>	<i>p p</i>	<i>P1 P1 p</i>

Esimerkin tapauksessa toinenkaan risteytyskierros – jos se edes olisi teknisesti mahdollinen ennen [poly]ploidiatason tasapainottamista – ei johtaisi halutun ominaisuuden omaavaan kasviin. Toinenkaan risteytyskierros ei näet voisi tuottaa jälkeläiskasviin pakkaskestävyyden ilmentymiseksi tarvittavaa, *p*-alleelin suhteen suotuisaa genotyyppiä.¹² Ilmiasun perusteella ei myöskään voida päätellä, onko toiselta kierrokselta edelleen jatkojalostukseen valittavilla kasviyksilöillä edes piilevänä haluttu pakkaskestävyyden alleeli *p* vai onko se suorastaan toivotonta, homotsygoottista *P1*-tyyppiä.

Miten edellä esitettyjä vaikeuksia voidaan välttää uusilla geenimuuntelun menetelmillä? Tähän kysymykseen palataan lähemmin jaksossa 6.5. Esimerkkiä jatkaen voidaan kuitenkin jo tässä todeta, että geenimuuntelulla tetraploidisenkin perunalajikkeen kaikki neljä huonoa *P1*-alleelia voidaan korvata toivotuilla *p*-alleeleilla samalla kertaa, joten pakkaskestävä lajike voidaan jalostaa yhdellä jalostusaskelella ja perunalajikkeen muutoin hyvä genotyyppi säilyttäen. Geenimuuntelulla saavutetaan puhtain mahdollinen jalostuksen lopputulos, kun taas risteytysten tuloksena villistä perunalajista saattaa tulla viljelyperunaan kylkiäisinä tuhansia tuntemattomia ja ei-toivottuja uusia geenejä, joista erät voivat aiheuttaa kokonaan uusien myrkyllisten alkaloidien muodostumista mukuloihin (Laurila ym. 1996, Ginzberg ym. 2009).

Mahdollisuutta ottaa käyttöön polyploidisia muunnoksia yhä uusista kasvilajeista on olennaisesti parantanut kasvullisten lisäysmenetelmien kehittyminen. Varsinkin alkiokasvatustekniikkojen tai mikrolisäyksen ansiosta uutta kasvia voidaan lisätä kaupallisessa tuotannossa nopeasti miljooniksi taimiksi, vaikka se ei pystyisi lisääntymään siementen välityksellä. Nämä uudet tekniikat mahdollistavat mm. aikaisemmin pelkästään siemenistä uusiutuneiden puulajien kasvullisen lisäämisen. Geneettisesti onnistuneen huippuyskilön monistaminen kasvilajikkeeksi kasvullisesti lisäämällä, esimerkiksi rönsyistä (mansikka), taivukkaista tai pistokkaista (herukka), mukuloista (peruna), varren

¹¹ Havainnollistus on Jussi Tammisolan tekemä

¹² Se olisi tosin teoriassa juuri ja juuri mahdollista, mikäli ensimmäisen risteytyksen triploidinen jälkeläiskasvi sattuisi meiosisihäiriöiden tuloksena tuottamaan sekä haploidisen siitepölyhiukkasen että haploidisen munasolun, joissa kummassakin olisi tarvittava alleeli *p*. Tällainen kahden harvinaisen sattuman yhdistyminen olisi kuitenkin äärimmäisen harvinaista – ja muidenkin ominaisuuksien osalta tarvittaisiin onnenkantamoisia, jotta ne eivät taantuisi alkuperäisen lajikkeen tasosta. Diploidisten sukusolujen yhtymisestä olisi sitä paitsi tuloksena diploidinen perunakasvi, joka olisi sitten vielä erikseen jalostettava takaisin tetraploidiseksi.

palasista (sokeriruoko) tai varttamalla (omena) on ollut perinteisesti tärkeää jo vuosisatojen ajan monilla ristipölytteisillä viljelykasveilla.

Viljeltävien kasvien – myös geenimuunneltujen – satunnaista leviämistä risteytymällä ympäristön kasvien kanssa vaikeuttaa polyploidian ohella polyploidisten viljalajien tyypillinen itsepölytteisyys. Yleisimmin viljellyn vehnäladun (*Triticum aestivum*) kukista suuri valtaosa pölyttyy näet kasviyksilön omalla siitepölyllä ja vain muutama prosentti muiden vehnäyksilöiden siitepölyllä. Kaikkein heikoimmin jälkeläisiä tuottavat vehnäladut, jotka syntyvät siten, että kromosomiluvultaan erilaiset vehnätyypit risteytyvät.

Menestykselliset kasvinjalostushankkeet ovat liittyneet muihin kasveihin kuin puihin lukuun ottamatta hedelmäpuita. Muiden kuin hedelmäpuiden perinnöllisistä menestymisen edellytyksistä tiedetään edelleen varsin vähän. Tilanne on kuitenkin nopeasti muuttumassa, kuten jaksosta 6.4. selviää. Ensimmäisen puulajin, mustapoppelin (*Populus trichocarpa*) koko perimän DNA-koodi julkaistiin 2006 (Tuskan ym. 2006). Puiden osalta perinnöllisten erojen ottaminen huomioon istutusvaiheessa olisikin erityisen tärkeää, koska niiden hitaan sukupolvikierron vuoksi tehtyjä virheitä on vaikea paikaisesti korjata.

Puut ovat harvoja poikkeuksia lukuun ottamatta vielä diploidisia. Tarjolla on kuitenkin uusia menetelmiä, joilla puiden genomi voidaan kahdentaa ja näin pyrkiä paremmin biomassaa tuottaviin lajikkeisiin. Etuna geneettisen muuntelun käyttöön verrattuna on, että näin syntyneitä muunnoksia ei pidetä GM -organismeina eli muunnokset on helposti otettavissa laajaan käyttöön.

Yksi yritys, joka on lähtenyt systemaattisesti tuottamaan polyploidisia puita on Australiassa Queenslandin yliopiston yhteydessä toimiva BioFuelGenomics (<http://www.BioFuelGenomics.com>). Yritys pystyy rutiinomaisesti kahdentamaan sille toimitetun puuyksilön kromosomit.

Kotisivuillaan yritys havainnollistaa tavoitteitaan seuraavalla energiapuiden tuotantoon viittaavalla esimerkillä. Oletetaan, että puuviljelmä tuottaa 20 vuoden aikana kolme satoa. Kahdentamalla kromosomit voidaan päästä samana aikana viiteen satoon. Pohjana havainnollistukselle ovat Queenslandin yliopistossa tehdyt kasvatuskokeet seuraaville puulajeille: *Acacia crassicarpa*, *Elaeocarpus grandis*, *Paulownia fortunei*, *Araucaria cunninghamii*, *Pinus radiata*, *Agathis robusta* and *Toona ciliata*

Kokeissa on havaittu, että polyploidiset puut

- kasvavat keskimäärin nopeammin
- ovat paksumpia
- kasvavat monesti erittäin suuriksi (giganteiksi)
- lisäävät puiden hiilensidontakykyä.

Queenslandin yliopistossa on tehty riippumaton arvio siitä mitkä syyt ovat johtaneet näihin kasvussa näkyviin tuloksiin. Syiksi on havaittu seuraavia:

- puut tekevät suurempia lehtiä
- ravinteet liikkuvat puussa tehokkaammin (greater stomatal conductance)
- viherhiukkasten (klorofyllin) määrä on suurempi eli fotosynteesi puussa tehostuu
- kukintojen ja hedelmien massat ovat suurempia

- ominaisuudet muodostuvat käyttäen resursseja vähemmän kuin niiden diploidiset vanhemmat
- tutkituissa kymmenessä lajissa polyploidiset genomit säilyivät vakaina eli myös ilmiössä esiintyvien ominaisuuksien voitiin arvioida säilyvän vakaina.

Suomessa on polyploidisista puista saatu kokemuksia lähinnä helposti kasvullisesti juurivesoina lisääntyvästä haavasta sekä triploidisesta hybridihaavasta (*Populus tremula* $\times$ *tremuloides* mm. Haapala ym. 2004) Normaalin haavan kromosomiluku ($2n$) on 38. Haavalla kuitenkin esiintyy myös luonnostaan polyploidisia muotoja. Yleisintä on triploidia ($3n=57$ kromosomia). Silmiinpistävän triploidisen haavan ominaisuus on lehtien suuri koko. Usein lehdet ovat myös tavallisen haavan lehtiä tummemman vihreät. Suomessa on jo pitkään etsitty luonnosta triploidisia yksilöitä. Ensimmäinen löydetty kloonin on Helsingissä kasvava, jo 1950 löydetty ns. Käpylän kloonin. Metsäpuiden rodunjalostussäätiön erikoispuukortistossa kloonin on saanut tunnuksen E344. Muita kloonin on esimerkiksi Vilppulan kloonin (E397) (<http://www.mm.helsinki.fi/mmeko/>).

6.3 DNA-tieto ja kloonaustekniikat perinteisen kasvinjalostuksen apuna

Keinotekoisista polyploidiaa ja kasvilajien mahdollisuutta risteytyä keskenään on voitu hyödyntää ilman, että tulosten aikaansaannissa on käytetty tietoa kasvin DNA:n tai RNA:n tarkasta rakenteesta. Uusi askel on ollut liittää tällainen tieto systemaattisesti osaksi kasvien geneettiseen kehittämiseen. DNA-tiedon käyttö kasvinjalostuksessa on edennyt kolmella rintamalla:

- *Rakenteiden tutkimisen genomiikka* (structural genomics) pyrkii tunnistamaan kasvin kaikki geenit ja määrittelemään niiden paikat kromosomeissa. Tähän pyritään lukemalla yksittäisen geenien DNA-koodeja osana koko kasvin perimää. Käsitystä siitä, mihin kohtaan kromosomeissa (tai organismin genomissa) eri geenit liittyvät, muodostetaan *geenimerkkien* (genetic markers) avulla. Niitä voidaan rinnastaa teiden laitojen selvästi havaittaviin kiintopisteisiin tai kilometritolppiin.
- *Toiminnallinen genomiikka* (functional genomics) pyrkii selvittämään geenien tai DNA-jaksojen toimintatapaa ja sitä, miten geenit ilmenevät kasvien ominaisuuksina (fenotyyppinä).
- *Vertaileva genomiikka* (comparative genomics) pyrkii ymmärtämään DNA:n ja RNA:n muodostamia rakenteita ja toimintatapoja tekemällä vertailuja eri lajien välillä.

Julkaistu geenitieto on tallennettu systemaattisesti erityisesti GenBank –tietokantaan, jota ylläpitää Yhdysvalloissa toimiva National Center for Biotechnology Information (www.ncbi.nlm.nih.gov). Talletettu tieto on kolmea tyyppiä vastaten kolmea edellä mainittua näkökulmaa geenitietoon: tietoa eri lajien geenikartoista ja geenimerkeistä, tietoa organismin aineenvaihduntaan tai ilmiösuun yhdistettävissä olevista eli organismin proteiineissa ilmenevistä jaksoista (erityisesti EST –jaksoja ks. alla) sekä tietoa geenien vaikutustapojen ja rakenteiden eroista eri lajeilla (missä voidaan myös hyödyntää niiden EST -jaksoja).

Kasveja voidaan DNA- ja RNA-tiedon avulla kehittää selvästi paremmin kuin aikaisemmalla, ilmiösuun perustuvalla jalostuksella. Tätä tietoa tehokkaasti käyttäen on mahdollista edistää nopeammin myös risteytysjalostuksessa. Mutta vasta geeninsiirroilla on ilmeisesti saavutettavissa sellaisia nopeita muutoksia kasveissa, joista olisi ratkaisevaa hyötyä ilmastonmuutokseen sopeutuminen ja maailman ravintotilanteen turvaamisen kannalta.

Kasvien ilmiösuun perustuvassa kehittämisessä geneettisellä merkillä on tarkoitettu mitä tahansa paikkaa kromosomissa, joka mendelistisellä tavalla erottelee kasvin ominaisuuksia kuten esimerkiksi herneen väriä (vrt. jakso 5.1.). Esimerkiksi puilla on ollut kuitenkin vaikea tunnistaa sellaisia havaittavia piirteitä, jotka selkeästi määräytyisivät jollain kohdalla kromosomissa (White ym. 2007). Tämä on ennen monipuolista DNA-tietoa suuresti vaikeuttanut puiden geneettistä kehittämistä.

Tärkeä edistysaskel oli siirtyminen molekyyliomerkkeihin eli kromosomeissa havaittaviin DNA-jaksoihin. DNA-merkeille on tavoiteltu seuraavia piirteitä (White ym. 2007):

- halvat tavat tuottaa ja käyttää
- pysyvät suhteellisen muuttumattomina eri lajin eri kasvuympäristöissä ja lajin satunnaisissa vaihteluissa
- helposti ja riidattomasti todettavissa laboratoriotutkimuksissa
- polymorfisia eli indikoivat mendelistisessä mielessä monia vaihtoehtoisia piirteitä
- kaikki solussa esiintyvät merkin muodot ovat aina määritettävissä

DNA-merkkejä on muodostettu kolmella päämenetelmällä: restriktioentsyymeillä/yhdistelmä-DNA-tekniikalla, polymeerasiketjureaktiolla (PCR) ja tunnistamalla pitkiä toisteisia emäsjaksoja DNA:n intronijaksoista.

Bakteerit käyttävät restriktioentsyymejä DNA-ketjun pilkkomiseen tietyn DNA-jakson sisältävissä kohdissa. Ensimmäinen tunnistettu restriktioentsyymi sai nimen EcoRI ja se katkaisi emäsketjun G:n ja A:n välistä jaksossa GAATTC ja sen vastinjaksoissa CTTAAG. EcoRI:n tuottamat katkaisukohtat DNA-ketjussa (kromosomissa) muodostavat eräänlaisen peruskartan sen DNA-rakenteesta. Palasia voidaan yhdistellä osiksi toisten organismien DNA-ketjuja (esim. bakteerien plasmidirenkaita) ja monistaa PCR-tekniikalla.

Polymeerasiketjureaktio (PCR) merkitsi vallankumousta geenien luennassa 1980-luvun lopussa. Siihen perustuva Random amplified polymorphic DNA (RAPD) –menetelmä on ollut yleisimmin käytetty tapa muodostaa nykyisin molekyyliomerkkejä mm. puissa (White ym. 2007). Monistamisen lähtökohtana ovat satunnaisesti muodostetut kymmenen emäksen jaksot (primerit eli alukkeet). Näitä on nykyisin kaupallisesti saatavilla useita tuhansia erilaisia. Ne tunnistavat vastinjaksonsa yksikierteiseksi tehdyssä DNA:ssa. Olennaista on että tunnistaminen tapahtuu merkillä samanaikaisesti kahdesta kohdasta, siten että primeri kiinnittyy ketjuun erisuuntaisesti. Esimerkiksi markkeri CAGGCCCTTC kiinnittyy toiseen päähän muodostamaansa monistuvaa jaksoa muodossa CTTCCCGGAC.

Menetelmää käytettäessä 1990-luvulla nojaututtiin tulosten tulkinnassa yleisesti pelkästään monistuvien DNA-jaksojen pituuteen. Jos eliön molemmista vastinkromosomeista monistuu tällä menetelmällä yhtä pitkät DNA-jaksot, tulkittiin eliön olevan kyseessä olevan kohdan suhteen homotsygoottinen (vrt. jakso 5.1.). Eripituiset jaksot tulkittiin heterotsygotiaksi. Muodostuvien jaksojen samankapituisuus voitiin helposti havaita kiinnittämällä jaksoihin valoa tuottavaa ainetta kuten etidiumbromidia.

Restriktioentsyymien ja alukkeiden ohella on käytetty pidempiä emäsjaksoja kromosomien emäsjaksojen jäsentelyyn. Organismien DNA:sta valtaosa on intronijaksoja, joilla ei olennaista merkitystä proteiinien tuotannossa. Intronijaksot sisältävät suuren määrän samoina toistuvia pitkiä jopa tuhansien emästen jaksoja. Tällaiset jaksot kuten ns. mikrosatelliittijaksot muodostavat helposti tunnistettavia ”kilometritolppia” kromosomeissa.

PCR:n hyödyntämiseen rinnastuva uusi vallankumous ajoittui 1990-luvun lopulle kun käyttöön tulivat nopeat, uutta tietotekniikkaa tehokkaasti hyödyntävät emäsjärjestyksen lukemisen menetelmät. Niiden kehittäjä oli varsinkin Celera –yhtiö Craig Venterin johdolla. Nykyisillä ”Mooren biolain” mukaisesti kehittyvillä emäsjaksojen lukumenetelmillä voidaan päästä tarkkaan tietoon DNA-merkkien välisten jaksojen emäsjärjestyksestä.

Nykyisin keskeisin geenitietopankkeihin kerätty aineisto liittyy organismin proteiineja määrittelevästä DNA:sta (eksonijaksoista) tunnustettuihin lyhyisiin DNA-jaksoihin (expressed sequence tag, EST). Puiden osalta ensimmäiset tällaiset löydetty EST -jaksot liittyivät kasvin puuta muodostavissa kudoksissa toimiviin geeneihin (Sterky ym.1998, Kirst ym. 2003). Näissä tutkimuksissa myös suomalaiset ovat olleet aktiivisesti mukana. Niissä on tunnistettu EST -jaksoja, jotka osallistuvat ligniinin, selluloosan ja muiden solukalvojen ainesosien muodostukseen. Olennainen systemaattinen tapa koota tällaista tietoa on etsiä toisista kasvilajeista – sekä puista että muista kasveista – samanlaisia emäsparijaksoja. Systemaattisesti vertailuja on tehty mm. malliorganismina käytettyyn ”yksinkertaisimpaan kukkakasviin”, lituruohoon (*Arabidopsis thaliana*).

Suhteellista edistymistä eri kasvilajien DNA-tietoon perustuvassa tuntemuksessa voidaan kuvata sen rakenteellisen geenitiedon ja varsinkin EST -jaksojen määrällä, joka niistä on talletettuna kansainvälisiin geenitietopankkeihin. On kuitenkin korostettava, että hyvin paljon geenitekniistä kehiteltyä tapahtuu kansainvälisissä yrityksissä ja niiden keräämä geenitieto ei aina välity kansainvälisiin geenitietopankkeihin. Tuntuu esimerkiksi varsin yllättävältä, että plantaasiviljelmien pääpuulajista eli *Eucalyptus grandis* –puusta löytyy vain murto-osa EST -geenitietoa verrattuna taloudellisesti paljon vähemmän hyödynnettyihin lajeihin.

Seuraavassa taulussa on esitetty niiden EST -jaksojen lukumääriä, joita on vuonna 2009 talletettuna tärkeimmistä pelloilla viljeltyistä kasvilajeista kansainväliseen GenBank –tietopankkiin (www.ncbi.nlm.nih.gov). Lähtökohtana taululle on ollut se laji (esim. riisilaji *Oryza sativa*), joka suomenkielisessä Wikipediassa on mainittu tärkeimmäksi kasvisuvun viljelyksi lajiksi. Tämän ratkaisun toimivuutta on kontrolloitu siten, että on haettu myös kaikki kyseiseen kasvisukuun (esim. *Oryza*) liittyvät EST -jaksot. Olennainen lukumääräero kasvisuvun ja sen tärkeimmän viljelylajin EST -jaksoissa on tulkittu niin, että tutkimus- ja kehitystyö kohdistuu moneen suvun kasvilajiin.

Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta eniten tutkittujen lajien luetteloon kuuluu vain yksi edustaja kustakin kasvisuvusta. Poikkeuksia muodostavat kuitenkin rapsi ja rypsi, jotka kuuluvat *Brassica*-sukuun sekä tomaatti ja peruna, jotka kuuluvat *Solanum* -sukuun. *Solanum* -suvun EST -jaksot, toisin kuin *Brassica* -suvun jaksot, tulevat varsin hyvin selitetyksi jo tomaatilla ja perunalla. *Brassica*-sukuun kuuluvat rypsin ja rapsin lisäksi erilaiset kaalit ja nauriit, joita myös on varsin paljon geneettisesti tutkittu. Tästä kertoo se, että noin 750 000 EST -jaksoa jää vaille selitystä laskemalla yhteen rypsin ja rapsin EST -jaksot.

Sinimailanen on otettu mukaan tauluun, koska se on geenimuunneltuna kaupallisessa tuotannossa, vaikka se hyvin huonosti edustaa *Medicago* -sukua. Tähän sukuun kuuluu ennen kaikkea pieni, tyypeä sitovien hernekasvien mallikasvina käytetty *Medicago truncatula*, josta on GenBank -tietokantaan tallennettu peräti 454 000 EST -jaksoa.

Taulu 6.2. Peltokasvien GenBank -tietokantaan kesäkuussa 2009 talletettuja EST –jaksoja (www.ncbi.nlm.nih.gov)

Maissi (<i>Zea mays</i>)	4 449 000 (Zea: 4 461 000)
Riisi (<i>Oryza sativa</i>)	1 875 000 (Oryza: 3 665 000)
Soija (<i>Glycine max</i>)	1 789 000 (Glycine: 1 841 000)
Vehnä (<i>Triticum aestivum</i>)	1 156 000 (Triticum: 1 205 000)
Rapsi (<i>Brassica napus</i>)	747 000 (Brassica: 1 889 000)
Tomaatti (<i>Solanum lycopersicum</i>)	638 000 (Solanum: 1 090 000)
Ohra (<i>Hordeum vulgare</i>)	607 000 (Hordeum: 610 000)
Puuvilla (<i>Gossypium</i>)	(<i>Gossypium</i> 455 000)
Peruna (<i>Solanum tuberosum</i>)	390 000 (Solanum: 1 090 000)
Rypsi (<i>Brassica rapa</i>)	386 000 (Brassica: 1 889 000)
Kyyhkyherne (<i>Cajanus cajan</i>)	89 000 (Cajanus: 89 000)
Kaura (<i>Avena sativa</i>)	29 000 (Avena: 84 000)
Ruis (<i>Secale cereale</i>)	20 500 (Secale: 21 000)
Herne (<i>Pisum sativum</i>)	16 500 (Pisum: 18 500 ¹³)
Sinimailanen (<i>Medicago sativa</i>)	15 000 (Medicago: 473 000)
Kahvi (<i>Coffea arabica</i>)	7 000 (Coffea: 65 000)
Jatropa (<i>Jatropha curcas</i>)	2 500 (Jatropha: 2500)
Bataatti (<i>Ipomoea batatis</i>)	1 (Ipomoea: 1)

Laajimmassa kaupallisessa tuotannossa olevia geneettisesti muunneltuja kasveja ovat soija, maissi, puuvilla ja rapsi. Tältä pohjalta ei ole yllättävää, että ne ovat myös kärkipäässä GenBankiin talletetuissa EST -jaksoissa. Aineistosta voi päätellä, että riisin ja vehnän osalta olisi paljon suurempi valmius geneettisesti muunneltujen kasvien tuotantoon kuin on toistaiseksi toteutunut. Erityisesti riisin osalta käynnissä on laajaa tutkimusta joka ei kohdistu pelkästään tärkeimpään viljeltyyn riisilajiin. Peruna kuuluu DNA-tiedoiltaan eniten tutkittuihin ravintokasveihin. Sen sijaan yllättävää on, että sen läheisestä sukulaisesta, tropiikin tärkeästä viljelykasvista bataatista, löytyi tiedostosta vain yksi EST -jakso. Suomalaiset ovat tutkineet aktiivisesti bataattia vaivaavia virustauteja (Cuellar ym. 2009). Kiinnostavaa on että tautia bataatissa aiheuttavan *Closteroviridae* -heimon viruksista löytyi 2500 EST -jaksoa ja *Potyviridae* -heimosta noin 6500 EST -jaksoa.

Seuraavassa koonnoksessa tarkastellaan tuoretta rukiista tehtyä tutkimusta esimerkkinä siitä, kuinka DNA-tiedolla voidaan hakea merkittäviä parannuksia peltokasvien ominaisuuksiin ilman geneettistä muuntelua eli GM –kasveja.

Haitallisten piilevien ominaisuuksien hallintaa kaksoishaplodeilla

Syysrukiin viljelyala Suomessa on laskenut ennätyksellisen alas noin 14 000 hehtaariin. Rukiin viljely Suomessa on jäänyt vähäiseksi verrattuna muihin viljoihin erityisesti sen vuoksi, että se on herkkä sääoloille: sato jää helposti pieneksi ja leivontalaatu heikoksi. Aikaisemmin käytetyillä jalostusmenetelmillä on ollut vaikea puuttua rukiin viljelyn perusongelmaan. Se on ollut rukiin pitkäkortisuus. Pitkäkortinen ruis on helposti lakoonutunut syyskesän sateissa. Perinnöllisen itävyysalttiuden vahvistamana tämä on johtanut jyvien itämiseen tähtäessä ennen sadonkorjuuta. Tämä on alentanut rukiin sakolukua ja

¹³ Ei tuhohyönteinen *Acyrtosiphon pisum*, mistä 303 000 EST -jaksoa

heikentänyt sen leivontalaatua. Niinpä valtaosa suomalaisesta leivontaan käytetystä rukiista on viime vuosina tuotu ulkomailta.

Tutkija Teija Tenhola-Roininen (2009) MTT:stä kartoitti väitöstyössään rukiin geeniperimää ja löysi DNA-merkkejä, joiden avulla rukiista voidaan jalostaa suomalaisiin oloihin paremmin sopivia lajikkeita. Tutkijan löytämät DNA-merkit auttavat jalostamaan lyhytkortisia ja tähkäidännälle vähemmän alttiita lajikkeita.

Ruis on tyypillisesti diploidinen eli ruisyksilöllä on soluissaan kustakin rukiin peruskromosomista kaksi erilaista vastinkromosomia, yksi kummaltakin vanhemmalta. Tenhola-Roininen käytti kuitenkin ns. kaksoishaploideja kasveja, jotka sisältävät siitepölyhiukkasen kromosomiston kahdentuneena: perimän vastinkromosomit ovat siis toistensa kopioita. Kaksoishaploidin kasvin etu jalostuksessa on, että sen kaikki ominaisuudet tulevat kasvissa näkyviin, jolloin valinta on helpompaa. Tavallisella ristipölytteisellä rukiilla on piileviä ominaisuuksia, jotka jäävät havaitsematta vallitsevien ominaisuuksien takaa.

Tutkija tuotti kaksoishaploideja rukiita ponsiviljelytekniikalla. Siinä tähkän kukissa olevat ponnet nypitään kasvualustalle, jotta niiden sisältämistä siitepölyhiukkasten esias-teista kasvaa uusia kasveja. Ponsiviljelyllä tuotetuille ruisyksilöille voi muodostua kaksoishaploidi perimä spontaanisti tai haploideja kasveja on käsiteltävä kolkisiini -nimisellä kemikaalilla, jotta kromosomisto kahdentuu. Tutkimuksessa kaksoishaploidien muodostumista pyrittiin lisäämään myös käsittelemällä kasvit kylmällä ja ponnet lämpimällä. Tietyillä lajikkeilla parhaaksi menetelmäksi osoittautui tähkien pitäminen neljässä Celsius-asteessa kolmen viikon ajan.

Ponsiviljelyllä saaduista vihreistä kasveista noin kymmenen prosenttia osoittautui käyttökelpoisiksi jalostukseen. Tenhola-Roinisen mukaan ponsiviljelyllä tuotettujen kasvien kuolleisuus oli korkea, mikä on otettava huomioon suunniteltaessa rukiin kaksoishaploidien käyttöä tutkimuksissa. Geneettisesti tämä ilmiö onkin odotettavissa, sillä ristipölytteisillä lajeilla piileksii perimässä myös aina melkoinen joukko väistyviä, elinkykä alentavia geenimuotoja (alleeleita). Sama pätee myös ihmiseen, joten syntyvien lasten terveyden turvaamiseksi lähisukulaisten välistä lisääntymistä vältetään. Homotsygoottisissa kaksoishaploideissa kasviyksilöissä näiden vahingollisten alleelien vaikutus pääsee näkyviin, jolloin valintatyössä päästään huonoista geenimuodoista eroon helpommin kuin perinteisessä rukiin jalostuksessa.

DNA-merkkien etsimiseksi tuotettiin kaksi ruispopulaatiota, joissa lyhytkortisuus ja tähkäidännänkestävyys vaihtelivat. Tähkäidännän mittarina käytettiin jyvien alfa-amylaasiaktiivisuutta, joka korreloi käänteisesti sakoluvun kanssa.

Tähkäidännänkestävyyteen liittyvien merkkien löytämiseksi Tenhola-Roininen kokosi yhteensä 281 DNA-merkkiä sisältävän rukiin geenikartan. Se on maailman ensimmäinen kaksoishaploidien kasvien avulla rukiista laadittu geenikartta. Tutkija havaitsi yhden tähkäidännänkestävyyteen liittyvän geenialueen sijaitsevan kromosomissa 5R. Lisäksi Tenhola-Roininen testasi kromosomin 5R muita DNA-merkkejä, ja totesi yhden niistä liittyvän selvästi korren pituuteen. Hän kehitti siitä uuden DNA-merkin, jonka avulla jalostajat voivat valita aineistostaan lyhytkortiset rukiit 13 prosentin virhemarginaalilla. Tämä DNA-merkki on jo kokeiltavana rukiinjalostuksessa.

FM Teija Tenhola-Roinisen väitöskirja ”Rye doubled haploids – production and use in mapping studies” (Rukiin kaksoishaploidit – tuotto ja käyttö kartoituksessa) tarkastettiin 27.3.2009 Jyväskylän yliopistossa.

6.4 Puiden kehittäminen DNA-tiedon ja kloonaustekniikoiden avulla

Puiden kehittäminen viime vuosiin saakka on perustunut pääasiassa perinteiseen kasvinjalostukseen, jota on tuettu lisääntyvällä DNA-tiedolla ja puiden kloonauksella eli monistamisella kasvullisesti. Kuten jaksossa 4.3. todettiin, havupuilla metsänviljely perustuu edelleen parhaiden puiden siemenviljelyksillä tuottamien siementen taimilisäykseen. Eukalyptuksen viljely sen sijaan perustuu nykyään parhaiden yksilöiden kasvulliseen lisäämiseen. Näitä eliittiklooneja etsitään risteyttämällä kaukaisia kantoja keskenään ja valitsemalla parhaiten laajoissa kenttäkokeissa kasvavat yksilöt massalisäykseen (Kärkkäinen 2009).

Vähitellen puiden luokittelussa on siirrytty ulkoisiin piirteisiin perustuvista luokitteluista DNA-tiedon käyttöön. Esimerkiksi kattavat mäntylajien luokittelut tehtiin ensin neulasrakenteisiin (foliar) ja lisääntymiselimiin (mm. käpyihin) perustuen. 1900-luvun kuluessa jaotteluja on jatkuvasti kehitelty mäntyjen eri biologisiin ominaisuuksiin perustuen. 1990-luvun alusta lähtien mäntyjä on voitu ryhmitellä niiden snipsien (SNP ks. jakso 6.1.) eli geneettisen koodin yksittäisissä emäspareissa havaittujen erojen perusteella. DNA-tiedon käyttö on osin tukenut aiempia luokitteluja. Osin se on kuitenkin johtanut myös merkittäviin uudelleenarviointeihin. Pyrittäessä geeniteknisesti tai myös perinteisellä valinnalla kehittämään mäntyä on olennaista olla selvillä sen eri lajien geneettisistä yhteyksistä. Esimerkiksi Listonin ym. (1999) ovat esittäneet emäsparitietoihin perustuva 47 mäntylajin kehityshistoriallisen luokittelun (White ym. 2007). Kaikkiaan *Pinus* -sukuun luetaan nykyisin 111 kasvilajia.

FAO:ssa joulukuussa 2003 tehty kartoitustutkimus (Chaix ym. 2004) uuden biotekniikan käytöstä metsäsektorilla jaottelee tutkimukset seuraaviin ryhmiin:

- 1) Puiden geneettisten erojen kuvaukseen liittyvät tutkimukset
- 2) Geneettisten erojen vaikutuksia kasvien käyttäytymiseen selvittävät tutkimukset mm. geenikarttojen teko ja puiden valinta geenimerkkien avulla (marker-assisted-selection MAS)
- 3) Tutkimukset, jotka liittyvät puiden kasvulliseen monistamiseen ja kloonaukseen
- 4) Puiden geneettinen muuntelu

Muuhun kuin geneettiseen muuntelun perustuvan uuden bioteknisen tutkimuksen valta-asemaa ennen vuotta 2004 tehdyissä tutkimuksissa kuvastaa se, että löydetystä 2716 tutkimuksesta vain 520 eli 19 % liittyi geneettiseen muunteluun. Tutkijat luokittelivat tutkimusraporteista ensimmäiseen ryhmään 32 %, toiseen 26 % ja kolmanteen 42 %. Muussa kuin geneettiseen muunteluun liittyvässä uuden biotekniikan tutkimuksessa eurooppalaisten asema oli vahva. Tällaisen tutkimuksen raporteista eurooppalaisten tekemien osuus oli 39 %, aasialaisten 24 % ja pohjoisamerikkalaisten 23 %. Muun maailman osuudeksi jäi 15 %. Geneettiseen muunteluun liittyvässä tutkimuksessa Pohjois-Amerikan osuus oli selkeästi suurin 48 %:lla. Euroopan osuus oli 32 %, Aasian 14 % ja muun maailman 7 %. Etelä-Amerikan osuus näistä tutkimuksista oli vain 1 %.

Maittain tarkasteltuna Yhdysvallat ja Ranska olivat johtavia maita sekä geneettisen muuntelun että muun metsäbiotekniikan sovelluksissa. Yhdysvaltojen osuus geenimuuntelusovellutuksissa oli noin 42 % ja muissa 14 %. Ranskan vastaavat luvut olivat 10 % ja 9 %. Suhteessa Ruotsiin Suomessa

panostettiin enemmän geenimuunteluun. Suomen osuus maailman geenimuuntelusovelluksista oli 3 % ja Ruotsin 2 %. Muissa sovelluksissa Ruotsin osuus oli 3 % ja Suomen 2 %

Chaix ym. (2004) löytämiä geenimuuntelun sovelluksia tarkastellaan jaksossa 6.8. Seuraavassa tarkastellaan muita uuden biotekniikan sovelluksia metsäpuihin.

Eurooppalaiset ovat olleet erityisen aktiivisia puiden genomien yleisessä kartoittamisessa mm. geenimerkkien avulla. Eurooppalaisten osuus tutkimusraporteista oli 44 %, Pohjois-Amerikan 22 % ja Aasian 19 %. Etelä-Amerikan osuus tässä perustutkimuksessa, missä hyvin monipuolisesti kartoitettiin eri puulajien perimää, oli 6 %.

Myös Chaix ym. (2004) tutkimuksen toisessa ryhmässä eurooppalaisten osuus oli vahva. Eurooppalaisten osuus perinteistä puiden jalostusta DNA-tiedon pohjalta kehittävässä toiminnassa oli 43 %, Pohjois-Amerikan 34 % ja Aasian 11 %. Etelä-Amerikan osuus oli vain 2 %. DNA-merkkien avulla tapahtuneessa valinnassa kehittelyn kohteena ovat olleet varsinkin puuaineksen ominaisuudet. Näiden sovellutusten osuus kartoituksessa löydetystä tutkimuksista oli jopa 57 %. Muita tavoiteltuja ominaisuuksia ovat olleet mm. antibioottien sieto, kasvunopeus ja kukkiminen. Kohteina tutkimuksessa ovat olleet erityisesti neljä kasvisukua *Pinus* 32 %, *Populus* 18 %, *Eucalyptus* 12 % ja *Picea* 9 %. Muiden kasvisukujen osuudeksi jäi vain 29 %.

Puiden mikrolisäyksessä (kloonaamisessa) Aasia nousi keskeisimmäksi kehittäjäksi 38 %:n osuudella. Euroopan osuus oli 33 % ja Pohjois-Amerikan 16 %. Tässä ryhmässä Etelä-Amerikan osuus nousi eri sovellusryhmistä korkeimmaksi 7 % osuudella. Mikrolisäyksen kehittälyssä ovat eri puusuvut olleet kohteena suhteessa tasaisimmin. Neljän kärki (*Pinus*, *Picea*, *Eucalyptus*, *Acacia*) vastasi vain 44 % sovelluksista.

Taulu 6.3. Puulajeista GenBank -tietokantaan 2005 ja 2009 talletettuja EST -jaksoja (www.ncbi.nlm.nih.gov)

	2005	2009
Poppelipuut mm. haapa (<i>Populus</i>)		587 000
Kuuset (<i>Picea</i>)		530 000
Männyn (<i>Pinus</i>)		504 000
<i>Pinus taeda</i> (loblollymänty)	177 000	443 000
<i>Populus tremula</i> ja <i>P. tremuloides</i> (haapa ja Amerikan haapa)	110 000	336 000
<i>Picea glauca</i> (valkokuusi)	55 000	331 000
<i>Picea sitchensis</i> (sitkankuusi)	12 000	283 000
<i>Populus balsamifera</i> (palsamipoppeli)	115 000	137 000
<i>Populus deltoides</i>	15 000	71 000
Eukalyptukset (<i>Eucalyptus</i>)		60 000
<i>Pinus pinaster</i> (rannikkomänty)	18 000	30 000
<i>Picea engelmannii</i> (englanninkuusi)	12 000	28 000
<i>Picea abies</i> (Suomen metsien kuusilaji)		15 000
<i>Populus euphratica</i>	13 000	14 000
Koivut (<i>Betula</i>)		18 000
<i>Betula pendula</i> (rauduskoivu)	2 500	11 000
<i>Pinus sylvestris</i> (Suomen metsien mäntylaji)	1 500	6 500
<i>Eucalyptus grandis</i> (pääasiassa viljelty eukalyptuslaji)	1 500	6 000

Tuoretta yleistä kiinnostusta DNA-tietoon eri puulajeista voidaan kuvata peltokasvien tapaan EST -jaksojen lukumääriä, joita on vuonna 2009 talletettuna kansainväliseen GenBank –tietopankkiin (www.ncbi.nlm.nih.gov). Puiden osalta on myös tietoa siitä kuinka vastaavaa aineistoa oli talletettuna vuonna 2005 (White ym. 2007), mikä mahdollistaa kuvan muodostamisen kiinnostuksen tuoreimmasta kehityksestä.

Taulu kertoo ensinnäkin siitä, että puista talletetut EST -jaksot ovat vuoden 2005 jälkeen nopeasti lisääntyneet. Lisäys on kohdistunut kaikkiin puulajeihin, mutta määrällisesti kasvu on ollut nopeinta joissakin kuusilajeissa. Suhteellisesti, vaikka ei määrällisesti, lisääntyminen on ollut erityisen nopeaa myös eukalyptusviljelmien päälaajissa *Eucalyptus grandis*. Erityisesti tämän lajin kohdalta nousee kuitenkin mieleen kysymys siitä, onko kaikki tieto talletettu julkiseen tietopankkiin.

Puiden muuhun kuin geenimuunteluun perustuvan jalostuksen tulevaisuudennäkymiä

Professori Katri Kärkkäinen

Käynnissä olevia jalostusohjelmia toteuttamista jatketaan kaikissa taloudellisesti tärkeissä puulajeissa hyödyntäen valintajalostuksen perinteisten tekniikoiden lisäksi uusia mahdollisuuksia. Esimerkiksi Suomessa kuusen jalostuksessa valintajalostuksen eteneminen on nopeutunut ja tehostunut kloonitestauksen mahdollistuttua (Haapanen ja Mikola 2008). Tieto vanhojen viljelyskasvien valintajalostuksen pitkäaikaisesta menestyksestä yhdistettynä puiden luontaiseen laajaan geneettiseen muunteluun ennustavat valintajalostuksen kykenevän parantamaan vielä huomattavasti kasvua ja laatua ilman pelkoa luontaisen geneettisen muuntelun ehtymisestä.

Useimmissa nykyisissä jalostusohjelmissa parannetaan kasvun lisäksi ulkoista laatua ja yleistä elinkykyä (tapauksesta riippuen abioottista tai bioottista kestävyyttä). Uusia tavoitteita ovat mm. ilmastomuutoksen mukanaan tuomat uusien tautien- ja tuholaisienkestävyys, puun ulkoisen laadun lisäksi sisäinen laatu niin mekaanisen kuin kemiallisen puunjalostusteollisuuden näkökulmasta. Esimerkiksi Suomessa tärkeitä tutkimuskohteita ovat puun mekaanisen käytön kannalta tärkeät ominaisuudet (lahon ja taudinkesto, tiheys) sekä tautiresistenssi (esim. kuusen juurikääpää vastaan).

Kasvullinen lisäys mahdollistaa kloonimetsätalouden jo nykyään useilla lehtipuilla (Eucalyptus, poppeli, koivu), mutta se on tullut mahdolliseksi jo eräillä havupuillakin (esim. radiatamänty). Kloonimetsätalous mahdollistaa kasvultaan ja laadultaan parhaiden puiden massalisaamisen, ja näin lisää huomasti metsien kasvu- ja laatuodotuksia.

Kasvullinen lisäys tulee mahdolliseksi tulevaisuudessa myös kaikilla havupuilla, joilla osalla lisäyksellä pyritään käytännön jalostuksen nopeuttamiseen, metsänuudistuksen silti käyttävän pitkään siemenviljelysmateriaalia (mänty), kun taas osalla kloonimetsätalouden tulevan mahdolliseksi vaihtoehdoksi kloonitaimien hinnan laskiessa ja kloonattavan materiaalin kasvu- ja laatuhyötyjen noustessa (kuusi).

Suuret genomihankkeet: Populus (kokonaan sekvensoitu), Eucalyptus, havupuista mänty (loblolly + radiata +suomalainen) ja kuusi (white spruce, kanadalaiset plus Ruotsi ja Suomi) lisäävät puiden kasvu- laatu- ja kestävyysominaisuuksien geneettisen perustan tietämystä.

Vaikka hankkeisiin on panostettu vasta vähän, hankkeet ovat edenneet hyvin. Monien tärkeiden biosynteesiketjujen on havaittu olevan erittäin samanlaisia eri lajeilla vieläpä niin, että samojen geenien luontaisen muuntelu selittää kasvien ilmiömuuntelua eri lajeilla. Geeni- ja genomitietämykseen perustuva valinta on jo yleistä viljelyskasveilla ja hyötyeläimillä, ja sen ennustetaan leviävän myös puiden jalostukseen varsin pian (mahdollista jo poppelilla).

6.5 Geneettisen muuntelun tarjoamat uudet mahdollisuudet¹⁴

Kuten edellisissä jaksoissa on jo varsin monipuolisesti tullut osoitetuksi, haluttujen ominaisuuksien siirtäminen viljeltyyn lajikkeeseen villilajikkeesta risteyttämällä on tyypillisesti pitkä ja hankala prosessi. Nyt ollaan lähestymässä myös kasvien tapauksessa sitä osaamisen tasoa, että risteytyksin villilajikkeesta tavoitellun geenin siirto voidaan tehdä luotettavasti keinotekoisesti. Biokemiallisesti tämä tarkoittaa sitä, että DNA-jakso voidaan siirtää täsmälleen halutussa muodossa täsmälleen haluttuun paikkaan kasvin mihin tahansa kromosomiin kohtuullisin kustannuksin. Samalla voidaan kromosomista poistaa tai estää toimimasta DNA-jakso tai -jaksot, jota uusi DNA tulee korvaamaan.

Tärkeä tieteellinen läpimurto kasvien geenimuuntelussa julkistettiin keväällä 2009 (Shukla ym. 2009, Townsend ym. 2009). Uudessa täsmämuuntelussa hyödynnetään elävien solujen omia korjausentsyymejä (sinkkisorminukleasit), jotka houkutellessaan tekemään tarvittava geneettinen muutos kasvin kromosomiin. Tärkeytensä vuoksi Shukla ym. (2009) yhteenvetoa on perusteltua lainata sen alkuperäisessä englanninkielisessä asussa:

Agricultural biotechnology is limited by the inefficiencies of conventional random mutagenesis and transgenesis. Because targeted genome modification in plants has been intractable, plant trait engineering remains a laborious, time-consuming and unpredictable undertaking. Here we report a broadly applicable, versatile solution to this problem: the use of designed zinc-finger nucleases (ZFNs) that induce a double-stranded break at their target locus. We describe the use of ZFNs to modify endogenous loci in plants of the crop species *Zea mays*. We show that simultaneous expression of ZFNs and delivery of a simple heterologous donor molecule leads to precise targeted addition of an herbicide-tolerance gene at the intended locus in a significant number of isolated events. ZFN-modified maize plants faithfully transmit these genetic changes to the next generation... ZFNs can be used in any plant species amenable to DNA delivery; our results therefore establish a new strategy for plant genetic manipulation in basic science and agricultural applications.

Julkaistulla menetelmällä on siis mahdollista asettaa tietty DNA –jakso tarkasti haluttuun paikkaan kasvin perimässä. Itse asiassa menetelmässä on jo saavutettu paljon suurempi tarkkuus kuin olisi lainkaan tarpeen kasvinjalostuksessa, jossa perinteisesti aina vain parhaat jälkeläiset valitaan jatkokoon jalostusohjelmissa. Teknisesti ei olisi ilmeisesti esteitä soveltaa menetelmää myös ihmisen geeniterapiassa, jossa solun geenivirheisiin kohdistettujen korjausten on onnistuttava oikein aina erittäin suurella varmuudella (Carroll 2008). Uusilla menetelmillä muuntaminen onnistuu myös jo niin paljon suuremmalla prosenttiosuudella (jopa 4 %), että erilliset valinnan apugeenit (ks. alta) tulevat ajan myötä jäämään pois käytöstä tarpeettomina. Lähes varmasti nämä uusimmat muuntelu-

¹⁴ Tämä jakso perustuu olennaisesti Jussi Tammisolan toimittamaan aineistoon

menetelmät ovat laajasti käytössä eri kasvilajeilla vuonna 2030, puhumattakaan vuodesta 2050. Tähän mahdollisuuteen palataan raportin luvussa 11.

Aikaisemmin ei siirrettävän geenin kiinnittymispaikkaa vastaanottavan kasvin kromosomiin voitu yleisesti ottaen määrätä etukäteen, vaikka se eräissä tapauksissa oli jo mahdollista (Ow 2007). Eräillä kohdennetun geeninsiirron menetelmillä voitiin tosin kasvin omassa geenissä yhden tai muuttaman dna-emäksen jakso jo korvata halutulla toisella emäsjaksolla. Eräissä menetelmissä muuttogeeni voidaan myös ohjelmoida leikkautumaan pois kasvikkromosomista tietyissä solukoissa, jolloin sitä ei esiinny lainkaan esimerkiksi syötävissä kasvinosissa tai kasvin jälkeläisissä (Ow 2007, Geenitekniikka... 2009).

Solun kohdistetun geeninsiirron onnistumisen todennäköisyys on aiemmin ollut pieni. Niinpä ne solut, joihin siirto on onnistunut, on täytynyt ensin rikastaa solukkoviljelyalustalla. Tätä esivalintaa varten on kasviin jouduttu siirtämään varsinaisen hyötygeenin ohella myös tyypillisesti antibiootin kestävyuden apugeeni. Kun solukkoviljelmälle sitten annettu antibioottikäsittely, viljelmässä ovat pystyneet kasvamaan vain ne solut, joissa geenimuunnos on onnistunut.

Valinta solukkoviljelmässä on tyypillisesti tehty kanamysiini -antibiootilla. Riski kanamysiiniresistenssin leviämisestä luontoon on ollut yksi syy vastustaa geenimuuntelua. Kovin suurena tätä riskiä ei voi pitää. Bakteeritahan saavat resistenssigeenejä varsin helposti toisilta resistenssin kehittäneiltä bakteereilta. Lisäksi kanamysiini on myrkyllisyytensä vuoksi varsin vähän käytetty antibiootti ihmisten tai eläinten hoidossa, ja toisaalta resistenssiä sitä vastaan esiintyy jo luonnostaan varsin yleisesti bakteeripopulaatioissa (Gartland ym. 2003). Joka tapauksessa odotettavissa oleva resistenssigeenien siirron tarpeettomuus on selkeä edistysaskel.

Vaikka geenimuuntelun tarkassa kohdentamisessa on hyvin lupaavalla tavalla onnistuttu, organismien geeniohjauksessa on kuitenkin edelleen hyvin paljon huonosti ymmärrettyä. ”Mendelistinen maailma” on varsin kaukana todellisen maailman geneettisen säätelyn systeemisestä monimutkaisuudesta. Viime aikoina geenitekniikan tutkimus onkin kohdistunut erityisesti tapaan, jolla geenit RNA:nsa ja tuottamiensa entsyymien avulla säätävät toistensa toimintaa eli toisten geenien ilmenemistä (ekspressiota).

”Ei-mendelistisestä” näkökulmassa erityisen kiintoisan mahdollisuuden muodostaa RNA-häirintä. Sillä voidaan vaimentaa tai sammuttaa valitun geenin toiminta. Menetelmä palkittiin lääketieteen Nobelilla vuonna 2006. Sen avulla voitaneen esimerkiksi sammuttaa kasvien myrkykgeenejä tai jaloittaa aromivehneä vaientamalla vehnän tuoksuttomuusgeenit. Kasvinsuojelussa kasvi voidaan ehkä geneettisesti ”rokottaa” rna-jaksoilla, jotka tehoavat vain kyseiseen kasvintuhoojaan (tiettyyn virus-, sien-, bakteeri- tai tuhohyönteislajiin). Tällöin juuri tämä tuhooja ei pysty kasvia vahingoittamaan, mutta suuren tarkkuuden ansiosta torjunta ei häiritse muita eliöitä (GTN 2008, Geenitekniikka... 2009).

Tärkeää on ollut myös edistyminen tiettyjen geenien ilmenemisen estämisessä vain joissakin kasvin osissa. Varustamalla geeni sopivalla säätelyosalla se saadaan toimimaan vain halutussa kasvinosassa tai toivottuna aikana. Syötävät puuvillansiemenet jalostettiin sammuttamalla puuvillan myrkytuotanto valikoivasti vain siemenissä (Sunilkumar ym. 2006, Geenitekniikka... 2009), ja perunoilla myrkytuotantoa kannattaisi estää valikoivasti vain mukuloissa (Ginzberg ym. 2009). Suolankestävä riisi kerää maasta suolaa ja siirtää sen lehtisolujensa vakuoleihin, missä se ei kasvia haittaa (Zhao ja Zhang 2006, 2007). Sokeriruokoa jalostetaan sopivaksi selluloosaetanolin tuotantoon viemällä siihen selluloosaa hajottavan entsyymin geeni. Entsyymin tuotanto kasvissa käynnistetään vasta

muutama päivä ennen sadonkorjuuta, jolloin se ei hidasta kasvin kasvua (Dale 2007, Geenitekniikka... 2009).

6.6 Sokeriruo'on jalostaminen perinteisin ja uuden biotekniikan menetelmin¹⁵

Uudella biotekniikalla kehitettyä sokeriruoko on yksi lupaavimmista autojen biopolttoaineiden lähteistä lähivuosisikymmeninä. Näin on varsinkin, jos levien hyödyntäminen biopolttoaineena jää vähäiseksi (vrt. jakso 9.2.). Polyploidinen sokeriruoko havainnollistaa hyvin uuden geenimuunteluun perustuvan kasvinjalostuksen etuja perinteiseen jalostukseen verrattuna.

Sokeriruoko on lähtöisin Aasiasta. Nykyisin viljeltävät sokeriruokolajikkeet ovat lajiristeytymiä: viljelyruoko *Saccharum officinarum* (jonka kromosomiluku on 80) on risteytetty villin ruokolajin *S. spontaneum* (kromosomiluku 40–128):n kanssa. Sokeriruokolajikkeet ovat korkeasti polyploidisia, eli kasvin solussa jokaista peruskromosomia (10 erilaista) on useana kerrannaisena (ploidiataso on 5x–14x). Monet lajikkeista ovat jopa aneuploideja (eli eri peruskromosomeja voi olla solussa eri määrät) ja siksi usein lähes steriilejä.

Itse asiassa jo ruokolaji *S. officinarum* on alkuperältään monimutkainen lajiristeytymä, joka on saatanut saada kokonaisia kromosomeja jopa muista kasvisuvuista (*Erianthus* ja *Mischantus*).

Korkea sokeripitoisuus on peräisin *S. officinarum* -lajilta, jolla kuitenkin on monia viljelyn kannalta huonoja ominaisuuksia: se on erittäin taudinarka, eikä sillä ole ekologista sopeutumiskykyä tai viljelymenetelmässä tarvittavaa versomiskykyä. Laji pystyy yleensä selviämään vain ihmisen avulla, eivätkä sen harvat villiintyneet esiintymät pysty leviämään edelleen.

Huonojen olojen sietokykyä, elinvoimaisuutta, taudinkestävyyttä ja suurta biomassan tuottavuutta on viljelylajikkeisiin saatu villilajista *S. spontaneum*, jonka sokeripitoisuus sitä vastoin on olematon. Lajissa on paljon geneettistä vaihtelua, ja se on eräissä osissa maailmaa hankala rikkakasvi, mutta sen rikkakasviominaisuuksia ei ole siirtynyt viljeltyihin sokeriruokolajikkeisiin (OGTR 2004).

Jotta tuotannossa tärkeä sokeripitoisuus on saatu säilymään riittävän korkeana, on lajiristeytyksen jälkeläisiä jouduttu risteyttämään useita kertoja takaisin *S. officinarum* -lajin kanssa. Viljelylajikkeiden perimästä onkin 80–90 prosenttia peräisin tuosta vanhasta viljellystä ruokolajista.

Kukkiminen alentaa ruo'on sokeripitoisuutta, joten se estetään joko viljelytekniisin keinoin tai geneettisesti. Kuten yllä todettiin, monet lajikkeet ovatkin lähes steriilejä epätasaisen kromosomiluvun vuoksi. Kun elinkykyisiä siemeniä ei juuri synny, on kasvin jalostaminen risteyttämällä vaikeaa. Lisäksi sukupolvikierto on hidasta: kasvuun siemenestä täysikokoiseksi ruo'oksi kuluu aikaa jopa vuosia.

Korkea polyploidia-aste vaikeuttaa merkittävästi perinteistä kasvinjalostusta. Jos sokeriruokoon esimerkiksi tuodaan risteytyksellä väistyvästi ilmentyvä geenimuoto, sen koodaama ominaisuus ei tule kasvissa näkyviin ennen kuin jokainen kasvin jopa 14 kyseisestä vastingeenistä on korvautunut tällä jalostetulla geenimuodolla. Tällaisen onnekkaan jälkeläisen löytyminen jossain risteytyksen jälkipolvissa on tilastollisesti lähes mahdotonta.

¹⁵ Tämä jakso perustuu olennaisesti Jussi Tammisolan toimittamaan aineistoon

Sokeriruo'olla perinteinen jalostus onkin olennaisesti hitaampaa kuin monilla muilla peltokasveilla. Tyypillisesti sokeriruo'on risteytyksestä tutkitaan 100 000 siementainta, joiden joukosta sitten yritetään ajan mittaan löytää uudeksi lajikkeeksi kelvollinen yksilö (Gilbert ym. 2008). Valinta suoritetaan 4–6 vaiheessa (taulu 3), ja aikaa risteytyksestä lajikkeen liikkeelle laskuun kuluu perinteisesti 12–15 vuotta (Shanthi ym. 2008).

Taulu 6.4. Sokeriruokolajikkeen CP 00-1101 jalostuksen työvaiheet Floridassa (Gilbert ym. 2008).

Vuosi	kk	Vaihe ja valintapäätös	Geneettisesti erilaisia yksilöitä jäljellä	Työn suorituspaikka
1998	tammik.	Risteytys tehdään USDA-ARS'in sokeriruo'on koeasemalla	–	Canal Point, FL
1999	toukok.	Risteytyksen siementaimet istutetaan koekentälle	100,000	Canal Point, FL
2000	tammik.	Parhailta näyttävät taimet valitaan jatsoon (vaiheeseen 1)	15,000	Canal Point, FL
2000	marrask.	Parhailta näyttävät taimet valitaan jatsoon (vaiheeseen 2)	1,238	Canal Point, FL
2001	marrask–jouluk.	Valitaan parhaat taimet jatsoon (vaiheeseen 3)	135	4 viljelytilaa Floridassa
2003	marrask–jouluk.	Valitaan tuottavimmat yksilöt jatsoon (vaiheeseen 4) usean sadonkorjuun perusteella	14	11 viljelytilaa Floridassa
2007	syysk.	Lajike otetaan viljelykäyttöön	1	

Ensimmäisissä kahdessa vaiheessa jatsoon kelpaavat yksilöt on valittu silmämääräisesti lähinnä kasvuvoiman ja taudinkestävyyden perusteella. Myöhemmissä valintavaiheissa siementaimet on monistettu kloonaamalla ja kloonien sokeriruo'osato on korjattu 2–3 vuonna peräkkäin samalta viljelmältä. Tällöin satoisuus on otettu mukaan yhdeksi perusteeksi parhaita klooneja jatsoon valittaessa. Loppuvaiheessa vertailevat valintakokeet on ollut tärkeää järjestää toistettuna monilla eri seuduilla, sillä yksissä oloissa saadut tulokset eivät useinkaan ole yleistettävissä (Jackson & Hogart 1992).

Taulun 3 jalostusesimerkissä uuden sokeriruokolajikkeen valintatyö saatiin suoritetuksi normaalia nopeammin (9 vuodessa). Monivaiheinen ja raskas valinta on joka tapauksessa sokeriruo'on perinteisissä jalostusohjelmissä tärkein ja ehdottomasti kallein työvaihe (Hu 2007). Kun perinnölliseltä taustaltaan kirjava (heterotsygoottinen) kloonilajike risteytetään edelleen, sen onnekas geeniyhdistelmä hajoaa suvullisessa lisääntymisessä väistämättä, eikä hajonneen geeniyhdistelmän kokoaminen takaisin jälkeläispolvissa ole mahdollisesti edes tilastollisesti, käytännöstä puhumattakaan.

Erityisesti vaikeudet liittyvät ruo'on sokeripitoisuuden kasvattamiseen. Luonnonaineistoissa sokeripitoisuuden vaikuttaa suuri joukko eri genejä, joista kullakin on ominaisuuteen vain pieni vaikutus. Perinteisillä menetelmillä löydetty paljon sokeria tuottava geenien kombinaatio on todellinen onnenkantamoinen. Eri sokeriruokolajeja risteytettäessä saadaan jälkeläisiin väistämättä mukaan

myös tuhansia viljelykasvissa ei-toivottuja geenejä, joita sitten jatkoristeytyksillä yritetään ”laimentaa” pois jatkoon säästettävästä jälkeläisjoukosta. Tätä laimentamista voidaan tosin nykyisin jonkin verran nopeuttaa, jos jatkoon säästettävistä geeneistä tai niiden lähellä sijaitsevista kromosomialueista on käytettävissä dna-merkkejä, joiden avulla niiden säilymistä jatkoon säästettävissä yksilöissä voidaan seurata, eikä valintaa tarvitse perustaa vain epävarmaan kasvin ulkoasun tarkasteluun.

Yllä esitettyjä vaikeuksia kärjistää vielä edellä mainittu sokeriruo’on yleinen steriliteetti. Ei siis ihme, että sokeripitoisuus ei ole neljässä vuosikymmenessä parantunut sokeriruokolajikkeilla juuri ollenkaan, vaikka tutkimukset osoittavat, että tässä ominaisuudessa esiintyy sokeriruo’on populaatioissa kohtalaisesti perinnöllistä vaihtelua (Jackson 2005). Päinvastoin vuosina 1970–1990 Australiassa lajikkeiden sokeripitoisuus jopa laski hieman, vaikka viljelyyn jalostettiin 50 uutta sokeriruokolajiketta (OGTR 2004). Jalostuksessa onkin keskitytty lähinnä biomassan lisäämiseen ja taudinkestävyyteen.

Geenimuuntelua sovellettaessa lähdetään liikkeelle 1000 kertaa pienemmistä kasviaineistoista kuin edellä, jolloin voidaan edetä valinnassa suoraan viimeiseen tai viimeistä edelliseen työvaiheeseen. Tämä merkitsee, että geenimuuntelua sovellettaessa selvittää valinnassa monta kertaluokkaa pienemmillä aineistoilla ja hyvin paljon nopeammin. Siirretty geeni on näet kaikissa koekasveissa jo puhtaana, eikä mitään takaisinristeytysarjoja tarvita.

Hyvään tulokseen pyrittäessä ei yhden kasvin jalostaminen silti riitä myöskään geenimuuntelua käytettäessä, vaan haluttu geeni siirretään yleensä muutama kymmeneen – pariin sataan eri kasviyksilöön. Niistä sitten valitaan muutama onnistunein kasvinlaajaksi lajike-ehdokkaiksi vertaileviin kenttäkokeisiin.

Kuinka hyvin geenin toiminta vastaa jalostajan toiveita, riippuu näet osaksi myös geenin sijainnista kasvin perimässä. Siirrettävän geenin kiinnittymispaikkaa vastaanottavan kasvin kromosomissa ei useimmissa geenimuuntelumenetelmissä voida vielä määrätä ennakolta. Kasvin perimässä on toisaalta tuhansia paikkoja, joissa jalostettu geeni pystyy toimimaan hyvin. Myös geenitekniisessä jalostuksessa on siksi järkevää seuloa läpi kohtuullinen joukko koekasveja parhaiden yksilöiden (muunnostapahtumien) löytämiseksi (Tammissola 2006b).

6.7 Geenimuuntelun nykyinen ja tuleva käyttö peltokasvien kehittämisessä¹⁶

Maa- ja metsätalousministeriön työryhmä luovutti ministeriölle joulukuussa 2008 raporttinsa Maa- ja metsätalousministeriön geenitekniikkastrategia ja toimenpideohjelma vuosille 2009–2013. Raportti julkaistiin huhtikuussa 2009 (Geenitekniikka... 2009). Tässä raportissa on varsin ansiokkaasti arvioitu niitä mahdollisuuksia, joita uusi biotekniikka tarjoaa maailmalle ja Suomelle. Tässä jaksossa arvioidaan ja täydennetään raporttia peltokasvien osalta. Puiden ja eläinten kehittämistä tarkastellaan omissa jaksoissaan.

Raportin mukaan muuntogeenisten kasvilajikkeiden viljelyala maailmassa kasvaa noin 10 prosenttia vuodessa; vuonna 2008 niitä viljeltiin 125 miljoonan hehtaarin alalla 25 maassa. Muuntogeenisten kasvien tuotanto on laajinta USA:ssa, Argentiinassa, Brasiliassa, Intiassa, Kanadassa ja Kiinassa. Kasvilajeista tärkeimmät ovat soija, maissi, puuvilla ja rapsi. Pienemmällä alalla kasvatetaan geenimuunneltua papaijaa ja meloneita, ja muuntogeenisen riisin ja sinimailasen tuotanto käynnistyi

¹⁶ Tämä jakso perustuu olennaisesti Jussi Tammissolan toimittamaan aineistoon

vuonna 2006. Muuntogeeninen sokerijuurikas tuli käyttöön vuonna 2008 USA:ssa ja Kanadassa, ja sen osuus USA:n sokerijuurikasalasta oli 59 prosenttia.

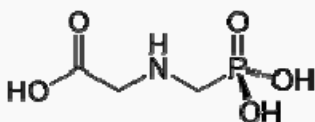
Ensimmäiset muuntogeeniset kasvilajikkeet tulivat markkinoille vuonna 1996, ja vuoteen 2007–2008 mennessä työryhmän mukaan 23 viljelykasvin 129 muunnostapahtumalle oli myönnetty 55 maassa yhteensä 615 hyväksyntää ravinnoksi, rehuksi tai viljelykäyttöön. Laajassa käytössä on niin sanottuja ensimmäisen vaiheen jalostusominaisuuksia kuten kestävyys tiettyä rikkakasvien torjunta-ainetta tai tuhohyönteistä vastaan. EU:ssa on kaupallisessa viljelyssä muuntogeenistä (koisankestävää) maissia mutta ei muita muuntogeenisiä viljelykasveja. Muuntogeenisen maissin viljelyala yhteisössä vuonna 2008 oli 107 000 hehtaaria. Muuntogeenistä maissia on kasvatettu pääasiassa Espanjassa, jossa maissikoisa aiheuttaa eniten satotuhoja ja hometoksiinien muodostumista. Espanjassa muuntogeenisen maissin viljelyala vuonna 2008 oli 79 000 hehtaaria. Tshekinmaassa, Romaniasa, Portugalissa, Saksassa, Puolassa ja Slovakiassa sen viljelyala vuonna 2008 oli yhteensä 28 000 hehtaaria.

Maa- ja metsätalousministeriön työryhmän mukaan EU:ssa on vireillä noin 500 kenttäkoehakemusta. Näistä valtaosa koskee yllä mainittuja ensimmäisen vaiheen muuntogeenisiä viljelykasvisovelluksia. Mukana on kuitenkin myös niin sanottuja toisen polven muuntogeenisiä viljelykasveja, jotka laajentavat kehitteillä olevien ominaisuuksien kirjoa. Näissä sovelluksissa on muunneltu viljelykasvien laatuominaisuuksia, esimerkiksi tärkkelyskoostumukseltaan muunneltu peruna, öljykoostumukseltaan muunneltu rapsi ja proteiinikoostumukseltaan muunneltu rehuherne. Lisäksi listalla on suoja-aineita tuottavia kasveja, kuten vasta-aineita tuottava maissi. Esimerkkeinä viljelykasveista, joiden kuivuudenkestävyyttä on parannettu geeniteknisesti, ovat peruna ja maissi.

Muuntogeenistä soijaa tuodaan useimpiin EU-maihin; kasvilla ei ole vielä viljelylupaa yhteisössä, mutta sitä koskeva hakemus on käsiteltävänä. Suomessa muuntogeenisiä lajikkeita ei ole kaupallisessa viljelyssä. EU:ssa viljelykäyttöön tähän mennessä hyväksytyt maissilajikkeet eivät sovellu Suomen kasvuolosuhteisiin, tai niihin jalostetusta ominaisuudesta ei ole täällä hyötyä (koisankestävyys). Geenin löytämisestä valmiin lajikkeen liikkeelle laskemiseen kuluu aikaa noin kymmenen vuotta, kun hyödynnetään geenitekniikan jalostuksen nykymenetelmiä. Muuntogeenisten kasvien tuotehyväksyntä on kuitenkin vielä hidasta ja kallista; geenimuuntamista sovelletaan siksi Maa- ja metsätalousministeriön työryhmän mukaan nyt kasvinjalostuksessa vain, mikäli haluttua tulosta ei ole muuten saavutettavissa.

Glyfosaatti – geenimuunnellun soijan ja eukalyptusviljelmien perusmyrkkä

Glyfosaatti



GM- muunnellun soijan kasvatuksessa ja eukalyptusviljelmillä rikkakasvien torjunta on perustunut viimeaikoina erittäin suuressa määrin Monsanto -yhtiön glyfosaatin (kauppanimeltään Roundup) käyttöön. Glyfosaattia kestävien lajikkeiden avulla rikkaruohoista on päästy eroon ilman maan muokkaamista tai vuoroviljelyä. Monsanto glyfosaattia kestävä Roundup

Ready -lajike tuli USA:ssa kaupalliseen tuotantoon vuonna 1996. Myös Zeneca -yhtiöllä on ollut myynnissä glyfosaattiin perustuva torjunta-aine.

Glyfosaattia esiteltiin torjuntakäyttöön ensimmäisen kerran vuonna 1971. Glyfosaatin laaja käyttö on perustunut siihen, että sillä ei ole havaittu haittavaikutuksia ihmiseen. Kemiallisesti glyfosaatti luokitellaan orgaanofosfaatteihin, koska se sisältää hiiltä ja fosforia. Monet orgaanofosfaatit häiritsevät organismien aineenvaihdunnan prosesseja ja erityisesti aminohappojen valmistusta. Glyfosaatin ei ole kuitenkaan havaittu häiritsevän ihmisen ja muiden korkeiden eläinten keskeisiä aineenvaihdunnan prosesseja. Sen sijaan sillä on erittäin häiritsevä vaikutus kasvien ja mikro-organismien kannalta keskeiseen aineenvaihduntaprosessiin englantinkieliseltä nimeltään ”shikimic acid pathway”. Tätä aineenvaihduntareittiä ei ole ihmisillä ja muilla korkeammilla eläimillä. Kasvi saa myrkkynä käytetyn glyfosaatin pääasiassa lehtiensä välityksellä. Lehistä se vähitellen leviää kaikkialle kasviin. Glyfosaatilla käsitellyn kasvin kaikki osat tuhoutuvat vähitellen päivien tai viikkojen kuluessa (Lähde: Glyfosaatin kansainvälinen kemikaalikortti).

Maailman lehdistössä levisi 2008 hälyttävä uutinen ranskalaisten tutkijoiden havaitsemasta Roundup -tuotteen myrkyllisyydestä ihmisluuille. Tutkimuksissa minimiannoksina käytetty valmiste aiheutti solukuolemaa ja DNA-vaurioita sekä esti soluhengitystä. Syyllinen vaikutukseen ei näytä kuitenkaan olevan itse glyfosaatti vaan aine, jolla Roundup tarttuu kasvin lehtiin.

USA:n maatalousministeriön (USDA) tilastokeskuksen (NASS) mukaan soijan viljelyala USA:ssa kasvoi vuosina 1996–2006 23 miljoonasta hehtaarista 30 miljoonaan, ja GM -soijan osuus nolasta 89 prosenttiin. Samana aikana glyfosaatilla tai sen johdannaisilla käsitelty ala kasvoi 25 %:sta 92 %:iin, ja käsitellyllä alalla hehtaariohtainen glyfosaatin kulutus lähes kaksinkertaistui 0.8:sta 1.5 kiloon. Yhden ja saman aineen laajamittainen käyttö on johtanut myrkyneistä rikkaruohojen kehittymiseen, vaikka yllättävänkin hitaasti aineen laaja ja pitkäaikainen käyttö huomioon ottaen.

Etelä-Amerikassa glyfosaattia on alettu käyttää todella suuria määriä GM -soijan viljelyyn ja eukalyptuksen suojelemaan rikkaruohoilta. Valtavien plantaasien raivaus ja varsin huonosti valvotut myrkytykset ovat heikentäneet muiden kasvien viljelymahdollisuuksia. Kymmenessä vuodessa myös hyönteismyrkkijien käyttö soijapelloilla on lisääntynyt moninkertaiseksi.

Vastaavia ongelmia kuin glyfosaattiin liittyy kasvin itsensä tuottamaan Bt -toksiiniin. Niistä lajikkeista, joihin on istutettu kasveja syöviä perhostoukkia tappavaa Bt -toksiinia tuottava geeni, valtaosa on maissia ja puuvillaa. Soijaa ei Bt -versiona ole lainkaan. Bt -lajikkeidenkin periaatteessa vähäisempi hyönteismyrkkijien ruiskutuksen tarve on osoittautunut käytännössä ongelmalliseksi, koska Bt -toksiinia kestävät tuhohyönteiset yleistyvät Bt -pelloilla ajan myötä. Perhosista on kehittynyt toksiininkestäviä kantoja. Näin on käynyt mm. Kiinassa Cornellin yliopistossa tehdyn tutkimuksen mukaan (Kauko 2007).

Massiiviset monokulttuurit ovat suotuisia ympäristöjä tautien ja tuhoeläiden massaesiintymiselle. Kauko (2007) vertaa ilmeisen osuvasti viljelyä, joka perustuu tiettyä myrkyä geenimuuntelulla kestäväan yhteen lajikkeeseen, peruslogiikaltaan Punaiseen Kuningattaren: on juostava kahdesti niin lujaa kuin jaksaa, jotta pysyisi paikoillaan. Punaisen Kuningattaren Liisa tapasi seikkaillessaan Ihmemaan Peilimaailmassa.

Paluuta vanhaan ei kuitenkaan voi pitää ratkaisuna ongelmaan. On täysi syy pyrkiä eroon vahvasta riippuvuudesta muutamaa torjunta-ainetta kestävästä lajikkeista. Tämä voi kuitenkin tapahtua paremmin entistä älykkäämmällä ja riskeistä tietoisella geeniteknikalla kuin epätoivoisella yrityksellä estää uuden tiedon käyttöä.

Keskeisiä esteitä geenimuuntelun järkevälle kehittämiselle on ollut ennen kaikkea GMO -kasvien hyväksynnän monimutkaiset menettelyt sekä geeniaineksen satunnaisen leviämisen estämiseksi kehitetyt säädökset. Tämä on johtanut Maa- ja metsätalousministeriön työryhmän (Geenitekniikka... 2009) toteamaan tilanteeseen, että geenimuuntelua käytetään kasvinjalostuksessa nyt vain, jos tulos ei ole saavutettavissa muuten kuin tällä ”polttomerkillä” leimatuilla menetelmällä.

Jaksossa 6.5. viitattujen teknisten edistysaskelien vuoksi asenteet geenimuunteluun ja erityisesti sen lähtökohdiltaan turvallisiin sovelluksiin muuttuvat olennaisesti vuoteen 2030 mennessä. Nopea asenteiden muutos voi myös liittyä esimerkiksi kasvitautiin, joka vakavasti uhkaa maailman ruokahuoltoa ja joka on perinteistä risteytysmenetelmää olennaisesti nopeammin torjuttavissa geenimuuntelulla. Erittäin hyvältä ehdokkaalta tällaiseksi uhkaksi näytti vielä pari vuotta sitten *Puccinia graminis* – ruostesienen muunnos Ug99. Ellei vehnä pysty torjumaan tätä ruostesientä, se voi tuhota 50-80 % vehnäsadosta. Kehitysmaiden vehnän viljelijät ovat sen vuoksi laajasti käyttäneet lajiketta, jossa on tietty vastustuskykyä luova geeni Sr31. Vuonna 1999 löytyi Ugandasta ruostesienikanta, joka tuhosi myös Sr31:n.

Erityisen huolestuttavalta maailman ruokahuollon kannalta näytti vuonna 2007, kun Ug99 suuria tuhoja Keniassa aiheuttettuaan levisi Iraniin uhaten suuria vehnän tuottajia Pakistania ja Intiaa. Edelleen tilanne on huolestuttava, mutta erittäin voimaperäisen vuonna 2005 alkaneen kansainvälisen panostuksen avulla, jota on johtanut International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (Icarda), on kuitenkin onnistuttu perinteisin menetelmin luomaan joitakin resistenttejä vehnäkantoja, joita on otettu käyttöön Etiopiassa ja Egyptissä. (www.icarda.org/ news September 9, 2009)

Todellisen riskin omaavien sovelluksien osalta voi vain toivoa asenteiden säilyvän tiukkana. Erityisesti biopolttoaineiden tuotantoa varten kehitteillä oleva tehokkaasti suolaisessa vedessä lisääntyvä levä muodostaa todella suuren riskin maailman ekosysteemille. Seuraavassa tarkastellaan joitakin tärkeitä kehittämissuuntia, joissa voidaan edetä geenimuuntelulla ja joihin liittyvät riskit ovat hyvin vähäisiä.

Suolan siedon parantaminen

Noin 98 prosenttia maailman vesivaroista on suolaista merivettä. Neljäsosa maapallon maa-alasta on suolapitoista, ja suolaantuminen vähentää maailman kasteltua viljelyalaa 1–2 % joka vuosi (FAO 2002).

Rannikoiden läheisyydessä voisi olla mahdollisuuksia käyttää suolaista vettä kasvien viljelyssä – jos vain viljelykasvit pystyisivät siihen sopeutumaan. Suolan ohella merivesi sisältää myös runsaasti kaikkia kasvien tarvitsemia mikro- ja makroravinteita, joista pelloilla on usein puutetta.

Ensimmäiset kasvilajit kasvoivat merissä ja olivat kaikki sopeutuneita korkeaan suolapitoisuuteen. Niiden edeltäjiä olivat levät, joiden alkumuodot loivat edellytyksen nykyisen kaltaiselle elämälle maapallolla. Levillä on ilmeisesti ollut mm. keskeinen vaikutus ilmakehän happipitoisuuden asettumiseen nykyiselle tasolle. Suolaisessa ympäristössä selviämisen kyvyn kasvit menettivät myöhemmin, kun evoluutio tuotti maakasveja. Nykyisistä maakasvilajeista vain prosentti pystyy kas-

vamaan ja lisääntymään suolaisilla mailla, eikä meriveden suolapitoisuutta niistäkään kestäisi kuin muutama laji. Maailman tärkeät viljelykasvit eivät suolaa siedä.

Taulussa on esitetty maaperän luokittelu sen suolaisuuden perusteella. Suolaherkillä kasveilla (papaja, mango ja banaani) haittoja ilmenee jo EC_e –arvolla 2, kun taas suolankestävillä kasvilajeilla (kookospalmu, tamarindipuu) haittoja kasville havaitaan vasta EC_e –arvolla 8–10 (FAO 2005). Sokeriruo’olla haitat alkavat EC_e –arvoa 2 suuremmilla pitoisuuksilla. Arvolla 8 satotaso on jo pudonnut noin puoleen (Farifteh ym. 2008).

Taulu 6.5. Maan perinteinen suolaisuusluokitus sähköjohtavuusarvon EC_e perusteella (Farifteh ym. 2008).

Suolaisuusluokka	EC_e (dS/m)	Vaikutukset kasviin
suolaton	< 2	suolaisuuden vaikutukset mitättömiä
lievästi suolainen	2–4	sato vähenee hyvin herkillä kasveilla
keskisuolainen	4–8	sato vähenee monilla kasveilla
vahvasti suolainen	8–16	kohtuullinen sato saadaan vain suolankestävillä kasveilla
äärimmäisen suolainen	> 16	kohtuullinen sato saadaan vain harvoilla, hyvin suolankestävillä kasveilla

Puolikuivilla alueilla mm. Brasiliassa esiintyy yleisesti kasteluvesiä, joiden suolapitoisuus on korkea (Blanco ym. 2008). Näitä puolikuivia alueita sekä mahdollisesti suolaantuneita meren ranta-alueita voitaisiin käyttää melko tuottavasti monien kasvien ja erityisesti sokeriruo’on kasvatukseen, kunhan kasvista olisi käytettävissä suolankestäviä lajikkeita.

Suolansietävyyttä ollaan jalostamassa viljelykasveihin geenitekniikan avulla, siirtämällä niihin suolankestävyyden geenejä luonnon suolaa sietävistä kasvilajeista. Suolankestävyyden geenejä on löydetty ja eristetty puhtaana muun muassa merikilokista ja mangrovelajeista.

Myös villiriisin yhdestä kromosomista on paikannettu kromosomialue, joka antaa villiriisille kohtuullista suolankestävyyttä siementaimivaiheessa. Perinteisen jalostuksen keinoilla (risteyttämällä) tämä kromosomialue on onnistuttu siirtämään useisiin viljeltyihin riisilajikkeisiin (Fredenburg 2007). Tällainen melko lievä suolansieto-ominaisuus voi auttaa riisin viljelyssä niillä mailla (esim. Pakistanissa), joissa suola on ongelmana vain tilapäisesti riisin siementaimivaiheessa, meren tulvien jäljiltä, ja suola huuhtoutuu sitten pois nopeasti monsuunisateiden ansiosta. Myöhemmissä kasvuvaiheissa esiintyvät suolapitoisuudet ovat usein paljon suurempia, joten riisikin tarvitsisi vahvempia suolansietogenejä.

Mikäli kyse on yhdestä geenistä, ja jos tuo geeni onnistutaan eristämään, se voidaan siirtää myös sokeriruokoon lisäavuksi. Vahvemman suolankestävyyden geenejä ilmeisesti kuitenkin tarvittaisiin myös sokeriruo’olla.

Merikilokki (*Suaeda salsa*) kasvaa suolamailla, jopa Aral-järven kuivuneella pohjalla. Sen suolankestävyysgeeni on eristetty puhtaana ja jalostettu riisiin, tomaattiin ja soijaan Kiinassa (Shangdongin yliopisto). Lajikkeet puhdistavat maaperästä suolaa ja keräävät sen lehtiinsä. Kasvissa suola kuljetetaan lehtisolujen jätepusseihin (vakuolit), joissa se ei haittaa solun toimintaa (Zhao ym. 2006, Zhao & Zhang 2007).

Intiassa taas on M.S. Swaminathanin tiedesäätiön (ks. jakso 6.9) tutkimuksissa eristetty suolankestävyysgeeni jokisuistojen murtovedessä kasvavasta mangrovepuusta, ja kestävyysgeeni on jalostettu tärkeisiin riisilajikkeisiin. Uutistietojen mukaan ne ovat viljelykokeissa sietäneet suolavesiä, jotka ylittävät meriveden suolapitoisuuden. (Srivastav 2004).

Mainittujen kahden lajikejalostukseen tuodun suolankestävyysgeenin lisäksi tutkimuksissa on löytynyt toistakymmentä muuta geeniä, joilla on vaikutusta koekasvien suolankestävyyteen (Zhao & Zhang 2007). Jotkut näistä geeneistä saattaisivat osoittautua käyttökelpoisiksi suolankestävyyden jalostamisessa sokeriruokolajikkeisiin.

Suolankestäviä viljoja kehitetään, mutta vaikeudet niiden käytännön hyväksynnässä ovat suuria, kuten oheinen koonnos osoittaa.

Tuloksia ja kokemuksia maaperän suolaisuutta kestäväällä geenimuunnellulla vehnällä tehdystä kasvatuskokeesta (Terry 2007)

Australian maatalousministeriö myönsi koeviljelyluvan noin hehtaarin suolaantuneella alueella tällaista maaperää paremmin kestäväälle tarkoitettulle vehnälle (*Triticum aestivum* L.). Siirrettävä geeni oli Ornithine aminotransferase (oat geeni) *Arabidopsis thaliana* –kasvista. Siirron onnistumista varmennettiin siirtämällä myös antibioottiresistenssigeeni Cyanamide hydratase (*cah* merkki-geeni)

Koe suoritettiin alkuvuodesta 2006. Verrattuna verrokkiryhmään paikallisesti viljellystä vehnasta samoissa olosuhteissa geenimuunnellut vehnälaadut tuottivat siementä 23 % enemmän.

Paikalliset viljelijät eivät hyötäneet Gorriginin alueella Grain Biotech Australian tekemästä kokeesta. Alueella oli voimassa päätös, jolla geneettisesti muunneltujen kasvien kaupallinen viljely on ollut kielletty vuoteen 2009. Yrityksen kehitysjohtajan Alan Toughin mukaan vaikean hyväksyttämismenettelyn vuoksi hankkeen kaupallistaminen olisi vaatinut vuoteen 2010 saakka vuotuista 2 milj. € rahoitusta, jota ei järjestynyt. Rahoitusta olisi tarvittu kolmivuotisiin kenttäkokeisiin, joiden pohjalta Australian Wheat Board olisi voinut luokitella vehnälaadun. Tämän jälkeen olisi vielä tarvittu lupa ruokaturvallisuudesta vastaavalta Food Standards Australia and New Zealand -virastolta. Nämä vaiheet arvioitiin olennaisesti kalliimmiksi kuin itse lajikkeen kehittämisprosessi, joka sekin vaati siemenen leviämistä estävien turvatoimien vuoksi paljon enemmän varoja kuin perinteisellä tavalla tehty kasvatuskoe.

Vaikeuksien vuoksi Grain Biotech Australia hakeutui yhteistyöhön ranskalaisen partnerin kanssa suolankestävyyden parantamiseksi perinteisin menetelmin.

Typen sidonnan kehittäminen

Typen sidonnan kehittämisen lähtökohtana ovat bakteerit, jotka sitovat ilmasta typpeä kasville käyttökelpoiseen muotoon. Näitä bakteereja on varsinkin hernekasvien (englanniksi legume plants suvut *Fabaceae* ja *Leguminosae*) juurinystyröissä.

Paitsi, että viljakasveilla ei ole typensidontaominaisuutta, viljakasvit pystyvät yleensä käyttämään vain alle puolet annetusta lannoitetypestä. Loppu lannoitteesta joutuu ilmaan, pohjaveteen ja vesistöihin. Sokeriruoko pystyy hyödyntämään lannoitteiden tyypestä lauhkeilla alueilla yleensä 20–40 % mutta kosteassa tropiikissa vain noin 6 % (Meier ym. 2006)

Geenimuuntelulla pyritään kehittämään viljakasveja, jotka pystyvät itse sitomaan tehokkaasti ilma-kehän tyypeä juuristossaan. Kuten hernekasveilla yhteyttäminen tapahtuisi luotettavimmin kasvin juurinystryöissä symbioosissa nystyräbakteerien kanssa. Tutkimuksissa on edistytty niin, että kasvien juurinystryöiden kehittämiseen vaikuttavia geenejä on jo löydetty, ja geenikokeissa nystyrättömiin kasvilajeihin on saatu kehittämään juurinystryöitä ilman nystyräbakteerien apua. Sovelluksiin, kuten tarvitsemansa typen ilmasta sitoviin viljakasveihin, voi kuitenkin olla matkaa vielä vuosia, kenties vuosikymmeniä.

Jalostuskokeissa vehnälle, riisillä, ohralla, maissilla ja rapsilla on toistaiseksi kaikissa kohteena sama kasvin typpitaloutta parantava geeni. Tämä geeni tehostaa kasvin kykyä ottaa typpi-yhdisteitä maasta juuristonsa. Näin maassa oleva typpi tulee tarkemmin hyödynnetyksi, ja siitä joutuu vähemmän hukkaan. Tämä vähentää typpilannoituksen tarvetta ja ympäristön saastumista.

Typpipihejä lajikkeita viljeltäessä typpipitoisuudet maassa pienenevät, mikä parantaa typensitojabakteerien viihtymistä. Tällaisilla sokeriruokolajikkeilla olisi siten parhaat edellytykset myös biologisen typensidonnan hyödyntämiseen.

Kenttäkokeissa tyypeä säästäviksi jalostetut rapsi ja maissi ovat osoittautuneet tehokkaiksi. Typpipihi muuntogeeninen rapsi tuottaa saman sadon kuin perinteinen, mutta typpilannoitetta kasvi tarvitsee vain kolmasosan tavanomaisesta. Uudella geenimuunnellulla maissilla taas puolet vähäisempi typpilannoitus riittää normaaliin satotasoon ylittämiseksi. Sama tulos on saatu ensimmäisillä typpipiheiksi jalostetuilla riisilinjooilla. Näitä riisejä jalostetaan Afrikkaa varten – ja samalla riisilajikkeita kehitetään suolaisella vedellä kastelua sietäviksi (MNT 2008).

Typpipihien viljalajikkeiden saattamisen kaupalliseen viljelyyn on arvioitu vievän 8-10 vuotta. Sokeriruo'on tapauksessa edistymisen saattaa olla hieman viljakasveja hitaampaa myös geenitekniikkaa sovellettaessa. Pienten siemen- tai solukkoviljelytaimien kasvamiseen arviointivaiheeseen (kaksi peräkkäistä sadonkorjuuta) voi sokeriruo'olla kulua vuosia.

Kuivankestävyyden jalostaminen

Kun ilmasto lämpenee, pula makeasta vedestä muodostaa monilla maailman tiheästi asutuilla yhä vaikeamman ongelman. Tarve viljelmien kasteluun lisääntyy. Kuumilla ja kuivilla alueilla perinteiset kastelumenetelmät johtavat usein maan suolaantumiseen. (FAO 2007b).

Kasvien kastelun vähentyessä vähenisi myös maiden suolaantuminen. Kuivankestävät kasvilajikkeet tuottaisivat normaalisadon pienemmällä veden kulutuksella. Eräs kuivankestävyyden tyyppi auttaa kestäämään satunnaisia kuivuuskausia vahingoittumatta. Sato ei niillä romahtaisi, kuten nykyisillä lajikkeilla, vaan kasvit toipuvat kuivuuskauden jälkeen nopeasti ennalleen.

Kuivankestävyyttä on ryhdytty jo jalostamaan useilla viljelykasvilajeilla. Viljelykokeita on käynnissä mm. maissin ja riisin kuivankestävillä linjoilla, ja kuivankestäviä lajikkeita testataan monissa jalostusohjelmissa myös esimerkiksi vehnällä, puuvillalla ja rapsilla. Toistaiseksi niillä on saavutettu 10–40 prosentin satoparannuksia kuivuuden oloissa. Ensimmäisiä lajikkeita odotetaan viljelyyn 4-5 vuoden kuluessa.

Eräässä jalostusohjelmassa vehnään tuotiin kuivankestävyyden geeni ohrasta Egyptissä. Geeni eristettiin ja siirrettiin kasviin puhtaana geenitekniikalla. Muita ohran geenejä ei vehnään siis siirtynyt, kuten olisi tapahtunut perinteisiä jalostusmenetelmiä käytettäessä.

Wiljelykokeissa vehnän kastelutarve väheni kahdeksasta kerrasta yhteen Egyptissä. Tällaista kuivankestävää vehnää voidaankin alkaa viljellä myös monilla vähäsateisilla alueilla, joissa kastelujärjestelmiä ei ole käytettävissä.

Kasvien vedenkäytössä – haaskauksessakin – ovat tärkeässä asemassa lehtien ilmaraoet. Ilmarakojen toimintaa ja muodostumista on alettu ymmärtää, jolloin niitä voidaan alkaa säädellä uudella jalostuksella. Tuloksena saattaa olla uudenlaisia kuivankestäviä kasvilajikkeita. Suomalaistutkijat (mm. prof. Jaakko Kangasjärvi, HY) ovat mukana tässä kasvitieteen läpimurrossa (Vahisalo ym.2008).

Suurin osa maailman kasveista on yhteyttämisjärjestelmältään ns. C3-kasveja, jotka tuottavat viileissä ja kosteissa oloissa hyvin. Kuumiin ja kuiviin oloihin ne eivät ole sopeutuneita, sillä niillä ei ole lehdistään (kemiallista) hiilidioksidin varastointijärjestelmää. Ne joutuvat siksi ottamaan hiilidioksidia lehtiinsä yhteyttämistä varten ”reaaliajassa” päivän kuumuudessa, joten ne haaskaavat vettä – sitä haihtuu avoinna olevista ilmaraoista. Paremmiin paahteeseen ovat sopeutuneita C4-kasvit, jotka lataavat yhteyttämiseen tarvittavan hiilidioksidivaraston lehtiinsä jo yöllä (hiilidioksidi tallennetaan kemiallisesti), jolloin veden haihtuminen ilmaraoista on vähäisempää (von Sengbush 2008).

Suuri kansainvälinen tutkimuskoalitio onkin kehittämässä riisistä C4-kasvia, jolloin se käyttäisi vettä kaksi kertaa tehokkaammin ja sen satotaso nousisi 50 prosenttia. Aikaa tähän tarvittaneen noin vuosikymmenen (IRRI 2009). Mm. sokeriruoko ja maissi ovat C4-kasveja jo luonnostaan.

Peruna ja bataatti mahdollisuuksina suomalaiselle geenimuuntelulle

Peruna näyttäisi tarjoavan ainakin lähitulevaisuudessa parhaat mahdollisuudet peltokasvien geenimuuntelulle Suomessa. Perunaa viljellään klooneina, jotka eivät käytännössä voi lisääntyä luonnossa muuten kuin kasvullisesti mukuloiden välityksellä. Perunan erikoisasemasta kertoo se, että valtioneuvoston syksyllä 2009 antamassa esityksessä laiksi muuntogeenisestä kasvintuotannosta (HE 246/2009 vp) on erityinen ”perunapykälä” 6. Siinä määrätään viljelyn suojaetäisyys geenimuunnellun perunan, tavanomaisesti tuotetun perunan ja luomutuotetun perunan välille. Suomalaiset eivät toistaiseksi kuitenkaan ole joitain varhaisia kokeiluja lukuun ottamatta ole soveltaneet geneettistä muuntelua perunan kehittämiseen. Boreal Oy on tosin tehnyt koetiljelyä geneettisesti muunnellulla tarkkelysperunalla.

Perunan ja sitä muistuttavan bataatin (*Ipomoea batatas*) nykyistä merkitystä maailmassa on tarkasteltu jaksoissa 7.9 ja 7.10. Perunan kehittämisessä geenimuuntelulla voi tulkita olevan kaksi päälinjaa. Toisessa kehitetään perunaa ravintokasvina. Koska perunan lisääntymistä luonnossa voidaan erittäin hyvin hallita, peruna voi kuitenkin olla myös ”kasvualusta” monenlaisille geenimuuntelun sovelluksille. Tältä kannalta on myös hyvä, että geenimuunneltujen perunoiden viljelylle on nyt selkeät pelisäännöt lainsäädännössä.

Ensimmäistä sovellusten päälinjaa edustaa perunan rutokestävyyden kehittäminen. Toisen linjan ensimmäiseksi merkittäväksi sovellukseksi voi tulkita tarkkelysperunan tuottamisen.

Peruna ja bataatti ovat olleet erityisen tärkeitä ravintokasveja köyhimmälle väestölle niin pohjoisessa kuin etelässä. Peruna on 1800-luvun lopulta lähtien pelastanut vaikeina aikoina monen suomalaisen ja venäläisen nälältä. Tropiikissa samanlainen merkitys on ollut bataatilla eli makealla perunalalla. Perunan ja bataatin vitsauksena ovat olleet sieni- ja virustaudit, jotka iskiessään voivat pudottaa sadon jopa kymmenesosaan normaalista. Tällainen tauti on perunarutto, joka aiheutti miljoonien ihmisten kuoleman Irlannissa 1845-1849. Katastrofin aiheuttajasantä (late blight disease) ei ole vie-

lääkään voitettu, vaikka taudin leviämistä on opittu torjumaan toistuvien ruiskutuksien. Niillä torjutaan sienitiöiden tarttumista perunan lehtiin ja varsiin.

Luonnollisiin ensimmäisiin kohteisiin perunan geenimuuntelulle on kuulunut perunan rutokestävyuden parantaminen. Siitä onkin edistytty. Jo 1950-luvulta lähtien tutkijat ovat tunteneet meksikolaisen perunansukuisen villilajikkeeseen, jolla on olennaisesti parempi myöhäisen perunaruton kestävyys kuin perunalla. Se on kehittänyt rutokestäväyytensä olosuhteissa, jotka ovat olleet erityisen suotuisia ruttosienen menestykselle.

Rutokesto ei ole monista yrityksistä huolimatta pystytty siirtämään risteyttämällä villilajikkeesta perunaan. BASF-yhtiön patentoimilla geeninsiirroilla se on onnistunut. Vaikutus on saatu aikaan siirtämällä kaksi geeniä, joiden vaikutustapa on hyvin erilainen. Toisen geenin välittämä mekanismi on kasveille yleinen puolustusreaktio. Kudos tartuntakohdan ympäriltä kuolee pysäyttäen taudin etenemisen. Tätä täydentää toinen mekanismi, joka tavallaan varmentaa tulosta. Kaksi erilaista ”puolustusgeeniä” lisää olennaisesti torjuntatavan pysyvyyttä, koska yhden puolustusmekanismin voittava geneettinen muunnos tautisienessä ei vielä riitä taudin puhkeamiseen. (Lähde: Farmers Weekly Interactive <http://www.fwi.co.uk/>, www.defra.gov.uk/environment/gm/regulation/consents/index.htm)

Ruotsissa, Saksassa ja Hollannissa tehdyt kasvatuskokeet ovat osoittaneet, että BASF:n kehittämällä lajikkeilla on erittäin hyvät rutokesto-ominaisuudet. Ruiskutuksista ruttoa vastaan on kokeiluissa voitu luopua sadon alenematta. BASF:n edustajien mukaan sienitiöiden torjunnasta ruiskutuksien ei ole kuitenkaan syytä täysin luopua, koska kokonaan luopumalla lisätään mahdollisuuksia puolustusmekanismien voittavien mutaatioiden synnylle.

Rutokestävyyttä parantavat puolustusmekanismit näyttävät riittävän siihen, että suoja säilyy seuraavaan satokauteen, eikä kontrolliruiskutuksia tarvita. Tätä kuten myös taudinkeston pitkäaikaisuutta kuitenkin testataan edelleen Englannissa tehtävillä kokeilla. Ruiskutuksia ilmeisesti joka tapauksessa edelleen tarvitaan muiden tautien ja tuholaisten torjuntaan.

On arvioitu, että uudet rutokestävät perunalajikkeet olisivat valmiit markkinoille vuoden 2015 vaiheilla. Markkinoille tulon ja siellä menestymisen kannalta ratkaisevia eivät kuitenkaan ole lopultaakaan tekniset viljelymahdollisuudet, vaan kuinka kansalaiset Euroopassa ja muualla maailmassa hyväksyvät uudet geenimuunnellut lajikkeet.

Perunaa ravintoaineena on kehitetty myös sen proteiinipitoisuutta ja vitamiinien tuottoa (erityisesti A-vitamiini) lisäämällä. Intialaiset tutkijat ovat parantaneet perunan ravintoarvoa vilja-amarantista siirretyllä proteiinigeenillä. Geenin löysi Kansallinen kasviperimän tutkimuskeskus New Delhissä Intiassa. Perunaan lisätty vilja-amarantin proteiinigeeni tuottaa ravitsemuksellisesti korkea-arvoista proteiinia. Vilja-amarantti on Etelä-Amerikan muinainen viljakasvi, jota viljeltiin yleisesti ennen eurooppalaisten tuloa. Geeni lisää perunoiden proteiinipitoisuutta 40 prosentilla ja parantaa ihmiselle välttämättömien aminohappojen (lysiini, metioniini) saantia (BMJ 2003 326:1351) <http://www.bmj.com/cgi/content/extract/326/7403/1351>).

Suomi ei kuulu maailman johtaviin ruokaperunan tuottajiin kuten jaksosta 7.9. selviää eli meillä ei ole tässä suhteessa mitään erityisiä etuja puolellamme ”ravintolinjalla” edettäessä. Suomalaisen tutkijoiden suuntautumisen perusteella suomalaisilla saattaisi olla mahdollisuuksia toimia ”ravintolinjalla” kahdella alueella:

- taudeista vapaan siemenperunan tuotannossa perunan lehtien meristeemiosista (Valkonen 2009) sekä

- geeneiltään hyvin huonosti tunnetun bataatin kehittäjinä(Cuellar ym. 2009).

Bataatin kehittäminen voisi tapahtua osana kehitysyhteistyötä ja myöhemmin ehkä myös kaupallisessa mielessä. Menestys bataatin hyödyntämisessä ei perustu pelkästään sen geenien hyvään tuntemukseen. Kyse olisi myös taidoista viljellä bataattia ja hallita informaatiota jakeluketjuissa. Yhdeksi suomalaiseksi vahvuudeksi voi muodostua perunaan ja bataattiin liittyvien jakeluketjujen hallinta tietotekniikalla. Taudittomien siemenperunoiden ohella tehokkaiden viljelymenetelmien hallinnan puute, huonot varastot ja huonosti toimivat jakeluketjut ovat edelleen suurena ongelmana monessa kehitysmaassa kuten Tansaniassa.

Perunan geenit tunnetaan jo varsin hyvin. Tästä kertoo se, että siitä on tallennettu jo noin 400 000 EST –jaksoa NCBI:n kansainväliseen geenitietopankkiin (ks. jakso 6.3). Perunan perimä on systemaattisesti kartoittamassa tieteellinen konsortio, johon osallistuu tutkimuslaitoksia kaikista johtavista perunaa tuottavista maista: Argentiinasta, Brasiliasta, Kiinasta, Chilestä, Intiasta, Irlannista, Alankomaista, Uudesta Seelannista, Puolasta, Perusta, Venäjältä, Englannista ja Yhdysvalloista (Christian Bachem 2008). Bataatin geenit sen sijaan tunnetaan varsin huonosti. NCBI:n tietokannasta löytyi kesällä 2009 vain yksi sen EST -jakso.

Ravintoaineena kehittämisen tärkeydestä huolimatta ”kasvualustalinja” voi osoittautua ainakin Suomessa ”ravintolinjaa” keskeisemmäksi tavaksi soveltaa geenimuuntelua perunaan. On myös mahdollista, että ruttoa hyvin kestävät perunalajikkeet otetaan ensimmäiseksi käyttöön muuna kuin ihmisten tai eläinten ravintona eli tärkkelyksen tuotannossa teollisuudelle.

Perunatärkkelys sisältää kahta tyyppiä: amylopectiini- ja amyloositärkkelystä. Monissa teknisissä sovelluksissa kuten paperi- tekstiili- ja liimateollisuudessa vain amylopectiini on tarpeellista. Kahden tärkkelystyyppien erottaminen toisistaan on kuitenkin epätaloudellista. BASF-yhtiön geneettisellä muuntelulla kehittämä Amflora –peruna tuottaa pelkästään amylopectiiniä. Amflora merkitsee olennaista säästöä teollisen tärkkelyksen tuotannossa parantaen myös tuotteiden kuten laatua. Mm. paperin kiiltoa (gloss) ja musteen tartuntaa voidaan parantaa.

Amforan koeviljelyssä on kiinnitetty erityistä huomiota Amfora-perunan selvään erottumiseen ravinnoksi käytetystä perunasta, vaikka se Euroopan Ruokaturvallisuusviraston (European Food Safety Authority EFSA) arvion mukaan on ihmisille ja eläimille yhtä turvallinen kuin tavallinen peruna. Amforan viljely tapahtuu vain sopimusviljelynä erillään muusta perunanviljelystä.

Euroopan kolme tärkeintä tärkkelyksen tuottajaa - hollantilainen AVEBE, saksalainen Emsland ja ruotsalainen Lyckeby - vetosivat yhteisessä kannanotossaan keväällä 2008 Euroopan komissioon geenimuunnellun tärkkelysperunan hyväksymiseksi kaupalliseen viljelyyn. Yritysten arvion mukaan Amfora merkitsisi kustannusten säästönä noin 100 miljoonan euron etua alan teollisuudelle ja sopimusviljelijöille.

”Kasvualustalinjalla” edettäessä peruna läheisine sukulaisineen tarjoaa todella laajan valikoiman kasveja, joista uusia ominaisuuksia voidaan hakea. Vain seitsemää perunalajiketta käytetään nykyisin ravintona, vaikka tarjolla on yli 240 villilajiketta (Valkonen 2008). Lisäksi geeninsiirrot ovat helpommin hyväksyttävissä ei-ravintosovelluksissa muista lajeista, joiden kanssa peruna ei risteydy. Itse asiassa suomalaiset ovat jo päässeet hyvään alkuun ”kasvualustalinjalla”. Suomalaiset tutkijat ovat tunnistaneeet perunassa proteiinin (angiotensin converting enzyme 1 ACE), jolla on verenpainetta alentava vaikutus (Mäkinen ym. 2008)

6.8 Geenimuuntelun nykyinen ja tuleva käyttö puiden kehittämisessä

Geeninsiirtotutkimuksia on puilla tehty vielä varsin vähän. Menetelmän mahdollisuuksia on tarkasteltu vielä lähinnä tauti- ja tuholaisresistenssin, puun laadun ja kasvun suhteen joko ”pakottamalla” luontaisia geenejä yliaktiivisuuteen, hiljentämällä joitakin omia geenejä tai tuomalla muissa lajeissa hyödyllisiksi havaittuja geenejä parantamaan tiettyä ominaisuutta. Näiden lähestymistapojen lisäksi keskustellaan mahdollisuuksia tuottaa uusia ominaisuuksia (kemikaaleja tms.) geenitekniikan avulla. Nykyään taloudellinen panostus geeninsiirtotutkimukseen puilla varsin pieni, ja se on keskittynyt yksityispuolelle valtiollisen rahoituksen sijaan (Kärkkäinen 2009).

FAO:n vuoden 2003 joulukuussa tekemässä kartoituksessa (Chaix ym. 2004) tutkimusten lukumäärällä mitaten ylivoimainen suku geenimuuntelukokeiluissa oli *Populus* 47 %:n osuudella. Männyn (*Pinus*) osuus kokeiluista oli 19 % ja eukalyptuksen 7 %.

Ensimmäisiä sovelluskohteita ovat olleet kasvimyrrykyjen ja hyönteisten kestävyys (Chaix ym. 2004). Glyfosaatille kestävät lajikkeet on onnistuttu kehittämään ainakin kahdelle poppelilajille, eukalyptusviljelmien pääalajille *Eucalyptus Grandis* ja myös tropiikissa viljellylle *Pinus Radiata* – männylle. Viimeksi mainittuun ja kuuseen (*Picea Alba*) on myös siirretty *Bt* -geeni. Haapaan *P. tremula* x *P. tremuloides*, on siirretty geenejä, jotka ovat tehneet ne vastustuskykyisiksi useille hyönteislajeille.

Geenimuuntelulla on myös pyritty muuntelemaan puiden ligniiniä tavoitteena sellun valmistuksen tehostaminen. Tavoitteena on ollut vaikuttaa entsyymeihin, jotka osallistuvat vaikeasti sellun valmistuksen yhteydessä käsiteltävän ligniinin muodostukseen puissa. Muita puiden geenimuuntelun kokeilujen kohteita ovat Chaix ym. (2004) mukaan olleet poppeleiden ja koivujen taudinkestävyyden parantaminen sekä tehostettu kuusen ja poppeli-puiden tehostettu typen käyttö.

Maa- ja metsätalousministeri työryhmäraportin (Geenitekniikka... 2009) mukaan mainittuja lajikkeita ei kuitenkaan ole vuonna 2009 kaupallisessa viljelyssä paria poikkeusta lukuun ottamatta. Kaupallisia geenimuuntelun sovelluksia on työryhmän mukaan syntynyt toistaiseksi vain kaksi: viruskestävä papaija Havaijilla ja hyönteiskestävä poppeli Kiinassa.

Suomalaiset ovat olleet edelläkävijöitä kukkimattomien puiden kehittämisessä geenimuuntelulla. Kukkimattomat koivut, joiden koealoja bioterroristit (tai turvallisuusaktivistit) hävittivät Suomessa 2003, edustavat selkeästi vastuullista linjaa puiden geeniteknisessä kehittämisessä. Nehän eivät voi hallitsemattomasti siemenillään levittää geenimuunneltua kantaa. Allergiasta kärsiville kukkimattomat koivut olisivat todellinen edistysaskel kaupungeissa. Lisäksi kukkimattoman koivun ei tarvitse kuluttaa energiaansa siementen tuotantoon, jolloin puun tuotantoon jää enemmän resursseja. Suomalainen Ekosäätiö myönsikin vuonna 2004 hyvillä perusteilla vuotuisen ympäristöpalkintonsa kukkimattoman koivun kehittäjille. Koivun lisäksi kukkimattomuutta on kehitetty myös poppeliin siirretyllä geenillä. Tämä geeninsiirto johti kukkimisen vähenemiseen 90 %:lla poista (Chaix ym. 2004).

Puiden kehittäminen geenimuuntelulla tarjoaa mitä ilmeisimmin ainakin kaukaisemmassa tulevaisuudessa suuria mahdollisuuksia vastuullisesti kukkimattomilla puilla toteutettuna. Myrkyjen sietämisestä, josta on vain vähän hyötyä suomalaisten puiden kehittämisessä, pitäisi päästä todella monipuolisiin sovelluksiin sekä puun määrän, laadun että sen teollisen käsittelyn – mm. etanolin tuo-

tannon – edistämiseksi. Samalla on täysi syy suhtautua epäillen eukalyptuksen kasvun edistämiseen kehittämällä sen glyfosaatin sietoa geneettisellä muuntelulla.

6.9 Geenimuuntelun nykyinen ja tuleva käyttö tuotantoeläinten kehittämisessä

Eläinten kehittäminen geeninsiirroin on tuottanut siihen ryhtyneille toistaiseksi pääasiassa petty- myksiä lukuun ottamatta lääketieteen sovelluksia. Vaikka kaikista tärkeimmistä kotieläinlajeista on tuotettu muuntogeenisiä eläimiä joko biolääketieteellisiin sovelluksiin (hoitoproteiinien tuotto ja elinten/kudosten luovutus) tai tuotannon tehostamiseen (tuotoksen lisääminen, tautien vastustusky- ky), kaupallisessa tuotannossa ei kuitenkaan ole tällä hetkellä yhtään sovellusta. Uuden biotekniikan sovellutukset eläinten kehittämiseen tulevat maa- ja metsätalousministerin työryhmän mukaan lähi- tulevaisuudessa todennäköisesti painottumaan muihin uuden biotekniikan menetelmiin kuin geenin- siirtoihin. (Geenitekniikka... 2009).

Ilman geneettisesti muunneltuja koe-eläimiä lääketieteen nopea kehitys parin viime vuosikymme- nen aikana ei olisi kuitenkaan ollut mahdollista. Esimerkiksi kasvainten tutkimisen kannalta hiiret, joihin on siirretty geenejä tai joiden jotkut geenit on vaiennettu, ovat olleet erittäin tärkeitä. Muun- togeenisten eläinten kehittämiseen liittyvät eettiset ongelmat ja yleisön vastustus ovat sen sijaan es- täneet muuntogeenisten eläinten käytön lihan tai muunnettujen eritteiden tuotantoon (mm. maitoon tuotetut lisäaineet).

Laktoferriiniä tuottaneiden geenimuunneltujen nautojen kohtalo Kuopiossa on hyvin kuvaava vallit- sevien asenteiden ja käytäntöjen kannalta (Kuusi 2004).

Nykyajan noitarovio?

Laktoferriini (LH) on nisäkkäiden maidossa esiintyvä rautaa sitova proteiini, joka suojaa bak- teeri-, sieni- ja virusinfektioilta. Lehmän maidossa LH:ta on vain noin 0,1 g/l, kun sen pitoi- suus ihmisen äidinmaidossa on noin 1,5 g/l. LH:n ”antibioottimainen” vaikutus perustuu eri- tyisesti sen kykyyn sitoa bakteerien ja muiden mikrobien rautaa. Pharming -yrityksen siirto- geenisissä lehmissä ihmisen LH -geeni oli ohjattu ilmentymään maitorauhaseen. Näin geeni- tuote (LH) erittyi maitoon noin 3 g/l pitoisuuksissa. Laktoferriini tekee lehmän maidosta enemmän äidin maidon kaltaista, ja sillä voitaisiin mahdollisesti suojella pieniä lapsia suolis- ton infektoilta. Ne ovat kehitysmaissa yksi keskeinen lapsikuolleisuuden syy.

Laktoferriinin runsas esiintyminen äidinmaidossa sekä sydänleikkausten yhteydessä tehdyt testit tukevat käsitystä, että se ei ole terveydelle vaarallista. Se on mahdollisesti tärkeä proteiini erityisesti kehitysmaiden terveydenhoidossa. Tosin se voi myös tehdä äidinmaidon vasti- neen hokuttelevammaksi. Näin se saa äitejä luopumaan imetyksestä liian varhain, mikä on suuri ongelma kehitysmaissa.

Pharming -yritys joutui hankkeessaan konkurssiin. Kuopiossa kasvatetut siirtogeeniset lehmät jouduttiin teurastamaan. Geenitekniikan lautakunnan yleisluonteisen kannan mukaan kaikki geneettisesti muunnellut eläimet ovat ongelmajätettä. Kyseiset lehmät jouduttiin myrkyttä- mään ja polttamaan ongelmajätteenä ongelmajätelaitoksessa. Tässä yhteydessä välitettiin myös tieto, että teurastamot eivät teurasta geenimuunneltuja eläimiä.

Ei ole mitään luonnontieteellistä perustetta sille, että siirtogeenisiä LH -lehmä ja hiehoja käsi- tellään ongelmajätteenä. Niiden käsittely tällaisena jätteenä tuki niiden rinnastamista tiedotus- välineissä ”hullun lehmän tautia” sairastaviin BSE -nautoihin. Ei ole myöskään perusteita sil-

le, etteikö laktoferriini kelpaisi ihmisravinnoksi saati turkiseläinten ravinnoksi. Siirtogeenisissä lehmissä LH -geenin ilmentyminen on ohjattu maitorauhaseen, joten maito ja kudoksista ainoastaan maitorauhanen sisältävät tätä proteiinia. Näin ollen ruho, maitorauhasta lukuun ottamatta, ei sisällä ihmisen LH:ta.

Kaikki käytöstä poistetut geneettisesti muunnellut organismit on määritelty ongelmajätteeksi, Lisäksi siirtogeenisten lehmien ei ole sallittu liikkuvan ulkona. Tämä perustuu yleisperiaatteen, että geneettisesti muunneltuja organismeja ei saa päästää luontoon. Luonnontieteelliseltä kannalta tämä on yhtä perusteetonta kuin ko. nautojen käsittely ongelmajätteenä.

6.10 Vihreästä vallankumouksesta Iktivihreään vallankumoukseen

Vihreä vallankumoukseksi kutsuttu viljelytekniikoiden paraneminen on 1960-luvun lopulta lähtien radikaalisti tehostanut maatalouden tuottavuutta väkirikkaissa kehitysmaissa. Vihreän vallankumouksen isäksi on varsin hyvillä perusteilla ristitty intialainen M.S. Swaminathan. Itsenäistymisliikkeeseen aktiivisesti osallistunut ja Mathama Gandhin oppeihin vahvasti sitoutunut Swaminathan päätyi opiskelemaan Intiassa biotieteitä. Swaminathan väitteli vuonna 1952 tohtoriksi Cambridgen yliopistosta genetiikasta ja kasvinjalostuksesta. Palattuaan Intiaan vuonna 1954 hän toimi UNESCO:n tehtävissä eri puolilla maailmaa mm. Meksikossa.

Vuonna 1966 Swaminathan oli Indian Agricultural Research -instituutin johtaja New Delhissä. Hän pyrki yhdistämään uusinta biotiedettä ja gandhilaisia oppeja. Swaminathan käytti aikaansa vierailuilla viljelijöiden luona etsien keinoja viljelyn tuottavuuden parantamiseen. Hän totesi, että lannoitamisesta ei ollut paljon apua, koska se johti viljan lakoontumiseen. Rockefeller- säätiön avulla Swaminathan löysi ja kehitti edelleen kääpiökasvuista lajiketta, joka oli risteytys japanilaisesta ja meksikolaisesta vehnälajista. Tämä lajike oli sekä tuottoisa että lyhyt ja lujakortinen. Tällä viljalajilla ja lyhytkasvuisella riisilajikkeella, jonka kehittämiseen Swaminathan myöhemmin keskeisesti vaikutti taiwanilaisen tutkimuslaitoksen johtajana, mahdollistettiin Vihreä vallankumous erityisesti Intiassa ja Kiinassa.

Kahdessa vuodessa Swaminathanin japanilais-meksikolainen lajike nosti Intian vehnän tuotannon 10 miljoonasta tonnista 18 miljoonaan tonniin. Vuonna 1980 tuotanto oli jo 80 miljoonaa tonnia. Väestönkasvun vuoksi uhanneen nälänhädän torjuntaan ei olisi kuitenkaan päästy pelkästään kasvien perimää tehokkaasti hyödyntäen. Ainakin yhtä tärkeää on ollut viljelymenetelmien kehittyminen. Menestyksen on katsottu seuranneen erityisesti seuraavista toimintaperiaatteista:

- Perimältään parannetut lajikkeet. Erityisesti otettiin käyttöön pienikokoisempia mutta satoisia viljalajikkeita, jotka kestivät paremmin kasvitauteja.
- Alettiin käyttää tehokkaammin lannoitteita ja kasvinsuojeluaineita
- Lisättiin merkittävästi keinokastelua patoamalla vettä sadekausien aikana ja käyttäen pohjavettä.
- Siirryttiin useampiin satoihin samalta alueelta vuoden aikana. Erityisesti vehnä otettiin käyttöön toisen sadon antajana.
- Otettiin käyttöön tehokkaampaa sadonkorjuutekniikkaa.
- Rakennettiin teitä ja muuta tuotteiden jakelua helpottavaa infrastruktuuria.

Erityisesti ajanjaksona 1965-1980 Vihreä vallankumous merkitsi edistymistä maailman ravinnontuotannossa ja paransi selvästi nopeammin maailman ravintotilannetta kuin mitä väestönkasvu vaikeutti ongelmaa. Intiassa vuonna 1979 yli 79 % vehnästä, 35 % riisistä ja 20 % ohrasta viljeltiin uu-

silla lajikkeilla (Ganquly 2005). Vuoden 1980 jälkeen kehitys on kuitenkin merkittävästi hidastunut, vaikka Vihreä vallankumous on jatkanut etenemistään alkuperäisten innovaatioidensa varassa. Kasvilajien kehittäelyssä ei enää päästä paljon eteenpäin perinteisin valintaan ja risteytykseen perustuvien menetelmin.

Vielä vuoteen 1990 oli selvästi nähtävissä, että hyödyt kasvinjalostuksesta kohdistuivat myös kaikista huono-osaisimpiin. Vihreää vallankumousta voi pitää keskeisenä perusteena sille, että FAO:n tilastojen mukaan aliravitsemuksesta kärsivien määrä aleni maailmassa vuoden 1970 noin 900 miljoonasta vuoden 1990 noin 800 miljoonaan samaan aikaan, kun maailman väestö lisääntyi noin 2,6 miljardista noin 4,1 miljardiin. Vuonna 2003 aliravittujen määräksi kuitenkin arvioitiin jälleen 842 miljoonaa, eli ravinnontuotanto ei ole enää täysin kyennyt vastaamaan väestönkasvun haasteeseen. Näin siitä huolimatta, että väestönkasvu on prosentuaalisesti hidastunut.

Yksi maailman ja erityisesti Intian ruokatilanteesta huolestunut on ollut. Swaminathan. Hän on edelleen yli 80-vuotiaana merkittävä vaikuttaja Intian maatalouden kehittämisessä. Vuonna 2006 Intia alkoi jälleen tuoda viljaa ulkomailta vientiä enemmän oltuaan Vihreän vallankumouksen ansiosta yli 30 vuotta viljan nettoviejä. Tilanne on muodostumassa erittäin huolestuttavaksi, vaikka Intian maatalouden osuus maan kansantuotteesta on laskenut alle 40 %:n. Maan köyhän valtaväestön toimeentulo riippuu maataloudesta, josta saa toimeentulosta edelleen noin kaksi kolmannesta Intian väestöstä.

Jo vuonna 2004 tehdyssä haastattelussa Swaminathan varoitti Vihreän vallankumouksen hiipumisesta ja maatalouden tuottavuuden alenemisesta. Samalla määrällä typpilannoitetta jolla aiemmin kyettiin tuottamaan 20 kg viljaa, saatiin Intiassa viljasatoa enää 12-13 kg. Tämä johtui Swaminathanin mukaan monista syistä kuten makean veden – erityisesti pohjaveden - saannin vaikeutumisesta, tehottomista veden keruusta ja kastelujärjestelmistä, hivenaineiden puutteesta ja maan ravinnetasapainon järkkymisestä.

Ratkaisuksi Swaminathan näki entistä tieteellisemmin johdetun maatalouden. Tästä osaamisperusteisesta vallankumouksesta hän käytti nimeä ”Ever green revolution”, Ikivihreä vallankumous. Nimi viittaa erityisesti siihen, että tämän vallankumouksen tulisi olla kestävä kehityksen mukainen toisin kuin Vihreän vallankumouksen jotkut muodot. Tehokkaan neuvonnan avulla on varmistettava, että maaperä sisältää tarvittavat ravinteet, kastelu käyttää tehokkaasti vesiresursseja ja kasvatettaviksi on valittu sopivat lajikkeet. UNESCO:n ekoteknologia-hankkeen puheenjohtajana ja gandhilaisena ajattelijana Swaminathan on myös aktiivisesti hakenut synteisiä luonnonmukaisen viljelyn ja uuden biotekniikan kesken. Yhdessä tuoreessa puheenvuorossaan hän totesi panneensa ilolla merkille, että kansainvälinen luomuviljelyjärjestö on hyväksynyt geenimerkkien käytön viljelykasvien kehittämisessä.

Edellä mainittujen lisäksi keskeisiä asioita Ikivihreässä vallankumouksessa tulisi Swaminathanin mukaan olla viljojen ja hernekasvien yhdessä viljely, uudet riisi- ja maissilajikkeet, uudenlaiset hedelmäpuut sekä karjankasvatuksen ja kasvien kasvatuksen parempi yhteensovittaminen. Swaminathan on yhteistyössä erään maaseudun kehittämisakatemian kanssa käynnistänyt kunnianhimoisen hankkeen, missä jokaiseen Intian kylään koulutettaisiin nainen ja mies edistämään kestävä maataloutta. Lähimpänä haasteena on veden tehokkaampi käyttö. Lähes 70 % Intian viljelijöistä on sato-tuloksensa osalta riippuvainen sateista puutteellisten kastelujärjestelmien vuoksi.

Swaminathanin mukaan elimellinen osa uutta vallankumousta tulisi joka tapauksessa olemaan geneettisen muuntelun käyttö, vaikka se ei yksinään ratkaise ongelmia. Puheenvuorossaan nuorisolle syyskuussa 2007 intialaisessa Birla Institute of Technology and Science (BITS) (www.prlog.org)

tutkimuskeskuksessa Swaminathan innosti kuulijoitaan Ikivihreään vallankumoukseen ottaen kantaa myös ilmastonmuutoksen haasteisiin.

Viitaten Kansainvälisen ilmastopaneelin havaintoihin Swaminathan katsoi, että geenitekniikalla voitaisiin suojautua merien pinnan nousua vastaan sekä parantaa kasvien suolan ja kuivuudenkestävyyttä. Vehnästä voidaan tehdä olennaisesti tuottavampi ja riisin ravintoarvoa voidaan parantaa. Hänen mukaansa on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää, että uudistukset tehdään gandhilaisessa hengessä, tukeutuen ei massatuotantoon vaan massoihin tuottajina.

Swaminathanin hahmottelemassa Ikivihreässä vallankumouksessa julkisilla voittoa tavoittelemattomilla tutkimuslaitoksilla tulisi olla keskeinen rooli. Niiden tulisi riistää johtoasema geneettisessä muuntelussa Monsanto –yhtiön kaltaisilta uuden geenitekniikalla rahastajilta, jotka ovat paljolti pilanneet uuden geenitekniikan maineen. Hyvä esimerkki nyt tarvittavista tutkimuslaitoksista on Swaminathanin vuonna 1988 perustama voittoa tavoittelematon tutkimuslaitos M. S. Swaminathan Research Foundation (MSSRF). Tutkimuslaitoksen tavoitteita ovat köyhien ja naisten aseman parantaminen sekä luonnonsuojelu.

Geneettisen muuntelun sovelluksena tutkimuslaitoksessa on käynnissä hanke, missä mangrove-puun ferritin –geeniä pyritään siirtämään riisiin. Raudan puute ravinnossa on maailmassa vakava ongelma, josta on arvioitu kärsivän noin 30 % maailman väestöstä. Jo kehitetty transgeeninen riisilaatu sisältää riisin jyvässä merkitsevästi enemmän rautaa kuin lähtökohtana ollut riisilaji. Oheisessa koonnoksessa on tuore uutinen Intiasta, joka selkeästi tukee Swaminathanin tavoittelemaa Ikivihreää vallankumousta.

Tärkeä hernekasveja koskeva uutinen Intiasta

(<http://www.icrisat.org/Media/2009/media4.htm>)

Hernekasvit (englanniksi legume plants) kuuluvat sukuihin *Fabaceae* tai *Leguminosae*. Ne ovat yksi suurimmista kukkivien kasvien heimoista noin 650 suvulla ja yli 18000 lajilla (Wikipedia 2009). Heimolle ominainen hedelmätyyppi on palko, ja heimoon kuuluvia kasveja sanotaan myös palkokasveiksi. Hernekasveilla on kaksi tärkeää ominaisuutta, jotka tekevät ne erityisen tärkeiksi maailman tulevaa ravinnontuotantoa ajatellen:

Hernekasvien juurinystyröissä on bakteereja, jotka sitovat ilmasta typpeä kasveille hyödyllisessä muodossa.

Ilmeisesti runsaan typen saannin tuloksena hernekasvit tuottavat poikkeuksellisen paljon proteiineja.

Heimoon kuuluu useita tärkeitä viljelyskasveja: soija, herneet, apila, lupiini, kikherneet ja linssi. Erityisesti pääasiassa vain kasvisravinnon varassa eläneille hernekasvit ovat olleet erittäin tärkeitä. Varsinkin Intiassa niiden merkitys ravinnossa on ollut hyvin suuri. Väestön köyhimmän osan proteiinin saannissa erityisen tärkeä kasvi on ollut kyyhkyherne (*Cajanus Indicus*, pigeonpea). Jopa runsaat 2 % Intiassa syödystä proteiinista on ollut peräisin tästä kasvista. Tämä hernetyyppi selviää hyvin kuivissakin oloissa eli alle 650mm vuotuisella sademäärällä.

Hernekasvien jalostuksen kannalta keskeinen ongelma on ollut, että ne ovat itsepölytteisiä. Niitä on ollut hyvin vaikea kehittää lajien välisin risteilytyksin. Tämä osaltaan selittää sitä, että hernekasveista ja varsinkin soijasta on kehittynyt geeninsiirtojen kärkituote. Geenimuuntelusta on toistaiseksi ollut eniten hyötyä tautien ja tuholaisien torjunnassa.

Eri hernelajeja risteyttämällä ei ole onnistuttu luomaan kaupallisesti menestyneitä hybridilajeja. Intialaisessa ICRISAT tutkimuslaitoksessa on kuitenkin 30-vuotisen kehitystyön tuloksena onnistuttu kehittämään kyyhkyherneen hybridi Pushkal, jolla näyttäisi olevan hyvät mahdollisuudet kehittyä todella merkittäväksi uudeksi viljelylajiksi. Uusi hybridilaji tuottaa kyyhkyhernettä 40 % enemmän kuin paikalliset lajikkeet. Uutta lajiketta on heti lähdetty kehittämään eteenpäin myös geenimuuntelulla. Kehitteillä on ICRISAT:ssa ollut transgeeninen hernelaji, joka on resistentti pahaa tuholaista pod boreria (*Helicoverpa armigera*) vastaan. Intian Hyderabadissa ovat käynnissä viljelykokeet tällä GM –kasvilla.

M. S. Swaminathan on verrannut Pushkalin kehittämistä niihin 1960-luvulta alkaneen Vihreän Vallankumouksen kannalta ratkaiseviin edistysaskeleisiin eli lyhytkortisiin vehnään ja riisiin.

IV BIOTUOTANNON GLOBAALIT VALINNAT

7 Ruokatuotannon globaalit visiot, maankäyttö, tehokkuus ja haasteet¹⁷

Tässä osassa tullaan esittämään yleiskuva maatalouden maankäytöstä globaalilla tasolla noin 12 tärkeimmän raaka-aineentuotannon osalta, joista osa kuten kaura, edustaa laajemmin omaa tuotantokasviryhmiään. Tuotannon tehokkuus kuvataan tuotantotasoina tuotteiden tärkeimmissä tuotantomaisissa. Tämän lisäksi kuvataan tärkeimmät maataloustuotteiden tuontivirrat. Tähän tarkasteluun käytetään pääosin FAOSTAT:in aineistoa.

Suomi-Brasilia näkökulman kannalta nostetaan erillistarkasteluun eläintuotteiden osalta, pihvieläintuotanto, broilerituotanto, sianliha, maidontuotanto ja kasvit tuotteiden osalta soijantuotanto, maissintuotanto, kaura (pohjoisena viljaesimerkkinä), riisi, peruna ja bataatti sekä cassava (maniokki). Mukana on tuotteita joita kasvatetaan Suomessa ja globaalisti ja niiden vaihtoehtotuotteita, joita meillä on mahdollista kasvattaa. Mukana on myös globaaliin markkinatalouteen liittyviä ja toisaalta pienviljelyn tuotteita.

Tuotteiden ympäristövaikutuksista ilmastomuutosarvio perustuu joihinkin arvojen yhteydessä esitettyihin julkaisuihin ja muiden kohdalla MTT elintarvike-ekologiaryhmän asiantuntija-arvioon. Luvut eivät siis edusta mitään täsmällistä tuotantoaluetta tai tekniikkaa vaan pyrkivät antamaan yleiskuvan kyseisen tuotteen ilmastovaikutustasosta tai sen vaihteluväleistä. Veden merkitys ympäristön kannalta on kahtiajakoinen. Yhtäällä puhdas vesi on resurssi, joka globaalilla tasolla on niukkuutta, ja joka resurssina tulee arvioida ja arvottaa. Tässä raportissa vesijalanjäljet on poimittu suoraan kansainvälisiltä sivuilta <http://www.waterfootprint.org/?page=files/home> Toisaalta vesi on resurssi joka voi saastua. Veteen kohdistuvien päästöjen vettä pilaava vaikutus kuuluu elinkaarianalyysin perinteisiin arviointikohteisiin. Vesien pilaantuminen on paikallinen ilmiö, eikä sitä sen tähden ole otettu mukaan tähän raporttiin.

Ensimmäisenä käydään läpi lihan ja maidon tuotanto. Lihan tuotanto on ollut kasvussa koko maailmassa; vuosien 1995–2006 aikana kasvoi sianlihan tuotanto 32 % ja samaan aikaan naudanlihan tuotanto 13 % (FAO 2007). Kiinan ja Intian kulutuksen kasvu on ollut myös maailmanlaajuisen ruoan hinnannousun taustalla. Lihantuotannon trendinä on kokonaismäärän kasvun lisäksi ollut siipikarjanlihan tuotannon kasvaminen vieläkin enemmän kuin sian- ja naudanlihan. Vuosien 1995–2006 aikana siipikarjanlihan tuotanto kasvoi 55 %.

Liha-ala on yksi tärkeimmistä Euroopan unionin maatalouden aloista (Agricultural Statistics 2009). Neljän tärkeimmän lihalajin – naudanlihan, sianlihan, siipikarjanlihan ja lampaan-/vuohenlihan – osuus on neljännes maataloustuotannon kokonaisarvosta. Puolet kaikista EU:n maataloista harjoittaa kotieläintaloutta. 90 prosenttia viljelijöistä, jotka kasvattavat märehitöitä (nautakarjaa, lampaita ja vuohia), on erikoistunut kotieläintuotantoon.

Talouden taantuman takia lihan kulutus on hieman notkahtanut ja hinta laskenut. Tuotanto kuitenkin kasvaa ja maailmanmarkkinahintojen on arvioitu pysyvän alhaalla. EU:ssa eri lihalaatujen kehityssuunnat ovat erilaisia: taantuman vaikutukset ovat kohdentuneet naudanlihaan ja kulutus on siirtynyt siipikarjanlihaan. Sianlihan tuotantoa on laskenut sikainfluenssan aiheuttama pelko taudin leviämisestä lihan välityksellä. Vaikka taantuma on hidastanut lihankulutuksen kasvua, vuotuisen kulutuksen on arvioitu nousevan kehittyvissä maissa 0,7 kg/hlö ja kehittyneissä maissa 0,2 kg/hlö

17) Luku on Sirpa Kurpan kirjoittama.

vuonna 2010. Kulutuksen on arvioitu tuplaantuvan vuoteen 2050 mennessä vuoden 2000 tasosta. Ympäristövaikutukset olisi siis saatava puolitettua, jottei kuormitus kasvaisi nykyisestä tasosta.

Suomalaiset söivät vuonna 2008 lihaa yhteensä 76,7 kiloa henkeä kohden. Määrä on puoli kiloa enemmän kuin vuonna 2007. Eniten kasvoi siipikarjanlihan kulutus. Siipikarjanlihaa syötiin 18,5 kiloa ja kulutus kasvoi 0,9 kiloa eli noin 5 prosenttia edellisvuodesta. Siipikarjanlihaa syötiin ensimmäisen kerran enemmän kuin naudanlihaa, jota kulutettiin 18,2 kiloa. Sianlihaa syötiin 35,3 kiloa henkeä kohden. Kokonaiskulutus vuonna 2008 oli 76,7 kiloa henkeä kohti, kun mukaan lasketaan riista ja syötävä elimet.

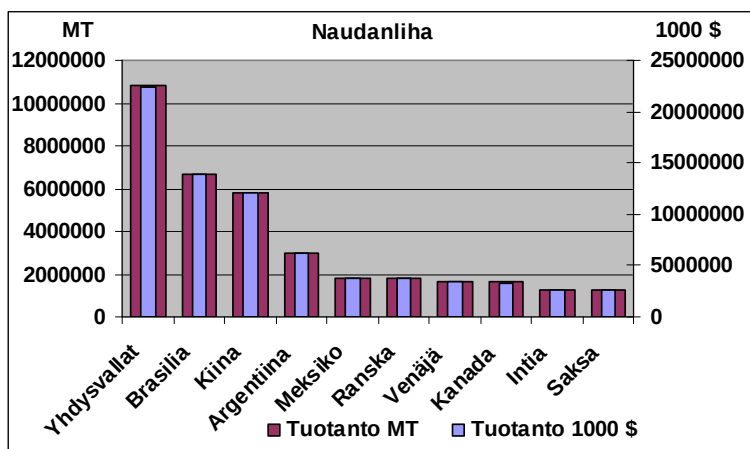
7.1 Pihviliha

Suurin pihvilihan tuottaja on edelleen Yhdysvallat, seuraavina Brasilia ja Kiina (Kuva 7.1.). Suomessa pihvilihan tuotanto on muutaman kymmenen erikoistuneen viljelijän varassa.

Suurimmat pihvilihan viejät määrällisesti ovat Brasilia ja Australia. Näitä puolet vähemmän vievät USA ja Uusi-Seelanti. Eurooppalaisia pihvilihan viejiä ovat etenkin Hollanti, Saksa, Ranska ja Italia: määrällisesti vienti on pienempää mutta kilohinta jopa puolet korkeampi kuin Brasiliassa tai Australiassa. Pohjoisilla leveysasteilla karjankasvatus on kalliimpaa ja vaatii suuria investointeja, jotka näkyvät hinnassa. Brasiliassa karja laiduntaa alun perin sademetsään raivatulla laidunmaalla, jonka kustannukset ovat huomattavan alaiset ja eläinten ruokinta on edullista.

EU:ssa komissio ennakoi naudanlihan hintojen pysyvän suunnilleen ennallaan, sianlihan laskevan hieman ja siipikarjanlihan nousevan hieman. Suomessa ei olekaan painetta laskea naudanlihan hintaa vaan nousun on arvioitu olevan n. 5 % tänä vuonna.

Kuva 7.1. Naudanlihan tuotanto vuonna 2007 (FAOSTAT)

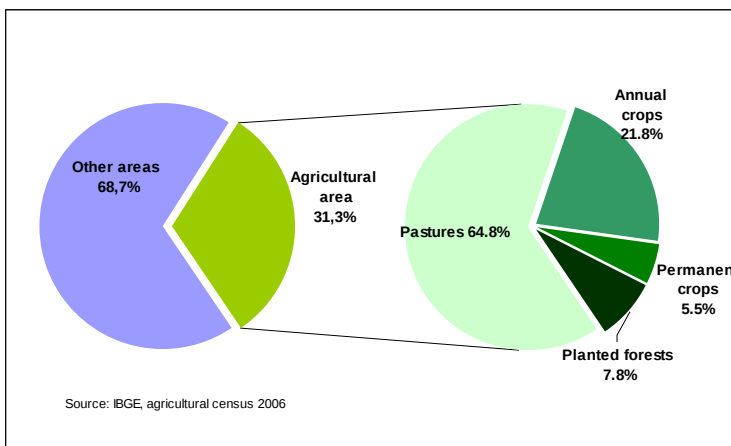


Maankäyttö

Karjankasvatus on suurin yksittäinen ihmisen maankäyttöä määräävä tekijä. Maatalouteen tarvittavasta maasta karjanpidon osuus on 70 % ja kaikesta maapallon maa-alasta 30 %. Noin 20 % laituksista on pilaantunut ylilaiduntamisen talletantumisen ja eroosion takia. Varsinkin kuivilla alueilla ylilaiduntaminen on yleistä koska karjankasvatus on usein ainoa elinkeino alueen ihmisille. Samaan aikaan maitotalouteen liitettynä yksi yksittäinen lihanauta voi turvata perheen vuoden lihan tarpeen.

Kasvatettavien nautojen ominaisuudet laji-, rotu- ja tyyppitasolla vaihtelevat äärimmäisen paljon. Naudat ovat sopeutuneet hyvin erilaisiin olosuhteisiin, erittäin kuumille alueilla ja toisaalta äärimmäisen kylmiin olosuhteisiin, esimerkkinä Siperian nauta. Nautojen ruokinta ja erityisesti laiduntaminen vaihtelee rajusti. Uusiseelantilaiset naudat laiduntavat kaistasyöttönä yleensä hyvin tuottavia laidunalueita. Laidunmaat ja rehuntuotanto valtaavat maa-alaa etenkin Etelä-Amerikassa. Brasilialaisia nautoja käytetään hyväksi uusien alueiden valtaamiseen Keski-Brasilian cerrado- ja Amazonian reuna-alueilla. Brasiliassa nimenomaan pihvikarjan kasvatus käyttää lähes 65 % maatalouden pinta-alasta. Afrikan kuivilla alueilla eläimet hankkivat ruokansa hyvin niukoista ravintolähteistä ja liikkuvat vapaina. Siperiassa naudat liikuskelevat ikeiroudan päällä, koska varsinainen laidunkausi on vain pari kuukautta. Mutta lihanautoja kasvatetaan myös hyvin intensiivisellä ruokinnalla; koko elämänsä pilttuuseen kytkettyinä. Lihantuotannon rakenne vaihtelee suuresti. Amerikkalaiset, brasilialaiset, australialaiset ja uusiseelantilaiset karjakoot ovat hyvin suuria useita satoja jopa useita tuhansia nautoja per karja.

Land use in Brazil



Kuva 7.2. Brasilian maankäyttö (Lähde: Celia Fortes Ferreira, ppt-esitys, Eduskunta 8.10.2009 ja www.agricultura.gov.br)

Ympäristövaikutukset

Karjankasvatus on yhteydessä tavalla tai toisella lähes kaikkiin ympäristöongelmiin: ilmastonmuutokseen, metsien häviämiseen, biodiversiteetin vähenemiseen, eroosioon ja veden saastumiseen sekä riittävyyteen (Steninfeld H. et al. 2006).

Karjankasvatus aiheuttaa globaalilla tasolla n. 18 % ilmastonmuutosta aiheuttavista kasvihuonekaasupäästöistä (CO₂ ekv), osuus on suurempi kuin liikenteen (Steninfeld et al. 2006). Paljon suurempiakin lukuja on esitetty, mutta jossain määrin perusteetta, Suomessa naudakarjan kasvatuksen vastuu ilmastomuutoksesta jää noin 5 % paikkeille. Globaalilla tasolla suurimmat päästölähteet karjankasvatuksessa liittyvät metsien muuttamiseen laidunmaiksi, eläimien ruuansulatuksesta aiheutuvaan metaaniin ja lannasta aiheutuvaan typpioksiduuliin. Myös ympäristön happamoitumisen aiheuttava ammoniakki on 64 % peräisin karjankasvatuksesta.

Naudanlihan hiilijalanjälki vaihtelee yleisimmin välillä 20-24 kg (CO₂ ekv / 1 kg). Se on lähes 2-4 kertaa suurempi kuin muiden eläinten lihan hiilijalanjälki. Naudanlihan päästöistä suurin osa johtuu metaanista, jota muodostuu pötsissä ja sitä tulee huomattavasti myös lannasta. Lisäksi naudanhuhjen tuotantoketjulla on suuri vaikutus hiilijalanjälkeen.

Pihvikarja on runsaasti vettä vaativa tuotantomuoto. Maailman väestöstä 2/3 tulee kärsimään veden puutteesta. Karjankasvatukseen ja rehuviljaan käytetään 8 % kaikesta ihmisen käyttämästä vedestä. Naudanlihan vesijalanjälki on korkea noin 15 500 l /kg naudanhuhjaa.

Lihantuotannon päästölähteitä ovat lanta ja laidunmailta eroosioin mukana kulkeutuneet maa-ainekset sekä antibiootit ja hormonit, erilaiset kemikaalit rehuntuotannosta kuten kasvin suojeleaineet. Kasvatuksen tehokkuus ja eläintuotannon eettisyys (luonteenomaisen käyttäytymisen suosiminen) ja maankäytön tehottomuus (jopa ryöstölaidunnus) herättävät kritiikkiä. Jännite tuottajamaassa syntyneiden sosiaaliset ongelmien ja tuojamaan halvan hinnan välillä kärjistyy. Avainasemassa muutoksessa ovat tuotantoeläinten jalostusohjelmat, laidunalueiden resurssien käyttöstrategian muuttaminen ja veden riittävyyden ottaminen huomioon.

Biodiversiteetti

Maatalousbiotoopit ovat kehittyessään muodostaneet monimuotoisen lajiston, joka on vaarassa köyhtyä laiturien hylkäämisen takia lähinnä vanhoilla perinnekulttuurialueilla Euroopassa. Karjantuotannon edellyttämän laidunmaan biodiversiteetti on muun pelto- ja puutarhaviljelyn biodiversiteettiä parempi. Lajien häviäminen jatkuu maatalousympäristöissään kuitenkin kiihtyvällä vauhdilla ja ekosysteemien toiminnan vaarantuminen on kasvanut. Karjatalous saattaa on globaalilla tasolla aikaisemmin oletettua suuremmassa vastuussa tästäkin ympäristöongelmasta, nimenomaan metsäkatojen, ilmastonmuutoksen edistämisen ja vesistöjen saastumisen kautta, joilla kaikilla on välillinen vaikutuksensa lajien häviämiseen. Myös uhanalaiset petoeläimet ovat joissakin tapauksissa metsästysuhanalaisina vaarassa laiturien lähistöllä. Biodiversiteettivaikutus on siten varsin tilannesidonnainen.

Sosiaaliset ongelmat

Karjankasvatukseen liittyy monia sosiaalisia ongelmia. Ympäristöongelmat ja ilmaston lämpeneminen koskevat kipeimmin kehitysmaihin ja niiden köyhiin ihmisiin. Alkuperäisasukkaita häädetään

Etelä-Amerikassa asuinsijoiltaan karjan rehuksi tuotetun soijan viljelyn vuoksi. Heille ei jää muuta vaihtoehtoa kuin muuttaa suurkaupunkien slummeihin, joissa elannon hankkiminen on vaikeaa. Ylikansalliset yhtiöt varaavat parhaat plantaasit omille tuotteilleen ja paikalliselle ruoantuotannolle ei jää sen tarvitsemaa peltoalaa.

Keinoja ympäristöongelmien ratkaisemiseksi

Koska karjatalouden haittavaikutukset ympäristölle ovat niin merkittävät, on tuotannon tapoja muutettava. Varsinkin väestönkasvu ja ruokailutottumusten muutokset ovat tulevaisuudessa lisäämässä lihankulutusta. Vastakkain ovatkin kuluttajien vaatimukset ja luonnonvarojen kestävä käyttö. Ongelmaan on mietitty ratkaisuja ja keinoja onkin löydetävissä.

Koska lihakilon tuottaminen vaatii monikertaisesti vettä ja energiaa verrattuna kasvisruokakilon tuottamiseen, olisi lihan kulutuksen vähentäminen ja kasvisruokavalioon siirtyminen tehokas keino haittojen vähentämiseksi (Carlsson-Kanyama & Gonzáles 2009). Terveysvaikutukset olisivat huomattavat, koska liharuoka on yhteydessä moniin sairauksiin ja väärin ruokailutottumuksiin kuten pikaruokaan. The Lancet onkin julkaissut artikkelin, jossa lääkärrien järjestöt varoittavat ilmastonmuutoksen vaaroista terveydelle ja ravitsemukselle etenkin kehitysmaissa ja toteavat samalla mahdollisuudet parantaa myös terveyttä vähentämällä lihansyöntiä (Jay & Marmot 2009). Kasvispainotteisella, vilja- ja palkokasveja sisältävällä ruokavaliolla voitaisiin ilmastopäästöjä vähentää kuluttajan toimesta jopa viidesosaan tinkimättä ravitsemuksellisesta sisällöstä (Kurppa 2009).

Koska kasvisruokavalioon siirtyminen on kuitenkin vielä ollut melko pienimuotoista, kestävään karjankasvatukseen on löydettävä keinoja. Ensimmäinen kysymys on: maksetaanko luonnonvaroisista niiden oikea hinta. Maankäyttö, vesivarat ja karjan laiduntama ravinto eivät näy oikeassa mittasuhteessa lopputuotteen hinnassa. Varsinkin ylilaidunnus on tavallista ja vesivarat ovat alihinnoiteltuja. Uusia laitumia voidaan heikosti valvotuissa oloissa helposti hakata mm. sademetsästä. Myös valtioiden maksamat tuet vääristävät kilpailua ja huonontavat tehokkuutta. Uudessa-Seelannissa vähennettiin rajusti karjatalouden tukia ja tuloksena oli maailman tehokkaimpiin ja ympäristömyötäsimpiin kuuluva karjatalous.

Kehittyvä tekniikka voi mahdollistaa tapoja tehostaa maataloutta. Geenimuuntelu, rehun laadun parantaminen ja jätteiden hyötykäyttö voi vähentää ympäristöongelmia. Viljelytapoja voi muuttaa ympäristötehokkaammiksi esim. vuoroviljelyn avulla ja eroosiota voidaan ehkäistä oikeanlaisilla kyntömenetelmillä. Maanviljelijöiden koulutus ja asenteet ovat avainasemassa oikeiden menetelmien käyttöönotossa.

Teollistuneissa maissa on etsitty vaihtoehtoisia tapoja tuottaa maataloustuotteita luonnonmukaisemmin ja käyttäen vähemmän kemikaaleja. Luomutuotanto on yleistä Keski-Euroopassa ja erilaisia ethical- ja organic -nimikkeen omaavia tuotantomalleja on myös Etelä- ja Pohjois-Amerikassa. Näillä tiloilla laitumet ovat kestävässä käytössä ja saastuminen on minimoitu. Kuitenkin vain hyvin pieni osa nykyisestä ja tulevasta lihankulutuksesta voidaan kattaa näillä menetelmillä, jollei kulutusta samaan aikaan vähennetä.

Suomen mahdollinen pihvintuotantostrategia

Suomella on mahdollisuuksia kilpailla lihanalalla panostamalla tuotekehitykseen, ketjun läpinäkyvyyteen ja korostamalla laatua sekä turvallisuutta. Kotimaisuus on lisäarvo, jota edelleen arvostetaan, mutta sen rinnalle olisi rakennettava arvoja vientiponnistuksia varten. Tutkimus, kehittäminen ja neuvonta parantavat alan kannattavuutta ja vientimahdollisuuksia. Suomen suurin ongelma kannattavuuden kannalta ovat pienet tilakoot verrattuna muihin pohjoismaihin, toisaalta tämän voisi kääntää eduksi tuomalla esiin pienimuotoisen kasvatuksen hyviä puolia ja eläinten hyvinvointiin liittyviä asioita.

Suomalainen lihateollisuus on selviytynyt EU:n tuomista muutoksista yllättävän hyvin. HK Scan Oyj on vahvasti mukana Baltian ja Puolan lihateollisuudessa, ja Atria on kyennyt laajentumaan Ruotsissa kannattavasti ja on entistä vahvemmin mukana myös Liettuassa. Lisäksi Atria Oy on selvittänyt jo pitkään mahdollisuuksiaan Venäjän markkinoilla. Vahvistunut asema ulkomailla tukee myös kotimaan toimintaa. Elintarvike- ja lihateollisuus joutuu tehostamaan toimintaansa myös kaupan vahvistuvan aseman takia. Kauppa haluaa lisätä omia merkkejään ja kilpailuttaminen laajenee. Keskisuuret lihayritykset joutuvat entistä ahtaammalle, jos kauppa ryhtyy valmistamaan omia merkkejään esimerkiksi Baltiassa. Toisaalta lihanjalostusyrietykset hyötyvät EU:n laajentumisesta, koska säännöt yhdentyvät ja näillä yrityksillä on vahvaa kansainvälistä toimintaa. Lisäksi niillä on tuotantovolyymia ja resursseja tuotekehitykseen.

Lihanjalostusteollisuus on keskittynyt Suomessa nopeasti. Kehitys tulee jatkumaan edelleen, eikä keskisuurten lihatalojen tulevaisuus näytä kovin hyvältä. Ne joutuvat lisäämään yhteistyötä muiden valmistajien kanssa ja erikoistumaan.

Tulevaisuustarkastelu:

Luonnonvarojen käytön kannalta Suomen ehdoton etu on veden riittävyys. Ilmastonmuutoksen myötä olosuhteemme tulevat muuttumaan entistä enemmän nurmen tuotannon kannalta edullisiksi. Luonnonvarojen kestävä käyttö voi jopa edellyttää nurmituotannon kehittämistä. Naudan erityinen etu on, että sen valkuaisrehun osalta vallitsee hyvä omavaraisuusaste. Sen valkuainen on lähtöisin nurmesta, jota yksinomaan märehitjät pystyvät käyttämään hyväkseen. Muun lihantuotannon rinnalla tämä on merkittävä vahvuus, koska sian ja broilerin rehun valkuaisesta yli 80 % on peräisin tuonnista. Yhdistetty maidon ja lihantuotanto antaa vielä paljon mahdollisuuksia parantuvaan ekotehokkuuteen ja kestävyysviimeistelyyn tuotantorakennetta kehittämällä ja eläinten hoitoa sekä eläinaineista kehittämällä ja varioimalla. Seuraavassa esitetään arviot geenimuuntelun hyväksynnän vaikutuksista kehittämisen strategiaan.

Taulu 7.1. Pihvilihantuotannon tulevaisuustaulu

Edullisuuden ulottuvuudet	Todennäköinen tai mahdollinen vaikutus 2030+	
	Geenimuuntelulle kielteinen kehitys	Geenimuuntelulle myönteinen kehitys
Edullisuus ilmastomuutoksen hallinnan kannalta	Ilmastomuutokset hallinnan kannalta ei merkitystä. Sopeutumisessa aluksi tuotannon tehokkuuden parantuminen perinteisin keinoin (parempi rehun hyväksikäyttö, parempi terveydenhuolto) ja sen jälkeen tasaantuminen. Ilmastomuutoksen myötä karjankasvatuksen taantuminen kuivuvilta alueilta.	Ilmastomuutokset hallinnan kannalta ei merkitystä. Potentiaalisia geenimuuntelun sovellusalueita eläintautien torjunta, mikä pidentää tuotantokautta ja rehun käytön parantaminen. (Myös rehujen ominaisuuksien parantumista geenimuuntelun avulla). Tuotantotehokkuuden (rehuntuotannon, rehun ja veden hyväksikäytön) jatkuva parantuminen tuskin kuitenkaan estää karjankasvatuksen taantumista kuivuvilta alueilta.
Edullisuus maailman ravinnon tuotannon hallinnan kannalta	Geenituntemus vaikuttaa jo nyt eläinvalintaan. Lihan massatuotanto jatkuu perinteisen jalostuksen voimin. Vähäisen lihamäärän merkitys pientiloilla säilynee riippumatta GM kehityksestä.	Tuotantotehokkuuden (rehuntuotannon, rehun ja veden hyväksikäytön) jatkuva parantuminen lisää lihan tuotantokapasiteettia keskittyneissä tuotantotajärjestelmissä. Hallitusti toteutettuna geenimuuntelulle myönteinen asenne korostaa samalla alkuperärotujen merkitystä geenivarastoina. Alkuperärotujen spesifisiä ominaisuuksia hyödyntämällä on mahdollista saada aikaan paikallisesti/alueellisesti kestäviä ja erilaistettuja lihantuotannon muutoksia.
Edullisuus luonnon moninaisuuden suojelun kannalta	Vaikutukset riippuvat tuotantoteknologian toteutustavoista, ja tuotantokapasiteetin omistussuhteista.	Köyhimmän urbaanin väestön ruokaturvan tarpeet voidaan hoitaa pienemällä viljelypinta-alalla. Tämä vähentää tarvetta lisäviljelymaahan. Uhkana on kuitenkin lisääntyvä yksipuolistuminen, jos ei pienimuotoista viljelyä tukevia toimia kehitetä määrätietoisesti keskitetyn tuotannon vaihtoehtoina.
Edullisuus brasilialaisten ja uruguaylaisten näkökulmasta: talouskasvu työllistävyys soveltuvuus pienimuotoiseen viljelyyn	Soveltuu pienimuotoiseen omavaraistuotantoon. Tuotavuuden hidas kasvu merkitsee painetta korvata tuotantoa muilla tuotantosuunnilla, joissa geneettisen muuntelun merkitys ja hyväksyttävyys parempi. Tällaisia ovat soijan, sokeriruo'on ja eukalyptuksen kasvat. Tällöin talousvaikutukset edulliset, mutta työllistävyysvaikutus epäedullinen.	Mikäli uusien geenimuunneltujen rotujen käyttöönotto tukee hyvää edistämistä ja neuvontaorganisaatio, tuotanto soveltuu erityisen hyvin pienimuotoiseen viljelyyn cerrado- ja caatinga -alueilla yhdessä monien muiden lajien kanssa. Tätä tukee tarve rehun tehokkaaseen hyväksikäyttöön. Suurten tilallisten hallitessa tuotantoa yksipuolisuus (biodiversiteettikato) lisääntyy, talousvaikutukset keskittyvät ja sosiaalinen epätasapaino kasvaa.
Edullisuus Suomen kannalta talouskasvu työllistävyys	Suomella edellytyksiä hyödyntää alkuperärotujen spesifisiä ominaisuuksia. Keskitetyn tuotannon tuotantotasojen kasvattaminen pysähtyy.	Suomella edellytyksiä hyödyntää paikallista soveltuvuutta tehokkaaseen rehuntuotantoon, ravinteiden kierrätykseen kotieläinjärjestelmässä ja parantaa rehunkäyttöä sekä vastata kuluttajien uusiin vaatimuksiin. Kehittäminen on nopeampaa ja joustavampaa

		kuin perinteisen jalostuksen kautta. Hallitsematon keskittäminen aiheuttaa hyvin pian samantyyppiset ympäristö-ongelmat kuin Brasiliassa. Työllisyysvaikutus edellisessä tapauksessa positiivinen, jälkimmäisessä negatiivinen.
--	--	---

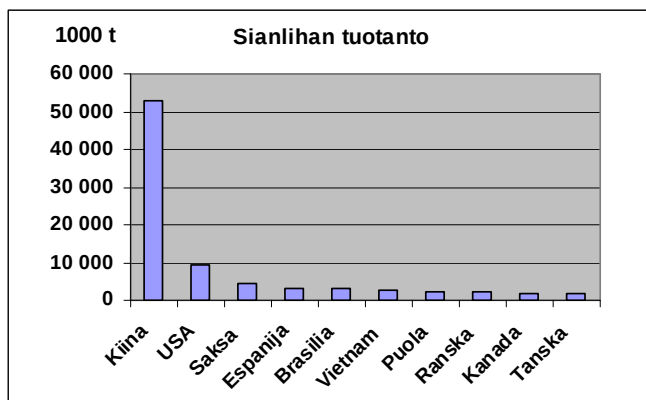
7.2. Sianlihan tuotanto

Sianliha on maailman eniten tuotettu lihalaatu, n. 40 % tuotetusta lihasta on sikaa. Vuonna 2008 tuotettiin 103 miljoonaa tonnia sianlihaa, josta ylivoimaisen suuri osa Kiinassa (FAO 2009) (Kuva 7.3). Kiinan osuus lihan tuotannosta oli 30 %, Yhdysvaltojen 15 %. Kiinan kasvava väestö ja elintaso ovat tuotannon ja kulutuksen nousun aiheuttavat tekijät: Vuosien 1990–2005 aikana Kiinan lihankulutus on moninkertaistunut.

Sianliha on myös Suomen määrällisesti eniten tuotettu ja kulutettu lihalaji. Sianliha on Suomen tärkein lihateollisuuden vientituote, Suomi sijoittuu FAO:n viejätilastossa sijalle 18. Vienti suuntautuu lähinnä Venäjälle, Ruotsiin, Viroon, Etelä-Koreaan ja Uuteen-Seelantiin. Vuonna 2008 tuotettiin 217 miljoonaa kiloa sianlihaa ja suomalaiset kuluttivat 35 kiloa sianlihaa henkilöä kohti (Ruokatieto 2009). Päivittäisestä energiantarpeestaan suomalainen saa sianlihasta 354 kcal päivässä, eniten maailmassa yhdessä Kiinan kanssa (FAO 2009). Suomeen myös tuodaan sianlihaa, enimmäkseen Saksasta ja Tanskasta. Ruotsista tuodaan lihavalmisteita. Tuonti on n. 12 % kulutuksesta (2007).

Sikatalous on voimakkaasti keskittynyt Etelä- ja Länsi-Suomeen. Ala on toiseksi tärkein maataloustuote maitotalouden jälkeen ja sen osuus maataloustuotannon markkinahintaisesta tuotosta on 14 %. Sianlihantuotantoon erikoistuneita tiloja oli vuonna 2007 n. 2720 ja määrä on vähentynyt tasaisesti 1995–2007 aikana yhteensä 56 %. Samaan aikaan tuotanto on kuitenkin kasvanut. Kasvuun on johtanut mm. teuraspainon nousu ja parempi porsastuotos. Jalostuksen ja ravintotutkimuksen ansiosta rehun hyväksikäyttö on parantanut sikojen kasvunopeutta huomattavasti. (Niemi & Ahlstedt 2008)

Kuva 7.3. Sianlihan tuotanto maailmassa 2006 (FAOSTAT)



Luonnonvarojen käyttö

Sika kesytettiin n. 10 000 vuotta sitten Lähi-Idän alueella; uusi tapa ja itse eläimetkin siirtyivät ihmisten mukana nopeasti Eurooppaan. Myöhemmin Euroopan omasta villisiasta kesytetty sika syrjäytti aasialaisen sian. Lähi-Idässäkin ryhdyttiin kasvattamaan eurooppalaista kesysikaa. Kesysiat olivat tuolloin kooltaan pienempiä kuin villit sukulaisensa. Muita muutoksia olivat mm: kallon muoto, lyhyemmät jalat, vähenevä karvapeite ja kippura häntä. Kesysikaa jalostamalla on eläimen kokoa nykyaikana taas kasvatettu tehokkaan lihantuotannon tarpeisiin. Sika saavuttaa sukukypsyyden puolitoistavuotiaana ja elää 20 – 25 vuotta. Lihasika teurastetaan 15 viikon ikäisenä ja se painaa silloin n. 100 kg.

Ympäristövaikutukset

Kasvihuonekaasuja ja rehevöittäviä päästöjä syntyy sianlihatuotannosta, kuten muustakin lihantuotannosta. Hiilidioksidia siantuotantoketjussa syntyy etenkin rehun viljelyssä, lannoituksesta ja energiankäytöstä ketjun kaikissa vaiheissa. Metaania ja dityypiksiä vapautuu lannasta, sikaloissa juuri lanta on suuri päästölähde, ja näiden päästöjen on arvioitu kasvavan tulevaisuudessa nopeasti. Suomessa sikalat tuottavat noin 20 prosenttia maatalouden kaasumaisista typpipäästöistä.

Lannasta on mahdollista valmistaa biokaasua. Tämä toiminta on parhaillaan vahvassa kehitysvaiheessa. Tällä hetkellä lanta suurimmaksi osaksi levitetään pelloille. Kun lannan pitoisuudet ovat liian suuret, on vaarana valumat pintavesiin, jotka aiheuttavat mm. rehevöitymistä..

Sika on sekaravinnon syöjä, joka mielellään tonkii ja kaivelee etsiessään ruokaa. Ravinnon suhteen sika on nautaa vaativampi, yksimahaisena se ei pysty hyödyntämään esim. heinää vaan tarvitsee monipuolista rehua. Sika tarvitsee noin kolme kiloa rehua kasvattaakseen kilon painoan. Näin ollen lihasika syö n. 300 kiloa rehua elämänsä aikana. (Nojonen 1985). Sianlihan hiilijalanjälki vaihtelee 5-9 kg (CO₂ ekv/ 1 kg). Lannan käsittelyn päästöillä on merkittävin vaikutus hiilijalanjäljen muodostumisessa. Sianlihan vesijalanjälki on noin 4800 l/kg lihaa.

Eläinten hyvinvointi

Suomalaisen sianlihan tuotannossa painotetaan sikojen terveyttä ja kestävyyttä ja Suomen sika-talouden eläintautitilanne on Euroopan parhaita. Meillä ei ole vakavia sikatauteja ja salmonellakin on sikatiloilla erittäin harvinainen (MMM).

Eläinten hyvinvointia on vuoden 2007 alusta alkaen valvottu EU:n yhteisen maatalouspolitiikan tukijärjestelmiin liittyvässä valvonnassa. Tuotantoeläinten hyvinvoinnissa tapahtuvat laiminlyönnit voivat johtaa tukimenetyksiin. Täydentävien ehtojen valvonnan kattavuutta tullaan lisäämään vuonna 2010.

Vuosina 2007 ja 2009 eläinsuojelujärjestöt ovat kuitenkin tuoneet julkisuuteen kuvamateriaalia sikatiloilta ja ne ovat osoittaneet epäkohtia sekä piittaamattomuutta ainakin osalla sikatiloja. Tarkastusten jälkeen puutteita löytyi puolelta tiloista ja niille annettiin määräys parantaa eläinten oloja. Virikkeiden ja kuivikkeiden puute ovat tavallisimpia epäkohtia. Sika on toimielias ja utelias eläin, joka pitkästy jos luontaiseen käyttäytymiseen ei ole mahdollisuutta. Voidessaan huonosti sika alkaa häiriökäyttäytyä ja mm. purra muiden sikojen häntiä. Tehokkuuden vuoksi

sia elävät ahtaasti eivätkä pääse ulkoilemaan. Tila sikaa kohden on 0,65 m². Ongelmina on pidetty myös mm. emakon kääntymisen estävää kehikkoa, sikalan ritalälättiä, jossa ei voi olla kuivikkeita sekä sikojen kastroimista ilman kivunlievitystä. Tuottajat ja lihateollisuus sitoutuivat joulukuussa 2009 tarkastelemaan teuraseläinten hankintaa ja eläinten pito-olosuhteita (Sirkka-Liisa Anttila 23.12.2009). Teollisuudella ja kaupalla onkin oma vastuunsa eläinten hyvinvoinnissa. Hollannissa kauppa- ja ravintolaketjut kieltäytyvät kastroidun lihan ostamisesta ja muista maista kastrointia vältetään mm. Englannissa ja Sveitsissä. Norja on kieltänyt kastroinnin kokonaan ilman anestesiaa (Eläinten hyvinvointikeskus 2009).

Elintarviketurvallisuusvirasto Evira on valmistellut valtakunnallisen Eläinten terveys- ja hyvinvointivalvontaohjelman EHO:n vuodelle 2010. Valvontaohjelmaan mukaan otettujen hankkeiden tavoitteena on tukea uuden ja osittain myös pidempään voimassa olleen lainsäädännön toimeenpanoa ja näille alueille asetettuja keskeisiä kansallisia tavoitteita. Ohjelmassa on esitetty myös monivuotiset valvontahankkeet, joiden toteutukseen eläinlääkintähuollon valvontaviranomaiset osallistuvat (Evira 2009).

Suomessa valvotaan tuotantoeläinten suojelua koskevien vähimmäisvaatimusten noudattamista tarkastamalla tuotantoeläinten pitopaikkoja. Näissä tarkastuksissa valvotaan, onko tilalla noudata voimassa olevaa eläinsuojelulainsäädäntöä. Mikäli tarkastuksissa havaitaan laiminlyöntejä, annetaan tuottajalle määräys korjata laiminlyönti ja tarpeen vaatiessa ryhdytään toimenpiteisiin eläimen hyvinvoinnin turvaamiseksi. Tarkastuksia tekevät kunnaneläinlääkärit lääninhallitusten määräyksestä. Euroopan komission Elintarvike- ja eläinlääkintätoimisto (FVO) on Suomessa tekemiensä tarkastusten perusteella esittänyt huolensa siitä, etteivät uusintatarkastukset toteudu, että niitä ei tehdä järjestelmällisesti eikä määräysten rikkominen aina johda seuraamuksiin.

Mahdollinen helpotus valvontaan voitaisiin saada kehittämällä tuotantotiloja koskevia teknisiä olosuhdeseurantoja (lämpötilan ja ilmankosteuden suhteet, vetoisuus, pölypitoisuus), joita voitaisiin käyttää eläimille epäedullisten tilanteiden ennakoinnissa eläimiin kohdistuvien valvontojen rinnalla.

Luomusika

Luomusikalassa kiinnitetään sian hyvinvoinnin enemmän huomiota verrattuna tavanomaiseen kasvatukseen; sika pääsee ulkoilemaan ja liikkumisen estävä kehikko on kielletty. Myös tilaa on sikaa kohden enemmän eli 1,1 m². Suomessa luomulihaskoja on yhdeksällä tilalla. (Luomutietotankki 2008)

Tuotettu luomulihakilo tulee noin 37 % kalliimmaksi kuin tavanomainen lihakilo. Tuotettua porsasta kohti kustannukset kohoavat noin 51 % suuremmiksi kuin tavanomaisessa menetelmässä. Porsaiden tuotantokustannuksia kohottavat mm. kalliimpi rehu, väljemmät karsinat ja sikojen pääsy ulkoilemaan. Kun luomulihasta maksetaan enemmän, yrittäjät pääsevät kuitenkin voitolliseen tulokseen (Karhapää & al 2005).

Tuotantostrategia

Sianlihantuotannon omavaraisuus on ollut hyvä, mikä on ajoittain aiheuttanut sianlihan vientitarvetta. Kuitenkin sianlihan tuotannon omavaraisuus valkuaisrehun suhteen on hyvin paljon heikompi, kun suuri osa valkuaisrehusta on ulkomaista soijaa. Luonnonvarojen kestävä käytön näkökulmasta soja on ongelmallinen kasvi (vertaa soijantuotantoa esittelevä 7.5). Soijan

hiilijalanjälki vaihtelee voimakkaasti riippuen arviointimenetelmästä ollen 0,38 -1,52 (CO₂ ekv/ kg). Tulevaisuudessa tuotannon valkuaismavaraisuutta pitää tavalla tai toisella pystyä kasvattamaan ainakin, jos aiotaan tuottaa sianlihaa muille kuin suomalaisille, eli toisin sanoen, jos halutaan pitää tuotanto nykyisellä tasolla tai sitä kasvattaa.

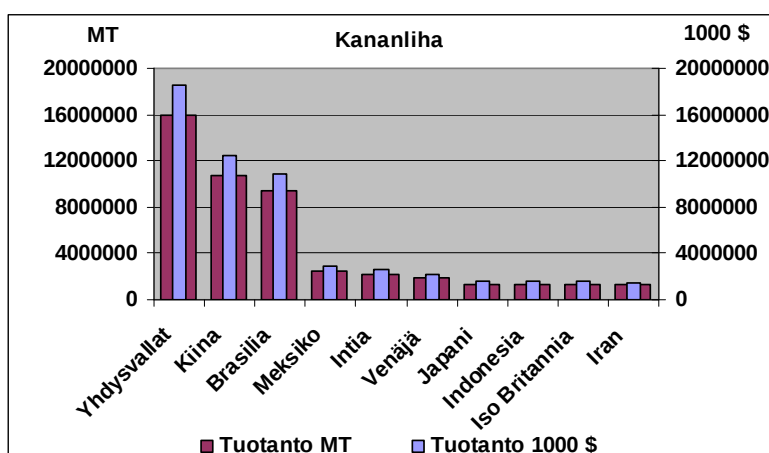
Taulu 7.2. Sianlihantuotannon tulevaisuustarkastelu

Edullisuuden ulottuvuudet	Todennäköinen tai mahdollinen vaikutus 2030+	
	Geenimuuntelulle kielteinen kehitys	Geenimuuntelulle myönteinen kehitys
Edullisuus ilmastomuutoksen hallinnan kannalta	Hallinnan kannalta ei merkitystä. Sopeutumisen kannalta taannuttava merkitys rehuntuotannon kautta	Torjuntaan ei merkitystä. Sopeutumiseen merkitystä rehuntuotannon kautta. Myös eläinaineksen monipuolistaminen voisi toteutua.
Edullisuus maailman ravinnon tuotannon hallinnan kannalta	Tuotantomääriin tuskin merkitystä.	Merkitystä sekä määrien, että lopputuotteiden monipuolistumien kannalta, jos tilanne hoidetaan hallitusti.
Edullisuus luonnon moninaisuuden suoje-lun kannalta	Vähäinen merkitys nykytilanteeseen verrattuna.	Riippuu toteutuksesta. Kärjistetyin keskittämisen seurauksena vahva yksipuolistuminen, joka vaikuttaa koko ympäristöön, hallitusti toteutettuna mahdollisuus alueelliseen erilaistumiseen ja monipuolistumiseen, ja selvä positiivinen vaikutus.
Edullisuus brasilialaisten ja uruguaylaisten näkökulmasta: talouskasvu työllistyvyys soveltuvuus pienimuotoiseen viljelyyn	Nykytilanne jatkuu; yhteiskunnan kaksijakoistumiseen.	Vaikutus sekä eläinaineksen että rehuntuotannon kautta. Tilanteen kehittyminen riippuu toteutuksesta. Tuotantostrategian keskittäminen ja yksipuolistaminen johtaa nopeaan kilpailukyvyn kasvuun mutta kestäättömään tilanteeseen. Yhteiskunnallisesti hallituna hyödyntää sekä massatuotantoa, että pienimuotoista tuotantoa ja parantaa sekä rehuntuotannon että eläinaineksen ja vielä lopputuotteiden monimuotoisuutta. Jälkimmäisessä tapauksessa työllistyvyyskehitys positiivinen edellisessä vahvasti negatiivinen.
Edullisuus Suomen kannalta talouskasvu työllistyvyys	Nykytilanne jatkuu, siantuotanto keskittyy nykyisille suurimmille tiloille.	Positiivinen vaikutus erityisesti kotosen valkuaistuotannon kautta. Lopputulos riippuu toteutuksesta samalla tavoin kuin Brasiliassa, mutta pienemässä mittakaavassa. Tuotannon erilaistamismahdollisuudet riippuvat tuotteistamisinnovatiivisuudesta ja uusien tuotteiden markkinointikyvystä. Esimerkkinä marinoinnilla erilaistetut broilerituotteet, näidenkään osalta sianliha ei ole pystynyt läheskään broilerin tuotannon erilaistamistasolle. Kuitenkin erilaistamisen tulisi olla syvällisempää, raaka-aineista lähtevää. Jos tässä onnistutaan, myös työllistäviä vaikutuksia tiedossa.

7.3. Broileri

Broileri on lihantuotantoon jalostettu kana, Suomessa Skotlantilaisen Ross-yhtiön kehittämä hybridi. Sitä syötiin 98 miljoonaa kiloa vuonna 2008. Siipikarjanlihaa tuotiin 9,9 miljoonaa kiloa ja tuonnin kokonaismäärä edustaa kulutuksesta 10,1 %. Broilerinlihan päätuojamaat ovat Brasilia (53 %) ja Tanska (18 %). Brasilia on nopeasti lisännyt osuuttaan myös broilerin tuonnissa Suomeen. Tuonti valmisteina oli hieman suurempaa kuin lihana. Broilerinlihavalmisteita tuotiin varsinkin Thaimaasta (osuus 27 %). Tuonti valmisteina kasvoi myös Saksasta ja Tanskasta.

Kuva 7.4. Kananlihan tuotanto vuonna 2007 (FAOSTAT)



Broilerin kulutus on kasvanut moninkertaiseksi 70-luvulta ja tuotanto on tehostunut huomattavasti. Tehostuminen on johtanut tuotanto-oloihin, joissa kymmeniätuhansia kananpoikasia kasvatetaan noin 35 vrk, jonka jälkeen eläin teurastetaan (MMM 2009). Myös eläintiheys on suuri lintujen kasvaessa kohti teuraspainoa. Suomessa käytetään ns. kertatäyttömallia, jossa poikaset laitetaan halliin samaan aikaan ja kaikki linnut teurastetaan myös samaan aikaan. Suositusten mukaan lintuja on 33 kg/m², mutta Suomessa lintuja on teurasvaiheessa 42 kg/m² eli yhtä kanaa kohti on vain A4-arkin verran tilaa. Tätä on perusteltu taloudellisilla syillä ja 2010 voimaan astuva uusi direktiivi sallii edelleen poikkeuksia suosituksista (Lastikka 2008). Ruotsissa kasvatuksen perustiheys on 20 kg/m² ja sitä voi kasvattaa enimmillään 36 kiloon.

Tuotannon sijoitusstrategia

Broilerintuotannon kriittinen kysymys on tuotetaanko broilerit maassa, jossa tuotetaan myös ollenainen valkuisrehu (soija) vai viedäänkö soija tuotantomaahan. Broilerin osalta eläinten hyvinvointikysymys aiheuttaa paljon keskustelua. Broilerin tuotantoteho ja sen myötä alhaiset tuotantokohtaiset ympäristövaikutukset korostuvat. Ympäristövaikutusnäkökulma kuitenkin jossain määrin muuttuu, jos yksiköt kasvavat kohtuuttomiksi. Kyseessä on äärimmilleen jalostettu eläin, jonka tuotantoteho ei oikeastaan voi kasvaa. Erikoistuotteet saattaisivat olla mahdollisuus, mutta eläinten jalostuspohja on hyvin kapea, joten erikoistuminen jää käytännössä ruokinnan varaan.

EU:n uuden markkinointistandardin mukaan broileria ei enää saa tuoda maahan pakastettuna, sulattaa ja marinoida myyntiä varten. Uudistus parantaa Suomen asemaa ulkomaisiin kilpailijoihin verrattuna. Jatkossa pakasteet pitää myydään pakasteina tai kypsennettynä. Kuluttajat ovat muutenkin halukkaita ostamaan kotimaista broileria. Tämä selviää kuluttajatutkimuksista. Niissä toisaalta kuluttajat ilmoittivat, etteivät he erota kotimaista broileria ulkomaisesta (Forsman-Hugg & Isoniemi 2008).

Broilerin tuotannon ympäristövaikutukset

Lihasta siipikarjalla on pienimmät ilmastovaikutukset, ne liittyvät kasvatuksen energiankulutukseen ja rehuntuotantoon. Broilerinlihan hiilijalanjälki vaihtelee 3,6-5 kg (CO₂ ekv/ 1 kg). Esimerkiksi hunajamarinoitujen broilerin fileesuikaleiden ilmastovaikutusta arvioitiin MTT:llä lähtien rehun tuotannosta ja broilerin kasvatuksesta, ja päättyen valmiin tuotteen jakeluun ja säilytykseen kaupassa. Tutkimuksen mukaan eniten kasvihuonekaasujen päästöjä aiheutui broilerin rehun tuotannosta ja eläinten kasvatuksesta. Vähemmän tärkeitä päästölähteitä olivat tuotteen kuljetus, kylmäsäilytys ja muut tuotannon vaiheet (Katajajuuri et al 2007). Rehun valkuaisaineliset, lähinnä soija täytyy tuoda ulkomailta, Brasiliasta. Suuret tuotantoyksiköt aiheuttavat suuret määrät lantaa, jonka levittäminen lähialueen pelloille lisää ravinnekuormitusta ja rehevöitymistä vesistöihin merkittävästi. Kuljetuskustannukset estävät lannan levittämistä kauemmaksi. Suojavyöhykkeiden lisääminen ja lannankäsittelyn parantaminen vähentäisivät haittoja. Broilerin vesijalanjälki on lihatuotteista alhaisin eli noin 3900 l/kg broilerin lihaa.

Luomubroileri

Luomulihasiipikarjatuotantoa Suomessa ei tällä hetkellä juuri ole. Luomubroilerin kasvatusta kehitettiin vuosina 2001 – 2002, mutta tällä hetkellä jatkoa ei ole suunnitteilla. Tuotannon loppumisen syynä olivat tavanomaista tuotantoa korkeammat tuotantokustannukset ja kuluttajien haluttomuus maksaa luomubroilerista tuotantokustannukset kattava hinta, vaikkakin kysyntä näennäisesti oli suurta.

Luomubroilerin kuten luomukananmunienkin korkeammat hinnat johtuvat tavanomaista tuotantoa korkeammista tuotantokustannuksista. Korkeammat tuotantokustannukset taas johtuvat mm. seuraavista syistä: suurempi tilavaatimus, lintujen ulkoilumahdollisuus, kasvatushallin pakolliset ikkunat, luomurehu ja kaksinkertainen kasvatusaika 81 vrk.

Hidastamalla kasvunopeutta broilerin terveys lisääntyy, jalkasairaudet vähenevät ja sydänoireet pienenevät. Liha on myös paremman makuista. (Webster 1995). Luomukasvatuksessa näin tehdäänkin. Nykyinen tehomaatalouteen perustuva ruoantuotanto on laskenut kustannuksia ja halventanut hintoja. Ruoasta ei ole pulaa ja myös laadulla on merkitystä. Ihmiset ovat entistä kiinnostuneempia myös eläinten kohtelusta ja jos he ovat valmiita maksamaan siitä korkeampaa hintaa, viljelijät ryhtyvät parantamaan myös broilereiden tuotanto-olosuhteita.

Taulu 7.4. Broilerinlihan tuotannon tulevaisuustarkastelu:

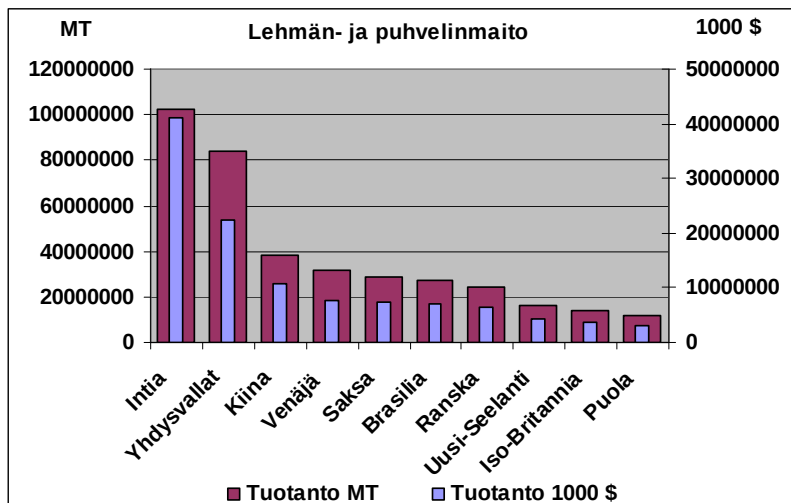
Edullisuuden ulottuvuudet	Todennäköinen tai mahdollinen vaikutus 2030+	
	Geenimuuntelulle kielteinen kehitys	Geenimuuntelulle myönteinen kehitys
Edullisuus ilmaston muutoksen hallinnan kannalta	Ei suoraa vaikutusta. Vaikutus rehuntuotannon tehokkuuden kautta.	Vaikutus rehuntuotannon tehokkuuden kautta, mutta ilmastomuutoksen hallinnan kannalta tuskin mitään merkitystä; sopeutumisen kannalta sen sijaan lievä merkitys.
Edullisuus maailman ravinnon tuotannon hallinnan kannalta	Tuotannon hidas/asteittainen taantuminen, ellei uutta eläinainesta perinteiseen jalostukseen mukaan.	Broilerin geneettinen tausta hyvin kapea, joten tuskin kuitenkaan olennaista merkitystä, ellei aleta hakea uutta aineistoa perinteisesti käytetyn eläinaineston ulkopuolelta. Tuossa tapauksessa terveydenhuollon ja lopputuotteen erilaistamisen mahdollisuudet parantuvat (esim. rehun monimuotoistamisen kautta).
Edullisuus luonnon moninaisuuden suojelun kannalta	Ei merkitystä, koska nykyinen jalostuspohja jo hyvin kapea.	Uuden eläinaineksen hyödyntäminen voi nostaa uusien alkuperärotujen merkitystä. Tällöin myös rehuntuotanto monipuolistuu.
Edullisuus brasilialaisten ja uruguaylaisten näkökulmasta: talouskasvu työllistyvyys soveltuvuus pienimuotoiseen viljelyyn	Massatuotanto jatkuu ja kasvaa, sitten asteittainen taantuminen. Pienimuotoisella tuotannolla perhekohtainen merkitys.	Jos päästään kehityslinjalle, jossa terveydenhuoltoon ja lopputuotteen erilaistamiseen parannuksia, massatuotannon edut korostuvat uudelleen. Geenimuunneltu soija valkuaisrehuna jo nyt käytössä ja sen edut jatkuvat. Pienimuotoinen viljely käyttää osin samaa teknologiaa pienessä mittakavassa.
Edullisuus Suomen kannalta talouskasvu työllistyvyys	Edullisuus riippuu kuluttajien valinnoista ja miten kotimaisuus ja mahdollinen maatiaistuotanto saadaan markkinoitua.	Nykybrändin mukainen tuotanto ei pärjää Brasilialle massatuotannon osalta sen paremmin nykytilanteessa kuin GM hyväksynnän seurauksena. Jos GM pystytään hyödyntämään kotoisten valkuaisrehujen hyödyntämiseen ja lopputuotteiden erilaistamiseen paikallisesti/alueellisesti, kilpailun mahdollisuudet olemassa.

7.4. Maidontuotanto

Maataloustuotteiden osuus maailmankaupasta vienninarvolla mitattuna (2005) oli hieman yli 600 mrd. dollaria eli n. 6 % ja meijerituotteiden osuus tästä oli n. 7 %. Viime vuosikymmeninä maidon ja lihan vienti on kasvanut muita aloja enemmän. Kehitystrendi on yhdenmukainen sen säännönmukaisuuden kanssa, että taloudellisen hyvinvoinnin kasvaessa viljatuotteiden kysyntä vähenee suhteessa lihan ja meijerituotteiden kysyntään.

Suomen merkittävin maatalouden tuotantosuunta on maitotalous ja sillä on aluepoliittisesti suuri merkitys (MMM 2008). Kotieläintalouden osuus vuonna 2007 oli maataloustuotannosta 77 % ja maidontuotanto kattoi tästä 44 % ja lihantuotanto 10 % (MMM 2008). Suomessa käytettiin neste-mäisiä maitotuotteita 180 kg /hlö vuonna 2006, mikä on maailman korkein kulutusluku. Keski-Euroopassa juodaan tästä puolet ja esim. Kiinassa vain 9 kg/hlö. Maitoa kulutetaankin paljon juuri Pohjois- ja Keski-Euroopassa sekä Pohjois-Amerikassa.

Kuva 7.5. Suurimmat lehmän- ja puhvelinmaidon tuottajat maailmassa 2007. Suomi tuotti maitoa 2355600 MT. FAOSTAT <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>



Maidontuotannon rooli globaalisti

Kehitysmaiden maaseudulla maidontuotanto on osa ruokajärjestelmää, jossa kotieläimet laiduntavat vapaana ja niistä käytetään lähipiirissä kaikki maidosta nahkoihin. Maito on kehitysmaissa elintärkeä proteiinien lähde koska lihaa on varaa käyttää vain vähän. Lannasta saatava polttoaine mahdollistaa ruoan kypsennyksen. Pääomaa ei juuri tarvita ja eläimistä on mahdollisuus saada lisätuloja ravinnon lisäksi. Ongelmat liittyvät riittämättömään hygieniaan eli maidon turvalliseen käsittelyyn ja kuljetukseen. Naudat ovat tärkeitä ravinnonlähteitä alueilla, joissa viljanviljely ei ole mahdollista joko kuivuuden tai kylmyyden takia. Märehtijät voivat käyttää ihmisravinnoksi sopimatonta heinää ravintonaan ja tuottaa siten maitoa ja lihaa.

Teollisuusmaissa maidontuotanto on ruokateollisuuden osa ja naudat ovat pitkälle jalostettuja tehotuotantoeläimiä, joita ruokitaan heinän lisäksi teollisella rehulla. Maitotuotteiden sisältämä tyydyttynyt rasva ei ole terveydelle hyväksi liikaa käytettynä. Sen kulutusta voisikin terveys- ja osin myös ympäristösyistä teollisuusmaissa vähentää.

Maidontuotannon ympäristövaikutukset

Varallisuuden kasvaessa ihmiset siirtyvät vuosi vuodelta kuluttamaan enemmän lihaa ja maitotuotteita. Maidontuotannon odotetaan kaksinkertaistuvan vuoteen 2050 mennessä. Maitotuotteiden valmistukseen liittyvät samat ympäristöongelmat kuin lihantuotantoonkin. Päästöt ilmaan ja veteen ai-

heuttavat kasvihuoneilmiötä ja rehevöitymistä. (Steninfeld et al. 2006). Suomessa lihantuotanto aiheuttaa puolet maatalouden päästöistä ja maidontuotanto reilun neljänneksen. Maidon hiilijalanjälki vaihtelee välillä 0,60 -2,03 kg (CO₂ ekv/ 1 kg). Maidontuotannossa hiilijalanjälkeen metaani aiheuttaa suurimman nousun. Rehunkulutuksella on merkittävä osuus dityppioksidipäästöissä.

Maidontuotantoon tarvitaan huomattavia määriä vettä. Yksi lehmä juo noin 100 litraa vettä päivässä. Lisäksi vedentarve muissa tuotannon osissa kasvattaa kokonaisvedenkulutuksen noin 1000 litraan maitokiloa kohden. (Hoekstra & Chapagain Ashok 2008). Maidon vesijalanjälki on noin 1000 l/litra maitoa.

Suomen maidontuotannon haasteet ja mahdollisuudet

Suomessa maidontuotanto on voimakkaiden haasteiden edessä. EU:n tukipolitiikka on lakkauttamassa tuet, joilla maidontuotanto on ollut mahdollista epäsuotuisista olosuhteista huolimatta. Perinteisesti pienet tilakoot ovat kasvaneet ja tuotanto on keskittynyt suurempiin yksiköihin. Monet ovat myös lopettaneet maidontuotannon. Kuitenkin vaikka lehmien määrä Suomessa on kymmenessä vuodessa vähentynyt neljänneksellä, niin maidontuotanto on vastaavana aikana vähentynyt vain reilut 4 %, koska lehmien keskituotos on jalostuksen ansiosta samassa ajassa noussut 6 183 litrasta 7796 litraan.

Nestemäisten maitotuotteiden sijasta Suomessa kulutetaan entistä enemmän pitkälle jalostettuja maitotuotteita kuten juustoja ja jogurtteja. Näitä myös tuodaan paljon ulkomailta. Suomessa maidon tutkimus on korkealla tasolla: Valio, tutkimuslaitokset ja yliopistot ovat kehittäneet maidosta monia terveysvaikutteisia tuotteita, joissa on tutkittu maidon rasvan, proteiinien, laktoosin ja mikrobien laatua parantavia ominaisuuksia. Mm. Hyla- ja Gefilus -tuotteet ovat tällaisia terveysvaikutteisia eli funktionaalisia tuotteita. Innovaatioita on myös juustojen valmistuksessa ja vähärasvaisten tuotteiden valmistuksessa. Näillä erikoistuotteilla voisi olla tulevaisuudessa markkinoita ulkomailta kuten USA:ssa ja Keski-Euroopassa. Myös luomutuotteet voisivat lisätä viennin mahdollisuuksia.

Maitotilat sijaitsevat yleensä lähellä rehuntuotantoa ja viljapeltoja, jolloin lannasta saadaan ravinteita rehun ja viljan tuotantoon. Näin voidaan vähentää päästöjä, joita muuten syntyisi lannoituksesta, kuljetuksista jne. Vaarana on kuitenkin voimakas rehevöityminen sekä maan- sekä veden saastuminen, kuten on käynyt suurilla tehotuotantoa harjoittavilla maitotiloilla mm. Pohjois-Amerikassa ja kasvavassa määrin myös Kiinassa.

Suomessa maitotilat ovat keskittyneet Itä- ja Keski-Suomeen ja kasvintuotanto Etelä-Suomeen, mikä on ongelmallista ympäristöhokkuuden kannalta. Maidontuotannon hajauttaminen tasaisemmin koko maahan ja yhteistyö viljanviljelijöiden kanssa toisi huomattavia etuja: lantaa voitaisiin käyttää viljapelloilla ja eroosio pienenesi nurmiviljelyn myötä. Luonnonmukaisen tuotannon on havaittu olevan kokonaisympäristövaikutuksiltaan merkittävästi tavanomaista tuotantoa parempaa. Vuonna 2008 luomumaidon osuus oli n. 1 % tuotetusta maitomäärästä.

Suomen mahdollinen tulevaisuuden strategia

Tulevaisuudessa Suomen maidontuotannon haasteita ovat ympäristökysymykset, tuotekehitys suhteessa kilpailijoihin ja selviytyminen muuttuvissa tukijärjestelmissä. Tilat ovat suurenemassa vähi-

tellen mutta edelleenkin maito tuotetaan pienissä perheyriyksissä, joissa talous- ja jaksamiskysymykset korostuvat.

Ilmastonmuutokseen vastaaminen edellyttää vähäpäästöisempien tuotteiden kehitystä ja hiilidioksidipäästöjen vähentämistä koko tuotantoketjussa. Tähän voidaan osittain vastata kehittämällä rehua, josta lehmä märehtiessään muodostaa vähemmän haitallisia kaasuja. Lannan käsittely biokaasulaitoksissa ja energian talteenotto vähentäisi myös ilmastokuormitusta. Bioenergian tuotanto voi olla jopa mahdollinen sivuelinkeino maatiloilla. Ilmasto- ja muiden ympäristöongelmien vähentämiseksi on mahdollista laatia tavoitteellinen ”tiekartta”, jonka perusteella päästöjä vähennetään ja tuotantotapoja parannetaan. Tällainen suunnitelma on tehty eri toimijoiden ja kaupallisten tahojen yhteistyönä esim. Isossa Britanniassa ja Yhdysvalloissa (Defra 2009, NMPF 2009).

Maatalouden tukijärjestelmä on muutoksen tilassa ja tulevaisuudessa suorat tuet voivat poistua (CAP 2009). Tilalle voivat tulla ilmaston, vesien ja biodiversiteetin suojelusta maksettavat tuet. Nykyisin pinta-alan tai tuotannon perusteella maksettavat tuet eivät tutkijoiden mukaan kohtele EU:n jäsenmaita ja tuottajia tasa-arvoisesti. Markkinat vääristyvät esimerkiksi maidon vientituesta ja korkeista tuontitulleista. Tuista luopuminen lisää luultavasti tuotantoa alhaisten kustannusten maissa ja suomalainen tuotanto voi olla vaikeuksissa. Ratkaisuksi onkin esitetty erityistoimenpiteitä ainakin sopeutumisvaiheen ajaksi.

Suomen korkea osaaminen maidonkehitystyössä ja pienimuotoinen tuotanto voisivat vastata kilpailijamaiden haasteeseen. Kuluttajien kiinnostus eläinten hyvinvointiin, terveellisyys- ja ympäristöystävällisyyteen tuovat kilpailuedun, jos kehitämme tuotantoketjun läpinäkyvyyttä ja osaamme markkinoida tuotteemme oikealla tavalla. Keski-Euroopassa luomulla on kova kysyntä ja puhtaasta luonnosta peräisin olevista tuotteista ollaan valmiita maksamaan. Tämä edellyttäisi kiinnostusta tuotteiden imagon rakentamiseen ja brändisuunnittelua, jota Suomessa toistaiseksi tehdään vain harvakseltaan.

Tulevaisuuden kasvava väestö ja elintaso erityisesti Aasiassa tuo vientimahdollisuuksia. Osaaminen ja tuotteiden laatu parantavat kilpailuasetelmaa. Elintarvikkeet tulevat korostumaan tulevaisuudessa, kun kuluttaminen vähitellen muuttuu aineellisista hyödykkeistä tuotteisiin, jotka ovat enemminkin aineetonta mielihyvää tuottavia, kuten ruoka ja palvelut. Ruokadesign on tulevaisuutta, kun määrän korvaa laatu, terveellisyys ja turvallisuus.

Taulu 7.5. Maidontuotannon tulevaisuustaulu.

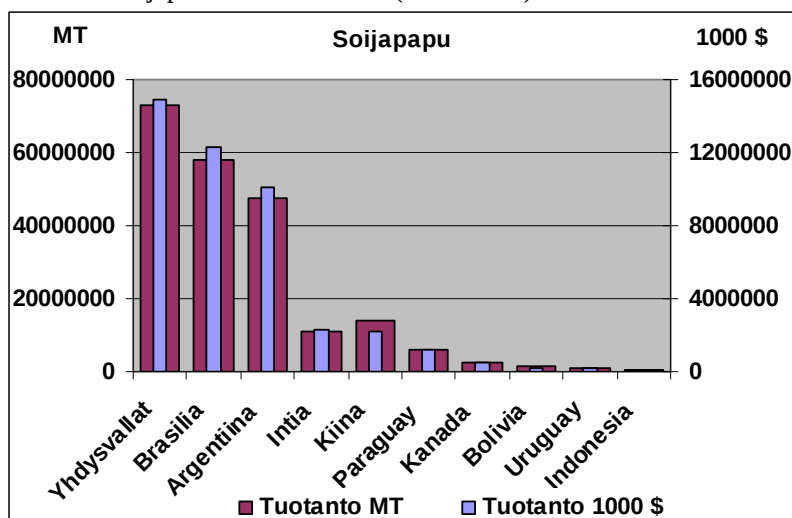
Edullisuuden ulottuvuudet	Todennäköinen tai mahdollinen vaikutus 2030+	
	Geenimuuntelulle kielteinen kehitys	Geenimuuntelulle myönteinen kehitys
Edullisuus ilmastomuutoksen hallinnan kannalta	Ilmastomuutoksen hallinnan kannalta ei merkitystä. Sopeutumisen kannalta merkitys rehuntuotannon ja rehun hyväksikäytön kautta – seurauksena sopeutuvuuden hitaampi kehitys	Ilmastomuutoksen hallinnan kannalta ei merkitystä. Sopeutumisen kannalta merkitys on huomattava rehuntuotannon ekotehokkuuden parantumisen ja rehun hyväksikäytön parantumisen kautta.
Edullisuus maailman ravinnon tuotannon hallinnan kannalta	Hitaampi ja joustamattomampi kehitys suhteessa kulutukseen ja kuluttajien vaatimuksiin	Rehuntuotannon ja rehun hyväksikäytön sekä tuotteiden erilaistamisen kannalta joustavampi ja nopeampi kehitys.
Edullisuus luonnon moninaisuuden suojelun kannalta	Merkitystä lähinnä rehuntuotannossa; vaikea ennakoida positiivista vai negatiivista. Alkuperärotujen osalta hyödyntämisen kehittäminen joko tapauksessa välttämätöntä. Alkuperärotujen hyödyntäminen parantuu, mutta kilpailukyvyyn kehitys varsin hidasta.	Vaikutus rehuntuotannon alueellisen erilaistamisen kautta, sekä nopeamman tuotantosysteemin kehittämisen (esim. ravinnekierrot) kautta. Alkuperärotujen hyödyntäminen alueellisessa erilaistamisessa ja lopputuotteiden erilaistamisessa voi nousta aivan uudelle tasolle. Vaikutus riippuu kuitenkin siitä miten GMO rehukasvien ja siihen liittyvän maidontuotannon tuotantotekniikka toteutetaan; kaikki mahdollisuudet suuren yksipuolistamisen tai hallitun alueellisen sopeuttamisen välillä ovat olemassa. Tuotantoeläinten osalta sama tilanne, vaikutukset riippuvat tilanteen hallinnasta vaihtoehtoina voimakas tuotantoeläinten geneettisen taustan kapeutuminen ja alentuva työllistävyys tai hallittu erilaistaminen ja uusien työllistämäväylien avautuminen.
Edullisuus brasilialaisten ja uruguaylaisten näkökulmasta: talouskasvu työllistävyys soveltuvuus pienimuotoiseen viljelyyn	Kaksijakoisuus säilyy ennallaan massatuotannon ja kotitarvetuotannon välillä. Nykyinen pienimuotoinen ja toisaalla massatuotanto jatkuu. Samoin sen ongelmat (sosiaalinen jakautuneisuus, ympäristöhaitat) ennallaan tai pahentuvat. Osalla tuotantoa ekologista kehittämistä	Edullisuus riippuu siitä miten hyvin eläintuotanto sopeutetaan rehuntuotantoon eli miten hyvin koko tuotantosysteemin kehittäminen saadaan toteutettua eri mittakaavatasoilla. Tuotantoteknologian ohjauksen merkitys on kriittinen. GMO saattaa ajautua pelkästään keskitetyn massatuotannon eduksi tai taitavasti ohjattuna edut voivat kohdistua myös pienimuotoiseen tuotantoon, mutta tällöin yhteiskunnan ohjaus on oltava vahvaa ja määrätietoista. Edellisessä tapauksessa talouskasvu ohjautuu yksipuolisesti, jalkimmaisessa tapauksessa sillä on yhteiskunnallisesti tasapainottava vaikutus.

7.5. Soijantuotanto

Soijapapu (*Glycine max*) on tärkein öljy- ja proteiinikasvi maailmassa. Soijaa käytetään eniten rehukseksi, mutta myös kasviöljynä, raaka-aineeksi elintarvikkeisiin ja kasvavassa määrin biopolttoaineeksi. Soija on käyttökelpoista moniin tarkoituksiin lääketeollisuudessa, kemianteollisuudessa, torjunta-aineissa jne. Soija on myös proteiinipitoinen ravintoaine ihmisille.

Soijapavun tärkeimmät tuottajat ovat USA, Brasilia, Argentiina ja Kiina (FAO 2009). Maailman lisääntynyt kanan- ja sianlihan tuotanto on nostanut soijapavun tuotantoa nopeasti, enemmän kuin 30 % vuodesta 2000 vuoteen 2007. Eniten kasvua lisänneet alueet ovat Argentiina ja Brasilia (Van Berkum 2008). USA oli silti suurin soijapavun viljelijä tuotantoalan ollessa 31 miljoonaa hehtaaria ja vuosituotannon ollessa 10.7 Mt vuonna 2007. Kasvukautena 2002-2003 soijaöljyä tuotettiin maailmanlaajuisesti 30.6 miljoonaa tonnia, tämä tarkoittaa noin puolta maailman elintarvikeöljytuotannosta ja 30 % kaikesta rasva- ja öljytuotannosta, mukaan lukien eläinrasvat ja trooppiset öljykasvit (USDA 2004).

Kuva 7.6. Soijapavun tuotanto 2007 (FAOSTAT)



Ravintoarvoltaan soija on erinomainen: proteiinipitoisuus on 38 % ja paljon vitamiineja sekä mineraaleja. Soija sisältää suurimman osan ihmisen tarvitsemista aminohapoista ja on siksi suositeltavaa ravintoa. Siitä on perinteisesti valmistettu valkuaispitoista tofua ja tempehia Aasian eri osissa. Kuitenkin suurin osa soijantuotannosta menee soijajauhon valmistukseen eläintenrehuksi. Nykyisin rehusoija on geenimuunneltua ja se kasvatetaan yleisimmin Brasiliassa sademetsään aiemmin hakatulla plantaasilla.

Soijantuotannon ekologiset yhteiskunnalliset yhteydet

Brasiliassa tähän linkittyy suuria sosiaalis-taloudellisia paineita. Soija on globaalisti erittäin tärkeä vientituote ja Suomelle valkuaisen tuontituote. Valkuaisominaisuuksiensa takia todellinen menekki on usein soijarouheella eikä öljyllä.

Soijapavun viljely Brasiliassa on 1970-luvulta lähtien kasvanut nopeasti, 3 miljoonasta 18,5 miljoonaan hehtaariin vuoteen 2003 mennessä. Kasvun on saanut aikaan odotukset kasvin soveltuvuudesta biopolttoaineen raaka-aineeksi (Binkel & Dros 2003) ja rehusta saatava korkea hinta ruoan kysynnän kasvaessa. Kun Latinalaisen Amerikan maat kasvattavat soijan tuotantoaan, lisääntyvät myös viljelyyn liittyvät ekologiset ja sosiaaliset ongelmat. Soijapavun viljelyyn tarvitaan lisääntyvässä määrin peltopinta-alaa ja sitä onkin raivattu erityisesti cerradon ja Amazonasin alueilta. Metsien hakkuut ovatkin saaneet aikaan korvaamatonta vahinkoa alueen ekologiselle tasapainolle ja vähentäneet samalla metsään sitoutuneen hiilen määrää.

Soijan hiilijalanjälki vaihtelee 0,4 ja 1,5 kg (CO₂ ekv/ 1 kg) välillä. Vaihteluun vaikuttaa merkittävästi se, viljelläänkö soijaa vanhoilla pelloilla vai raivataanko viljelyä varten uutta peltoa. Myös laskentatapa vaikuttaa. Soijan vesijalanjälki on 1800 l/ kg soijapapua.

Ekologisten ongelmien lisäksi laajamittainen soijan viljely on aiheuttanut alueen asukkaille vaikeuksia ja sosiaalisia ongelmia esim. maankäytön suhteen. Suuret peltoviljelmät syrjäyttävät paikalliset asukkaat, jotka ovat tulleet toimeen karjankasvatuksella ja pienimuotoisella kasvinviljelyllä. Yleensä heillä ei ole ollut virallista tositetta omistusoikeudestaan alueeseen ja vaikka oikeus maan käyttöön lain mukaan myönnetäänkin, voidaan alueita silti lunastaa pienellä korvauksella soijan viljelyyn. Myös uhkailua ja väkivallan käyttöä on käytetty alkuperäisasukkaiden pakottamiseksi pois asuinsijoiltaan (van Gelder & Dros 2006)

Soija ja geenimuuntelu

Soijapapu on ollut yksi ensimmäisistä kasveista, joista ollaan kiinnostuneita myös bioteknologian yrityksissä. Kriittisten näkökantojen mukaan myös tämä johtaa kestävämmään tilanteeseen ekologisesti ja sosiaalisesti. Esimerkiksi Argentiinassa 600 000 maatilaa suljettiin kun Roundup Ready soijan viljely kolminkertaistui. 1998 maassa oli 422 000 maatilaa ja vuonna 2002 tiloja oli enää 318 000 eli noin neljänneksen vähemmän. Yhdessä vuosikymmenessä soijan viljelyala kasvoi 126 % syrjäyttäen maidon, maissin, vehnän ja hedelmien tuotannon. Bioteknolוגiateollisuudelle valtava soijan viljelyalan kasvu ja kaksinkertaistuneet sadot ovat olleet taloudellinen ja tieteellinen menestys. Valtioille tämä merkitsi peruselintarvikkeiden tuontia, ruoantuotannon omavaraisuuden menettämistä, hintojen nousua ja nälkää.

Suomessa geenimuunneltua soijaa käytetään rehun valkuaislisänä. Se tuodaan pääosin Brasiliasta. Vaihtoehtoina olisi kotimaisen valkuaispitoisten kasvien esim. härkäpavun kasvatus. Saatavissa on myös vastuullisesti kasvatettua soijaa (RTRS), jonka tuotannossa on kiinnitetty huomiota sosiaaliin epäkohtiin ja ympäristön pilaantumiseen. Soijan kasvatus on tärkeä tulonlähde kehitysmaiden asukkaille ja tulevaisuudessa väestön kasvaessa tämän erittäin tärkeän ravintokasvin merkitys tulee vielä kasvamaan entisestään.

Taulu 7.5. Soijantuotannon tulevaisuustaulu

Edullisuuden ulottuvuudet	Todennäköinen tai mahdollinen vaikutus 2030+	
	Geenimuuntelulle kielteinen kehitys	Geenimuuntelulle myönteinen kehitys
	GM soija jo laajasti käytössä	
Edullisuus ilmaston muutoksen hallinnan kannalta	Välillisesti: rehun hinnan nousu ja siitä johtuen vähentynyt lihankulutus; aiheuttaa vähemmän kasviuonekaasupäästöjä	Suuremmat sadot, halventunut rehu, kasvava lihantuotanto ja -kulutus Paljon teollisia sovellutuksia, voivat korvata öljypohjaisia materiaaleja
Edullisuus maailman ravinnon tuotannon hallinnan kannalta	Kasvavan väestön ravinnon-tarpeen tyydyttäminen on haastavaa	Kestävyys kasvintorjunta-aineita, kasvitauteja ja hyönteistuhoja vastaan
Edullisuus luonnon moninaisuuden suojelun kannalta	Alkuperäislajikkeita voi joutua myös perinteisesti Kasvien ja eläinten geeniperimä mahdollistaa jalostuksen myös tulevaisuudessa ja muuttuvissa olosuhteissa	Monipuolinen geeniperimä voi kadota, monokulttuuri Rikkakasvien torjunta-aineille (herbisideille) kestävät lajikkeet. Kasveihin on siirretty bakteerin geeni, joka antaa vastustuskyvyn tiettyä herbisidiä vastaan. Vähemmän/enemmän torjunta-ainejäämiä Mahdollisten ”super” rikkakasvien syntyminen risteytymisen johdosta Rikkakasveista riippuvaisten hyönteisten ja lintujen habitaattien väheneminen
Edullisuus brasilialaisten ja uruguaylaisten näkökulmasta: talouskasvu työllistyvyys soveltuvuus pienimuotoiseen viljelyyn	Oman viljelyperinteen ja siementuotannon säilyminen Ammattitaidon siirtyminen tuleville sukupolville, töiden jatkuminen paikallisten ihmisten voimin Reilu kauppa, eettiset farmit, luomutuotteet	Riippuvaisuus monikansallisista yrityksistä Biopoltoaineiden tuotanto Oman siementuotannon loppuminen Eriarvoisuuden lisääntyminen Vähentää perinteisiä maanviljelystöitä ja ammatteja Viljelmät suuria monokulttuurisia plantaaseja
Edullisuus Suomen kannalta talouskasvu työllistyvyys	Geenimuuntelusta vapaan soijan saatavuus vaikeutuu koko ajan. Valtaosa maailmalla tuotetusta soijasta on jo muuntogeenistä ja arviolta vain alle kymmenesosa myy-	Sian valkuaisrehuksi käytettävän muuntogeenisestä soijasta tehdyn rehun tuominen Suomeen alkoi kesällä 2007

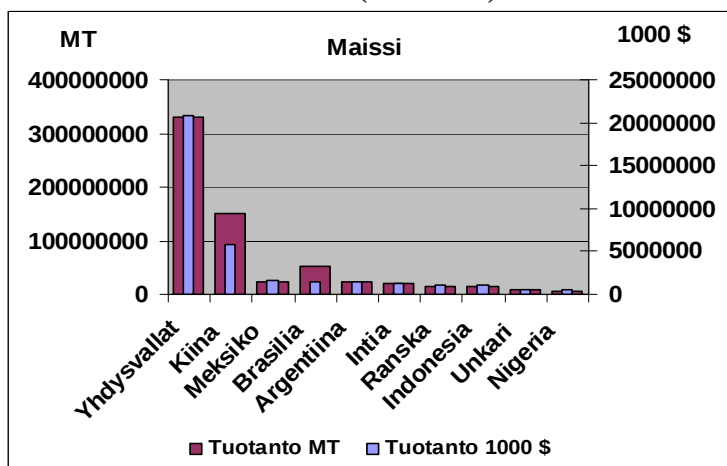
	tävistä soijasta on muuntelusta vapaata. Euroopassakin alkaa olla vaikeuksia saada soijarehua, jota ei olisi kasvatettu muuntogeenisistä siemenistä. Omien valkuaisainelähteiden esim. härkápavun tutkimus etenee Uusiin vaatimuksiin vastaminen: tiedostavat kuluttajat ja kiristyneet ympäristönormit	Halpaa rehua saatavilla Oman valkuaispitoisen rehuntuotannon kehitys ja tutkimus hiipuu
--	--	---

7.6. Maissintuotanto

Maissi (*Zea mays*) on kotoisin Etelä-Amerikasta, jossa sitä on käytetty perinteisesti ravintona: tortilla ja maissipuuro ovat olleet intiaanien ruokalistalla jo tuhansia vuosia sitten. Nykyään maissin tuotanto on keskittynyt USA:han, jossa siitä saadaan suurimmat sadot. Viljelyalaa on lisätty vuosi vuodelta kun rehumaissin rinnalle on tullut biopolttoaineeksi viljelty maissi. Sen osuus on nyt noin 30 % Yhdysvaltojen sadosta. Maissin biopolttoainekäyttö nosti maissin hinnan lähes kaksinkertaiseksi syksyllä 2006 ja jopa noin kolminkertaiseksi kesällä 2008 verrattuna vuosien 2000-2005 keskihintaan. Talouslama laski hintaa niin, että syksyllä 2009 se oli jälleen vajaa kaksinkertainen verrattuna vuosien 2000-2005 keskihintaan.

Perinteisesti maissia on käytetty eläinten rehuksi ja ruoaksi, mutta osuus on ollut jo vuosia laskussa. Vuonna 2003 USA:ssa rehuksi meni 57 % maissista, vientiin 19 % ja etanolin valmistukseen 11 % koko tuotannosta. Vuoden 2008 sadosta rehuksi käytettiin 45 %, vientiin 15 % ja etanoliin jopa 30 %. Etanolin valmistus on kasvanut noin 30 % vuosivauhtia, vaikka samaan aikaan tuotanto on tehostunut

Kuva 7.7. Maissin tuotanto 2007 (FAOSTAT)



Maissin rooli lopputuotteiden näkökulmasta

Ravintokasvien käytöstä biopolttoaineena on kritisoitu voimakkaasti; sademetsien raivaus plantaaseiksi, ruoan kallistuminen ja ympäristöongelmat on liitetty niihin. Euroopassa käytetty biopolttoaine voi vähentää vaikkapa Ranskan päästöjä mutta lisätä niitä vastaavasti esim. Brasiliassa sademetsien vähentyessä. Ruoantuotantoa täytyy lisätä voimakkaasti lähivuosisikymmeninä ja ruoan käyttäminen autojen polttoaineena ei ole järkevää. Toisen sukupolven tekniikan käyttöönotto parantaa biopolttoaineiden hyötyjä. Puusta, viljelyjätteistä, lannasta ja biojätteistä tehty polttoaine voi olla vastaus öljyn vähenemiseen ja ilmastomuutoksen ehkäisyyn.

Ilmastomuutos ja kasvukauden pidentyminen ovat lisänneet mahdollisuutta uusiin viljelykasveihin Suomessa. Maissistakin saadaan nyt vuosittain pienen pieni sato, vaikka aiemmin se oli poikkeuksellista. Vaikka ilmasto-olosuhteet tulevaisuudessa suosisivatkin Suomea maissinviljelyalueena, esteenä viljelylle on sen heikko sopeutuminen päivän pituuteen. Maissi vaatii vuorokaudessa enemmän pimeitä tunteja kuin Suomessa on kasvukauden aikana. Tulevaisuudessa viljelyalaa voidaan ehkä kuitenkin lisätä. Geenimuuntelu parantaa maissin kylmänkestävyyttä, hyönteistuhoja ja lisää satoisuutta. USA:ssa geenimuuntelu on jo käytössä mutta Euroopassa asiaa vasta harkitaan. Myös perinteisellä jalostuksella pystytään vaikuttamaan maissin tärkkelys- ja öljypitoisuuteen.

Maissista on mahdollista tehdä muovia: pulloja, purkkeja ja pakkauksia esim. elintarvikkeille sekä teknologiateollisuudessa osia mm. puhelmiin ja autoihin. Tanskassa tehdään ja suunnitellaan huonekaluja ja lamppeja biomateriaaleista. Vielä tällä hetkellä muovin valmistus biomateriaaleista on kalliimpaa kuin öljystä valmistaminen mutta öljyn niukentuessa kilpailukyky kasvaa. Maissikuidusta voi valmistaa vaatteita ja esineitä mm. laukkuja ja mattoja.

Maissin ympäristövaikutukset

Maissin aiheuttamat kasvihuonekaasu päästöt ovat suhteellisen pienet (noin 0,43 – 0,54 kg CO₂ekv / kg), ja tekniikan kehittyessä alenevat entisestään. Monien kasvien yhteyttäminen lisääntyy ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvaessa. Tähän ryhmään kuuluvat melkein kaikki kylmän ilmaston kasvit ja useimmat viljelykasvit. Sen sijaan viljelykasveista maissin sekä sokeriruo'on yhteyttämiseen hiilidioksidipitoisuuden lisäys ei paljoakaan vaikuta. Ilmaston lämpeneminen lisää ilmaston epävakautta ja kuivuus lisääntyy maissin viljelyalueella, mikä voi pienentää satoja. Vedenpuutteen vaikutukset ovat suurimmat kehitysmaissa, joilla ei ole varoja investoida vesijärjestelmiin. Maissin vesijalanjälki on hyvin kohtuullinen 900 l/kg maissin jyväsatoa.

Tulevaisuustarkastelu

Bioenergiassa ja –materiaaleissa on valtavasti mahdollisuuksia ajatellen kestävää kehitystä ja tulevaisuutta. Uusia toimeentulon mahdollisuuksia ja lisäänsioita voisi syntyä kehitysmaihiin, joissa raaka-aineita on saatavilla. Suomessa mahdollisuudet liittyvät korkeaan osaamiseen ja teknologian hallitsemiseen.

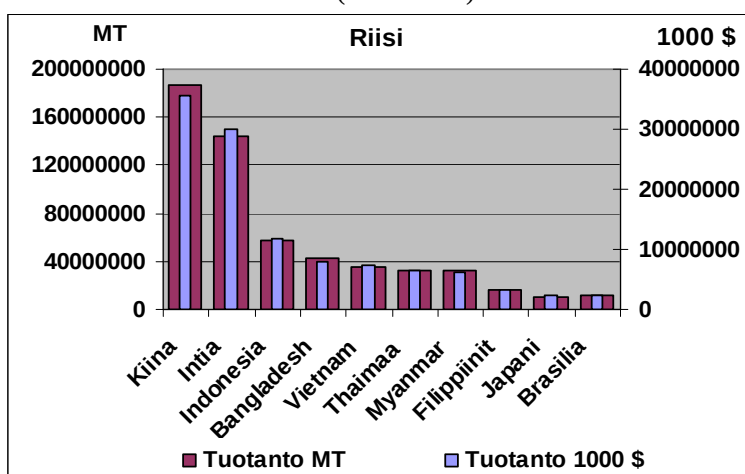
Taulu 7.6. Maissinviljelyn tulevaisuustaulu.

Edullisuuden ulottuvuudet	Todennäköinen tai mahdollinen vaikutus 2030+	
	Geenimuuntelulle kielteinen kehitys	Geenimuuntelulle myönteinen kehitys
	GM maissi jo laajasti käytössä	
Edullisuus ilmastomuutoksen hallinnan kannalta	Välillisesti: Kasvava väestö ja nousevat ruoan ja rehun hinnat ohjaavat käyttämään ihmisravintona	Vähentää lannoitteiden käyttöä koska kasvi hyödyntää paremmin fosforin ja typen Paljon teollisia sovellutuksia, voivat korvata öljypohjaisia materiaaleja
Edullisuus maailman ravinnon tuotannon hallinnan kannalta	Oman siementuotannon jatkuminen Perinteisten lajikkeiden säilyminen	Suuremmat sadot Steriilit siemenet, riippuvuus monikansallisista yrityksistä Kasvin vastustuskyky hyönteisiä, tauteja, sieniä ja bakteereja kohtaan paranee Rikkakasvien torjunta-aineille (herbisideille) kestävät lajikkeet. Kasveihin on siirretty bakteerin geeni, joka antaa vastustuskyvyn tiettyä herbisidiä vastaan Tehokas ravinteiden käyttö Ravintopitoisuuden kasvu: proteiinipitoisuus, välttämättömät aminohapot, Siemenen paino ja sokeripitoisuus
Edullisuus luonnon moninaisuuden suojelun kannalta	Monimuotoisia viljelyalueen habitaatteja	Vähemmän/enemmän torjunta-ainejäämiä
Edullisuus brasilialaisten ja uruguaylaisten näkökulmasta: talouskasvu työllistyvyys soveltuvuus pienimuotoiseen viljelyyn	Päätäväallan pysyminen omalla alueella Ei sovellu pienimuotoiseen viljelyyn Keskittyvät järjestelmät eivät toteuta ruokaturvaa	Ulkomaisten sijoittajien kiinnostus kasvaa, biopoltoaineiden tuotanto Riippuvaisuus siemeniä myyvistä yrityksistä Oman tieto-aidon väheneminen Työpaikkojen katoaminen
Edullisuus Suomen kannalta talouskasvu työllistyvyys	Pienviljelijöiden tuotteita saatavilla Luomutuotteiden saatavuus	Halpaa rehua saatavilla

7.7. Riisi

Riisi (*Oryza sativa*) on maailman yleisin viljakasvi maissin ja vehnän ohella. Riisi on myös maailman vanhimpia viljelykasveja ja jopa puolet maailman ihmisistä käyttää sitä pääravintonaan. Viljelyyn riisi on otettu Kiinassa noin 5000 vuotta sitten ja yhä edelleen 90 % kaikesta riisistä viljellään Aasiassa (FAO 2009). Euroopassa riisiä viljellään mm. Italiassa. Meillä riisi on lisäkeluonteinen vaihtoehto perunalle ja pastalle. Suomessa sen suosio on kasvanut huomattavasti viimeisten vuosikymmenten aikana. Sen ravintoarvo perustuu lähinnä korkeaan hiilihydraattipitoisuuteen, proteiinia riisistä saadaan hiukan vähemmän kuin muista viljoista. (Fineli 2009)

Kuva 7.8. Riisin tuotanto 2007 (FAOSTAT)



Vuonna 2008 Suomessa käytettiin n. 28 miljoonaa kiloa riisiä. Yli puolet Suomeen tuotavasta riisistä tulee Italiasta ja Espanjasta.

Riisilajikkeet ovat kehittyneet vuosisatojen kuluessa sen mukaan, millainen vesitase viljelyalueella on ollut. Vain 10 % riisisadosta saadaan muilta kuin veden alla olevilta pelloilta. Vesi takaa ravinteiden runsaan saatavuuden ja estää rikkakasvien kasvun. Riisin vesijalanjälki on 3400 l/kg riisiä.

Riisi ja ympäristö

Riisi kuluttaa suurimman osuuden maailman viljelyyn käytetystä vedestä. Kiillotetun riisin vesijalanjäljen globaali keskiarvo on 3305 l/kg. Italialaisen riisin vesijalanjälki on 2423 l/kg ja espanjalaisen 2143 l/kg (Akva 2009). Riisin vesijalanjäljessä kastelun osuuden vaihtelu voi olla suurta. Yhdysvaltalainen riisi kasvatetaan pitkälti kasteluveden avulla, ja osissa Yhdysvaltoja ollaan pulassa vedenpuutteen vuoksi. Thaimaalainen riisi käyttää vettä enemmän, mutta vesi saadaan sateista eikä viljely vaikuta ekosysteemin vesitasapainoon samassa mittakaavassa kuin Yhdysvalloissa.

Vedenkiertoon perustuvalla viljelyjärjestelmällä on hyviä ja huonoja puolia. Tärkeintä on kuitenkin muistaa että alueen kulttuuri on kehittynyt riisipellojen sen tuoman monimuotoisuuden ympärille. Riisipellot tasaavat voimakkaiden sateiden aiheuttamaa vesikuormitusta: vesi jää esim. vuorenteillä oleville terassipelloille eikä valu mereen vieden maata mukanaan. Myös viljelyalueen pohjavesivarannot täyttyvät. Alueen ruokahuollon kannalta ovat tärkeitä pelloilta saatava täydennys ruokavalioon esim. kalat ja äyriäiset. Köyhimmät ihmiset ovat saaneet näistä myös sivutuloja. Riisinviljely tuottaa paljon ilmastonmuutosta lisäävää metaania, erään arvion mukaan 10 – 15 % kaikesta ilmakehään päätyvästä metaanista. Riisin hiilijalanjälki on 2.76 kg (CO₂ -ekv/1 kg) (Blengini & Busto 2009). Hiilijalanjälkeen vaikuttaa eniten viljelyolosuhteet. Koska pellot ovat veden peittämiä, silloin syntyy enemmän metaanipäästöjä.

Lisääntyvä väestö ja ns. Vihreään Vallankumoukseen liittyvät tehoviljelymenetelmät ovat saaneet aikaan ympäristöongelmia, jotka uhkaavat riisinviljelyalueiden tasapainoa. Lannoitteet, torjunta-aineet, veden likaantuminen ja samentuminen ovat vähentämässä monimuotoisuutta. Riisipelloista on kehittynyt monokulttuuriviljelmiä eikä muille lajeille enää ole elinmahdollisuuksia. Tästä kärsii koko ravintoketju pieneliöstöstä kaloihin, lintuihin ja muihin myös maalla eläviin eläimiin.

Riisistä on jalostettu vähemmän vettä vaativia lajikkeita, joiden käyttö yleistyne. Muita jalostuksen kohteina olevia ominaisuuksia ovat mm. ”kultainen riisi”, johon on geenimuuntelulla lisätty A-vitamiinipitoisuutta ja snorkkeliriisi, joka parantaa kasvin sopeutumista vaihtelevaan vedenkorkeuteen (Hattori et al 2009). Viljelytekniikoita parantamalla voidaan myös metaanipäästöjä vähentää. Näiden uusien lajikkeiden ja tekniikoiden käyttöönottoamisessa on omat ongelmansa eivätkä ne vielä ole laajasti käytössä. Kuluttajat eivät vielä yleisesti hyväksy geenimuunneltuja tuotteita, mikä hidastaa niiden käyttöönottoa.

Riisi globaaleilla markkinoilla

Tukiaisiin rahoitettu yhdysvaltalainen ja japanilainen riisi kaupataan maailmanmarkkinoilla alle todellisten tuotantokustannuksin, jolloin esim. kehitysmailla on vaikeuksia saada omia tuotteitaan kaupaksi. Tämä voi koskea myös viljelijöiden omia kotimaita, jolloin tulot jäävät pieniksi. Vaihtoehtoja on kuitenkin olemassa. Niitä ovat erityisesti Reilun kaupan tuotteet, jotka antavat viljelijälle paremman toimeentulon. Reilun kaupan järjestelmä tukee viljelijöiden markkinoillepääsyä ja tuotannon monipuolistamista. Järjestäytymällä tuottajaorganisaatioiksi ja investoimalla Reilun kaupan lisiä infrastruktuuriin viljelijät voivat ryhtyä itse prosessoimaan, varastoimaan ja myymään riisiänsä (Reilukauppa 2009). Kuluttaja voi minimoida ympäristöongelmia riisin viljelyssä käyttämällä luomuriisiä, jota viljellään mm. Italiassa ja Thaimaassa.

Taulu 7.7. Riisintuotannon tulevaisuustaulu

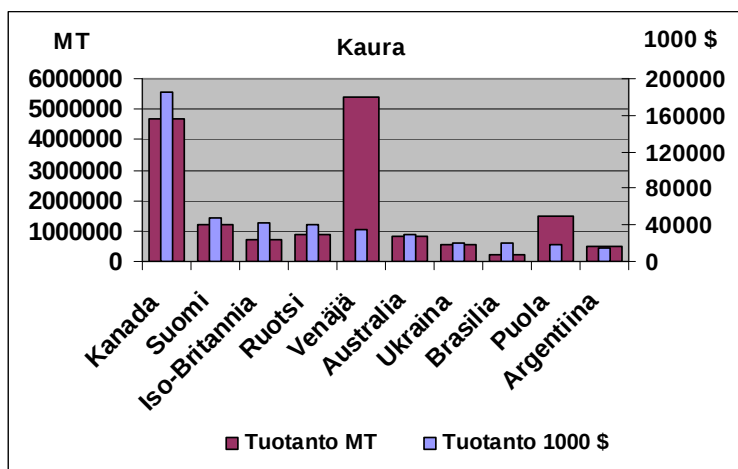
Edullisuuden ulottuvuudet	Todennäköinen tai mahdollinen vaikutus 2030+	
	Geenimuuntelulle kielteinen kehitys	Geenimuuntelulle myönteinen kehitys
Edullisuus ilmastomuutoksen hallinnan kannalta	Peltoalan kasvattaminen ruoan kasvattamiseksi uhkaa metsiä	Pienempi lannoituksen tarve Kasvin vaatimukset muuttuvat, metaanipäästöt pienenevät
Edullisuus maailman ravinnon tuotannon hallinnan kannalta	Ravinnontarvetta ei kyetä tyydyttämään, nälänhätää Siementuotannon säilyminen paikallisilla viljelijöillä Katastrofin sattuessa ruoka-huolto ei ole yhden lajikkeen varassa	Suuremmat sadot, tulvien kestävyys ”snorkkeliriisi” Kasvin parempi yhteyttämiskyky, muuttaminen C4-kasviksi Siementen parempi itävyys Kestävyys tauteja vastaan Ravintopitoisuuden kasvu, E-vitamiini, A-vitamiini ”kultainen riisi”, rauta
Edullisuus luonnon moninaisuuden suojelun kannalta	Perinteiden ja vanhan vesiviljelykulttuurin säilyttäminen Aasiassa Lajien ja niiden perimän säilyminen tulevaisuutta varten	Metsien hakkuupaineet Aasiassa vähenevät Monokulttuuri, lajien häviäminen
Edullisuus brasilialaisten ja uruguaylaisten näkökulmasta: talouskasvu työllistävyys soveltuvuus pienimuotoiseen viljelyyn		Keskittyvät järjestelmät eivät toteuta ruokaturvaa
Edullisuus Suomen kannalta talouskasvu työllistävyys		

7.8. Kaura

Kauraa (*Avena sativa*) kasvatetaan nykyisin lähes koko lauhkean ja subtrooppisen ilmaston alueella. Kauralajikkeet pärjäävät viileässä ja kestävät sadetta paremmin kuin muut viljakasvit, joten ne ovat tärkeitä paikoissa, joissa kesät ovat lyhyitä ja sateisia. Kauraa on kasvatettu onnistuneesti Islannissa. Erityyppisiä kauralajikkeita jalostetaan jatkuvasti. Jalostuksen kohteena ovat muun muassa: korsityyppi, korjuuaika, jyvän kuorirakenne, satoisuus, kuoren väri, korren koko, valkuaisainepitoi-

suus ja roudankestävyys. Kiinnostus kauraa kohtaan on kasvussa, mm. Kiinassa aiotaan lisätä kauran kasvatusta.

Kuva 7.9. Kauran tuotanto 2007 (FAOSTAT)



Kaurasta valmistetaan perinteisesti jauhoja ja suurimoita. Lisäksi kaurasta valmistetaan leipää, keksejä ja esim. myslä. Suurin osa maailmassa tuotetusta kaurasta käytetään kuitenkin kotieläinten rehuksi. Vanhastaan sen tärkein merkitys onkin ollut hevosten ravintona. Myös kauran olkia käytetään rehuna tai kuivikkeena.

Kauralla on monia terveyttä edistäviä vaikutuksia: se alentaa huonoa kolesterolia ja sisältää paljon B-ryhmän vitamiineja sekä mineraaleja. Kauran proteiini on hyvälaatuista sillä se sisältää runsaasti lysini -aminohappoa. Kaura ei sisällä gluteenia, joten siitä voidaan valmistaa tuotteita kuten leipää ja pastaa keliakikoille. Tällöin puhutaan ns. puhdaskaurasta eli seassa ei ole muita viljoja. Varsinkin Ruotsissa kaurasta tehdään kaurajuomaa, joka voi korvata maidon ruokavaliossa. Tuotteita voivat käyttää mm. kasvissyöjät ja maitoallergiset. Muita maitoa korvaavia tuotteita ovat jogurtit, jäätelöt, ruoanlaittokerma ja vaniljakastike. Suomessa on kehitelty erityisesti leipää ja jogurttili-misteita, mm. kaurapohjainen jogurttimainen Yosa -tuote ja Ehon Kaura 100-leipä, joka on ensimmäinen pelkästään kauraa sisältävä leipä. Kauran käyttäminen leivonnassa on haaste, sillä se ei sisällä leivonnassa tarvittavaa sitkoa. Sen sijaan kaurassa on runsaasti beetaglukaania, joka veden kanssa reagoidessaan estää kolesterolin ja rasvan imeytymistä elimistöön. Veren kolesterolitaso alenee, kun rasva ja kolesterolit poistuvat elimistöstä. Yhdysvalloissa kauraa saa ensimmäisenä elintarvikkeena mainostaa terveysväittämällä ”vähentää sydäntauteja”. Kauran on todettu aiheuttavan vähemmän allergioita kuin muut viljat ja lisäksi sen kuitupitoisuus on hyväksi suolistolle. Suomessa kauratuotteilla esim. kaurajuomalla ja kaurahiutaleilla on Sydänliiton Sydänmerkki. (Sydänliitto 2009).

Kauran tulevaisuus

Kauratuotteiden tuotekehitys voisi olla tulevaisuudessa merkittävä ala, funktionaaliset elintarvikkeet tulevat luultavasti kasvattamaan osuuttaan mm. väestön ikääntyessä. Kuitenkin kehitys ja markkinointi on jäänyt melko vähäiseksi potentiaaliin nähden. Kehitysmahdollisuuksia olisi mm. erikoisruokavaliotuotteissa, lemmikkieläinten ja lasten ruokien kehittämisessä. Niissä kaura voisi korvata maissin. Kauraa viedään nyt lähinnä jyvänä eikä jalostettuina elintarvikkeina, joista saisi huo-

mattavasti korkeamman hinnan. Suomalainen elintarviketeollisuus on investoinut viime vuosina suhteessa liikevaihtoon enemmän kuin muu teollisuus, mutta investoinnit ovat kuluneet koneisiin, laitteisiin ja rakennuksiin eivätkä tuotekehitykseen. Pitkällä tähtäimellä heikko kannattavuus voi muodostua uhkatekijäksi elintarviketeollisuudelle, mikäli kilpailukykyä ylläpitävään tuotekehitykseen ei ole mahdollisuuksia panostaa riittävästi.

Kauran ympäristövaikutukset

Kauran kasvihuonekaasupäästöt ovat pienet (0,38 – 0,47kg CO₂ekv / kg). Suomen ilmasto sopii hyvin kauran viljelylle. Ilmastonmuutoksen seurauksena kauran levinneisyys ylittää 70 vuoden päästä ohran ja vehnän ohella koko Suomeen. Typen käytön tehokkuuden ansiosta kaura kykenee korkeaan valkuaistuuottoon ja altistuminen huuhtoumille on vähäinen. Kauran vesijalanjälkeä ei ole määritetty mutta rinnasteisesti ohran vesijalanjälki on 1300 l / kg. Kaura soveltuu hyvin myös luomutuotantoon. (VYR 2009). Kaurasta valmistetut tuotteet kuten kauramaito ja – jäätelö vähentävät ilmastonmuutosta kun niillä korvataan lehmänmaidotuotteita. Kuluttajia tulee rohkaista käyttämään enemmän kaurasta valmistettuja kotimaisia elintarvikkeita.

Tuotannon ympäristökuormitukset ja -vaikutukset aiheutuivat pääosin alkutuotannosta. Rehevöitymistä aiheuttaa pelloilta huuhtoutuvat typpi ja fosfori. Ilmaston lämpenemispotentiaaliin vaikuttivat eniten lannoitteista vapautuva typpioksiduuli sekä hiilidioksidipäästöt työkonien käytöstä, kauran kuivauksesta ja kalkituksesta. Kauran jalostuksen päästöt, erityisesti rikki- ja hiilidioksidipäästöt vähenevät jos tuotannossa siirrytään käyttämään raskaan polttoöljyn sijasta bio- ja maakaasua. Puuron valmistus sähköliedellä aiheuttaa moninkertaiset hiilidioksidipäästöt suhteessa kaurahiutaleiden tuotantoon. Kuriositeettina voidaan todeta, että puuron valmistustavalla voidaan vaikuttaa tuotejärjestelmän ympäristövaikutuksiin. Valmistamalla puuro mikroaaltouunissa, useat ilmapäästöt ja niistä aiheutuvat ympäristövaikutukset olivat huomattavasti pienemmät kuin sähköliedellä valmistettaessa. (Katajajuuri et al 2003)

Taulu 7.8. Kaurantuotannon tulevaisuustaulu

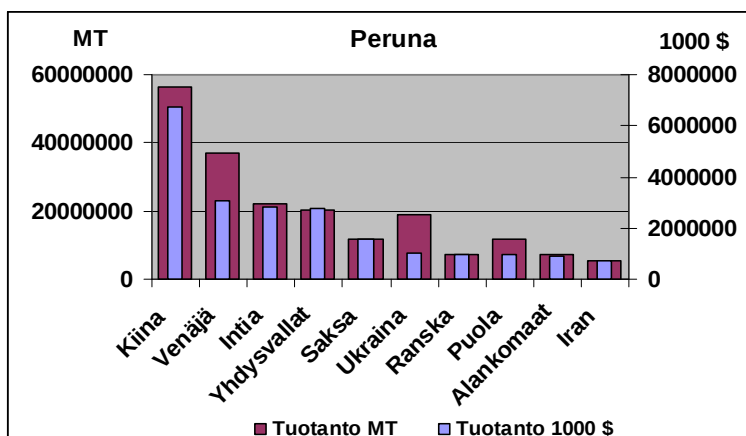
Edullisuuden ulottuvuudet	Todennäköinen tai mahdollinen vaikutus 2030+	
	Geenimuuntelulle kielteinen kehitys	Geenimuuntelulle myönteinen kehitys
Edullisuus ilmaston muutoksen hallinnan kannalta		
Edullisuus maailman ravinnon tuotannon hallinnan kannalta	EU:n säännösten mukaan muuntogeeniset tuotteet pitää merkitä niin että jo raaka-aineiden tuotantovaiheessa muuntogeeniset, tavanomaiset ja luomukasvit ja niistä korjattu sato on voitava pitää erillään. Tämä voi nostaa tavanomaisen tuotteen hintaa.	Biotekniiikan avulla mahdollisuuksia tehostaa muun muassa sydän- ja verisuonitautiriskiä vähentävän beta-glukaanin jalostamista elintarvikekaurassa. Mahdollisuus nostaa rehukauran energia-arvoa lisäävää öljypitoisuutta ja ehkäistä viime vuosina Suomeen levinnyttä kauran lehti-laikkutautia. Maaperän myrkyllisen raskasmetallin kadmiumin kertymistäipumuksen karsiminen kauran jalostuslinjoista.
Edullisuus luonnon moninaisuuden suojelun kannalta		

Edullisuus brasilialaisten ja uruguaylaisten näkökulmasta: talouskasvu työllistävyys soveltuvuus pienimuotoiseen viljelyyn		
Edullisuus Suomen kannalta talouskasvu työllistävyys	Vähemmän ”työkaluja” Vaikeuttaa tutkimusta	Mahdollisuuksia tuotekehitykseen ja vientiin Funktionaaliset elintarvikkeet

7.9. Peruna

Vuosien 1989- 1991 keskimääräinen vuotuinen perunantuotanto kehittyneissä maissa oli noin 180 miljoonaa tonnia ja kehitysmaissa 70 miljoonaa tonnia. Vuosien 2005-2007 keskimääräinen vuotuinen perunantuotanto kehittyneissä maissa oli noin 160 miljoonaa tonnia ja kehitysmaissa 150 miljoonaa tonnia. Erityisesti Intiassa ja Kiinassa viljelyn lisääntyminen on ollut todella nopeaa. Perunan viljelyala lisääntyi Kiinassa 1990-2002 noin 65 %. Sato lisääntyi samana aikana noin 130 %, eli tuottavuus pinta-alayksikköä kohti kasvoi kaksinkertaiseksi. Intiassa tuotannon ja tuottavuuden nousu alkoi ennen Kiinaa jo 1980-luvun alussa. Perunan viljelyalue siellä kasvoi noin 65 % vuodesta 1980 vuoteen 2000 ja tuottavuus 150 % (Valkonen 2008)(Kuva 7.10.).

Kuva 7.10. Perunan tuotanto 2007 (FAOSTAT)



Kansainvälisellä tasolla perunan kulutus kasvaa voimakkaasti etenkin Aasiassa, Etelä-Amerikassa ja Afrikassa. Varsinkin näiden maiden rikkaat kuluttavat jalostettuja perunatuotteita, köyhemmät syövät edelleen perinteisesti esim. riisiä ja maissia. Perunaa viljelemällä köyhät voivat saada lisätuloja, kun kaupunkien pikaruokalot ostavat tuotteita ranskalaisiksi perunoiksi. Etelä-Amerikassa nai-

set ovat merkittävässä asemassa perunalajikkeiden säilyttämisessä; miehet ovat muuttaneet kaupunkiin ja naiset ovat jääneet vastaamaan ruokahuollosta ja perunan viljelystä. Andeilla on kymmeniä lajikkeita, jotka ovat vaarassa hävitä, jos naiset eivät pysty jatkamaan istutuksia ja viljelyä.

Näyttää siltä, että Intia saavutti viljelytekniikassa noin vuonna 2000 sen tason, jonka kehittyneissä maissa hallitut viljelytavat mahdollistavat. Perunan viljelyala ei tämän jälkeen ole siellä lisääntynyt ja tuotannon kasvu on pysähtynyt. Tuotannon vuotuiset vaihtelut ovat myös olleet suuria vuoden 2000 vaiheilla. Vuonna 1998 perunasato oli Intiassa vain noin 70 % siitä mitä se oli huippuvuonna 2000. Kiinassa sekä perunan tuotantoala että tuotettu määrä ovat pysyneet suunnilleen samoina 2002-2006 (Valkonen 2008). Vuoden 2002 jälkeen myöskään perunasato kaikissa kehitysmaissa ei ole juuri kasvanut. Saharan eteläpuolisessa Afrikassa perunan viljelyala kuitenkin kasvoi ajanjaksona 1998 – 2006 kaksinkertaiseksi. Viljelyyn liittyvistä ongelmista ja/tai entistä epäsuotuisammista viljelyolosuhteista kuitenkin kertoi, että perunan tuotanto kasvoi siellä samana aikana vain vajaalla 70 %:lla.

Perunaa viljellään koko Suomessa. Kauppoihin ja teollisuuteen perunaa viljellään eniten Länsi- ja Etelä-Suomessa. Kesän ensimmäisiä varhaisperunoita tuotetaan pääasiassa eteläisillä rannikkoseuduilla. Pohjois-Pohjanmaalla niin sanotulla High Grade -alueella (Tyrvävän, Limingan ja Temmeksen kunnissa) tuotetaan korkealaatuista siemenperunaa. Pohjoisen sijainnin ansiosta tällä alueella on vähemmän perunan taudinaiheuttajia kuin eteläisemmässä Suomessa, joten siellä pystytään tuottamaan tervettä siemenperunaa. Perunan viljelyala Suomessa on noin 35 000 ha ja keskisato noin 20 000 kg/ha. Parhaiden ammattiviljelijöiden keskisato on noin 40 000 kg/ha. Suurin osa sadosta käytetään ruokaperunaksi joko suoraan tai jalostettuna. Osa perunasadosta menee tärkkelysteollisuuteen. Perunatärkkelystä käytetään muun muassa paperiteollisuudessa. Ruuaksi käytettävän perunan ulkonäkö on tärkeä, teollisuudessa on tärkeää perunan sisältämä tärkkelys. Perunasadon voivat vaarantaa kevään hallat ja kasvitaudit, jotka vaivaavat etenkin sateisina kesinä.

Peruna resurssien käyttäjänä ja sadon tuottajana

Perunan riisiä selvästi tehokkaampi veden käyttö on tärkeä peruste edelleen korvata perunalla varsinakin riisin käyttöä kehitysmaissa. Peruna tuottaa viljakasveihin verrattuna syötävää biomassaa kymmenkertaisesti (Valkonen 2008). Tehokkaana C3 yhteyttäjänä peruna myös erityisesti hyötyy hiilidioksidipitoisuuden kasvusta ilmakehässä. Tutkimuksissa on havaittu, että lisäkasvu suuntautuu erityisesti juurimukuloihin. Sadon on todettu kasvavan noin 10 %, kun ilmakehän hiilidioksidipitoisuus kasvaa 100 ppm. Tämä on noin neljännes ilmakehän nykyisestä pitoisuudesta (Marco Bindi 2008).

Perunan kasvihuonekaasupäästöt (0,1 – 0,16 kg CO₂ ekv / kg) ovat pieniä verrattuna esimerkiksi riisiin. Lisäksi perunan viljelyssä sadot ovat moninkertaiset viljoihin verrattuna, ja perunan viljelyn hehtaarikohtainen ympäristökuormitus jakaantui näin suuremmalle tuotemäärälle. Peruna kasvaa avomaalla ja viljelyn kasvihuonekaasupäästöt muodostuvat viljelyn hiilidioksidipäästöistä sekä lannoittamisen typpioksiduulipäästöistä. Suurempi osuus päästöistä syntyy kypsennyksestä kotitalouksissa ja jos perunaa jalostetaan esim. valmisruoaksi teollisuudessa (Katajajuuri et al 2003). Perunan vesijalanjälki on 900 l/kg perunaa.

Peruna ravintona – proteiiniköyhää

Perunaa käytettiin vuonna 1998 (FAO 2001) kehittyneissä maissa 75 kg/hlö/v mutta kehitysmaissa vain 17 kg/hlö/v. Vuosituotanto maailmassa on noin 330 milj. tn/v. (FAO 2004). (Food and Agriculture Organization (FAO). Statistical databases, www.fao.org)

Riisi ruokkii nykyisellään yli puolet ihmiskuntaa. Sen viljely vaatii kuitenkin paljon vettä. Ennusteiden mukaan vedestä tulee kuitenkin pulaa monilla maailman tärkeimmillä viljelyalueilla tulevana vuosikymmeninä, joten riisin viljelyä haluttaisiin korvata vähemmän vettä tarvitsevilla viljelykasveilla, kuten perunalla. Perunasta saa runsaasti hiilihydraattia sekä proteiinia ja kuitua. Perunassa on monia vitamiineja: C-vitamiinipitoisuus on suuri, B1, B3 ja B6 vitamiineja, mineraaleja kuten fosforia ja magnesiumia sekä antioksidantteja. Perunassa on myös paljon kuitua. Terveellisyys kärsii jos peruna valmistetaan ruoaksi runsaassa rasvassa, myös keitettäessä osa C-vitamiinista häviää.

Perunassa on paljon tärkkelystä, joten se on hyvä energian lähde. Sitä vastoin siinä on luonnostaan ihmisen tarpeisiin nähden hyvin niukasti proteiinia (0,7-4,6 %, OECD 2002), kun taas riisinjyvissä proteiinia on 5–17 prosenttia. Perunan aminohappokoostumus on kuitenkin ihmisen kannalta hyvä. Intialaiset tutkijat ovat parantaneet perunan ravintoarvoa vilja-amarantista siirrettyllä proteiinigeenillä. Geenin löysi Kansallinen kasvipärimän tutkimuskeskus New Delhissä Intiassa. Perunaan lisätty vilja-amarantin proteiinigeeni tuottaa ravitsemuksellisesti korkea-arvoista proteiinia, jonka aminohappokoostumus on ihmiselle optimaalinen Maailman terveysjärjestön suositusten perusteella. Geeni lisää perunoiden proteiinipitoisuutta 40 prosentilla ja parantaa ihmiselle välttämättömien aminohappojen (lysiini, metioniini) saantia (BMJ 2003 326:1351) <http://www.bmj.com/cgi/content/extract/326/7403/1351>).

Perunan asema Suomessa

Perunan asema suomalaisissa ruokapätydyissä on vahva. Kansainvälinen ruokakulttuuri on tuonut perunalle haastajia, mutta ne ovat samalla antaneet aiheutta perunavalmisteiden entistä aktiivisempaan tuottamiseen ja kehittämiseen. Kaupassa ja ravintoloissa on tarjolla laaja valikoima perunaa eri muodoissa. Suurin osa perunasta syödäänkin jalostettuna.

Suomessa kuluttajatutkimuksessa perunan monikäyttöisyys, terveellisyys, helppo saatavuus, kotimaisuus ja edullinen hinta tekevät siitä suosituimman kasvoksen sekä koti- että ravintolakokkien parissa. Suomalaiset kuluttajat pitivät perunaa turvallisena, ekologisena ja eettisenä elintarvikkeena, joka tulee pysymään ruokakulttuurissamme. Suurimmat haasteet lankeavat perunan tuotekehitykselle ja markkinoinnille

Yhteenvedon voidaan todeta, että ympäristövaikutuksiltaan peruna on vähäpäästöinen, viljelyyn tarvitaan myös vähemmän vettä kuin esim. vehnän viljelyyn. Energiaa ja proteiinia peruna tuottaa kaksinkertaisesti tärkeimpiin viljakasveihin, vehnään, maissiin ja riisiin verrattuna. Yhtä hyviä ruokakasveja ovat bataatti, maapähkinä, sipuli ja porkkana. Näistä koostettu ruokavalio voisi olla turvaamassa ruoantuotantoa väestön kasvaessa. Tämä on tärkeää etenkin maissa, joissa on pulaa vedestä ja kärsitään nälänhädästä.

Perunan tulevaisuustarkastelu on esitetty yhdessä bataatin kanssa.

7.10. Bataatti

Bataatti (sweet potato) (*Ipomoea batatas*) on peräisin Etelä-Amerikasta, kuten tavallinenkin peruna, mutta kasvit eivät ole sukua toisilleen. Myös bataatin löytöretkeilijät ottivat mukaansa Eurooppaan, josta se on levinnyt kaikille trooppisille alueille. Euroopassa bataattia viljellään vain Portugalissa. 95 % bataatista viljellään kehitysmaissa, missä se on viidenneksi tärkein ravintokasvi. Kiina tuottaa

80 % bataattisadosta. Aasiassa sato käytetään puoliksi eläinten rehuksi, Afrikassa bataatti käytetään lähinnä ihmisten ruoaksi (FAO, Finfood Ruokatieto).

Kasvi on versoiltaan köynnöstävä ja mukulat ovat suippoja, usein tavallista perunaa suurempikokoisia. Satoa saadaan vaatimattomissakin olosuhteissa, lannoitteita ei juuri tarvita ja vedenkulutus on pientä. Lisäksi bataatti on tuholaisien kestävä, joten torjunta-aineita ei tarvita. Viljelyä voisi lisätä ja tehostaa oikeilla viljelytekniikoilla, mutta tutkimus on ollut vielä toistaiseksi vähäistä (International Potato Center).

Bataatissa on samat hyvät ravintoarvot kuin perunassakin, ja vielä lisäksi huomattavan runsaasti A-vitamiinia. Rehun ja tuorekäytön lisäksi siitä voidaan valmistaa alkoholia ja tärkkelystä. Jalostaa voidaan mm. jauhoa, nuudeleita, makeisia ja jälkiruokia. Vihreät osat voidaan myös käyttää ihmisten ruoaksi tai eläinten rehuksi (International Potato Center).

Bataatista on monia muunnoksia ja värimuotoja. Kuoren väri voi vaihdella vaaleasta tumman violettiin ja hedelmäliha valkoisesta oranssiin. Tummat värimuodot sisältävät runsaasti A-vitamiinia, joten esim. Afrikassa, jossa lapset kärsivät puutoksesta ja sen aiheuttamasta sokeudesta, tulisi tumman muodon käyttöä lisätä. Tällä hetkellä Afrikassa bataatti on enimmäkseen vaaleata värimuotoa mutta koulutuksella eri lajikkeita on saatu laajempaan käyttöön.

Seuraavassa sekä perunaan että bataattiin liittyvässä tulevaisuustaulussa viitataan vain mahdollisuuksiin kehittää perunan ja bataatin tuotantosovelluksia. Kasvualusta-sovellusten osalta viitataan jaksoon 6.8.

Taulu 7.9. Perunan ja bataatin tuotannon tulevaisuustaulu

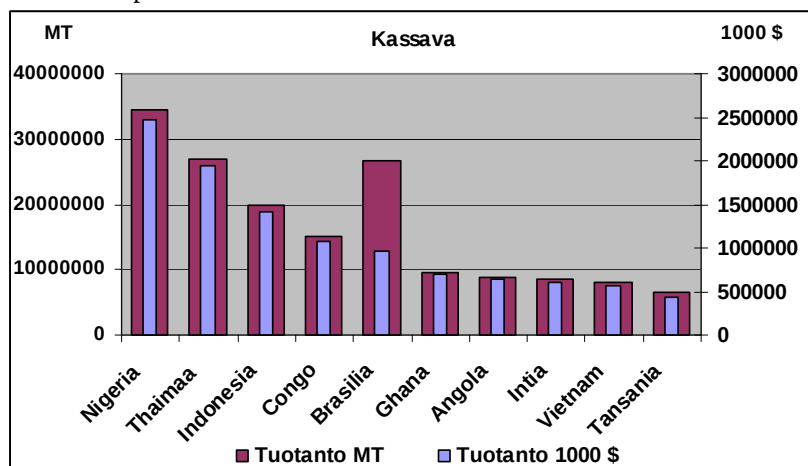
Edullisuuden ulottuvuudet	Todennäköinen tai mahdollinen vaikutus 2030+	
	Geenimuuntelulle kielteinen kehitys	Geenimuuntelulle myönteinen kehitys
Edullisuus ilmastomuutoksen hallinnan kannalta	Ei suoria vaikutuksia, epäsuorasti mahdollistaa melko tehokkaana ravinnontuottajana maan käyttöä ilmastomuutoksen kannalta vaikuttavaan biotuotantoon	Ei suoria vaikutuksia, epäsuorasti mahdollistaa tehokkaana terveellisen ravinnon tuottajana ja veden säästeliäänä käyttäjänä maan käyttöä ilmastomuutoksen kannalta vaikuttavaan biotuotantoon
Edullisuus maailman ravinnon tuotannon hallinnan kannalta	Edistää maailman köyhimpien ruokaturvaa. Ongelmana perunan ja bataatin vähäinen proteiinipitoisuus sekä tautien ja tuholaisien vuoksi suuresti vaihtelevat sadot erityisesti tropiikin alueella. Jossain määrin satoja voidaan varmistaa taudittomilla siemenmukuloilla.	Voi edistää merkittävästi maailman köyhimpien ruokaturvaa. Geenimuuntelulla voidaan ehkä olennaisesti kehittää perunan ja bataatin ravintosisältöä erityisesti proteiinien osalta. Myös tautteja – virustauteja ja perunaruttoa – voitaneen tehokkaasti torjua geenimuunnelluilla lajikkeilla. Myös muita ominaisuuksia kuten kuivuudenkestävyyttä voidaan kehittää.
Edullisuus luonnon moninaisuuden suojelun kannalta	Peruna ja bataatti sopivat viljeltäväksi pieni-muotoisesti monien lajien rinnalla. Ei uhkaa biodiversiteettiä nykyistä enempää, koska viljelyala ei olennaisesti lisääny nykyisestä.	Köyhimmän väestön ruokaturvan tarpeet voidaan hoitaa pienemmällä viljelypinta-alalla. Tämä vähentää tarvetta lisäviljelymaahan. Uhkana on kuitenkin lisääntyvä monokulttuuriviljely, jos ei pienimuotoista viljelyä tukevia toimia.

Edullisuus brasilialaisten ja uruguaylaisten näkökulmasta: talouskasvu työllistävyys soveltuvuus pienimuotoiseen viljelyyn	Soveltuu pienimuotoiseen omavaraisviljelyyn cerrado -alueilla ja halvan ruuan tuotantoon kaupunkien väestölle. Tuottavuuden hidas kasvu merkitsee painetta korvata tuotantoa muilla tuotantosuunnilla, joissa geneettisen muuntelun merkitys ei kovin suuri. Sellainen on mm. eukalyptuksen kasvatus.	Mikäli uusien geenimuunneltujen peruna- ja bataattilajikkeiden käyttöönottoa tukee hyvä edistämisen- ja neuvontaorganisaatio, viljely soveltuu erityisen hyvin pienimuotoiseen viljelyyn cerrado- ja caatinga -alueilla yhdessä muiden lajien kanssa. Tätä tukee tarve vain harvoihin suoja-ruiskutuksiin. Suurten yhtiöiden kuten Monsanton hallitessa tuotantoa monokulttuuriviljely lisääntyy.
Edullisuus Suomen kannalta talouskasvu työllistävyys	Suomella edellytyksiä menestyä taudeista vapaan siemenperunan tuottajana ja perunan jakeluketjujen kehittäjänä tietotekniikalla.	Suomella edellytyksiä kehittyä perunan ja bataatin taudittomien ja uusia ominaisuuksia omaavien siemenmukuloiden kansainvälisesti arvostetuksi osajaksi ja tuottajaksi.

7.11. Cassava

Maniokki (*Manihot esculenta*) eli kassava on kotoisin Etelä-Amerikasta ja sitä kasvatetaan laajasti myös trooppisessa Afrikassa ja Aasiassa. Vuoden 2006 sato arvioitiin 226 miljoonan tonnin suuruisiksi. Maniokki muodostaa ruokavalion perustan lähes miljardille ihmiselle ja 105 maassa siitä saadaan kolmannes päivän kaloreista (FAO).

Maniokki on korkea pensasmainen ruohokasvi, joka muodostaa tärkkelyspitoisia juurimukuloita. Raakoina mukulat ovat myrkyllisiä ja ennen käyttöä niitä liotetaan, keitetään tai paistetaan. Käsitelyn jälkeen niitä voidaan käyttää sellaisenaan ravinnoksi tai valmistaa tärkkelystä. Tämä tuote on nimeltään tapioka.



Kuva 7.11. Kassavan tuotanto 2007 (FAOSTAT)

Maniokki on tropiikin tärkeimpiä ravintokasveja. Kasvi vaatii menestyäkseen vain vähän ulkopuolista panostusta ja sitä viljellään menestyksellisesti esim. Afrikassa, jossa siitä on kehitetty paikallisia lajikkeita. Sitä viljelevät lähinnä pientilalliset, joilla ei ole käytössään lannoitteita tai muita tuotantoa lisääviä keinoja. Kun tuotto ylittää paikallisen tarpeen, voisi maniokin vienti synnyttää työpaikkoja mm. kuljetus- ja jalostusaloilla. Kuitenkin viljelijöiltä puuttuvat usein yhteydet markki-

nointikanaviin. Maniokki voisi olla ratkaisu köyhien maiden ruoka- ja energiapulaan, kuitenkin tämä edellyttäisi suurta panostusta tutkimukseen. Sadot pitäisi saada kasvamaan ja juuren teollisia hyödyntämismahdollisuuksia tulisi tutkia tarkemmin. Pelloilta saadaan nyt noin viidennes siitä, mitä sato voisi olla ihanneoloissa. Kasvin sopeutumista erilaisiin kasvuolosuhteisiin voitaisiin jalostuksella merkittävästi parantaa.

Maniokkia voisi käyttää myös biopolttoaineeksi. Tosin pitäisi ottaa huomioon tämän käytön vaikutukset eri alueiden ruokaturvaan. Maniokkia voitaisiin kuitenkin hyödyntää enemmän; maniokki on halvin tunnettu tärkkelyksen lähde ja raaka-aine yli 300:ssa teollisuuden tuotteissa. Oikeanlaisella jalostuksella maniokista saataisiin kansainvälisesti kilpailukykyinen tuote. Lupaavana pidetään muun muassa tärkkelyksen jalostamista etanoliksi.

Taulu 7.10 Cassavan tuotannon tulevaisuustaulu

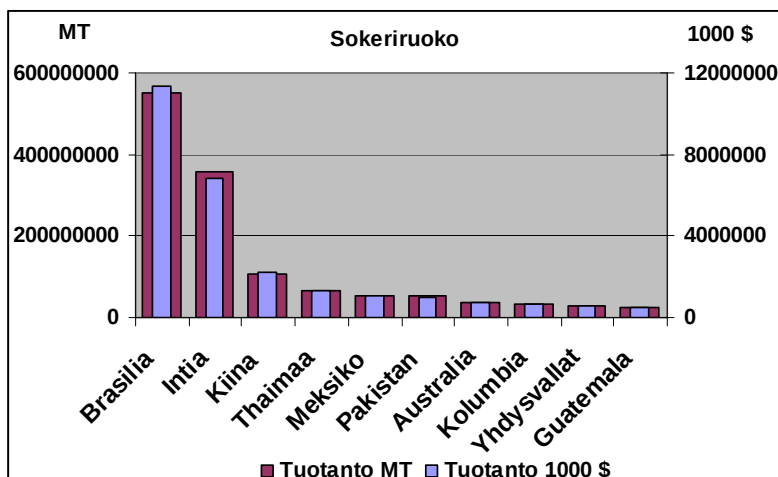
Edullisuuden ulottuvuudet	Todennäköinen tai mahdollinen vaikutus 2030+	
	Geenimuuntelulle kielteinen kehitys	Geenimuuntelulle myönteinen kehitys
Edullisuus ilmastomuutoksen hallinnan kannalta		
Edullisuus maailman ravinnon tuotannon hallinnan kannalta	Kasvitaudit pienentävät satoa Taudinkestävyyttä voi parantaa myös perinteisellä jalostuksella Kasvit käytetään ravinnoksi biopolttoaineiden sijaan	Paljon potentiaalia parantaa kasvin ominaisuuksia ja kestävyyttä Ravintopitoisuuden lisääminen ratkaisu ravinnonpuutteeseen ja nälänhätään kehitysmaissa? Proteiinipitoisuuden kasvu Kasvin virusten kestävyyttä parannettu (mosaiikkivirus aiheuttaa isoja tuhoja sadolle)
Edullisuus luonnon moninaisuuden suojelun kannalta		Vähentyneet torjunta-aineet virusta leviävien hyönteisten torjuntaan
Edullisuus brasilialaisten ja uruguaylaisten näkökulmasta:		
talouskasvu		Afriikka: kehitysmaiden viljelijät eivät ole tietoisia ja koulutettuja GM kasvien viljelyyn, voi aiheuttaa ongelmia
työllistävyys		GM lainsäädäntö kehitysmaissa puuttuu
soveltuvuus pienimuotoiseen viljelyyn		
Edullisuus Suomen kannalta		
talouskasvu		
työllistävyys		

7.12. Sokeriruoko

Sokeriruoko (*Saccharum officinarum*) on monivuotinen heinäkasvi, jonka korret tulevat lähes neljän metrin pituisiksi. Korsi on täynnä mehevää ydintä, josta sokeripitoinen mehu puristetaan ja haihdutetaan siirapiksi, josta edelleen kiteytetään raakasokeria. Ytimen sokeripitoisuus on n. 18 %.

Luonnonvaraista sokeriruokoa ei tunneta mutta se on luultavasti peräisin Aasiasta, mistä se tuotiin Espanjaan. Eurooppalaiset saivat sokerinsa Kanariansaarilta ja Sisiliasta ennen kuin tuotanto siirtyi 1600-luvulta lähtien Länsi-Intian saarille, esim. Kuubaan.

Kuva 7.12. Sokeriruoko'n tuotanto vuonna 2007 (FAOSTAT)



Nykyään sokeriruokoa viljellään laajasti ympäri maailmaa. Suurimmat tuottajamaat ovat Brasilia ja Intia, myös Kiina, Pakistan, Meksiko ja Thaimaa ovat suuria tuottajia. Brasilian sokeriruokotuotanto oli 80 Mt vuonna 1970 ja kasvoi siten, että sato oli 425 Mt vuonna 2006. Vuosina 2006 noin 50 % tuotannosta käytettiin etanolin valmistukseen ja toinen 50 % sokerin tuotantoon. Brasiliassa oli vuonna 2004 sokeriruokoviljelmää 55700 km², josta 60 % sijaitsi Sao Paolon osavaltiossa. Brasiliassa sokeriruoko viljelmää ei yleensä kastella. Muualla maailmassa kastelu voi kuitenkin olla huomattavaa.

Noin 70 % maailman ruokasokerista valmistetaan sokeriruoko'osta ja loput sokerijuurikkaasta. Useimmat maat pyrkivät säilyttämään omavaraisuutensa sokerin tuotannossa, ja pääosa sokerista kulutetaan tuottajamaassa.

Sokeri kansainvälisessä kaupassa

Sokerin kansainvälinen kauppa on tärkeää etenkin kehitysmailla, jotka tuottavat $\frac{2}{3}$ sokerista. Vuosittainen kansainvälinen kauppa on noin 30 miljoonaa tonnia. Sokeriruoko'n viljely työllistää 10-15 miljoonaa ihmistä. Sokerimarkkinat ovat kehitysmaiden viljelijöille haastavat, sillä sokerin hinta vaihtelee huomattavasti. Yksi tärkeimmistä syistä kehitysmaiden sokerinviljelijöiden vaikeuksiin on se, että teollisuusmaat tukevat sokeriteollisuuttaan tukiaisin. Monille kehitysmaiden tuottajille tu-

kiaiset ja tullit tekevät sokerin viennin erittäin vaikeaksi, ja toisaalta niiden omat markkinat ovat haavoittuvaisia halvan tuontisokerin vuoksi.

Euroopan unioni on toiseksi suurin sokerinviejä (Brasilia 18 %, EU 16 %), luku selittyy suurilla maataloustuilla ja suojatulleilla. Suomessa sokeria valmistetaan sokerijuurikkaasta Sucroksen soke-ritehtaalla, joka sijaitsee Säkylässä, yhtiön sokeripakkaamo on Kirkkonummella. (Sucros 2009)

Maailman sokerimarkkinat ovat kuitenkin hitaasti muuttumassa. EU ja Yhdysvallat sallivat tiettyjen kehitysmaiden tuoda omaa tuotantoaan niiden alueelle muita tuottajia paremmin ehdoin. Vuonna 2004 kansainvälinen kauppajärjestö WTO totesi, että EU:n sokerin kauppapolitiikka on lainvastais- ta. Vastauksena WTO:n päätökseen EU-komissio hyväksyi vuonna 2005 radikaalin uudistuksen EU:n sokerijärjestelmään. Tähän kuuluvat päätökset leikata eurooppalaisen sokerin takuuhintaa, vähentää tuotantoa ja EU:n tuottaman sokerin vientiä. EU:n markkinat avautuivat 49 köyhimmän kehitysmaan sokerille kokonaan vuonna 2009.

EU:n tavoitteena on alentaa sokerin kokonaistuotantoa ja siten saavuttaa markkinatasapaino pitkällä aikavälillä. Tavoitteen saavuttamiseksi kaikissa EU-maissa on käytännössä toteutettu yleinen ja si- tova 13,5 prosentin kiintiöalennus. EU:n vähemmän tehokkaat tuottajat ovat päättäneet luopua ta- loudellista korvausta vastaan koko tuotannostaan tai tuotantonsa osasta. Tämän seurauksena sokerin tuotanto ja tuonti ovat EU:ssa nyt paremmin tasapainossa kysynnän kanssa.

Sokeri ja ravinto

Valtion ravitsemusneuvottelukunnan suositusten mukaan puhdistettujen sokereiden osuus energian- saannista saisi olla korkeintaan 10 E %. Suomalaiset saavat sakkaroosia keskimäärin: naiset 43 g/vrk (energiasta 10,5 E %) ja miehet 53 g/vrk (energiasta 9,7 E %). Osa väestöstä syö sokeria suosituksiin verrattuna liikaa, etenkin naiset. Suomalaisen sakkaroosin päälähteet ovat sokeri, ma- keiset, hedelmät ja marjat, juomat ja kahvileivät (KTL 2009).

Sokeri ja ympäristö

Tiedot sokeriruo'on hiilijalanjäljestä vaihtelevat suuresti esimerkiksi Mauritiuksen 0,026 ja Zambi- an 0,207 (CO₂ ekv/ 1 kg) välillä (Plassman et al 2009). Ruokosokerin vesijalanjälki on 1500 l/kg sokeria.

Sokeriruo'olle ei esitetä tulevaisuustaulua, koska sen mahdollisuuksia on käsitelty laajasti raportin jaksoissa 6.6. ja 9.3.

7.13. Yhteenveto suomalaisen maatalousbiotalouden tuotannon kannalta

Suomalaisen tuotannon kannalta ilmastomuutos aiheuttaa väistämättä uuden tilanteen. Erityisesti veden saatavuus tulee ratkaisevaksi joka tapauksessa. Paljon tilaa vievien ja runsaasti vettä käyttä- vien kotieläinten tuotannon suhteellinen kilpailukyky kasvaa. Tehokkaalla kasvinjalostuksella pys- tytään kehittämään kotieläintuotantosysteemiin ravinnekiertoa ekotehokkaaksi. Maissi tulee mukaan rehukasvina. Kotieläintuotantoon liittyy kiinteästi myös bioenergiantuotanto (lanta, oljet ym.) met- sän materiaalivirtoihin (sahatavaran jätejaokkeet) ja yhdyskunnan jätevirtoihin linkittyneenä. Soke- rijuurikas, broileri ja sianlihantuotanto sen sijaan menettävät kilpailukykyään. Perunalla on mahdol- lisuus kasvaa monipuolisena tärkkelystuotteena. Kauran mahdollisuudet funktionaalisena tuotteena sekä rehuksi että ihmisravinnoksi kasvavat. Rinnalle tulee muitakin funktionaalisia kasveja.

Taulu 7.11. Yhteenvedotaulu ravinnon tuotannosta geenimuuntelulle kielteisessä ja myönteisessä tulevaisuudessa

Edullisuuden ulottuvuudet	Todennäköinen tai mahdollinen vaikutus 2030+	
	Geenimuuntelulle kielteinen kehitys	Geenimuuntelulle myönteinen kehitys
Edullisuus ilmaston muutoksen hallinnan kannalta	Tuskin hallinnan kannalta, mutta sopeutumisen osalta bioenergian lisääntyminen tasoittaa ympäristövaikutustilannetta. Perinteisin menetelmin kehitetään bioenergiatuotantoa, kotimaisia proteiinilähteitä ja kasvien funktionaalisuutta.	Nopeasti tehostuva bioenergiantuotanto, kotimaisen valkuaisrehun ja ruoan proteiinilähteiden tuotanto, välillisesti tehostuva kotieläintuotanto. sekä tehostuva funktionaalisten tuotteiden tuotanto.
Edullisuus maailman ravinnon tuotannon hallinnan kannalta	Perinteinen tilanne säilyy pidempään	Jos hoidetaan hallitusti, suuri merkitys; vaara yksinomaiseen keskittämiseen suuri, jossa vain 'vahvat voittavat'.
Edullisuus luonnon moninaisuuden suojelun kannalta	Nykytilanne	Jos hoidetaan hallitsemattomasti, hyvin suuria negatiivisen vaikutuksen mahdollisuuksia, jos hallitusta suuri positiivinen vaikutus.
Edullisuus brasilialaisten ja uruguaylaisten näkökulmasta: talouskasvu työllistyvyys soveltuvuus pienimuotoiseen viljelyyn	Viljelyvarmuus heikkenee ilmastomuutoksen myötä	Tehostuva tuotanto, joka saattaa johtaa myös entistä suurempaan keskittämiseen ja rajuun kaksijakoisuuskehitykseen.
Edullisuus Suomen kannalta talouskasvu työllistyvyys	Nykytilanne, hitaasti kehittyvänä. Luonnonvarat pystytään perinteisinkin menetelmin ottamaan paremmin hyödyksi. Viennin hitaahko lisääntyminen. Kotieläintuotanto vahvistuu. Samaa kehitystä kuin geenimuuntelun hyväksyvässä vaihtoehdossa, mutta hitaampana.	Muuttuvat kasvuolosuhteet ja kehittyvä teknologia vahvistavat maataloustuotantoa olennaisesti. Myös valkuaisrehujen omavaraisuus saadaan parantumaan. Viljelyä voidaan siirtää pois ympäristöllisesti arveluttavilta alueilta. Kotieläintuotannolla (nimenomaan nauta ja lammas) mahdollisuudet kaksinkertaistua ja erilaistua; kun otetaan huomioon rehujen kotimaisuusasteen kasvu, kotieläintuotannon pinta-ala kasvaa mahdollisesti yli 40-60 %. Sian ja broilerin tuotannolla uhka vähetä jopa 30 %, koska hintakilpailukyky rehun tuotannossa hyvin haasteellista. Bioenergiatuotannolla täydet mahdollisuudet kasvaa 30-50 %, mutta painottuu metsään ja elintarviketalouden sivuvirtoihin. Sokerijuurikkaan viljely uhkaa loppua. Perunan tuotannolla mahdollisuudet kasvaa 30-40 %. Vihannestuotannolla mahdollisuudet kasvaa 10-20 %. Kasvihuonetuotanto säilyy entisellään (bioenergia ja high tech -vetoisena) tai mahdollisuudet kasvavat.

Kasvihuonetuotannolla on täydet mahdollisuudet säilyä entisellään tai kasvaa. Avomaan vihannes-tuotannolla on mahdollisuudet kasvaa jonkin verran. Mikäli systemaattinen kokonaisuuden hallinta saadaan toteutettua, tuotanto jakautuu tasaisemmin ja huomattavasti entistä paremmin alueelliset tuotanto-olosuhteet huomioiden.

8 Puut ja metsät ilmastonmuutoksen torjunnassa¹⁸

8.1 Metsien suojele ilmastonmuutoksen torjunnan keskeisenä tapana

Jaksossa 4.1. tarkasteltiin maailman metsiä ja todettiin, että trooppiset metsät ovat edelleen nopeasti vähenemässä erityisesti Etelä-Amerikassa ja Afrikassa. Samassa yhteydessä tarkasteltiin myös erilaisia tapoja määritellä metsäkato. FAO:n (2005) tavalla määritellä metsä maailman metsät vähenivät vuosittain keskimäärin noin 13 miljoonalla hehtaarilla vuosina 2000-2005. Tarkkoja lukuja metsien hiilensidonnän muutoksista on kuitenkin vaikea esittää mm. siksi, että erityisen harvan metsän tai harvennetun metsän hiilen sidontaa on vaikea arvioida.

Maailman ilmastopaneelin eli IPCC:n vuoden 2007 arvion mukaan noin 20 % kasvihuonekaasujen kokonaispäästöistä on peräisin metsien hävittämisestä (Kanninen ym. 2007). Pohjoisten metsien hiilensidonta on viime vuosikymmeninä lisääntynyt (Kauppi 2007). Niinpä kasvihuonekaasujen päästöt, jotka IPCC:n arvion mukaan ylittävät liikenteestä aiheutuvat kokonaispäästöt maailmassa, ovat peräisin trooppisten ja subtrooppisten metsien vähenemisestä. Arvioiden mukaan metsäkadosta 2000-2005 noin neljännes kohdistui Brasiliaan ja siellä pääasiassa Amazonasin alueeseen.

Ilmastonmuutoksen torjunnan kannalta sademetsien säilyminen vähintään nykyisessä laajuudessaan on erittäin tärkeää. Mailla, joiden sademetsät ovat vähentyneet, ei kuitenkaan ainakaan toistaiseksi ole ollut riittävästi kiinnostusta ja varoja aktiiviseen metsien suojeleluun. Nepstad ym. (2007) arvioivat, että business-as-usual –skenaariossa - eli jos kehitykseen ei puututa – 55 % prosenttia vuoden 2006 Amazonin sademetsistä on tuhoutunut vuoteen 2030 mennessä. Brasilian hallituksen arvion mukaan kesäkuusta 2007 kesäkuuhun 2008 Amazonasin sademetsä pieneni 3,8 %. Yksi selitys nopeutuneelle metsien raivaukselle lieenee peltokasvien bioenergian valmistukseen liittynyt hintapiikki. Periodilla 2008-2009 metsätuho näyttää vielä hieman tulkinnoiltaan epävarmojen lentokuvien perusteella hidastuneen noin 2 % tasolle. Viime vuosien kehityksen perusteella Nepstadin ym. (2007) arvio näyttäisi joka tapauksessa olevan toteutumassa. Näin siitä huolimatta, että Brasilian hallitus on ohjelmissaan sitoutunut radikaalisti vähentämään metsätuhoja.

Sademetsien hävittämistä korvaa osittain metsien luontainen uusiutuminen. [Smithsonian Institution](#) päätyi vuonna 2005 arvioon, että uudet metsät olivat lisääntymässä dramaattisesti ja että niiden tuotamat ympäristöarvot on aliarvioitu. Vuosittain tuhottua noin 10 - 15 miljoonaa hehtaaria sademetsää vastaa noin 700 miljoonan hehtaarin alue aiemmin hävitettyä luontaisesti kasvavaa metsää. FAO (2006):n ilmeisesti varsin epäluotettavan arvion perusteella metsien kasvu korvasi 2000-2005 metsien poistumasta vajaa puolet eli noin 44 %. Paitsi kasvihuonekaasujen sitojina luontaisesti uusiutuvat metsät voivat olla olennaisia myös harvinaisten kasvilajien suojeleluun kannalta. YK:n toimaksiannosta onkin tehty luettelo maailman uusista erilaisissa kasvuvaiheissa olevista metsistä ja

¹⁸ Luku on Osmo Kuusen kirjoittama

FAO on käynnistänyt systemaattisen arvioinnin luontaisesti uusiutuvista metsistä. Arvio on tarkoitettu julkaista vuonna 2011 (Rosenthal 2009).

Metsien luontaista uusiutumista on tuskin kuitenkaan perusteltua käyttää perusteena vähätellä sademetsien raivaamisen ongelmallisuutta. Voidaan toki vedota siihen, että alkuperäiskansatkin kuten mayat tuhosivat sademetsiä ja antoivat niiden luontaisesti uudistua. Maailma on kuitenkin toki aivan toisenlainen raivaustraktoreiden ja tehokkaan agribisneksen johtaessa sademetsien raivausta.

Uusiutuvien metsien osuutta ilmastomuutoksen torjunnassa on kuitenkin joka tapauksessa hyvin tarpeellista tarkastella. Erityisesti on tärkeää selvittää, liittyykö sademetsää korvaavaan maankäyttöön luontaisen metsän säilyminen vai ei. Tältä kannalta on esimerkiksi huomattava ero siinä, käytetäänkö alue soijan monokulttuuriviljelyyn vai karjan kasvattamiseen Brazilian cerrado -alueiden luonnonmetsissä tai pienimuotoiseen metsän säilyttävään viljelyyn. Joka tapauksessa lajien moninaisuudessa uusiutuvat metsät eivät ole rinnastettavissa alkuperäisiin sademetsiin. Monille alkupe-
räisen sademetsän lajeille luontaisesti uusiutuvissa metsissä on liian paljon valoa (Rosenthal 2009)

Yksi selitys luontaisesti kasvaneiden metsien lisääntymiselle on väestön siirtyminen maalta kaupunkeihin ja hidastunut väestönkasvu. Rosenthal (2009):n lainaaman tutkijan mukaan tuottavampi ja maata tehokkaammin ravinnon tuotantoon käyttävä agribisnes on vallannut alaa tehottomalta omavaraisviljelyltä ja vähentänyt painetta uusiutuvien metsien hävittämiseen. Samalla myös työpaikat maaseudulla ovat vähentyneet. Tämä on ilmeinen ongelma maailmassa, jossa kehitysmaiden kasvavan väestön alityöllistyminen on jatkuvasti kasvava ongelma. Maan palauttaminen uudelleen pienimuotoiseen viljelyyn olennaisesti aikaisempaa tehokkaampana on hyvin varteenotettava vaihtoehto jaksossa 6.10. pohditulla tavalla.

Metsien biodiversiteetin suojelu

professori Pentti K. Räsänen

Charles Darwin saapui vuonna 1832 Brazilian itärannikolle, Salvadorin kaupungin tienoille. Läheinen Mata Atlântican metsä, josta vielä on rippeet jäljellä, hurmasi Darwinin monimuotoisuudellaan ja lajirunsaudellaan. Niinpä hän ei siellä yrittänytkaan aloittaa kasvien ja eläinten järjestelmällistä keräämistä, ”vaan hän vain nautti kokemastaan”.

Muullakin Brasiliassa, ja Afrikassa, Etelä-Aasiassa, Filippiineillä ja Borneolla on näitä biodiversiteetin helmiä, joiden kartoittamisen ja suojelun yhdestoista hetki on käsillä, sillä maailmanlaajuinen metsäkato kohdistuu ankarimmin juuri näihin kohteisiin, jos yleisemmin tropiikkiin. Välittömänä syynä on se, että nämä ”helmet” sijaitsevat ilmastoltaan edullisimmilla kohdilla maastossa, jossa voi viljellä mitä moninaisimpia kasveja puiden poiston jälkeen.

Meidän pohjoisten metsiemme biodiversiteetin suojelu toimii perin erilaisilla ehdoilla. Esimerkkeinä voisi tarkastella vaikkapa sinänsä ansiokasta soidensuojeluohjelmaa tai vanhojen metsien suojeluhankkeita (esim. Talaskangas 1980-luvulla). Tulevaisuusperspektiivi on pitkä, ja vaikka muutokset eivät ole yhtä nopeita kuin tropiikissa, ilmastomuutos saattaa turmella pelkästään puustojen/kasvillisuuden varaan rakennetut suojelusuunnitelmat. Puustot menevät, mutta niiden uudesta tulemisesta on vain vähän tietoa biodiversiteetin tasolla, niin pohjoisessa kuin tropiikissakin.

Silti biodiversiteetin vaalimisessa ensisijaisia ovat puut ja metsiköt, vaikka muukin kasvillisuus, kasvien väliset suhteet sekä eläimistö ovat oleellisia kokonaisuuden kannalta. Puhumattakaan siitä, että 9/10 lajeista jää näkymättömiin jalanjäljen alle, kuten tutkijakollega huomautti afrikkalaisessa tropiikissa.

Valmisteilla oleva YK:n metsäohjelma arvattavasti käsittelee monipuolisesti tropiikin metsien suojelua. Myös IUCN sekä monet järjestöt tekevät hyvää työtä suojeluohjelmien aikaansaamiseksi. Käytännössä suojelutoimien toteutus on vitkallista paikallisten ihmisten ja viranomaisten jarruttaessa. Suomalaisilla voisi olla tilaisuus kehittää ”tuotemerkikseen” tropiikin ”kuumien pisteiden” suojelu valitsemalla esimerkiksi 10-12 erityistä kohdetta Brasiliasta, Tansaniasta, Thaimaasta ja Kalimantanilta. Suomi voisi maiden hallitusten sekä paikallisten ihmisten kanssa sitoutua pitkäaikaiseen huolenpitoon vaikkapa samalla summalla mikä nykyisellään käytetään rauhanturvaamiseen Tsadissa.

8.2. Metsien suojelun taloudellinen tukeminen REDD -menettelyllä

Sademetsien raivaus tekee tyhjäksi niitä päästöjen vähennyksiä, joihin erityisesti EU on varsin huomattavin panostuksin sitoutumassa. Valtioneuvoston ilmasto- ja energiapoliittisessa selonteossa (2009) valmistauduttiin siihen, että suomalaiset yhtiöt maksavat vuonna 2020 30\$ hiilidioksiditonnin päästöoikeudesta. Nepstad ym. (2007) esittämien varsin yksityiskohtaisten laskelmien mukaan Brasiliassa päästäisiin hiilidioksiditonnin vähentämiseen murto-osalla tästä summasta.

Nepstad ym. (2007) laskelmissa arvioitiin, millä hiilidioksiditonnin vaihtoehtokustannuksilla voitaisiin Brasiliassa jättää nykyisin koko sademetsänä oleva osa Amazonin alueesta käyttämättä soijan viljelyyn, karjan kasvatukseen tai puun tuotantoon. Laskelmassa metsälle vaihtoehtoisen maankäytön ajaksi laskettiin 30 vuotta ja pääomalle asetettiin 5 % diskonttokorko. Ottaen huomioon vain saamatta jäädyt voitot soijan viljelystä tai karjankasvatuksesta Nepstad ym. (2007) päätyvät hiilidioksiditonnin varastoinnin 5,5\$ vaihtoehtokustannukseen. Kustannus supistuisi vielä noin puoleen mikäli 6 % maasta, joka sopii parhaiten karjankasvatukseen tai soijanviljelyyn käytettäisiin tähän. Osa tästä 6 %:sta lienee jo käytetty näihin tarkoituksiin viimeisen kahden vuoden aikana. Metsäkadon vähentämisen vaihtoehtokustannusten on arvioitu yleisesti ottaen maailmassa vaihdelleen noin välillä 1,4 – 15 €/t-CO₂ kohteesta riippuen (Union of Concerned Scientists 2008, www.ucsusa.org)

On varsin kyseenalaista torjua ilmastonmuutosta 30\$ tonnihinnalla, jos samanaikaisesti toisaalla olisi järkevää luopua päästöistä selvästi alle 10\$ tonnihinnalla. Tilannetta voi rinnastaa Itämeren suojeluun rehevöitymiseltä. Ei ollut kovin paljon mieltä pyrkiä täysin poistamaan suomalaisen maatalouden päästöjä Suomenlahteen siinä vaiheessa, kun Pietari päästi jätteensä puhdistamattomana mereen.

Kuten Itämeren suojelussa, vastuukysymykset ilmastonmuutoksen torjunnassa ovat vaikeita. Brasilia on toki ensi sijassa vastuussa Amazonasin metsien tuhoutumisesta. Jos Brasilialla ei kuitenkaan ole todellista valmiutta tarttua ongelmaan, vastuuta on mielekästä jakaa kuten Pietarin jäteveden puhdistamon tapauksessa. Tämä on sitäkin perustellumpaa, kun kasvihuonekaasupäästöt henkeä kohti ovat edelleen huomattavasti suurempia Euroopassa ja Suomessa kuin Brasiliassa.

Metsien hävittämisen syyt vaihtelevat suuresti maanosista toisiin kuten oheinen Kannisen ym. (2007) kokoama taulu osoittaa. Taulu tuo selkeästi esiin karjankasvatuksen keskeisen merkityksen metsien hävittämiselle Latinalaisessa Amerikassa ja ilmeisesti erityisesti Brasiliassa.

Taulu 8.1. Keskeisiä syitä metsien hävittämiseen Aasiassa, Afrikassa ja Latinalaisessa Amerikassa (Mahdollista esittää monta syytä)

	All cases (n = 152)		Asia (n = 55)		Africa (n = 19)		Latin America (n = 78)	
	abs	rel (%)	abs	rel (%)	abs	rel (%)	rel (%)	abs
Agricultural expansion	146	96	55	100	16	84	75	96
Permanent cultivation	73	48	24	44	10	53	39	50
Subsistence agriculture	61	40	20	36	10	53	31	40
Cattle ranching	70	46	3	6	3	16	64	82
Shifting cultivation	63	41	24	44	8	42	31	40
Swidden agriculture	46	30	24	44	7	37	15	19
Colonization ^a	61	40	23	42	4	21	34	44
Infrastructure expansion	110	72	36	66	9	47	65	83
Transport extension	97	64	26	47	9	47	62	80
Roads	93	61	25	46	9	47	59	76
Settlement/market extension	41	27	12	22	3	16	26	33
Wood extraction	102	67	49	89	13	68	40	51
Commercial (for trade)	79	52	43	78	5	26	31	40
Fuel wood (for domestic uses)	45	28	18	33	10	53	14	18
Other factors ^b	52	34	17	31	10	53	25	32

Note: Multiple counts possible; percentages relate to the total of all cases for each category; abs = absolute number; rel = relative percentage; cum = cumulative percentages. Relative percentages may not total 100 because of rounding.

^a Including transmigration and resettlement.

^b Predisposing environmental factors such as land characteristics and social or biophysical trigger events. (Source: Geist and Lambin 2002)

Metsien vähenemistä ei tarkasteltu osana Kioto-sopimuksen mekanismeja. Sen sijaan teema nostettiin jo 2003 esiin yhtenä mahdollisena toimintamallina Kioto-sopimuksen jälkeisellä kaudella, joka alkaa vuonna 2012. Vuoden 2003 Milanon ympäristökokouksessa esitettiin ensimmäisen kerran idea REDD –ohjelmasta (”Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation”) (Nepstad 2007). Ohjelmalla tähdättäisiin siihen, että kehittyneet maat tai niiden yritykset maksaisivat kehityksille metsistä muussa käytössä hyötymisen vaihtoehtokustannuksen. Tavoitteena olisi erityisesti trooppisten metsien vähenemisen pysäyttäminen.

Useat kehitysmaat tekivät virallisen ehdotuksen REDD –ohjelmasta Montrealin ilmastokokouksessa 2005. Ehdotus sai vahvaa tukea kansainvälisen ilmastopaneelin sihteeristöltä. Sihteeristön laatiman rahoitusraportin mukaan tällainen ohjelma on lähes välttämätön, mikäli päästöjen lisääntyminen ha-

lutaan pysäyttää. Sihteeristö arvioi, että vuoden 2030 päästöjä voitaisiin vuonna 2030 vähentää REDD -mekanismilla 26 000 MtCO₂ hintaan 200 – 210 mrd. USD. Näin tonnin hiilidioksidipäästö tulisi keskimäärin vältetyksi noin 8\$:n hinnalla (KOM(2008)645). Hiilipäästöjen välttämisen ohella REDD -mekanismi siirtäisi varoja maailman köyhimmille maille, missä metsien tuhoutuminen on nopeinta. Ohjelma soveltuu myös hyvin biodiversiteetin suojelun työkaluksi. Ympäristöhoidosta voisi tulla myös kehitysmaissa ammatti, jolla voi hankkia toimeentulonsa.

Kansainvälisissä ilmastopöytäsohineuotteluissa REDD:n rahoitusvaihtoehtoina on esitetty toisaalta rahastoa tai rahastoina, joiden varat saataisiin joko julkisista lähteistä tai erilaisista maksuista (esim. hiilimarkkinat, ilmailu tai meriliikenne). Toinen mahdollisuus olisi yhdistää mekanismin vähintään osittain päästökauppaan. REDD:n sopivaksi on esitetty erityisesti sellaista päästökauppaa, missä määritellään perusura metsäkadon etenemiselle ja palkitaan poikkeaminen siltä metsäkadon vähenemisen suuntaan (KOM(2008)645). Oletetaan esimerkiksi, että Amazonasin jonkin osan metsien pinta-ala vähenee ilman lisätoimia vuosittain 2,5 %. Jos väheneminen supistuisi 1,5 %:in, korvausta maksettaisiin prosenttia vastaavien päästöjen välttämisestä.

Kanninen ym. (2007) päätyvät REDD -menettelyn arviointiraportissaan siihen, että ainoastaan viimeksi mainittu menettely on mielekäs tapa toteuttaa REDD -prosessia. Yksittäisistä hankkeista ei kannata palkita, koska samalla alueella voi muualla olla käynnissä metsiä tuhoavia hankkeita. Toisin kuin hallinnoltaan kehittyneissä maissa pelkät sopimukset paikallisten viranomaisten tai yritysten kanssa eivät vähemmän kehittyneissä tai korruptoituneissa maissa takaa pysyviä tuloksia. Kehitystä pitää seurata prosessina, missä toisaalla edetään ja toisaalla voidaan mennä myös taaksepäin.

Kööpenhaminan vuoden 2009 ilmastokokouksen ehkä selkein edistysaskel oli päätös REDD -prosessien rahoittamisesta. Kokouksen päätösasiakirjassa (FCCC/CP/2009/L.P 18.12.2009) mainitaan REDD -prosessi ainoana nimettynä tukea kehittyneistä maista saavana hankkeena:

The collective commitment by developed countries is to provide new and additional resources, including forestry and investments through international institutions, approaching USD 30 billion for the period 2010-2012... We decide that the Copenhagen Green Climate Fund shall be established as an operating entity of the financial mechanism of the Convention to support projects, programme, policies and other activities in developing countries related to mitigation including REDD-plus, adaptation, capacity building, technology development and transfer.

REDD –menettelyn käytännön toteuttamisessa voi olla kuitenkin vaikeuksia. Käytännössä REDD -hankkeet voivat epäonnistua mm. seuraavista syistä:

- Poliittisen tuen puute ja epäselvät omistussuhteet. Maan käyttöön kohdistuu monia ristiriitaisia paineita, joista monet tulevat metsäsektorin ulkopuolelta ja ne saavat usein vaikutusvaltaista poliittista tukea. Odotettavissa on kiistoja epäselvistä maan ja luonnonvarojen (erityisesti veden) omistussuhteista.
- Puutteet hallinnon taidoissa. Maiden välillä on suuria eroja taidoissa soveltaa monimutkaisia järjestelmiä, jotka liittyvät kasvihuonepäästöjen hallintaan
- Toimeenpanon puutteet. Puuttuu Sopivien institutionaalisten toimijoiden puute kansallisella ja kansainvälisellä tasolla. Toimivien instituutioiden puuttuessa REDD -prosessi voi joko epäonnistua tai prosessi voidaan kohdistaa maihin, jotka toimivat paremmin, mutta joiden tarve prosessiin on pienempi. Erityisesti voi käydä niin, että köyhimmät eivät hyödy prosessista ja eivät ole valmiita sitoutumaan siihen

REDD -menettelyyn osallistumista voi pitää erityisen tärkeänä Suomelle, kun Suomi haluaa jatkosakin profiloitua globaalina metsäosaajana. Siitä voisi jopa tulla suomalaisen globaalien biopolitiikan ydinalue, erityisesti jos REDD -prosessia laajennetaan koskemaan myös pohjoisia metsiä. Ilmastomuutoksen torjuntaan osallistumiseksi myös Venäjä tarvitsee taloudellisia kiihokkeita sen ohella, että Suomella on täysi syy korostaa omaa menestystään metsien suojelijana.

Edellä viitattiin Kööpenhaminan ilmastokokouksen 2009 antamaan erityiseen painoon REDD -prosesseille. Norja on jo vuonna 2007 sitoutunut REDD -prosessin edistämiseen kahden miljardin dollarin summalla. EU:n komission vuoden 2008 kanta REDD -prosesseihin, johon Suomi myös yhtyi kannanotossaan, oli että REDD -prosesseja ei ole mielekäästä toteuttaa pelkästään pitäen tähtäimenä kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä (KOM(2008)645). Lisätavoitteiksi tulisi asettaa biodiversiteetin suojelu ja kehitysmaiden köyhän maaseutuväestön olojen parantaminen. Mikäli nämä hyödyt pystytään arvioimaan, kannustavaa rahoitusta voitaisiin komission mukaan mahdollisesti ohjata ensisijaisesti niihin toimiin, joiden lisähyödyt ovat suurimmat. Yhdeksi ongelmaksi REDD -menettelyssä tunnistettiin, että edullisemmat päästöyksiköiden hinnat voivat romahduttaa kehittyneissä maissa kehitystyötä, joka tähtää vähähiilisiin ratkaisuihin.

Käytännön seuraaviksi toimiksi EU:n komission tiedonannossa (KOM(2008)645) ehdotettiin (1) maailmanlaajuisen metsähiilimekanismin perustamista ja (2) metsäkadon mukaan ottamista hiili-markkinoille kokeiluunotoisesti. Maailmanlaajuisen Metsähiilimekanismin (Global Forest Carbon Mechanism) institutionaalisia ja toiminnallisia puitteita ei tiedonannossa vielä määritetty ja mekanismin käyttöönotossa ehdotettiin harkittavaksi jo olemassa olevien järjestelyjen hyödyntämistä. Mekanismiin saisivat osallistua kaikki kehitysmaat, jotka ratifioivat tulevan Post-Kioto-sopimuksen ja sitoutuvat sen puitteissa toteuttamaan toimenpiteitä metsäkadon rajoittamiseksi. Kannisen ym. (2007) näkemyksen mukaisesti mekanismin täytäntöönpano tapahtuisi kansallisella tasolla ja siinä olisi mukana koko metsäsektori, jotta maan sisäisen hiilivuodon riski olisi mahdollisimman pieni. Yhden mahdollisen puitteen näille toiminnoille tarjoaa Kööpenhaminan kokouksen päätösasiakirjassa päätetty Copenhagen Green Climate Fund.

Kansalaisjärjestöt ja jotkut yritykset ovat jo toteuttaneet metsien suojeluhankkeita yhdistäen ilmastomuutoksen torjuntaa, biodiversiteetin suojelua ja maaseutuväestön olojen parantamista EU:n komission suosittelemalla tavalla.

Erityisesti WWF:llä on käynnissä tällaisia hankkeita. WWF Suomi on osallistunut sademetsien suojeluun Borneon saarella. WWF:n tavoitteena on perustaa Borneon sydämen alueelle 665 000 hehtaarin kansallispuisto. Järjestön kotisivujen mukaan (www.wwf.fi) hankkeessa kehitetään myös alkuperäisheimojen metsänomistusoikeuksia ja edistetään paikallisväestön elinkeinoja, jotka eivät tuhoa sademetsiä. Suojelutyöstä hyötyy esimerkiksi oranki, joka on vaarassa kuolla sukupuuttoon. WWF:llä on käynnissä myös suojeluhanke Itä-Usambarassa Tansaniassa. Siellä on erittäin arvokas vuoristosademetsäalue, josta kuitenkin jo 70 prosenttia on hävitetty. WWF:n tavoitteena on metsäkadon pysäyttäminen ja ehkäisy tulevaisuudessa sekä jo pirstoutuneen metsäpeitteen eheyttäminen ja kotoperäisen lajiston elinolosuhteiden turvaaminen.

8.3 Eukalyptus ja trooppinen mänty – suomalaisen puun tärkeimmät haastajat

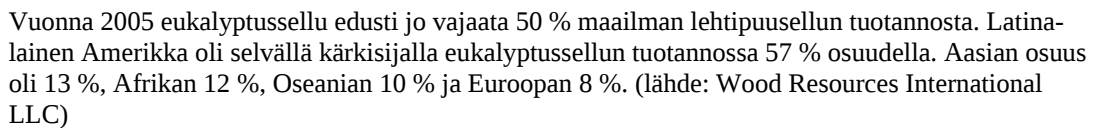
Eukalyptus on peräisin Kaakkois-Aasiasta. Sieltä sen kuljetti mukanaan Sir Joseph Banks, joka oli kasvitieteilijänä mukaa Cookin tutkimusmatkalla 1770. Vähitellen kasvi levisi kaikkialle maailmaan. Maailmassa on erittäin paljon erilaisia eukalyptuslajeja. Englanninkielisessä Wikipediassa on luettelo, jossa niitä on mainittu yli 700. Mm. kumipuut kuuluvat laajan tulkinnan mukaan eukalyptusten heimoon. Jalostustoiminnalle ja myös geenien siirrolle on näin tarjolla erittäin laaja valikoima lajikkeita. Jotkut lajikkeet ovat tosin geneettisesti jo pitkälle erkaantuneita muista. Useimmat kuuluvat kuitenkin monien lajikkeiden perheisiin, jotka ovat myös maantieteellisesti niin lähellä toisiaan, että geenien vaihtoa tapahtuu niiden välillä.

Useimmat eukalyptukset eivät kestä pakkasta kuin enintään $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Muutamat lajikkeet kuitenkin kestävät jopa $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja niillä on alalajeja, jotka kestävät todella kovia talvia. Useimmat eukalyptukset eivät pudota lehtiään, mutta jotkut lajikkeet tekevät sen kuivina kausina. Eukalyptusta pidetään yhtenä maailman tehokkaimmista biomassaa tuottavista kasveista. Vaikka eukalyptus kuluttaa paljon vettä, sen biomassan tuotanto sen käyttämää vettä kohti on erittäin edullinen. Kun puu lisäksi hakee veden syvältä maaperästä, sitä voidaan käyttää aavikoituneilla alueilla tulleetensuojana ja eroosion etenemisen estäjänä.

Sellun valmistus eukalyptuksesta alkoi 1970-luvun alussa Portugalissa. Aluksi eukalyptus-sellua pidettiin laadultaan heikkona. Vähitellen kuitenkin on opittu hyödyntämään sen erityisiä ominaisuuksia kuten läpinäkyvyyttä, pehmeyttä ja kykyä absorboida valoa. Verrattuna muuhun lehtipuuselluun sen kuitu on 15–40 % lyhyempi eli noin 0,65 mm. Kuitu on myös ohuin mitattuna painolla jaettuna pituudella. Näin kuitujen lukumäärä sellugrammaa kohti on hyvin suuri. Eukalyptus-sellun käyttö on kasvanut vuoden 1990 noin 2 milj. tonnista noin 10 miljoonaan tonniin vuonna 2005.

Ensimmäiset Brasilian eukalyptus-istutukset tehtiin vasta vuonna 1910 puuhiilen tuottamista varten. Varsinainen menestystuote eukalyptuksesta kehittyi Brasilialle vuoden 1990 jälkeen. Eukalyptuksen pääviljelyalueita maailmassa ovat nyt Brasilia, Kiina, Intia ja Australia. Näiden maiden osuus viljellyn eukalyptuksen pinta-alasta oli vuonna 2008 noin 60 %. Brasilia on suurin viljelijä noin 20 % osuudella. Yhteensä viljelyalaksi maailmassa on vuonna 2008 arvioitu noin 20 milj. ha.

Lähde: www.git-forestry.com - EUCALYPTOLOGICS



171

Taulu 8.2. Maailman suurimmat eukalyptussellun tuottajat 2007 (lähde: Wood Resources International LLC)

Yhtiö	Kotimaa	Tuotanto tuhatta tonnia
Aracruz (sisältää Veracelin miljoonan tonnin yhteishankkeen Stora-Enson kanssa)	Brasilia, Ruotsi-Suomi	2569
Votorantim Celulose a Papel	Brasilia	1394
Portucel	Portugali	1300
CMPC Papeles	Chile	1140
Suzano	Brasilia	1100
Ence	Espanja/Uruguay	1000
Metsä-Botnia	Suomi	1000
Celulose Nipo-Brasileria	Brasilia	960
Jari	Brasilia	360

UPM:n hankittua kesällä 2009 omistukseensa Metsäliiton osuuden Metsä-Botnian Uruguayn sellutehtaasta Uruguayn sellun viennistä valtaosa suuntautuu nyt UPM:n paperitehtaille ympäri maailmaa. Jatkossa toiseksi merkittäväksi viejäksi tulee Stora Enso sellulla, jota se valmistaa sieltä hankkimistaan eukalyptus -metsistä.

Vaikka myös muualla maailmassa panostukset eukalyptuksen viljelyyn ja sellun tuotantoon ovat olleet merkittäviä, Etelä-Amerikan ja Brasilian voi päätellä jatkossa olevan alan teollisuuden kannalta erityisen lupaavan kohteen. Rajoittavana tekijänä on ennen kaikkea biomassan tuoton kannalta avainasemassa oleva vesi, joka tekee eukalyptuksen viljelyn kyseenalaiseksi mm. tiheästi asutussa Intiassa. Myös maaperän happamoitumiseen ja suolaantumiseen, joita tässä jaksossa tarkastellaan veden tarpeen ohella, on syytä suhtautua vakavasti.

Odotukset eukalyptussellun suhteen olivat joka tapauksessa korkealla Brasiliassa ennen nykyistä talouskriisiä. Vuodesta 1993 vuoteen 2005 yksityinen teollisuus investoi sellu- ja paperiteollisuuteen noin 12 miljardia dollaria ja vuosina 2006-2015 uskottiin investointien määrän olevan vielä noin 14 miljardia dollaria. Etelä-Amerikan osuuden sellupuun tuottajana odotettiin nousevan maailmassa 55 %:in

Eukalyptuksen rinnalla osin samoilla alueilla ja osin erillään toisistaan viljellään eri mäntylajeja. Tropiikissa viljeltyjä mäntylajeja (Pinus) on monia: *P. caribaea*, *P. elliottii*, *P. kesiya*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. pinaster*, *P. radiata* ja *P. taeda*. (Richardson 1998). Viimeksi mainittu sekä *P. elliottii* ovat erityisen olennaisia eteläisessä Brasiliassa sijaitsevista männyn istutusmetsissä (www.multipine.com).

Keskeinen peruste männyn viljelyyn on sen rakenne: suorat rungot ja latvaan painottuvat oksakasvustot. Nämä ominaisuudet tekevät männystä erinomaisen sahatavaran tuotantoon. Tropiikin mänty myös kasvaa nopeammin ja niiden käsittely viljelmillä on helpompaa kuin monien muiden lajien.

Männyn kasvun kannalta on olennaista, että maaperässä on sen kanssa symbioosissa eläviä sieniä. Nämä joudutaan usein tuomaan tropiikin männyn kasvupaikoille, jotta ne voisivat menestyä. Kuten suomalaisenkin männyn tapauksessa olennaista on kilpailevien muiden puiden poisto istutusvaiheessa tai valon saannin varmistaminen siten, että rinnalle istutettavat muut puut eivät varjosta männyn taimia.

Männyn lisääntymistapa suosii erilaisia geeniyhdistelmiä luoden paljon geneettistä muuntelua. Pait-
si että mänty tuottaa runsaasti siemeniä trooppisissa männyissä jo 8-13 vuoden iässä, siemenet le-
viävät tuulen mukana laajalle alueelle jopa 10km etäisyydelle. Lisäksi männyt kykenevät itse-pöly-
tykseen, mikä mahdollistaa erityisen geenimuunnoksen lisääntymisen sille suotuisalla kasvupaikal-
la. Siemenet myös säilyttävät itämiskykynsä noin 3 vuoden ajan.

Plantaasiviljelyn ongelmia tarkasteltiin jo luvuissa 2-4. Seuraavassa eukalyptuksen ja mäntyjen
plantaasiviljelystä esitettyjä väitteitä arvioidaan kolmen tieteellisen artikkelin perusteella.

Eukalyptuksen plantaasiviljelyn päälaajin *Eucalyptus grandis*in kasvun edellytyksistä on tehty har-
voja perusteellisia tutkimuksia. Kaksi sellaista tehtiin Koillis-Brasiliassa 1996-2001 (Stape ym.
2004 ja 2007). Tutkimusten kuvaukset antavat myös varsin hyvän käsityksen siitä, millaisissa olo-
suhteissa ja miten eukalyptuksen viljely Brasiliassa nykyisin käytännössä tapahtuu.

Ensimmäiseen tutkimukseen (Stape ym. 2004) neljätoista istutusaluetta valittiin kattavasti edusta-
maan Bahian osavaltiossa kasvavia Copener Florestal Ltd:n 80 000 hehtaarin eukalyptusmetsiä.
Alueella vuoden keskilämpötila on 25,3 astetta ja keskimääräinen sateisuus 1040 mm/vuosi. Satei-
suus vaihteli rannikkoalueiden 1600 mm:n 120 km sisämaassa olevan alueen 800 mm:n välillä.
Vuotuiset vaihtelut sademäärässä alueella ovat suuret ja kahdeksan kuukauden kuivana aikana vettä
sataa keskimäärin vain 44 % kokonaissademäärästä.

Kokeilualueet oli perustettu 1989-1993. Viljelys tehtiin kaatamalla ja polttamalla aikaisempi kasvili-
sisuus. Puut istutettiin puolen metrin korkuisiksi muokattuihin penkkeihin ja niitä lannoitettiin kes-
kimäärin typellä 14 kg/ha ja fosforilla 43 kg/ha ja kaliumilla 14 kg/ha. Istutustiheys oli 800 puuta
hehtaarilla (yhden puun maa-ala noin 12 neliometriä). Tutkimuksen alkamishetkellä puut olivat 6-8
vuotta vanhoja ja olivat kasvaneet keskimäärin 14 metrisiksi. Alueilla oli käytetty kemikaaleja vuo-
sittain lehtiä leikkaavien muurahaisten (torjunta-aine: sulfuramid) ja joka toinen vuosi rikkakasvien
(torjunta-aine: glyfosaatti) torjuntaan. Kokeilualueilla kasvaneen eukalyptus-metsän vuotuinen tuot-
to vaihteli suuresti olosuhteista riippuen 9,7 tn/ha - 39,1 tn/ha.

Tutkimuksen lähtökohtana oli seuraava plantaasiviljelyn taloudellisuutta kuvaava yhtälö:

$$\text{Tuotanto} = \text{Tarjonta} \times \text{RCE} \times \text{RUE}$$

missä tuotantoa on mitattu puumassan nettotuotannolla, tarjonnalla on tarkoitettu viljelyyn sijoitet-
tuja resursseja lähinnä lannoitteita, RCE (Resource-capture-efficiency) tarkoittaa kuinka resurssit
kuten lannoitteet tulevat käytetyiksi kasvuun ja RUE (Resource-use-efficiency) tuotantoa kasvien
käyttämää resurssiyksikköä kohti.

Tutkimuksessa seurattiin puiden kasvun riippuvuutta 14 alueella eri tekijöistä 1996-1998. Tutki-
muksen perusteella voitiin päätellä, että hyvin erilaisissa kasvupaikoissa ja erilaisella tyypillisellä
veden saannilla päti säännönmukaisuus, että 100 mm/vuosi lisää vettä tuotti noin 2,3 tn/ha lisää
vuotuista biomassaa. Vastaavan tuloksen Eukalyptuksen tuotoksen kasvusta 8 tn/ha aina 32 tn/ha
tuloksena lisäystä kastelusta olivat aiemmin esittäneet mm. Santana ym. (2000). Tähän liittyy se,
että eukalyptus käyttää saamastaan kasteluvedestä sen määrästä lähes riippumatta noin 72 %. Osuus
vähenee vain lievästi veden lisääntyessä.

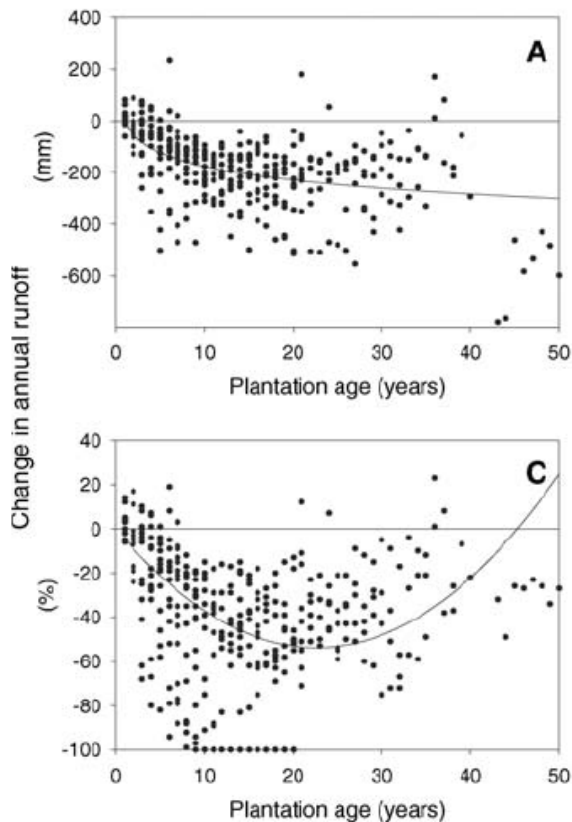
Toisessa samalla Bahian alueella tehdyssä tutkimuksessa lähtökohtana oli keinokastelun vaikutus-
ten tutkimus erityisesti liittyen eukalyptuksen hiilensidontaan (Stape ym. 2007). Tässä tapauksessa
26 hehtaarin kokeilualueet perustettiin toisen polven eukalyptusmetsään. Alkuperäisen istutuksen

lannoitus sisälsi istutusvaiheessa typpeä 39 kg/ha, fosforia 56 kg/ha ja kaliumia 29 kg/ha. Uudet istutukset tehtiin *Eukalyptus grandis* x *urophylla* hybridillä alkuperäisten istutuspenkkien väliin. Muu kasvillisuus hävitettiin glyfosaatti –suojeluaineella. Taimet olivat kasviuoneessa 4kk kasvatettuja ja korkeudeltaan 25-35 cm ja istutus tapahtui 3x3 ruutuihin.

Lannoitusta tehtiin kahdessa erässä: istutuksen yhteydessä ja 6 kk iässä. Yhteensä käytettiin typpeä 52 kg/ha, fosforia 30 kg/ha, kaliumia 44kg/ha ja kalsiumia 100 kg/ha ja magnesiumia 50 kg/ha. Vuosittain käytettiin kemikaaleja lehtiä leikkaavien muurahaisten (sulfuramid) ja rikkakasvien (glyfosaatti) torjuntaan. Maaperä oli selkeästi hapan uutta istutusta tehtäessä eli sen pH oli 4,3. Tämä selittää kalsiumin käytön. Matalan pH - arvon riippumista aikaisemmasta eukalyptuksen kasvatuksesta ei tarkasteltu, mutta tällaista yhteyttä voi vahvasti epäillä. Kohta tarkasteltavassa kolmannessa tutkimuksessa (Jackson ym. 2005) eukalyptuksen maaperää happamoittava ja suolaannuttava vaikutus onkin monien eri puolilla maailmaa tehtyjen havaintojen perusteella todettavissa.

Vastoin usein esitettyjä päinvastaisia väitteitä, eukalyptusta kannattaa Stapen ym. (2004) mukaan viljellä veden saanniltaan edullisilla kasvupaikoilla. Vettä kului Bahian kasvatuskokeessa puutonnia kohti tehokkaan kasvun (keskimäärin tuotto 24 tn/ha) alueilla noin puolet koko 8 vuoden viljelyajalla verrattuna tehottoman kasvun (tuotto 12 tn/ha) alueisiin. Typen kulutus väheni 14 %. Myös maan alle jäävän hiilen määrä oli runsaan vedensaannin ja kasvun aluilla 50 % suurempi. Huomioon on myös otettava, että tuotanto syntyi puolta pienemmällä maa-alalla.

Kuva 8.2. Eri ikäisten mänty- ja eukalyptusviljelmien vaikutus läheisten jokien virtaumiin. Veden korkeuden keskimääräinen muutos (A) virtauman muutos prosentteina (C) suhteutettuna plantaasiviljelmien ikään.



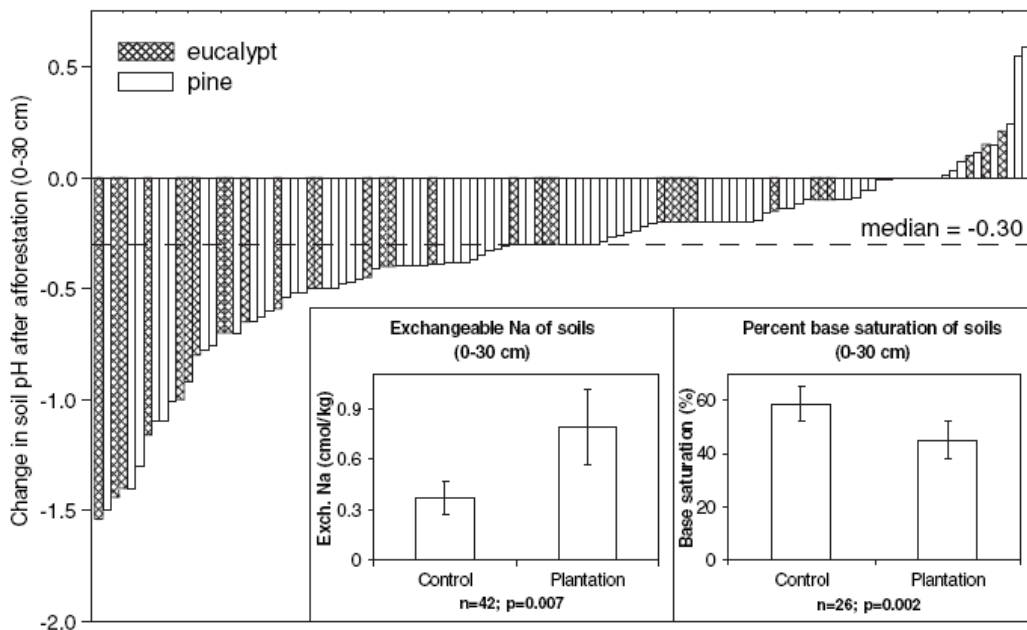
Jackson ym. (2005) ovat tehneet kattavan kartoituksen tutkimuksista, joita on tehty eukalyptuksen ja trooppisen männyn plantaasikasvatuksen veden tarpeesta ja vaikutuksista maaperään eri puolilla maailmaa. Kartoitus tukee vahvasti Stapen ym. (2007) johtopäätöstä veden keskeisyydestä eukalyptuksen kasvuun. Plantaasien veden käyttöä on mitattu istutusten lähellä olevien jokien veden virtausten kehityksellä. Kaikkiaan vuosittaisia havaintoja oli 504. Kartoituksen tulokset on kiteytetty seuraaviksi kuvioiksi (kuva 8.2.)

Selvästi eniten vettä kuluttavia olivat eukalyptus-plantaasit. Muutamaa ensimmäistä istutuksen jälkeistä vuotta lukuun ottamatta eukalyptusviljelmät muuttivat tuntuvasti läheisten jokien virtaamaa. Kuvio osoittaa, että monessa tapauksessa 7-20-vuotiaat eukalyptus-plantaasit tyrehdyttivät täysin veden virtauksen ennestään vähävetisissä joissa.

Stapen ym. (2008) tutkimuksessa selvitettiin lisälannoituksen vaikutuksia kontrollialueilla, joille lisättiin tuntuvasti lannoitteita: 600 kg/ha kalsiumia, 300 kg/ha magnesiumia sekä neljännesvuosittain runsaasti typpeä, fosforia ja kaliumia. Kontrollialueen biomassan tuotto oli muihin alueisiin verrattuna hieman korkeampi erityisen sateisena vuonna, mutta eroa ei ollut normaalivuonna. Taloudelliselta kannalta tämä tarkoitti sitä, että yllä esitetystä yhtälöstä lisälannoitus johti RCE -arvon laskuun.

Lisäravinteiden vähäistä vaikutusta kasvuun ei kuitenkaan Jackson ym. (2005) laajemman aineiston perusteella voi tulkita niin, etteikö eukalyptus olisi käyttänyt runsaasti maan ravinteita. Tilastollisesti hyvin merkitsevällä tasolla ($P=0.002$) Jacksonin ym. (2005) aineistosta voitiin päätellä plantaasiviljelmillä natriumin lisääntyminen maaperässä ja maaperän happamoituminen (kuva 8.2.). Tulosta Jackson ym. (2005) selittivät sillä, että puut käyttivät emäksistä kalsiumia, magnesiumia ja kaliumia ja vapauttivat maaperään natriumia.

Kuva 8.3. Eukalyptus- ja mäntyplantaasien vaikutuksia maan happamuuteen ja suolaantumiseen



Stapen ym. (2007) selittivät lisälannoituksen vähäistä merkitystä taimivaiheen ohittaneen eukalyptuksen tehokkuudella ravinteiden ottamisessa maaperästä. Selityksen mukaan eukalyptuksen saatua muodostettua tehokkaaseen yhteyttämiseen riittävän latvuksen noin 1,5 vuoden iässä, se käyttää erittäin tehokkaasti maaperän ravinteita eikä ole riippuvainen hedelmällisestä maaperästä. Stapen ym. (2007) havaitsivat puun veden saannin, yhteyttävän pinta-alan kasvun ja biomassan tuotannon välillä voimakkaat korrelaatiot.

Jatkuvin myrkytyksin suojeltua eukalyptus-plantaasimetsää on täysi syy kutsua puupelloksi, joka käyttää tehokkaasti maan ravinteita ja vettä, mutta selvästi ei ole luonnonmetsän kaltainen monenlaisen biotuotannon paikka. Glyfosaatti tuhoaa kasvien ohella maasta myös mikrobeja, mikä osaltaan selittää biojätteiden maatumisen hitautta puuplantaaseilla.

Jaksossa 4.4. jo tarkasteltiin eukalyptuksen ja männyn viljelyn taloudellisia tuloksia Brasiliassa plantaasituottajien järjestön vuosikirjan tietoihin perustuen (ABRAF 2008).

Keskimäärin kehittynyttä puunviljelytekniikkaa edustavan ABRAF:n yrityksissä eukalyptuksen hehtaarituothon vaihteluväli oli 20,1–53 m³/vuosi. Stopen ym. (2004, 2008) edellä viitattujen tutkimusten perusteella eukalyptuksen on näin pitänyt keskimäärin kasvaa veden saannin osalta varsin hyvissä ja todennäköisesti myös keinokastelulla yhä enemmän parannetuissa olosuhteissa.

Selitys tuottavuuden lisäykselle ovat olleet kasvupaikkavalintojen ja ennen kaikkea veden saannin ohella hyvien puuyksilöiden lisääminen kloonaamalla. On vaikea arvioida, mikä on näiden osatekijöiden suhteellinen merkitys. Geneettistä muuntelua ei ole toistaiseksi ilmeisesti käytetty eukalyptuksen ja männyn kaupallisessa tuotannossa, vaikka käynnissä on siihen perustuvia tutkimushankkeita ainakin liittyen glyfosaatin kestävyys. Puiden valintaan perustuvilla laadun parannuksilla on saavutettu etuja seuraavissa suhteissa: kasvunopeus, tautien kestävyys, torjunta-aineiden kestävyys, puiden parantunut muoto, sopeutuminen ilmastoon ja maaperään sekä kuivuuden ja kylmän kestävyys (Abraf Statistical Yearbook 2008 s.43).

Eukalyptuksen keskimääräinen tuotto hehtaarilta oli vuonna 2006 Brasiliassa merkittävästi korkeampi (38 m³/v) kuin Australiassa (25 m³/v) ja Portugalissa (13 m³/v). Ero selittynee pääasiassa runsaammalla veden saannilla. Keskimääräisen hehtaarituothon kasvaessa hakkuumahdollisuudet ovat Brasiliassa lisääntyneet olennaisesti enemmän kuin istutusmetsän pinta-ala. Vuotuiset hakkuut riippuvat kuitenkin paljon suhdanteista. Hakkuumahdollisuuksien lisääntymistä kuvaa kuitenkin se, että hakkuut olivat periodilla 2003–2007 keskimäärin 21,5 % suuremmat kuin periodilla 1998–2002 (Abraf 2008).

Eukalyptus veden ja ravinteiden käyttäjänä

Professori Pertti Harstela

Veden ja ravinteiden käytön suhteen eukalyptus on varsin tehokas. Suuri tuotos pinta-alayksikköä kohti kuluttaa paljon vettä ja ravinteita, mutta esim. Intiassa on todettu eukalyptuksen kuluttavan vähemmän vettä ja ravinteita tuotettua kuutiometriä kohti kuin alueen luontaisten puulajien (de Paula Lima ym. 1993). Näin ollen teollisuuden tarvitsema puumäärä voidaan tuottaa suhteellisen pienellä alueella, jolloin muu maa-alue voi jäädä muihin käyttötarkoituksiin. Tosin toisenkinlaisia tuloksia puulajien vertailusta on saatu, mutta tällöin ei ole vertailukohteena ollut hyvin selluteollisuudelle sopivat puulajit.

Stape ym. (2004, 2007) ovat todenneet lineaarisen ja verraten jyrkän riippuvuuden eukalyptuksen tuotoksen ja vedenkäytön välille *E. grandis* x urophylla kloonilla. Kokeissa oli kuitenkin vain yksi eukalyptuksen kloni, joten tutkimus ei kerro eukalyptuksen vedenkäytön ja tuotoksen välisestä suhteesta yleensä. *E. grandis* on verraten kosteisiin oloihin sopeutunut laji, jota on laajasti käytetty Brasiliassa, koska plantaasitkin on perustettu pääosin kosteisiin oloihin.

Esimerkiksi *E. camaldulensis*ella, joka on kuivempiin oloihin sopeutunut laji, on sopivalla kasvupaikalla ja kloonilla saatu sateenvaraisessa kasvatuksessa jopa 80 m³/ha vuosituo-
tuoksia alueella, jossa oli verraten vaatimaton maaperä ja vain 900 mm vuotuinen sademäärä (Kumaravelu 1995). Tuomela (1997) on todennut suuret erot vedenkäytön tehokkuudessa *E. microthecalla* lajin sisällä eri kasvupaikkojen välillä. Samalla kastelumäärällä vuotuinen kasvu vaihteli provenienssien välillä 3,0 ... 19,0 m³/v. *E. microtheca* on paljon käytetty laji kuivissa oloissa.

Jos Brasiliassa plantaaseja aletaan laajemmin perustaa aikaisempaa kuivempiin oloihin, on siellä tarve vaihtaa lajia ja etsiä sopivat kasvupaikat. On kuitenkin ilmeistä, ettei eukalyptusta taloudellisesti ajatellen kannata ruveta kasvattamaan kovin kuivissa tai ravinnepöyhissä oloissa, mutta yleisiin viljelykasveihin verrattuna se menestyy kuivemmissä ja maaperältään köyhemmissä ja happamammissa oloissa ilman keinokasteluakin ja sillä on myös pahasti köyhtyneisiin maihin niitä parantava vaikutus. (Lima 1993)

Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että metsänistutus ruohikko- ja savannialueille vähentää vesien virtaamista alueelta ja laskee pohjavesiä. Tämä tapahtuu kaikilla puulajeilla, koska puut haihduttavat vettä verraten paljon. Metsien merkitys vesihuollon kannalta onkin lähinnä tulvien torjunnassa ja veden laadun parantamisessa. Eukalyptusplantaasit kuluttavat vettä vielä monia muita puulajeja ja plantaaseja enemmän pääasiassa suuren tuotoksen vuoksi. Jos vedestä on pulaa, rajoittavat plantaasit muuta maankäyttöä, mikä maankäytön suunnittelussa ja mahdollisessa veden hinnoittelussa pitäisi ottaa huomioon. Jos kasteluvedellä ei ole suurta hintaa tai muita rajoituksia, sitä luonnollisesti käytetään.

Myös tehokas ravinteiden käyttö on maaperää köyhdyttävää ja hapan maa voi suoraan kuulua eukalyptus-ekosysteemiin. Eukalyptusta on kuitenkin menestyksellisesti ja tuotosta koko ajan lisäämällä kasvatettu jo useita sukupolvia. Biomassan vienti maasta vie aina mukanaan myös ravinteita ja eukalyptuksen suuren tuotoksen vuoksi ravinteet eivät ehdi korvautua luonnon prosesseilla varsinkin, kun luontaiset eukalyptuksen karikkeita hajottavat organismit voivat maaperästä puuttua. Näin ollen ravinnetasapainoa voidaan maanviljelyksen tapaan joutua korjaamaan lannoituksin.

Käytetyt lannoitemäärät ovat kuitenkin olleet verraten pieniä. Esimerkiksi Fernandez ym. (2000) saivat edullisimman vasteen vain 54 kg/ha/kiertoaika P₂O₅ lannoituksella. Monin paikoin on myös alettu jättää hakkuutähteet kasvupaikalle ja siirtää myös kuorinta metsään. Näin saadaan huomattava ravintotilanteen parannus (Gonsalves 2004). Aikaisemmin yleinen tapa on ollut hakkuutähteiden poisvienti tai kasaaminen ja polttaminen sekä tehdaskuorinta. Torjunta-aineiden käytöstä on vaikea luopua trooppisissa oloissa tiettyjen tuhohyönteisten ja mekaanisen heinäntorjunnan kalleuden vuoksi.

Noin kahdensadantuhannen hehtaarin eukalyptus-plantaasi ja siihen perustuva sellutehdas tarjoaa nykyisellään 2 000 – 4000 vuosityöpaikkaa. Jos se on perustettu vähäkäyt-

töiselle degeneroituneelle maalla, voi se olla hyväkin työllistäjä alueen ihmisille. Lisäksi edistyneimmät yhtiöt varaavat osan maa-alueista suojele- ja monikäyttömetsiksi tai maa-alueiksi ja harrastavat paikallisen yhteisön sosiaalista tukemista.

Eukalyptus- plantaasien kyvystä sitoa hiiltä on erilaisia tutkimustuloksia ja näkemyksiä, mutta vaikutus ilmastomuutokseen riippunee siitä, minkälaisen ekosysteemin tilalle viljelmä perustetaan. Eukalyptustakin käytetään lisääntyvässä määrin sahapuuksi, jolloin hiilensidonta on kiistatonta.

Kritiikkiä on esitetty myös siitä, että selluteollisuuden laajentaminen ei tue kestävää kehitystä, vaan pikemminkin laajentaa perustarpeisiin nähden tarpeetonta tuotantoa. Tämä kritiikki sopii valtaosaan teollisuustuotannosta ja non-food agribisneksestä - voisi sanoa koko nykyiseen länsimaiseen elämänmuotoon. Edellä esitetyllä olenkin pyrkinyt vain osoittamaan, että agribisneksen ja valtaeliittien näkökulmasta eukalyptuksen kasvatusta on niin houkuttelevaa, että eukalyptus-sellun voimakkaan invaasion sellumarkkinoille voi olettaa jatkuvan. Näin on myös sen vuoksi, että maankäytön hyvällä suunnittelulla ja säätellyllä eukalyptus-plantaasit voivat olla myös paikallisen väestön elinoloja kohentavia ja saada väestön hyväksynnän.

Suomen kansallisen edun näkökulmasta eukalyptus-plantaasit ovat tietysti uhka nykyisen laajuisen sellu- ja paperiteollisuuden säilymiselle. Silloin kun hankkeita toteuttavat suomalaiset yhtiöt, tulevat konsultointitulot ja koneiden ja laitteiden investointitilaukset varmemmin Suomeen. Myös rakentamisvaiheen jälkeen koneiden huolto, korjaus ja uusiminen tuovat tilauksia suomalaiselle kone- ja laitteollisuudelle. Rahamääräisesti ne kuitenkin jäänevät selvästi sellu- ja paperiteollisuuden alasajon vaikutuksia pienemmiksi.

Suurin uhka Suomen elinkeinoelämälle tulee kuitenkin siitä, että jos investoinnit metsäteollisuuteen Suomessa hiipuvat, niin koko metsäklusteri voi alkaa hajota ja klusterin reuna-alueidenkin tuotanto siirtyä investointien kohdemaihin kuten on käynyt Pohjois-Amerikassa (Harstela 2005). Vielä vuonna 2007 metsäteollisuuden investoinnit olivat ennakkotiedon mukaan 898 milj. euroa ja investointiaste 3,8 %, mitä pitää vielä teollisuuden uusiutumisen kannalta kohtuullisena. 1980- ja 1990-lukujen investointiasteista on kuitenkin tultu huimasti alas. (Metsätilastollinen vuosikirja 2008)

On esitetty sellaisiakin arvioita, että etelän plantaaseja ehditään perustaa vain siinä tahdissa kuin kehittyvien maiden kulutuksen lisäys edellyttää (vrt. Kärkkäinen 2005). Tällöin Euroopan ja Pohjois-Amerikan markkinat jäisivät vanhoille toimijoille. Nykyisin toimivien tehtaiden kilpailuasetelmaa parantaa se, että investointikustannuksia voidaan pitää niin sanottuina uponneina kustannuksina ja ala on pääomavaltainen. Kun alueella on kuitenkin ylituotantoa, suljetaan tehtaita siellä, missä ei ole riittävää kilpailukykyä. Pitemmällä aikavälillä metsäklusterin aseman säilyttäminen kuitenkin edellyttää voimakasta tutkimusta ja tuotekehitystä.

Kuinka eukalyptus- ja mäntyplantaaseja tulisi arvioida ilmastomuutoksen torjunnan välineinä? Eukalyptusplantaasit ovat tehokkaita veden puumassaksi muuntamisen ympäristöjä, mutta hyvin vähän mitään muuta. Lisäksi kestävä viljely edellyttää varsinkin maaperän suolaantumis- ja happamoitumisriskin ottamista huomioon. Verrattuna cerrado -metsiin paikallinen väestö hyötyy ilmei-

sesti vähemmän puuplantaaseista kuin cerrado -metsistä puhumattakaan rannikkosademetsistä. Eukalyptuspellot eivät sovellu metsän moninaiskäyttöön ja runsas torjunta-aineiden käyttö vaikuttaa myös puuplantaaseja ympäröiviin alueisiin.

Taulu 8.3. Eukalyptuksen ja trooppisen männyn viljelyn edullisuus (vrt. luku 1)

Edullisuus brasilialaisten ja uruguaylaisten näkökulmasta	Brasilian ja Uruguayn kansantaloudet hyötyvät ennen kaikkea vientitulojen kasvun kautta ja vähäisemmässä määrin verotulojen ja suoran työllistämisen muodossa. Osa eliiteistä hyötyy, karjankasvattajien kannalta hyöty kyseenalaista. Plantaasien lähettyvillä maa- tai metsätaloutta harjoittavat ja asuvat häviävät plantaasien käyttämän veden, plantaasialueiden metsien biotuotannon yksipuolisuuden ja myrkytyksiin liittyvien haittavaikutusten vuoksi. Selvin häviävä ryhmä ovat olleet plantaasialueiden luonnontuotteiden varassa eläneet pienviljelijät, vaikka menetyksiä osin kompensoitu.
Edullisuus ilmastomuutoksen torjunnan kannalta	Eukalyptus on erittäin tehokas hiilen sitoja, mikäli ennen kaikkea vettä, mutta myös muita ravinteita on riittävästi tarjolla. Ottaen huomioon viljelyn sivuvaikutukset on kuitenkin kyseenalaista alittaako sen viljely yleisesti ottaen kustannus-hyötyvaikutuksiltaan 10\$/ CO2 tonni kriteerin. Ottaen lähtökohdaksi eukalyptuksen vedenkulutuksen ja kasvun tutkimuksissa havaitun yhteyden, kysymys voisi konkretisoitua esimerkiksi siten, olisiko paikallinen väestö valmis luopumaan eukalyptuksen hyväksi tonnista jokiensa vettä 0,01 \$/tonni kompensatiolla tai joen 3 m³/s virtaamasta miljoonan dollarin vuosikorvauksella.
Edullisuus maailman ravinnon tuotannon hallinnan kannalta	Hyvillä kasvupaikoilla eukalyptus- ja mäntyviljelmät vähentävät vaihtoehtoista maan käyttöä ravinnon tuotantoon. Mahdollisuus palata myöhemmin puuviljelmistä ravinnon tuotantoon heikenee maaperän happamoitumisen ja muun huononemisen vuoksi.
Edullisuus luonnon moninaisuuden suojelun kannalta	Hyvin ongelmallista luonnon monimuotoisuuden kannalta, jos viljely tapahtuu entisellä sademetsäalueella, vaikka raivaus olisi tapahtunut jo kauan aikaisemmin. Myös savannin (cerradon) raivaaminen vähentää luonnon moninaisuutta.
Edullisuus Suomen kannalta	Eukalyptus kilpailee koivun kanssa lyhytkuituisen sellun raaka-aineena. Jos eukalyptussellun tuotantokustannukset kaikkialla maailmalla nousisivat, olisi se ehkä eduksi Suomessa tapahtuvalle sellun ja paperin valmistukselle. Jos tämä kuitenkin johtaisi paperin hinnan kautta kulutuksen nopeutuvaan vähenemiseen, Suomi puun korjuun sekä paperin- ja sellun valmistuksen koneiden ja laitteiden toimittajana olisi häviävä osapuoli.

Kaksivuotisen tutkimuksen Stape ym. (2008) kosteana vuonna koeryhmän eukalyptuksia kasteltiin 531 mm ja sademäärältään normaalivuonna 962 mm. Kosteana vuonna kastelu tuotti neliömetriltä 0,4 kg eukalyptukseen sidottua hiiltä enemmän kuin kontrolliryhmässä ja normaalivuonna 1,2 kg. Yksinkertaisella oletuksella, että hiilen sidonta perustui pelkästään lisäveteen, yksi tonni hiiltä tulisi näin kosteudeltaan erilaisina vuosina Bahian tutkimusalueella sidotuksi noin 800-1300 tonnilla vettä. Tämä on hyvin yhteensopivaa sen Stapen (2004) havaitsemaa säännönmukaisuuden kanssa, että

kasvupaikan 100mm lisäsade vuodessa johti 2,3 tonnin biomassan kasvuun vuodessa. Jos oletetaan, että biomassasta on puolet hiiltä, tonni hiiltä kertyy tällä perusteella noin 900 tonnilla vettä. Lähtien tässä raportissa kasvihuoneilmiön torjunnassa hyväksyttävästä 10\$/tn hiilidioksidia, vettä pelkästään tähän tarkoitukseen olisi mielekästä käyttää vettä 0,0125- 0.0077\$ tonninhinnalla. Hiilitaseeseen pitäisi kuitenkin laskea mukaan myös kestävän viljelyn vaatimien lannoitteiden käytön hiilijalanjäljet.

Maailmanlaajuudessa päästökaupassa joki, jonka virtaama on 3 m³/s, tuottaisi siis pelkästään eukalyptuksen kasvatukseen käytettynä omistajalleen päästöoikeuden hinnalla 10\$/tonni noin miljoona dollaria. Missä määrin tämä perustelisi joen käytön eukalyptuksen tuotantoon, riippuu toki ratkaisevasti joen veden muista mielekkäistä käyttötavoista paitsi hiilen sidontaan myös muihin tarkoituksiin.

9 Biopolttoaineiden vaihtoehtoiset lähteet ¹⁹

9.1 Biopolttoaineiden tuotannon yleisiä lähtökohtia

YK:n arvion mukaan biopolttoaineiden tuotantoon käytettiin noin 1 % maailman maatalousmaasta vuonna 2007 (Sheil ym. 2009). Sheilin ym. (2009) mukaan aiemman lisääntymisen perusteella osuus voisi kasvaa vuoteen 2030 noin 4 %:in ja vastata noin 92 miljoonaa tonnia öljyä. IEA:n tilastojen mukaan vuonna 2008 raakaöljyä kulutettiin maailmassa noin 4000 Mt. Biopolttoaineiden osuus tästä kulutuksesta olisi vain runsas 2 % trendikehityksen mukaisella biopolttoaineen tuotannolla vuonna 2030.

Vaikka kaikki maailman pelto pantaisiin biopolttoaineiden tuotantoon, se ei nykyteknologioin riittäisi öljyntuotannon korvaamiseen. Jotta biopolttoaineista olisi olennaista hyötyä, sen tuotannon tulisi ratkaisevasti tehostua. Jos lähtökohdaksi otetaan kaikki ympäristökustannukset, on arvioitu, että nykyisillä tuotantotekniikoilla vain erilaisista biojätteistä tehtävät polttoaineet ovat mielekkäitä korvaajia öljylle (Sheilin ym. 2009). Toki kyse on myös siitä, miten eri ympäristötekijöitä painotetaan. Brasiliassa tuotettu sokeriruoko on arvioitu viitatussa laskelmassa noin 20 % bensiiniä heikommaksi kaikissa ympäristövaikutuksissa, vaikka sen käyttö tuotti vain noin kolmanneksen kasvihuonekaasupäästöjä verrattuna bensiiniin.

Ottaen huomioon taloudellisen kannattavuuden ohella maailman ravinnontuotannon tarpeet, voidaan päätellä että seuraavat aiemmin käytetyt biopolttoaineiden lähteet eivät ilmeisesti ole enää mielekkäitä vuonna 2030: maissi, rapsi, soija, peruna, auringonkukka, puuvillaöljy ja hampullaöljy. Vaikka öljypalmu ja kookospalmu tuottavat näihin verrattuna hehtaaria kohti moninkertaisesti biopolttoainetta, myös niitä voi pitää metsien tuhoajina tai arvokkaan viljelysmaan käyttäjinä hyvin ongelmallisina tapoina tuottaa biopolttoainetta.

Tarkastelu kohdistetaan kolmeen nykytiedon perusteella erityisen lupaavaan biopolttoainelähteeseen, joista tehtävä biodiesel tai etanoli vuonna 2030 todennäköisimmin korvaavat merkittävästi öljyä: levät, sokeriruoko ja jatrofa. Lisäksi tarkastellaan luvun loppujaksossa Suomen mahdollisuuk-

¹⁹ Luku on Osmo Kuusen kirjoittama.

sia biopolttoaineiden tuottajana. Kaikkien vuoden 2030 biopolttoaineiden mahdollisuudet öljyn korvaajina riippunevat ratkaisevasti uuden biotekniikan kehityksestä ja sovellutuksista mutta myös siitä, millaisin riskein biopolttoaineita ollaan valmiit valmistamaan.

Ylivoimaisesti lupaavin biodieselin lähde 2030+ näyttäisivät olevan levät, mutta niiden kehittämiseen uudella biotekniikalla liittyy myös erityisen suuria riskejä. Levien tuottoarviot hehtaarilta ovat vaihdelleet noin 60 000 litrasta biodieseliä (IPB Indonesia, Sheil ym. 2009) hehtaarilta jopa miljoonaa litraan. Vertailtuna nyt käytettyihin energiakasveihin levien mahdolliset hehtaarituo- tokset ovat omaa luokkaansa. Sheil ym. (2009) käyttämän lähteen mukaan öljypalmu voi tuottaa noin 6000 litraa/ha ja jatropa noin 600 litraa/ha. Jatropan osalta arvio vaikuttaa varsin alhaiselta. Kirjallisuuden perusteella 1000 litraa/ha vaikuttaa uskottavammalta ainakin, mikäli jatropaa viljellään myös muissa kuin erittäin kuivissa olosuhteissa. Sheil ym. (2009) ei esitä vertailua sokeriruokoon, joka tuottaa biopolttoaineen valmistukseen periaatteessa soveltuvaa biomassaa jopa 60 tonnia hehtaarilta.

9.2 Biodieseliä levistä ja hiilidioksidin talteenoton eri mahdollisuudet

Erityisesti Yhdysvallat ovat panostamassa voimakkaasti leviin bioenergian lähteenä. DOE (U.S. Department of Energy) on esittänyt arvion, että levistä tuotettu biopolttoaine voisi korvata kaiken Yhdysvalloissa käytetyn öljypohjaisen polttoaineen. Yhdysvaltojen energiaministeriössä tehdyn laskelman mukaan tämä vaatisi vain 40 000 neliökilometrin viljelyalan. Tämä on vain alle seitsemäsosa maa-alasta, joka käytettiin Yhdysvalloissa viljan viljelyyn vuonna 2000.

Levillä on erityisiä ominaisuuksia, joiden perusteella niiden kyky auringonvalolla yhteyttämiseen on erityisen suuri. Ne muodostuvat pienistä soluista joiden ulkopinnan suhde solun massa- aan on suuri ja niiden solukalvon kyky vastaanottaa ravinteita on poikkeuksellisen hyvä. Niinpä niiden viherhiukkasilla on paremmat mahdollisuudet yhteyttämiseen kuin millään muulla kasvilla. Koska levä pystyy lisäksi tuottamaan hyvin monenlaisia kemikaaleja, sitä on joskus luonnehdittu minikokoiseksi aurinkovoimalla toimivaksi biojalostamoksi.

Jo pidempään on ollut käynnissä laajaa tutkimusta siitä, kuinka levää voitaisiin käyttää energialähteenä biodieselin ja etanolin ja valmistukseen. Sen on todettu voivan tuottaa samaa pintalaskennalla kohti 30 kertaa enemmän öljyä kuin soijan. Tuotetun öljyn lisäetuina ovat, että se ei sisällä rikkiä, se ei ole myrkyllistä ja että se hajoaa luonnossa(www.petrosuninc.com).

Levien erityinen etu on, että monet levälajit pystyvät kasvamaan suolaisessa merivedessä (www.oilgae.com). Tutkijat Texas A&M –yrityksessä ja Austinissa sijaitsevassa Texasin yliopistossa ovat kehittämässä suolaisen veden levää, jolla on korkeampi öljypitoisuus kuin makean veden levillä. Lisäetuna suolaisen veden levillä on, että ne eivät helposti leviä suolattomiin vesiin aiheuttaen niissä oleville lajeille ongelmia. On ehdotettu, että suolaisessa vedessä kasvatettuja leviä käytettäisiin Etelä-Kaliforniassa sijaitsevan Salton –suolajärven puhdistamiseen. Tähän järveen kulkeutuu vuosittain enemmän kuin 10 000 tonnia typpi- ja fosforilannoitteita. Ajatuksena on ollut viljellä noin 1 000 ha alueella *Spirulina* –levän kaltaista levää järven vedellä tuottaen biopolttoainetta niin, että tuotannossa syntyvää jätettä voitaisiin käyttää maataloudessa lannoitteena. On arvioitu, että hiilidioksidipäästöjä voitaisiin näin vähentää satoja tuhansia tonneja alle \$10/ CO₂ tonni.

Vuonna 2008 käynnistyi ensimmäinen kaupalliselta pohjalta toimiva laitos, joka alkoi tuottaa biodieseliä levistä. Kuvassa 9.1. on ilmakuva tästä [PetroSun](http://www.petrosuninc.com) –yhtiön tuotantolaitoksesta. Montanan ja Utahin valtiollisissa yliopistoissa on käynnissä kolmevuotinen hanke sellaisten levien kehittämise-

si, joiden öljypitoisuus voisi nousta 30–50 %:in. Inventure Chemical –yhtiö on kehittämässä leviin perustuvaa polttoainetta, joka soveltuisi käytettäväksi lentokoneissa. Polttoaine on jo ollut pieni-muotoisessa testikäytössä (www.petrosuninc.com).

Kuva 9.1. Ilmakuva biodieselä levästä tuottavasta laitoksesta



Suurista lupauksista huolimatta levän kasvatuksessa biodieselin tuotantoon on kuitenkin vielä paljon ongelmia. Osa ongelmista liittyy levien kasvattamisen teknologiaan. Paljon vakavampia ovat riskit, jotka liittyvät tehokkaasti lisääntyvän levän hallitsemattomaan leviämiseen luonnossa.

Keskeinen levien kasvattamiseen liittyvä tekninen ongelma on ollut se, että öljyn poisto levistä on johtanut kasvuston kuolemaan. Tämä on ratkaisevasti nostanut leväöljyn tuotantokustannuksia, Tutkijat Yhdysvaltojen Energiaministeriön alaisessa Ames Laboratoryssa ja Iowan Valtionyliopistossa ovat kehittäneet erittäin lupaavan ”nanoviljelytekniikan”, jolla kasvusto voidaan pitää tuotantokuntoisena öljyn poiston jälkeen. Öljyn poisto perustuu nanopartikkeleihin, jotka eivät vahingoita leviä niin paljon kuin muut käytetyt menetelmät. Yhdysvaltain energiaministeriö ja muut sijoittajat rahoittavat tämän menetelmän kaupallistamista. Toinen kasvatuksen ongelma on ollut saada levä kasvamaan riittävän tiheänä massana. Tyypillisesti ne peittävät vettä ohuena kerroksena, joka estää valon pääsyä syvemmälle veteen Washingtonin Redmondissa Bionvitas –yritys on käyttänyt valoa heijastavia akryylisauvoja saadakseen levät kasvamaan aina metrin syvyyteen asti.

Levien yhteytystehoa voidaan nostaa, jos ne toimivat ympäristössä, missä ilman hiilidioksidipitoisuus on korkea. Tätä voidaan hyödyntää siten, että leväviljelmät perustetaan lähelle paljon hiilidioksidia tuottavia laitoksia. Leviä onkin pidetty yhtenä lupaavimmista mahdollisuuksista hiilidioksidin talteenottoon (CCS) (Ho 2006).

Erilaisia pilottihankkeita hiilidioksidin talteenoton ja levien kasvatuksen yhdistämiseksi on jo käynnissä. GreenFuel –yhtiö, joka toimii MIT:n (Massachusetts Institute of Technology) yhteydessä, on yhdistänyt 20 MW hiilivoimalaitoksen putkiin, joissa on vihreää levämassaa sisällä. Levät ovat poistaneet jopa 40 prosenttia hiilidioksidipäästöistä. Sen ohella ne poistivat 86 % polton tuottamista typen oksideista. Pilottilaitoksen kokemuksia ollaan hyödyntämässä 1000 MW voimalan päästöjen vähentämiseen. Tavoitteeksi asetettiin vuonna 2006, että demonstraatiohankkeiden jälkeen tekniikka voitaisiin kaupallisesti hyödyntää vuoden 2009 aikana. Greenshift –yhtiö, joka toimii Mount Arlingtonissa New Jerseyssa, käyttää leväkokeiluissaan Ohion yliopistossa kehitettyä CO₂:n ”suodatusmenetelmää”. Prototyyppi - ”suodatin” pystyy käsittelemään 140 kuutiometriä hiilidioksidia minuutissa eli 3 MW hiilivoimalan päästöt (Ho 2006).

Toistaiseksi taloudellisimpana tapana hiilidioksidin talteenotolle voimalaitoksista on pidetty sen pumppaamista maan alle ehtyviin kaasu- tai öljyesiintymiin tai huokoiseen maaperään. Tällä tekniikalla voidaan jopa parantaa öljyn ja kaasun saantia esiintymistä. Myös mahdollisuutta pumpata hiilidioksidi merien pohjaan on tutkittu. Näyttäisi olevan mahdollista muodostaa ”hiilidioksidigeeliä”, joka kovassa paineessa vettä painavampana jäisi ainakin pitkiksi ajoiksi meren pohjaan.

Ho (2006) on arvioinut, että Englannin omistamalle sektorille Pohjanmerestä voitaisiin pumpata 20 000 - 260 000 megatonnia CO₂. Pohjanmeren tälle alueelle voitaisiin näin sijoittaa noin 1,5 – 20 kertaa se määrä hiilidioksidia, jonka öljynkulutus maailmassa nykyisin vuosittain tuottaa²⁰ Nykyisiin Pohjanmeren öljykenttiin voitaisiin Hon (2006) arvion mukaan sijoittaa kuitenkin vain noin 700 megatonnia hiilidioksidia, eli tällä sijoitustavalla ei olennaisesti vaikutettaisi maapallon lämpenemiseen.

Verrattuna maaperään sijoittamiseen levien etuna olisi mahdollisuus palauttaa hiilidioksidi takaisin polttoaineeksi. Lisäksi maaperään sijoittaminen vaatisi ehkä hiilidioksidin kuljettamista sijoituspaikkoihin ehkä jopa tuhansien kilometrien pituisia putkistoja pitkin. Maaperään ja varsinkin mereen sijoitettaessa ei myöskään voitaisi olla varmoja, ettei hiilidioksidi vapautuisi jo melko pian ilmakehään tai meren pohjasta valtamereen.

Levien tarjoama mahdollisuus hiilen talteenottoon on tuottanut edellä esitettyjen melko realististen ideoiden ohella todella viljejä ideoita, joiden hyödyntämismahdollisuudet jäävät nähtäväksi. Sellainen on Ian Houstonin kehittämä ‘Ecobox’ (www.greenbang.com). Ecobox sisältää katalyytin, joka kokoaa auton tuottaman hiilidioksidin. Laatikko pystyy keräämään noin 80 km ajossa syntyneen hiilidioksidin. Hiilidioksidi irrotetaan laatikosta lämpökäsittelyllä levien käsiteltäväksi. Syntyvä levä käytetään biopolttoaineeksi tai lannoitteeksi.

Levillä on ollut valtava merkitys elollisen luonnon kehityksessä. Niiden alkumuodot loivat edellytyksen nykyisen kaltaiselle elämälle maapallolla. Niillä on katsottu olleen mm. keskeinen vaikutus ilmakehän happipitoisuuden asettumiseen nykyiselle tasolle. Koska levillä on ratkaiseva rooli luonnon kiertokulussa, uudet levälajit voivat myös aiheuttaa vakavan uhkan luonnon tasapainolle. Erityisesti levän biomassan tuotantoa lisäävään muunteluun on tästä syystä suhtauduttava todella suurella varovaisuudella. Jos uusi entistä olennaisesti tehokkaammin lisääntyvä levälaji karkaa luontoon ja alkaa vallata lämpenevän maapallon meriä, vaikutukset voivat olla todella dramaattisia elämälle maapallolla. Riskiä lisää sen ottamisen tarjoamat suuret mahdollisuudet. Tehokkaasti biomassaa tuottava levälaji soveltuu erityisen hyvin biopolttoaineen tuotantoon ja hiilidioksidin talteenottoon.

²⁰ Laskelma perustuu arvioon, että yhden öljytonnin käyttö tuottaa runsaat kolme tonnia CO₂

Periaatteessa levillä on hyvät mahdollisuudet mullistaa biotekniikkaa paitsi hiilidioksidin talteenotossa ja bioenergian tuotannossa myös ravinnon tuotannossa merivedessä. Hallitsemattoman leviämisen riskin vuoksi geenimuuntelun uusien leväsovellutusten tulisi kuitenkin olla erityisen tarkasti säädeltyjä ja kohdistua vain turvallisiin muunnoksiin kuten levän öljypitoisuuden lisäämiseen. Luvun 11 YK:n Millennium Ecosystem Assessmentin alkuperäiseen TechnoGarden –skenaarioon sisällytettiin levien aiheuttama vakava onnettomuus (ks. luku 11).

Taulu 9.1. Yhteenvedo leviin perustuvan tuotannon vaikutuksista

Edullisuuden ulottuvuudet	Todennäköinen tai mahdollinen vaikutus 2030+
Edullisuus ilmastomuutoksen torjunnan kannalta	Potentiaalisesti erittäin tehokas tapa torjua ilmastomuutosta sekä biopolttoainetta tuottamalla että sitomalla hiilidioksidipäästöjä biomassaan. Päästövähennyksen hinta voi olla selkeästi alle 10\$/ CO ₂ tonni, ehkä jopa tuotettavissa lähes yhtä edullisesti kuin nykyinen öljy. Geenitekniikalla kehitetty tehokkaasti lisääntyvä levätyyppi voi kuitenkin aiheuttaa erittäin suuren riskin luonnon ekologiselle tasapainolle erityisesti levitessään valtameriin.
Edullisuus maailman ravinnon tuotannon hallinnan kannalta	Ei kilpaile nykyisen ravinnon tuotannon kanssa, jos viljely tapahtuu suolaisessa vedessä. Tosin riski viljellyn levän hallitsemattomaan leviämiseen valtameriin samalla kasvaa. Levät soveltuvat myös varsin hyvin rehun ja ravinnon tuotantoon.
Edullisuus luonnon moninaisuuden suojelun kannalta	Levät muodostavat keskeisen perustan maapallon merissä tapahtuvalle biotuotannolle. Uusi hallitsemattomasti lisääntyvä levälaji voi olennaisesti muuttaa merien ekosysteemejä ja vaikuttaa esimerkiksi ilmakehän happipitoisuutta muuttamalla olennaisesti myös elämän edellytyksiin maalla.
Edullisuus brasilialaisten ja uruguaylaisten näkökulmasta talouskasvu työllistyvyys soveltuvuus pienimuotoiseen viljelyyn	Laajasti käyttöön otettuna heikentää ratkaisevasti muiden biopolttoaineiden lähteiden kuten sokeriruo'on edullisuutta. Brasiliassa ovat hyvät luontaiset edellytykset, vaikka varsin vähän tietotaitoa levien kasvatukseen.
Edullisuus Suomen kannalta talouskasvu työllistyvyys	Suomen edellytykset olennaiseen biotuotantoon levien avulla ovat vähäiset. Bioenergian tuotannon kannattavuus puusta tai muista suomalaisista biomassoista heikkenee, mikäli leviin perustuva biotuotanto laajaa. Levien kehittämiseen liittyvät globaalit riskit kohdistuvat myös Suomeen.

Onneksi levien käyttäytymistä tunnetaan jo varsin hyvin 50 vuoden viljelykokemusten perusteella. Myös levien geneettistä säätelyä tunnetaan jatkuvasti paremmin. Esimerkiksi Alexandra Z. Worden johdolla tutkijat Monterey Bay Aquarium Research Institute ovat lukeneet kahden levälajin perimän erityisesti selvittäen niiden hiilen sidonnan mekanismeja ja kykyä ylläpitää hiilitasapainoa valtame-

rissä. Lajit olivat kaksi maantieteellisesti erillistä muunnosta lajista *Micromonas*. Toinen oli peräisin eteläiseltä Tyyneltä mereltä ja toinen Englannin kanaalista. Tällaisen tiedon lisääminen on erittäin tärkeää. Sen sijaan on syytä suhtautua suurella varovaisuudella San Diegossa kehitettyihin transgeenisiin leviin, joiden proteiinien tuotantoa ja fotosynteesiä on kehitetty.

Koska levien kehittämiseen hyväksi biopolttoaineen lähteeksi liittyy erittäin suuria riskejä, on täysi syy hakea myös vähemmän riskialttiita vaikka tehottomampia tapoja tuottaa biopolttoainetta. Vuoden 2030+ perspektiivillä geenimuunneltu sokeriruoko näyttää tarjoavan erityisen hyvän tällaisen mahdollisuuden.

9.3 Sokeriruoko – tulevaisuuden tehokas bioenergian tuottaja?

Sokeriruokoa (*Saccharum officinarum*) viljellään nyt noin 22 miljoonan ha alalla (ks. jakso 7.12.)

Sokeriruoko, joka istutetaan yleensä ruo'on palasena, ei vaadi mitään erityistä maatyyppeä. Parhaiten se kasvaa yli metrin paksuisessa maakerroksessa, mutta juuret voivat kasvaa jopa viiden metrin syvyyteen asti. Tyypillisesti pääosa juurista (85 %) on kuitenkin ylimmässä 60 cm:n maakerroksessa, varsinkin jos ruokoa kastellaan usein ja melko pienillä annoksilla kerrallaan. Syväjuuruisuus vähentää versojen herkkyyttä kuivuushäiriöille.

Sokeriruokolajikkeet tarvitsevat kasvuvaiheessa yleensä paljon vettä ruo'on kasvuvaiheelle tasaisesti jakautuneena ja vaihtelevasti lämpöä. Sadon määrä kulloisissakin ilmasto-oloissa on tutkimusten mukaan suoraan verrannollinen ruo'on kasvukauden kuluessa käyttämään vesimäärään noissa oloissa. Maaperän tulee olla kuitenkin varsin ilmavaa ja lievä happamuus on eduksi.

Taulu 9.2. Sokeriruo'on vedentarve eri maissa (Netafim 2008)

www.sugarcane crops.com/agronomic_practices/irrigation_water_management/

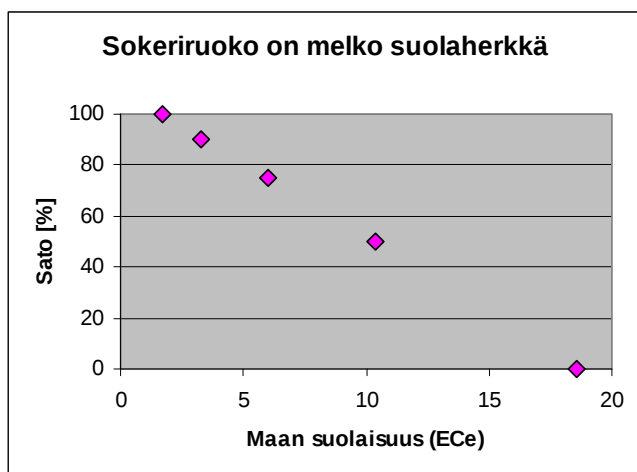
Maa	Veden tarve (mm)
Australia	1522 (tihkukastelu)
Burundi, Keski-Afr.	1327–2017 (ojakast.)
Kuuba	1681– 2133 (kasvi)
Havaiji	2000–2400 (24 kk)
Jamaika	1387
Mauritius	1670 (tihkukastelu)
Filippiinit	2451 (ojakastelu)
Pongala, Etelä-Afr.	1555
Puerto Rico	1752
Etelä-Afrikka	1670
Subtrooppinen Intia	1800 (ojakastelu)
Taiwan	1500–2200 (ojakast.)
Trooppinen Intia	2000–2400 (ojakast.)
Venezuela	2420 (ojakastelu)
Thaimaa	2600 (ojakastelu)

Korjuuajan lähestyessä sokeriruoko vaatii kuivia, aurinkoisia ja viileitä oloja, jotta kasvi tuleentuisi sokeripitoiseksi ja korjuukuntoon (sokeripitoisuus 10–12 prosenttia). Istutetut varrenpalat juurtuvat ja versovat parhaiten 32–38 °C lämmössä, kasvu on voimakkainta 22–30 asteessa, ja varsien tuleentuminen ja sokerin rikastuminen varsiin onnistuu parhaiten 10–20 asteessa.

Sokeriruokoa viljellään sekä sateenvaraisena että keinokasteltuna. Kastelu on perustunut kasteluoihin, mutta niistä on siirrytty enenevästi sprinkler-laitteistojen ja tihkukastelun käyttöön (varsinkin Havaijilla). Tihkukastelu säästää huomattavasti vettä ja työvoimaa, joten sen käyttö on taloudellisesti kannattavaa, vaikka viljelmän jälkikäsittelyssä (poltto) palaneet tihkuletkut joudutaankin uusimaan (FAO 2008).

Ongelmana keinokastelussa on maan suolaisuuden lisääntyminen. Sokeriruoko on varsin herkkä maaperän suolaantumiselle.

Kuva 9.2. Sokeriruo'on herkkyys suolalle (FAO 2008).



Korjuujätteen vähentämiseksi sokeriruo'ot usein poltetaan ennen sadonkorjuuta (tai katkaisun jälkeen maassa). Ainakin Australian sokerintuotannossa tästä menettelystä kuitenkin pyritään eroon, sillä poltto saastuttaa ilmaa ihmiselle haitallisilla hiukkasilla (Cançado ym. 2006).

Ongelmana keinokastelussa on maan suolaisuuden lisääntyminen. Sokeriruoko on varsin herkkä suolalle. Sokeriruoko vaatii menestyäkseen paljon typpeä ja kalia mutta melko vähän fosfaattia. Tuleentumisvaiheessa maan typpipitoisuuden tulisi kuitenkin olla mahdollisimman matala, jotta sato tuleentuu sokeripitoiseksi (varsinkin kuumissa ja kosteissa oloissa) (Netafim 2008).

Brasiliassa sokeriruo'on kasvatusta voi onnistua Cerradon –alueiden ohella caatinga -alueillakin, mikäli kastelu on riittävää. Korjuu pitää ajoittaa sopivasti jonkin aikaa kuivan kauden alkamisen jälkeen.

Taulu 9.3. Nykyisen sokeriruo'on kasvun edellytykset ja biomassan tuotanto lukuina

1. Vuotuinen biomassan tuotanto	Keskimäärin maailmassa 70,6 tn/ha, Brasiliassa 76,6 tn/ha. Ruokosato on tavallisesti 50–150 tn/ha, kosteassa tropiikissa hyvä sateenvarainen ruokosato on 70–100 tn/ha, ja kuivassa tropiikissa ja subtropiikissa ruokoa saadaan kasteluviljelyssä 110–150 tn/ha (FAO 2007a). Sokeriruokorivien väli on yleensä 1,1–1,4 m, ja hehtaarilla kasvaa 21 000–35 000 ruokoa.
2. Kiertonopeus	Lajikkeesta ja oloista riippuen sato korjataan 9–24 kuukauden välein. Samoista juurakoista kasvatetaan uusi sato yleensä 3–8 kertaa peräkkäin. Uusi viljelmä perustetaan varren paloista (OGTR 2004).
3. Veden tarve	Vesi on usein rajoittava tekijä ruokotuotannossa (Singh ym. 2006). Sokeriruokolajikkeet tarvitsevat kasvuvaiheessa vettä 1500–2500 mm, ruo'on kasvuvaiheelle tasaisesti jakautuneena. (Netafim 2008). Vettä kuluu 50–60 kg ruokokilon ja 1000–2000 kg sokerikilon tuottamiseen (Ingman-Bamber ym. 2005, Farias ym. 2008, Charlesworth ym. 2002).
4. Lämmön tarve	Istutetut varrenpalat juurtuvat ja versovat parhaiten 32–38 °C lämmössä, kasvu on voimakkainta 22–30 asteessa, ja varsien tuleentuminen ja sokerin rikastuminen varsiin onnistuu parhaiten 10–20 asteessa. (Netafim 2008).
5. Ravinteiden tarve	Satotasolla 100 tn/ha typpeä 100–200 kg/ha, kaliumia 125–160 kg/ha ja fosfaattia (20–90 kg/ha). Tuleentumisvaiheessa maan typipitoisuuden tulisi kuitenkin olla mahdollisimman matala, jotta sato tulee sokeripitoiseksi (varsinkin kuumissa ja kosteissa oloissa) (Netafim 2008).
6. Sopiva maaperä	Maan tulee olla ilmavaa, ja kovankin sateen jälkeen maan huokosista yli 10 prosentin tulisi säilyä ilmatäytteisinä. Maasta irrotettavissa olevan veden pitoisuuden olisi oltava yli 15 prosenttia. Jos pohjavettä on, sen pinnan olisi oltava vähintään 1,5–2 metrin syvyydessä. Maan optimaalinen happamuus on 6,5, mutta sokeriruoko kasvaa pH-alueella 5–8,5. (Netafim 2008). Sokeriruoko on varsin herkkä maaperän suolaantumiselle.
7. Perinteisen lopputuotteen osuus tuotetusta biomassasta	Maailman sokeriruokosato on 1 560 miljoonaa tonnia vuodessa ja siitä saadaan sokeria noin 68 milj. tn eli noin 4,4 % biomassasta (FAO 2007a).
8. Muun biomassan käyttö	Sokeriruo'on varsista puristetaan siirappia (melassi), josta puhdistetaan erilleen ruokosokeri. Puhdistuksesta jäljelle jääneet melassifraktiot (vajaa puolet biomassasta) soveltuvat alkoholikäyttöön, rehun lisäaineeksi sekä sokeriruokoviljelmien lannoitteeksi. Brasilia tuottaa bioetanolia pääosin sokeriruo'on melassista. Puristusjäte (vajaa puolet biomassasta) on kuitupitoista, ja sitä poltetaan energian tuottamiseksi (sokeritehtaissa) tai siitä valmistetaan paperia. Rehuikäytössä sen haittana on huono sulavuus (25 %), jonka parantamiseksi tarvitaan kemiallisia, biologisia ja lämpömekaanisia käsitteilyjä (OGTR 2004).

Sokeriruo' on käyttö biopolttoaineena vuonna 2030 riippuu olennaisesti siitä, kuinka sen tuottoa onnistutaan parantamaan uudella biotekniikalla ja kuinka geenimuuntelun käyttö hyväksytään biopolttoainetta ostavissa maissa. Sokeriruo' on kehittymisen vahvaa riippumista geenimuuntelun käytöstä tarkasteltiin jaksossa 6.6.

Geenimuuntelulle vihamielisessä skenaariossa Eurooppa ja monet muut maat vaikeuttavat muuntogeenisessä sokeriruo'ossa tuotetun sokerin pääsyä markkinoilleen tai eurooppalaiset kuluttajat välttävät sen käyttöä. Lievemmissä tapauksessa vastustus kohdistuu vain ravintona käytettyyn sokeriin eikä sokeriruo'osta valmistettavaan bioetanoliin.

Mikäli geenimuuntelua ei hyväksytä, sokeriruo' on biomassan määrän hehtaaria kohti voi ennakoida säilyvän suunnilleen nykytasolla. Samoin kävisi todennäköisesti myös tuotannon kiertonopeudelle. Parannuksia tapahtuisi lähinnä korjuujätteen käytössä ja myös syväjuuruisuutta voidaan todennäköisesti edistää myös perinteisellä risteytys- ja valintamenettelyllä. Jos perinteiseen jalostukseen panostetaan, saattaa sokeripitoisuutta olla mahdollista nostaa uusissa ruokolajikkeissa 5–10 prosenttia vuoteen 2030 mennessä ruo' on biomassatuotannon alenematta. Tämä on varsin toiveikas skenaario ja edellyttää todettujen ongelmien ratkaisemista.

Sokeriruo' on korjuujätteestä noin 80 % voidaan ottaa käyttöön raaka-aineeksi kestävää viljelyä vaarantamatta. Maailmalla on käynnissä monia hankkeita, joilla puristusjäte ja sokeriruokoviljelmien korjuujäte soveltuisivat selluetanolin valmistuksen raaka-aineeksi. Joissakin sokeriruokoa kasvattavissa maissa näiden sokerin tuotannosta saatavien biomassojen määrä on paljon suurempi kuin biopolttonesteiden muiden mahdollisten raaka-ainelähteiden, yhdyskuntajätteet mukaan lukien. Esimerkiksi Australiassa sokerin tuotannosta saadaan jätteenä biomassaa neljä kertaa niin paljon kuin muista lähteistä yhteensä (Dale 2007). Osa korjuujätteistä poltetaan nykyisin erikoisuuneissa hiileksi, joka hajoaa maassa vain erittäin hitaasti, ja jota siksi voitaisiin lisätä peltomaahan sen rakenteen ja orgaanisen aineen pitoisuuden parantamiseksi (Haefele 2007).

Käynnissä on myös kokeiluja, missä korjuujätteet jätetään pellolle viherkatteeksi ja maatumaan polton asemasta. Se saattaa olla parempi ratkaisu myös pellon ravinteiden kannalta, mutta tämän menetelmän vaikutuksista maan typpi- ja hiilitaseeseen ei tiedetä paljoakaan. Sillä ei näyttäisi olevan suurtakaan merkitystä seuraavan ruokokasvuston typensaannin tai maan pysyvän hiilipitoisuuden parantamisessa. Australian kosteilla trooppisilla alueilla alle 6 % korjuujätteen tyyppistä tuli kasvuston hyödyntämäksi eli päättyi seuraavaan korjattuun satoon. (Näillä alueilla tosin vain noin 6 % lannoitteidenkin tyyppistä tuli hyödynnetyksi – lauhkeilla alueilla sokeriruoko sentään hyödyntää siitä 20–40 %). Suurin osa korjuujätteen hiilestä hävisi hiilidioksidiksi ilmaan mikrobitoiminnan vaikutuksesta. (Robertson & Thorburn 2007, Meier ym. 2006, Graham ym. 2002).

Geenimuuntelulle myönteisessä skenaariossa lähdetään siitä, että kuluttajat hyväksyvät erityisesti ilmastonmuutoksen torjumiseksi muuntogeenisen ruo' on sokerin. Niinpä vuonna 2030 käytännöllisesti katsoen kaikki ainakin Brasiliassa tuotettu sokeriruoko on muuntogeenistä ja käytössä on useita eri geenimuuntelulla saavutettavissa olevia hyötym ominaisuuksia. Eri ominaisuuksien yhteisvaikutuksena bioetanolin valmistuskustannukset sokeriruo'osta voisivat laskea Brasiliassa noin kolmanneksen nykyisestä, mikäli muut kustannukset olisivat nykytasoa. Palkkojen nousun ja muiden sokeriruo' on tuotantoon kohdistettavien uusien kuluerien kuten verojen vuoksi, tuotantokustannukset voisivat olla käytännössä noin puolet nykyisestä.

Geenimuuntelulla sokeriruokoon tavoiteltavia ominaisuuksia ovat erityisesti seuraavissa jaksoissa tarkasteltuja ominaisuuksia

Ruo'on sokeripitoisuuden ja etanolin valmistukseen sopivan sokerin tuoton lisääminen

Monien sokerintuotantoon vaikuttavien geenien ja yleisen steriliteetin lisäksi kolmas este sokeripitoisuuden nousulle perinteisessä jalostuksessa on kasvin itsesäätely (homeostasis) ja varasto-ongelma. Koska ruokosokeri on tärkeä kasvin käyttämä ravinne, kasvi saattaa lisätä sen käyttöä, jos sen varastot kasvin säätelyjärjestelmän mielestä ylitäytyvät. Ruokosokeripitoisuuden merkittävä kasvattaminen sokeriruo'on varren varastosolukoissa voi siksi edellyttää kyseisen säätelyjärjestelmän tärkeimpien geenien löytämistä ja säätämistä jalostuksella.

Helpompaa näyttääkin olevan tuottaa kasvissa ruokosokerin lisäksi jotain sellaista sokerilaatua, jota kasvi ei itse käytä aineenvaihdunnassaan, ja joka ei siten ole kasvin säätelyjärjestelmän piirissä. Tällaisen sokerin kertyminen on varmempaa eikä sen varastoissa tapahdu kasvin aiheuttamaa hävikkiä.

Geenimuuntelulla sokeriruo'on sokeripitoisuus onkin saatu kaksinkertaistumaan yhdellä jalostusaskelilla (Wu & Birch 2007, Birch 2006). Kasvi tuottaa normaalin määrän ruokosokeria, mutta lisäksi saman verran isomaltuloosia, joka on terveysvaikutteinen hiilihydraatti. Tavallisen sokerin tavoin myös ruo'on isomaltuloosi soveltuu alkoholikäymisen raaka-aineeksi.

Isomaltuloosi on läheistä sukua ruokosokerille – sen isomeerinen muoto, jota entsyymi nimeltä sakkaroosi-isomeraasi muuntaa ruokosokerista. Tätä entsyymiä ei sokeriruo'ossa luonnostaan ole, vaan sen geeni tuotiin eräästä bakteerilajista.

Isomaltuloosi on terveysvaikutteinen erityissokeri, jonka kysyntä on kasvussa. Tämä sokeri ei aiheuta kariesta, sillä suun mikrobit eivät yleensä pysty sitä hajottamaan. Ihmisen suolistossa se pilkkoutuu hitaammin kuin ruokosokeri, joten se rasittaa vähemmän insuliinitasapainoa ja siitä saadaan pitkävaikutteista energiaa. Tämä ruokosokerin isomeerinen muoto varastoituu kasvisolun vakuoleihin (jätepusseihin) ilman hävikkiä, sillä sopivien entsyymien puuttuessa sokeriruoko ei pysty käyttämään sitä elintoimintoihinsa.

Kenttäkokeissa verrataan 120 isomaltuloosiruo'on kasvinjaa Australiassa vuosina 2005–2010 (OGTR 2005 a,b). Koeala on 3,25 hehtaaria, eikä tuotteita tässä vaiheessa käytetä ravinnoiksi tai rehuksi.

Eri linjoissa on käytössä erilaisia sakkaroosi-isomeraasiensyymien toimintaa ohjaavia säätelyalueita (promoottoreja), joita on saatu sokeriruo'osta tai maissista. Eri kasvinlinjoissa entsyymiä tuotetaan eri määrä tai entsyymi on ohjattu eri paikkaan kasvissa. Kokeessa verrataan erilaisten säätelyalueyhdistelmien kykyä saada isomaltuloosia kertymään kasviin sen kasvua haittaamatta.

Kokeet tehdään kentällä, todellisissa sokeriruo'on viljelyoloissa, jotta eri kasvinlinjojen todellista tuottavuutta voidaan mitata. Korkean sokeripitoisuuden lisäksi myös hyvät kasvuominaisuudet normaaleissa viljelyoloissa ovat tärkeitä pyrittäessä viljelmien sokerisadon parantamiseen.

Kenttäkoevaiheen päätyttyä saatetaan parhailla koelinjoilla käynnistää hakemukset niiden hyväksymisestä viljelykäyttöön lajikkeina. Lajikkeita arvioidaan saatavan saadaan viljelyyn aikaisintaan viiden vuoden kuluttua (AFAA 2008). Biologiselta kannalta sovelluksia voitaisiin ottaa käyttöön varsin nopeasti kenttäkokeiden päätyttyä. Tutkijoiden omat ennusteet viljelyn käynnistymisestä

vaihtelevat kuitenkin kolmesta seitsemään vuoteen sen mukaan, kuinka tahmeaksi lupahakemusten byrokratia osoittautuu.

Kenttäkokeissa on ainakin kahdenlaisia muuntogeenisiä lajikkeita, joilla ruo' on sokeripitoisuuden odotetaan laboratoriokokeiden perusteella paranevan huomattavasti. Toisessa ruokosokeripitoisuuden odotetaan 10 – 15 prosentin nousua, toisessa taas sokereiden yhteispitoisuus on laboratoriokokeissa kaksinkertaistunut (kasvi tuottaa ruokosokerin lisäksi yhtä paljon isomaltuloosia). Eräs kuivankestävä sokeriruoko tuottaa soluihinsa suojaksi kuivuusvaurioilta trehaloosi -sokeria, mikä saattaisi sekin nostaa sokereiden kokonaispitoisuutta.

Kenttäkokeiden tuloksia kuitenkin tarvitaan, ennen kuin kovin realistisia skenaarioita todellisista viljelytuotoista voidaan esittää. Ensimmäisiä korkeasokerisia muuntogeenisiä lajikkeita odotetaan kuitenkin saatavan viljelyyn ennen vuotta 2020, joten varovaisessa skenaariossa sokeripitoisuus nousee geenimuuntelun avulla parhaissa lajikkeissa 50 prosenttia jo vuoteen 2020 mennessä.

Vuoteen 2030 mennessä nämä erilahtoiset pitoisuuden nousut ehditään yhdistää samoihin lajikkeisiin. Tämä onnistuu geeniteknikalla mutta tiettyyn mittaan jopa risteyttämällä erilaisia muuntogeenisiä lajikkeita keskenään. Tällöin varovaisen skenaarion mukaan ruo' on sokerien (mono- ja disakkaridien) yhteispitoisuus kohoaisi käytännön viljelyssä 70 prosenttia nykytasosta (kasvin kasvun häiriintymättä). Realistisemmaksi arvioksi kasvitutkijat kuitenkin katsovat, että ruokohehtaarilta keskimäärin saatava etanolisato kaksinkertaistuisi käytännön viljelyssä 15 vuodessa (Vackayil 2008)

Selluetanolia itsepilkkoutuvista sokeriruo'oista

Sokeriruoko tuottaa 50–150 tonnia biomassaa hehtaarilta. Biomassasta valtaosa on vettä, mutta 10 prosenttia siitä on selluloosaa, joka jää sokerin puristamisen jälkeen jäljelle puristusjätteenä. Yhtä paljon selluloosaa jää lisäksi pellolle korjuujätteenä (josta 80 prosenttia voitaisiin kerätä talteen viljelyn kestävyyttä vaarantamatta).

Selluloosa on polysakkaridi, joka voitaisiin periaatteessa pilkkoa sokereiksi, joista taas käymisreaktiolla saataisiin lisää etanolia. Käyttämällä hyväksi myös puristusjätteen selluloosa, nykyinen etanolin saanti sokeriruo'osta suunnilleen kaksinkertaistuisi.

Selluloosan pilkkominen on kuitenkin toistaiseksi aivan liian kallista ollakseen taloudellisesti kestävää. Sokeriruo' on tapauksessa – kuten myös puiden selluloosaa hyödynnettäessä - kasvin soluseinät vaativat kalliita esikäsittelyjä kovissa prosessioiloissa, jotta seinämien rakenne höltyisi ja selluloosaa pilkkovat entsyymit voisivat myöhemmin päästä tarpeeksi hyvin käsiksi seinässä oleviin selluloosamolekyyleihin. Selluloosaa pilkkovat entsyymit tulevat myös ostettaessa hyvin kalliiksi.

Sokeriruokoa ollaan siksi jalostamassa pilkkomaan selluloosansa sokereiksi omin neuvoin, ilman kalliita esikäsittelyjä ja ostoentsyymejä, jolloin ruo' on puristusjätteestä voitaisiin valmistaa selluloosaetanolia kohtuulliseen hintaan.

Sokeriruokoon tuodaan selluloosaa pilkkovan entsyymin geeni, jolloin kasvisolut valmistavat hintavan entsyymin ilmaiseksi. Elävän solun sisältä annettuna entsyymi myös vaikuttaa solunseiniin paljon tehokkaammin, joten kalliilta esikäsittelyiltä voidaan välttyä.

Entsyymien tuotanto ruo' on soluissa käynnistetään vasta 2–3 päivää ennen sadonkorjuuta, jolloin entsyymi ei haittaa kasvin kasvua. Jalostettu entsyymigeeni käynnistetään käsittelemällä sokeriruokokasveja tietyllä tavalla, jolloin jalostettu geenin säätelyosa (indusoituva promoottori) aloittaa toimintansa avulla (Dale 2007).

Brasiliassa jalostetaan (Allelyx SA) myös sokeriruo' on solunseinien ligniinin tyyppiä helpommin pilkkoutuvaksi. Tavoitteena on, että ligniini koostuisi melkein pelkästään syringyylistä, joka on helpommin irrotettavissa selluloosasta kuin toinen ligniinityyppi (guaiasyyli). Tällöin selluloosaa pilkkoville entsyymeille voidaan helpommin järjestää pääsy käsiksi selluloosaan, joka on osaksi ligniinin peitossa.

Selluetanoliruokoa kehittää Australian ja Brasilian yhteinen tutkimusliittoutuma. Kenttäkokeita muuntogeenisellä sokeriruo' olla on käynnissä Brasiliassa, ja viljelyyn lajikkeita odotetaan saatavan 3–5 vuoden päästä, skeptisemmissä arvioissa (byrokratian hitauden takia) kuitenkin vasta seitsemän vuoden kuluttua (Ewing 2008).

Ensimmäiset lajikkeet voivat ehtiä käyttöön vuoteen 2020 mennessä ja noin kaksinkertaistaa sokeriruokohehtaarilta saatavan etanolisadon. Onnistuessaan sovellus laskisi huomattavasti selluetanolin tuotantokustannuksia. Lisää kvantitatiivista tietoa muun muassa kenttäkokeiden ja etanolin valmistuskokeiden tuloksista kuitenkin tarvitaan, ennen kuin selviää, joko selluetanolin valmistuksesta tulisi näillä innovaatioilla taloudellisesti kestävä.

Jos sovellus toimii auttavasti vuonna 2020, se ehditään parantaa tehokkaaksi ja ottaa laajaan käyttöön vuoteen 2030 mennessä. Geenitekniikan avulla otetaan käyttöön myös uusia biomassan kasvua tehostavia geenejä villisukulaisista erikoistuneiden selluetanoliruokojen jalostamiseksi. Geenimuuntelulle myönteisessä skenaariossa voidaan ennakoida, että selluetanolin osuus on vuonna 2030 puolet sokeriruo' osta tuotetusta etanolista.

Sokeriruo' on suolansiedon jalostaminen

Sokeriruokoon suolankestävyys voidaan jalostaa ainoastaan geenitekniikalla. Pohjaksi valitaan tällöin joukko muissa suhteissa erinomaisia sokeriruokolajikkeita, joista kunkin perimään sitten lisätään ainoastaan kyseinen suolankestävyysgeeni. Queenslandin yliopiston tutkijat ovat alkaneet kehittää suolankestävää sokeriruokoa Mauritius-saarella (McQualter & Dookun-Saumtally 2007). Varovaisen skenaarion mukaan niitä ei vuonna 2020 olisi vielä todennäköisesti viljelyssä. Tällaista kehitystyötä ei sokeriruo' olla liene vielä aloitettu, joten vuonna 2020 niitä ei ole vielä todennäköisesti viljelyssä. Vuoteen 2030 mennessä ominaisuuden hyödyntäminen on todennäköisesti jo niin pitkällä, että suolaa sietäviä sokeriruokolajikkeita on varovaisen skenaarion mukaan käytössä monilla alueilla, joissa ruo' on viljely ei muuten onnistuisi. Tämä on laajentanut ruo' on viljelyalaa 15 prosenttia.

Sokeriruo' on typpitalouden tehostaminen

Sokeriruoko vaatii varsin paljon typpilannoitetta, mikä heikentää sen tuotannon taloudellisuutta ja hiilitehokkuutta ja myös saastuttaa ympäristöä. Viljakasvit pystyvät yleensä käyttämään alle puolet annetusta lannoitetyypistä (loppu joutuu ilmaan, pohjaveteen ja vesistöihin). Sokeriruoko pystyy hyödyntämään lannoitteiden tyypestä lauhkeilla alueilla yleensä 20–40 % mutta kosteassa trooppisissa vain noin 6 % (Meier ym. 2006).

Kirjallisuudessa näkyy usein mainintoja siitä, että eräät juuristossa viihtyvät typpeä sitovat bakteerilajit turvaisivat (varsinkin Brasiliassa) suuren osan sokeriruo'on typpitarpeesta. Todellisuudessa asiasta on melko vähän kunnollista näyttöä, eikä käytettävissä ole usein ollut riittävän luotettavia mittausten menetelmiäkään (Urquiaga ym. 1992).

Luotettavissa uusissa tutkimuksissa on kuitenkin havaittu pieniä, positiivisia biologisen typensidonnan osuuksia (5–16 %) sokeriruo'olla Australiassa. Suotuisien olosuhteiden varmistaminen ruo'on juuristossa näyttää olevan varsin vaikeaa käytännössä, ja systeemin optimoimiseksi tarvittaisiin lisää tutkimustietoa (Robertson 2006).

Kyse saattaa olla myös puutteista juuriston ymppäytymisessä sopivalla typensitojabakteerilla. Sokeriruo'koa lisätään viljelyssä varren paloista, joissa ei istutusvaiheessa ole juuria, jotka voitaisiin etukäteen ympätä parhailla typpibakteerikannoilla.

Sokeriruo'on typensidonnassa voidaan edistyä kahdella tavalla:

- a) vähentämällä kasvin typen kulutusta tai parantamalla kykyä hyötyä typpilannoitteista
- b) saattamalla kasvi hyödyntämään ilman typpeä

Sokeriruokoon typen ottoa tehostavaa geeniä ollaan jalostamassa jo ainakin Intiassa (Arcadia 2008, p.11). Typpipihi sokeriruoko lieenee tulossa myös Brasiliaan, sillä Monsanto on aloittanut Brasiliasa projektin paikallisten yhtiöiden kanssa sokeriruo'on resurssiominaisuuksien jalostamiseksi (GCC 2008). Myös Australiassa on jo kenttäkokeissa (2007–2010) muuntogeeninen sokeriruoko, jossa on tehostettu typen käyttöä niukkatyppisissä oloissa. Tarvittava geeni saatiin maissista (OGTR 2006, 2007).

Australiassa on käynnissä kymmenvuotinen ohjelma symbioottisten typensitojamikrobien hyödyntämiseksi sokeriruo'ossa. Symbioosin mahdollistavien olosuhteiden luonti voi kuitenkin olla häiriöherkkää ja osoittautua toteutettavaksi vain tietyissä kasvuoloissa.

Voidaan ennakoida, että geenimuuntelulle myötämielisessä skenaariossa Brasiliassa saavutettaisiin nykyiseen verrattuna 20 % säästö vuonna 2030 typen käyttöä säästävien geenien ansiosta. Jos symbioottinen typensidonta onnistuu ja tällaisten lajikkeiden viljely laajenee nopeasti, typpisäästöt voivat ylittää 50 prosenttia vuonna 2030. Todennäköisempää kuitenkin on, että juurinystryöiden soveluksissa ollaan vielä 2030 kokeiluvaiheessa, jolloin tätä kautta muodostuva säästö typpilannoitteiden käytössä olisi vain 5 %:n luokkaa.

Kuivaa kestävä sokeriruoko

Sokeriruokoon kuivankestävyyttä on ryhdytty jalostamaan geenimuuntelun avulla Brasiliassa ja Mauritius-saarella (AFAA 2008, Maldonado ym. 2008). Valtaosa Brazilian uusista sokeriruo'on viljelyalueista on kuluneita laidunmaita. Ne ovat kuivempia kuin perinteiset sokeriruo'on viljelyalueet, joten kuivankestävyydelle olisi tarvetta (Reuters 2008).

Kenttäkokeita kolmella erilaisella kuivankestävällä muuntogeenisellä sokeriruokolinjalla on jo käynnissä vuosina 2007–2010 Australiassa (OGTR 2006, 2007). Veden käytön tehostuminen on saatu aikaan joko muiden geenien toimintaa ohjaavalla säätelygeenillä tai tuottamalla sokeriruokokasvissa erilaisia sokereita. Geenejä niihin on tuotu muun muassa lituruohosta tai omenasta.

Trehaloosi on sokeri, joka suojaaa solun rakenteita kuivuuden aiheuttamilta vaurioilta hyvin monilla eliöillä. Kiinan tiedeakatemiassa sokeriruokoon tuotiin trehaloosin muodostumiseen tarvittava geeni

eräästä lakkisienilajista. Muuntogeeniset sokeriruo'ot kasvoivat hyvin, ja niiden soluihin kertyi runsaasti trehaloosia. Laboratorio- ja kenttäkokeissa ne kestivät kuivakausia paremmin, toipuivat niiden jälkeen nopeammin, niiden sokeripitoisuus oli korkeampi, ja ne kasvoivat kuivissa oloissa paremmin kuin tavalliset sokeriruo'ot (Zhang ym. 2006).

Trehaloosisovelluksessa jalostettu kestävyysgeeni toimii jatkuvasti kaikissa kasvin solukoissa. Toinen kiinalainen tutkimusryhmä (Wu ym. 2008) on jalostanut sokeriruokoon koegeenejä, joita ohjaamaan on sijoitettu lituruo'osta löytyneen geenin kuivista oloista käynnistyvä säätelyosa (promootori). On mahdollista, että kuivankestävyyttä kehitettäessä sokeriruokoon jalostettavat kestävyysgeenit kannattaa varustaa tällaisella kuivuudesta käynnistyvillä säätelyosilla, jolloin ne eivät tarpeettomasti toimisi suotuisissa kosteusoloissa.

Veden saatavuutta kasville voitaisiin todennäköisesti tehostaa myös parantamalla kasvin juuriston rakennetta. Esimerkiksi valtaosa sokeriruo'on juuristosta on ylimmässä 60 cm:n maakerroksessa. Toisaalta osa juurista saattaa yltää jopa 5 metrin syvyyteen. Syväjuurisuutta voitaisiin tavoitella kasvinjalostuksella, jolloin syvemmällä olevia maan vesivarantoja olisi paremmin kasvin käytettävissä kuivina aikoina.

Maailman 10 000 villissä heinäkasvilajissa on tarjona paljon tehokkaita sopeutumisratkaisuja viljelykasvien avuksi, sitä mukaa kuin geenitutkimus saa selville niiden erityisominaisuuksien geneettistä perustaa.

Kuivankestäviä sokeriruokoja on jo kenttäkokeissa, ja erilaisia kuivankestävyyden mekanismeja kokeillaan. Käyttötarve kasvaa Brasiliassa, jossa sokeriruo'on viljelyä haluttaisiin laajentaa puolikuiville laidunmaille, sekä kuivuudesta usein kärsivässä Australiassa. Geenimuuntelun hyväksyvän skenaarion tapauksessa voidaan ennakoida, että vuoteen 2030 mennessä säästö on noussut keskimäärin 50 prosenttiin (vrt. myös suolankestävän sokeriruo'on kehittäminen).

Taulu 9.4. Yhteenvedo sokeriruokoon perustuvan tuotannon vaikutuksista

Edullisuuden ulottuvuudet	Todennäköinen tai mahdollinen vaikutus 2030+	
	Geenimuuntelulle kielteinen kehitys	Geenimuuntelulle myönteinen kehitys
Edullisuus ilmaston muutoksen torjunnan kannalta	Merkitys vähäinen. Päästövähennyksen hinta yli 20\$/ CO ₂ tn. Ruo'on sokeripitoisuuden nousu 5–10 prosenttia vuoteen 2030. Etanolin tuoton nousu 10-15 % sokeripitoisuuden kasvun ja korjuujätteen tehokamman käytön perusteella.	Huomattava merkitys vähentäen kasvihuonepäästöjä autojen biopolttoaineena. Merkitys riippuu kuitenkin muista tarjolla olevista energiovaihtoehdoista kuten sähköautojen yleistymisestä sekä muista biopolttoaineista ja erityisesti leväpolttoaineista. Päästövähennyksen hinta alle 10\$/ CO ₂ tn. Palkkojen nousun ja muiden sokeriruo'on tuotantoon kohdistettavien uusien kuluerien kuten verojen vuoksi, tuotantokustannukset Brasiliassa voisivat olla noin puolet nykyisestä. Ilman tällaista kustannusten nousua etanolin valmistuskustannukset olisivat noin

		kolmannes nykyisestä.
Edullisuus maailman ravinnon tuotannon hallinnan kannalta	Ei uhkaa nykyistä ravinnon tuotantoa, koska viljelyala vähenee tai ei olennaisesti lisäännä nykyisestä.	Paine käyttää peltoja ja cerrado - metsiä sokeriruo' on viljelyyn lisääntyy. Mikäli sokeriruo' on suolan- ja kuivankestävyyttä sekä typen hyödyntämistä onnistutaan parantamaan, paine kilpailuun ravintotuotannon kanssa vähenee ja myös caatinga - alueita voidaan jossain määrin käyttää viljelyyn.
Edullisuus luonnon moninaisuuden suoje- lun kannalta	Ei uhkaa biodiversiteettiä nykyistä enempää, koska viljelyala vähenee tai ei olennaisesti lisäännä nykyisestä.	Paineet sokeriruo' on monokulttuuri- viljelyyn lisääntyvät. Kilpailu maas- ta muun monokulttuuriviljelyn - var- sinkin soijan ja eukalyptuksen sekä pienimuotoisen viljelyn kanssa.
Edullisuus brasilialais- ten ja uruguaylaisten näkökulmasta talouskasvu työllistävyys soveltuvuus pienimuo- toiseen viljelyyn	Tuottavuuden hidas kas- vu merkitsee painetta korvata tuotantoa muilla tuotantosunnilla, joissa geneettisen muuntelun merkitys ei kovin suuri. Sellainen on mm. euka- lyptuksen kasvatus, mut- ta myös pienimuotoinen viljely.	Tuottavuuden nopea kasvu johtaa tu- lojen lisääntymiseen taloudessa. Voidaan olettaa, että yleinen palkka- taso ainakin viljelyyn liittyvissä teh- tävissä nousee ja verotulot tuotan- nosta lisääntyvät. Paljon yhteiskun- nallisista vaikutuksista riippuu siitä kuinka tuottavuuden noususta synty- neet tulot jakaantuvat eri kansalais- ryhmien kesken.
Edullisuus Suomen kannalta talouskasvu työllistävyys	Eukalyptuksen ja muiden puulajien viljelyn edulli- suus Brasiliassa lisääntyy suhteessa sokeriruokoon. Tästä seuraa suomalaisen ko. puulajien kanssa kil- pailevien puulajien kuten koivun ja haavan kysyn- nän väheneminen.	Sokeriruo' on eukalyptuksen vilje- lyä edullisempi vaihtoehto cerrado - alueilla. Puuplantaasit eivät lisäännä vaan ehkä vähitellen alkavat vähen- tyä. Kehitys riippuu kuitenkin olen- naisesti puutuotteiden kysynnästä maailmassa.

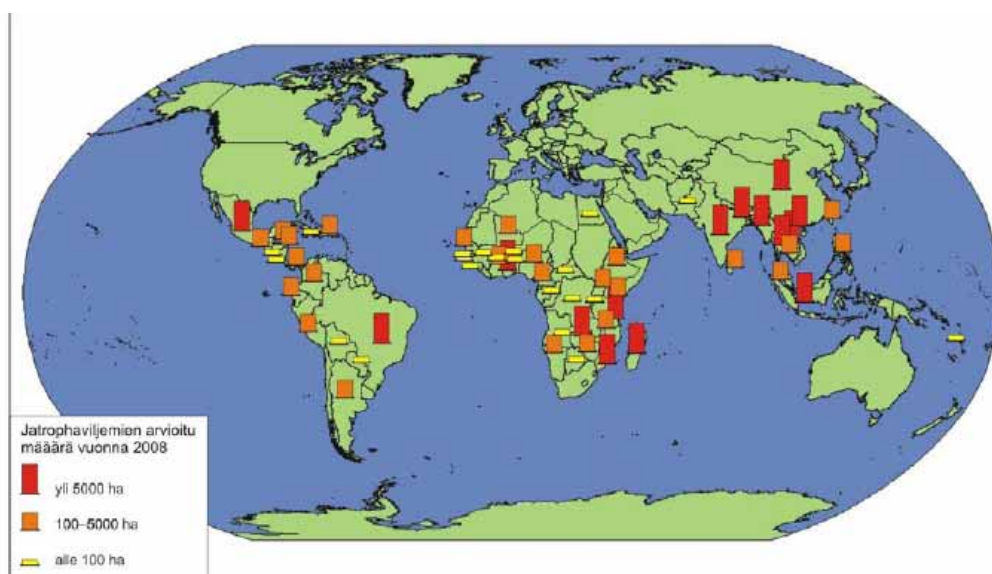
9.4 Jatropa – joutomaiden öljyntuottaja

Jatropa eli **jatrofa** (*Jatropha curcas*) on tyräkkikasvien (*Euphorbiaceae*) heimoon kuuluva pensas. Alkujaan jatropa on Keski-Amerikasta. Se on viisimetriseksi kasvava pensas, joka sietää hyvin kui- vuutta ja esimerkiksi suolaista tai emäksistä maaperää (mm. Tommila 2008). Monet asiantuntijat ovat pitäneet jatropaa yhtenä lupaavimmista kasveista diesel-ajoneuvoissa käy- tettävän biopolttoaineen tuottamiseksi. On esitetty, että jatropa ei kilpaile nykyisten viljelykasvien kanssa kasvupaikoista vaan se mahdollistaa laajojen hyvin heikosti hyödynnettyjen maa-alueiden käytän. Jatropa menestyy kaikkein kitukasvuuisimmilla ja kallioisilla mailla esimerkiksi kallion hal- keamissa, tosin silloin öljyn tuotto jää vähäiseksi.

Jatropan viljely on nyt maailmalla kuitenkin vahvoja ristiriitaisia tunteita herättävä mahdollisuus. Monet tropiikin maat ovat viime vuosina käynnistäneet kunnianhimoisia hankkeita jatropan viljelmiseksi. Kunnianhimoisimmin lähti vuonna 2003 liikkeelle Intia. Siellä jatropaan sijoittaneet ovat kuitenkin kokeneet toistaiseksi vain karvaita pettymyksiä. Myöhemmin tarkasteltavan Intian ohella Tommila (2009) mainitsee jo varhain liikkeelle lähteneet Malin, Zimbabwen, Tansanian ja Burman ja erityisen tutkimuskohteensa Vietnamin. Näissä maissa tuotanto on ollut toistaiseksi pienimuotoiseen viljelyyn perustuvaa. Intian ohella suurimuotoisia hankkeita on käynnissä erityisesti Kiinassa, jossa suunnitteilla on ottaa vuoteen 2013 mennessä yli miljoona hehtaaria jatropan viljelyyn.

Tommila (2009) toteaa tutkimuksessaan, että tiedot jatropan viljelystä ja sen vaikutuksista ovat ristiriitaisia ja kuva sen mahdollisuuksista on nopeasti muuttumassa. Näin voi myös todeta käyneen. Tämän yhteenvedon kannalta keskeisiä Rakennustempo Oy:n poimintakonetta ja Kumarin (2009) jatropan ekologisia vaikutuksia tarkastelevaa artikkelia ei mainita Tommilan sinänsä kiintoisassa tuoreessa tutkimuksessa.

Kuva 9.3. Jatrophan viljelyalueiden määrät maittain (GEXSI 2008. *Global market study on jatropha*. Final report. GEXSI LLP 2008, Tommila 2009).



Jatropan kolme isoa siementä sisältävät hedelmät kypsyvät talvisin, mutta satoja voidaan vuodessa saada useita mikäli, maaperän kosteus on hyvä ja lämpötilat tarpeeksi korkeat. Siemenet sisältävät yleensä 30-40 prosenttia öljyä, joka on kuitenkin nykyisissä jatropa -kasveissa myrkyllistä. . Geeniteknisen kehittelyn kannalta on kiintoisaa, että löytyy jatropalajikkeita, joissa öljypitoisuus on jopa 60 % eli korkeinta tasoa öljykasveissa (<http://thinktank.stpi.org.tw>) Jatropan elinikä on noin 30 vuotta (www.d1plc.com). Öljystä on perinteisesti valmistettu saippuaa, tuhoeläinten karkotetta sekä lampun- ja moottoriöljyä. Jatropaa kasvatetaan nykyisin eniten Aasiassa. Afrikassa ja Aasiassa sitä on käytetty erityisesti pensasaitoina mm. suojaamaan peltoja ja puutarhoja eläimiltä.

Jatropan siementen puristusjätteestä voidaan myös tuottaa biomassaa käytettäväksi sähkövoimaloissa. Se soveltuu myös käytettäväksi lannoitteena sen sisältäessä typpeä, fosforia ja kaliumia. Etenkin fosforin tarve on Brasiliassa ja muualla tropiikin alueella tullee olemaan suuri ongelma

Kuva 9.4. Vaatimaton jatropa



Vaatimaton jatropa

Jatropa (*Jatropha curcas*) on lupaavimpia biodieselin raaka-aineita. Se täyttää myös Euroopan unionin uuden ilmasto- ja energiapaketin kestävyysvaatimukset. Jatropa tyytyy köyhään maaperään ja on satoisa: se tuottaa vajaat kaksi tonnia öljyä hehtaarilta. Myrkyllisyytensä vuoksi jatropasta puristettu öljy ei kelpaa ravinnoksi.

Kuva © Markku Nurmi

Kuvan ja kuvatekstin lähde: Ulkoministeriö, <http://global.finland.fi>

Satoa jatropa alkaa tuottaa 9-12 kuukauden kuluttua istutuksesta, tuottavimmilleen se pääsee tosin vasta kahden, kolmen vuoden ikäisenä. Ensimmäisenä vuonna se tuottaa keskimäärin vain noin 0.4 tonnia siemeniä. Yli kolmevuotisen kasvin tuotto riippuu ratkaisevasti kasvuympäristöstä ja ennen kaikkea veden saannista. Riippuen lähinnä veden saannista tuottaa jatropa viiden vuoden ikäisenä siemeniä vuosittain 2- 12.5 tonnia (www.jathropabiodiesel.org) eli öljyä 0,6 – 4 tonnia.

Kuva 9.5. Jatropan siemeniä



Tarvittavan lämpötilan osalta jatropan kasvialue ulottuu nykyisin noin 30 leveyspiireille pohjoiseen ja etelään päiväntasaajalta (www.d1plc.com). Lähes koko Brasilia kuuluu näin sen potentiaaliseen kasvialueeseen. Sen sijaan Uruguay jää nykyisen kasvialueen ulkopuolelle. Jatropan viljelyä voi pitää hyvin lupaavana mahdollisuutena mailla, jotka ovat aron eli Brasiliassa caatingan ja savannin eli Brasiliassa cerradon välimuotoja. Näitä alueita on käytetty Brasiliassa lähinnä tehottomaan karjankasvatukseen. Kasvi selviää 250mm vuotuisella sademäärällä. Parhaisiin satoihin on kuitenkin päästy 600-800 mm sademäärillä (www.jathropabiodiesel.org). Caatinga -alueiden vuotuinen sademäärä on tyypillisesti alle 250 mm. Kun taas cerrado alueilla vuotuinen sademäärä asettuu yleensä vaihteluvälille 800mm -1600mm.

Brasilian sateisuuskartan (www.bestcountryraport.com) perusteella, Brasiliassa cerradon ja caatingan välimuotoalueita on noin 100 milj. ha (sateisuuskartan keskisiniset alueet) Periaatteessa jatropan viljelyyn soveltuva maa-alue jakautuu osaan siitä noin 190 milj. ha, jota käytetään karjankasvatukseen ja noin 80 milj. ha joka kasvaa kitukasvuista metsää (Siuko 2008).

Jatropaa on helppo viljellä, mutta siementen keräys on ollut käsityötä. Jatropan viljelyä maailman tasolla voimaperäisesti kehittävän yrityksen D1 Oils plc:n hallituksen puheenjohtajan lordi Ron Oxburghin mukaan työvoimaa on tarvittu yksi henkilö yhtä hehtaaria kohden (Hamilo 2008). Jatropan laajaa viljelyä kehitysmaissa onkin maiden öljyomavaraisuuden ja kasvihuoneilmiön torjunnan ohella perusteltu merkittävillä työllisyysvaikutuksilla.

Intiassa käynnistyi vuonna 2003 erittäin kunnianhimoinen hanke jatropan viljelemiseksi maan polttoaineomavaraisuuden lisäämiseksi. Tavoitteeksi asetettiin, että vuonna 2007 11 milj. hehtaaria olisi jatropan viljelyssä. Etenemisessä suunnitelman mukaan on kuitenkin ollut suuria vaikeuksia. Hankeetta johtaneen Sandeep Chaturvedin mukaan vuoden 2008 alussa suunnilleen 1 milj. ha jatropaa oli viljelyksessä ja jatropan tuotantokapasiteettia oli rakennettu 1,2 milj. öljytonnia varten. Todellinen öljyn tuotanto vuonna 2007 oli sen tuotannon kannattamattomuuden ja hallituksen tukitoimien riittämättömyyden vuoksi kuitenkin alle 10000 tonnia (www.businessworld.in) ja öljyn jalostamot tuottivat omistajilleen suuria tappioita. Vaikeuksista huolimatta intialainen yritys sijoitti vuonna 2008 480 milj. € noin miljoonan hehtaarin joutomaan hankintaan Intian Uttar Pradeshin osavaltiossa jatropan kasvattamiseksi ([http:// cleantech.com](http://cleantech.com)).

Jatropan laajamittainen viljely Intiassa on käynnistänyt keskustelun myös viljelyn haitoista. Haitoiksi on esitetty mm. seuraavia:

Vaikka jatropa selviää erittäin heikoilla kasvupaikoilla, sen sato riippuu suuresti veden saannista. Käytännössä on käynyt niin, että kasteluun käytetyn veden vuoksi jatropan viljely on kilpaillut mm. Intian köyhimmän väestön omavaraisviljelyn kanssa (Hind 2007).

On esitetty, että jatropan laajamittainen monokulttuuriviljely heikentää maaperän laatua erityisesti lisäten sen happamuutta

Jatropan myrkylliset hedelmät ovat aiheuttaneet sairauksia. Intian tiedotusvälineissä on kerrottu monista tapauksista, missä erityisesti lapsia on sairastunut syötyään jatropan hedelmiä.

Kuten jo edellä todettiin, jatropan satoisuus riippuu hyvin paljon riittävästä veden saannista. Olen-
naista on kuitenkin, että jatropa kestää myös kuivia kausia, vaikka sen satoa voidaan olennaisesti kasvattaa sopivalla kastelulla.

Väitteelle maaperän laadun heikkenemisestä ei löydy tukea toistaiseksi tehdyistä tutkimuksista. Maaliskuussa 2009 julkaistussa tutkimuksessa ”Interaction of Jathropa Curcas Plantation with Ecosystem” (Kumar ym. 2009) esitettiin tuloksia Intiassa tehdystä kasvatuskokeesta. Koe tehtiin vesiolosuhteiden kannalta suotuisalla alueella, missä vuotuinen sademäärä oli 714mm. Vesimäärästä tosin valtaosa tuli monsuunikautena. Oheisessa taulussa on esitetty viljelyn vaikutuksia maaperään. Tutkimuksen yleinen johtopäätös oli, että jatropan viljelyllä oli pääsääntöisesti positiivisia vaikutuksia maaperään. Väitteelle happamuuden lisääntymisestä ei löytynyt vahvoja perusteita. Viisivuotisen (taulussa old) jatropan maaperän PH pitoisuus oli 7,1 verrattuna kontrollimaaperän pitoisuuteen PH 7,4. Luvuista voidaan enintään päätellä, että jatropan viljely vähintään lievästi emäksisillä mailla on perustellumpaa kuin mailla, jossa happamoituminen voi aiheuttaa ongelmaa.

Taulu 9.5. Jatropan viljelyn vaikutukset maaperään

TABLE-V
CHANGES IN PHYSICO-CHEMICAL AND BIOLOGICAL PARAMETERS
OF SOIL UNDER *JATROPHA* PLANTATION

Parameters	Control	New plant	Old plant
Moisture content (%)	11.3	11.7	15.4
Bulk density (g/cm ³)	0.373	0.333	0.311
PH	7.4	7.2	7.1
EC (mmhos/cm)	0.114	0.115	0.115
C %	0.859	1.004	1.482
N %	0.053	0.056	0.122
C/N	16.08	17.82	12.11
PO ₄ -P (g/Kg)	0.202	0.335	0.202
K (Kg/ha)	133.0	138.0	143
Total microbial count	6X10 ⁸	8 X10 ⁸	7 X10 ⁸
<i>Azotobactor</i> (colonies/g soil)	166X10 ⁴	1.74 X10 ⁴	1.80 X10 ⁴
AM colonization (%)	60.66	65	83
Earthworm castings (No./m ²)	50	57	66
Earthworm count (Nos..m ²)	2	3	4

Lievä (25 %) varjoisuus näyttäisi olevan eduksi jatropan kasvulle (Kumar 2009). Jatropa ei myöskään mainitun tutkimuksen mukaan merkittävästi haittaa muiden kasvien kasvua, vaan voi päinvastoin hyödyttää niitä. Näillä perusteilla myös jatropan viljely yhdessä puiden ja muiden kasvien kanssa voisi olla mielekästä. Tällainen viljely olisi paremmin järjestettävissä pienimuotoisena sopimusviljelynä kuin suurimuotoisena viljelynä ja siitä on jo pitkäaikaista kokemusta pensasaitojen muodossa.

Monet pienimuotoisen viljelyn puolustajat ovat asettuneet vastustamaan jatropan viljelyä laajoina monokulttuurialueina. Mm. hollantilaiset kehitystutkijat ovat päätyneet voimakkaasti pienimuotoisuutta tukevaan kantaan selvitellessään jatropan viljelyn mahdollisuuksia Kambodzhassa (Asselbergs ym. 2006). Vaikka kannanotossa on nähtävissä asenteellista vastarintaa suurimuotoista viljelyä kohtaan ja konservatiivisuutta, pienimuotoinen sopimusviljely näyttäisi olevan yhteiskunnalli-

sesti varsin perusteltu jatroman viljelytapa ainakin Kambodzhassa. Ratkaisevaa on kuitenkin, miten tällainen tuotanto voi olla taloudellisesti kannattavaa.

Poiminnan koneellistaminen on kiistaton tapa edistää ainakin suurimuotoisen viljelyn tuottavuutta. Jatroman viljelytavalla on myös erityinen merkitys myös Suomen talouden kannalta. Suomalainen marjanpoimintakoneisiin erikoistunut yritys ilmoitti vastikään kehittäneensä jatromahedelmän koneelliseen poimintaan soveltuvan koneen. Kone onnistuttiin kehittämään pitkän tuotekehityksen tuloksena joensuulaudessa Rakennustempo Oy/Joonas International:ssa. Afrikassa tehdyissä testi-poiminnoissa on yrityksen ilmoituksen mukaan (ja videoiden havainnollistamana) saatu erittäin hyviä arvoja niin poimintatuloksen kuin nopeudenkin osalta. Ensimmäiset valmistuvat poimintakoneet toimitettaneen asiakkaille syksyllä 2009. Jatkossa yhtiö ilmoittaa vahvaksi osaamisalueekseen soveltuvan viljelystekniikan sekä lajikkeiden konsultointi-, tutkimus- ja kehitystyö (www.rakennustempo.fi)

Jos tehdään varovainen oletus, että jatroman vuotuinen sato hehtaarilta olisi tonni diesel-öljyä ja puolet Brasiliassa sopivasta alueesta käytettäisiin jatroman viljelyyn, vuotuinen tuotos tältä alueelta voisi olla 50 milj. tonnia. Panostamalla jatroman kehittämiseen kloonaamalla ja geenitekniikalla tuotto hehtaaria kohti lienee kuitenkin jopa kaksinkertaistettavissa ainakin vuoteen 2030 mennessä. Työllisyysvaikutukset nykyteknologialla olisivat suorastaan huikeat: ehkä jopa kymmeniä miljoonia henkilöitä. Voi kuitenkin olla niin, että kannattava tuotanto edellyttää poiminnan koneellistamista – ja suurtuotantoa. Ehkä olisi kuitenkin myös mahdollisuuksia koneiden käyttöön mm. osuuskuntamuotoisessa pientuotannossa. Tässä toiminnassa kuten myös jatroman tuotannon tuottavuuden parantamisessa koko maailmassa suomalaisella Rakennustempo-yhtiöllä saattaa olla olennainen rooli.

Kuva 9.6. Keskimääräinen vuotuinen sademäärä Brasilian eri alueilla. Lähde: www.bestcountryreport.com



IEA:n tilastojen mukaan vuonna 2008 tuotettiin raakaöljyä maailmassa noin 4000 Mt. 50 Mt olisi 1,25 % tästä määrästä. Verrattuna liikenteen biopolttoaineiden tuotantoon maailmassa vuonna 2008

– eli ennen Intian jatropan tuotannon odotettavissa olevia vaikutuksia. –, tämä tuotanto merkitsee kuitenkin noin 2,5 -kertaista tuotantoa. 27 EU-maan biodieselin tuotantokapasiteetti oli vuonna 2008 noin 16 Mt ja Suomen 0,16 Mt (www.ebb-eu.org). Yhdysvaltojen nopeasti kasvanut lähinnä maissin käyttöön perustuva tuotanto oli vuonna 2007 1,5 Mt.

Kloonauksen ja geneettisen muuntelun mahdollisuudet

Ainakin edullisilla kasvupaikoilla jatropa on jo varsin edullinen verrattuna muihin öljykasveihin. Hyvissä oloissa se tuottaa hehtaaria kohden jopa neljä kertaa enemmän öljyä kuin soijapapu ja peräti kymmenen kertaa enemmän kuin maissi. Myös jatropaöljyn sopivuus diesel-polttoaineeksi on jo tullut todistetuksi. Kolmen yrityksen [Archer Daniels Midland Company](#):n (ADM), [Bayer CropScience](#):n ja [Daimler AG](#):n yhteisprojektissa on selvitetty jatropan sopivuutta biopolttoaineeksi. Projektin yhtenä tavoitteena on ollut määritellä tuotanto- ja laatustandardit jatropadieselöljylle. Kokeiluihin liittyen kolme Mercedes-autoa on jo ajaneet jatropadieselillä noin 30 000 kilometriä. Kokeilussa on myös havaittu, että sekoitettuna fifty-fifty -suhteessa lentokoneen kerosiinipolttoaineeseen jatropa-öljy soveltuu myös lentokoneen polttoaineeksi. Hankkeen tutkijoiden mukaan ”vaikka jatropa-öljy ei polttoaineena ole vielä saavuttanut optimaalista laatuaan...se jo nyt täyttää EU:n normit biodieselin laadulle”. (["Archer Daniels Midland Company, Bayer Crop Science and Daimler to Co-operate in Jatropa Biodiesel Project"](#).)

Jatropaa kasvatetaan pääasiassa siemenistä. Se on ristipölytteinen kasvi ja kasvatusta siemenistä johtaa suureen geneettiseen vaihtelevuuteen kasvussa, biomassassa sekä siemen- ja öljytuotannossa. On hyviä perusteita ennakoita, että kloonaustekniikoilla ja geneettisellä muuntelulla voidaan luoda hyviä lisäedellytyksiä jatropaöljyn taloudellisesti kannattavaan massatuotantoon. Alkiokasvatuksen ohella satoa voidaan parantaa myös pistokkailla, oksastamalla ja silmikoimalla. Tuottavuuden kannalta merkittävää on oksaisuus sillä hedelmiä tuottavat kukat kehittyvät vain niissä.

Eri puolilla maailmaa on käynnissä hankkeita, joissa kloonamalla ja geneettisellä muuntelulla ollaan kehittämässä Jatropan viljelyä.

Merkittävimmäksi hankkeeksi voi tulkita British Petroleumin (BP) rahoituksella syntyneen D1 Oils plc:n. Yhtiön karkkipaikalla on ollut BP:n johdossa aiemmin toiminut lordi Ron Oxburgh. Yritys on käynnistänyt laajan jatropan viljelyhankkeen pääasiassa jatropan sopimusviljelynä. Yhteensä yhtiön sopimusviljelyn piirissä oleva alue oli syyskuussa 2008 256 000 ha. Tästä alasta 188 000 ha oli Intiassa, 55 000 ha Kaakkois-Aasiassa ja 14 000 ha Afrikassa. Kyseessä on ollut selvä riskisijoitus, mistä kertoo se, että vuonna 2008 yhtiö oli tappiollinen 13 miljoonaa puntaa (D1 Oils Intrim report 2008). Vuonna 2008 yhtiö tuotti vain noin 1000 tonnia öljyä.

Helmikuussa 2009 D1 Oils haki uutta sijoittajaa tavoitteena nostaa jatropan sopimusviljelyn alaa 220 000 hehtaarilla. Samalla hankkeelle annettiin uusi nimi: D1-BP Fuel Crops Limited. Yksi olennainen osa BP:n hanketta on jatropan geenitekniinen kehittäminen. Yhtenä tavoitteena tässä on mm. poistaa jatropa -kasvin niitä aineksia, jotka tekevät siitä myrkyllisen. Näin jatropaa voitaisiin käyttää eläinten ravintona sen jälkeen kun öljy on siitä puristettu pois. Näin tuotannosta saataisiin taloudellisempaa ja energiatehokkaampaa.

Intiassa D1 Oilsin ohella jatropaa kehittää Energy and Resources Institute (TERI). Siellä käynnistyi 2006 kymmenvuotinen julkisrahoitteinen perustutkimushanke 9,4 milj\$ rahoituksella. TERI:ssä on 20 tutkijaa (www.teriin.org) geeniteknisesti kehittämässä jatropaa erityisesti sen öljypitoisuuden kasvattamiseksi. Tavoitteena on saada geenimuunnellut kasvit viljelyyn vuonna 2012. Jatropan öljypitoisuuden kehitystyössä on hyötyä muiden öljykasvien kehitystyöstä geenimuuntelulla. Geeni-

muuntelulla on voitu mm. vaikuttaa rypsin, auringonkukan ja soijan sokeriaineenvaihduntaan niin, että niiden siementen öljypitoisuus on noussut.

Taulu 9.6. Yhteenvedo jatropan tuotannon vaikutuksista

Edullisuuden ulottuvuudet	Todennäköinen tai mahdollinen vaikutus 2030+	
	Geenimuuntelulle kielteinen kehitys	Geenimuuntelulle myönteinen kehitys
Edullisuus ilmaston muutoksen torjunnan kannalta	Merkitys melko vähäinen. Päästövähennyksen hinta yli 10\$/ CO ₂ tn. Muiden vaikutusten vuoksi viljely voi kuitenkin olla perusteltua kehityksissa. Bioöljyn tuotto kasvupaikasta ja veden saannista riippuva, keskimäärin runsas tonni hehtaarilta	Merkitys melko olennainen. Päästövähennyksen hinta 10\$/ CO ₂ tn tuntumassa. Bioöljyn tuotto kasvupaikasta ja veden saannista riippuva, keskimäärin noin 2 tonnia hehtaarilta.
Edullisuus maailman ravinnon tuotannon hallinnan kannalta	Monokulttuuriviljelynä uhkaa epävirallista pienimuotoista ravinnontuotantoa. Voi mm. pensasaitoina olla edistämässä pienimuotoista monipuolista ravinnontuotantoa ja heikosti käytettyjen maiden saamista viljelykseen.	Voi olennaisesti helpottaa maailman ravintotilannetta, jos jatropa -kasvin hedelmä onnistutaan muuttamaan ei-myrkylliseksi ja kotieläinten ravinnoksi kelpaavaksi.
Edullisuus luonnon moninaisuuden suoje- lun kannalta	Monokulttuuriviljelynä uhkaa kuivien savanni-alueiden lajien moninaisuutta. Pensasaitana voi edistää moninaisuutta.	Laajat monokulttuuriviljelmät voivat uhata vedensaintia ja lajien runsautta kuivilla savannialueilla.
Edullisuus brasilialaisten ja uruguaylaisten näkökulmasta talouskasvu työllistyvyys soveltuvuus pienimuotoiseen viljelyyn	Potentiaalisesti suuri merkitys työllistäjänä. Merkitys jäänee kuitenkin vähäiseksi edullisempien maankäyttö- vaihtoehtojen vuoksi. Ei pysy edullisuudessa kilpailemaan karjankasvatuksen kanssa	Laajat monokulttuuriviljelmät tai muuta maankäyttöä tukevat viljelmät cerrado- ja caatinga - alueiden välimuotoalueilla. Työllistyvyys varsin olennaista käytettäessä täydentämään muuta viljelyä, monokulttuuri-viljelyssä vähäisempää koneellistamisen vuoksi.
Edullisuus Suomen kannalta talouskasvu työllistyvyys	Vähäinen merkitys työllisyydelle Suomessa jatropa - hedelmien poimintakoneiden viennin muodossa.	Mahdollisuus jatropa -hedelmien poimintakoneiden laajaan vientiin sekä jatropaöljyn käyttöön biopolttoaineena Suomessa.

Yhdysvalloissa jatropan geneettisen muuntelun kohteena on ollut kylmänkestävyys. Pennsylvanian State University:ssä jatropan kehittelyn tavoitteena on erityisesti vähentää Yhdysvaltojen riippuvuutta ulkomaisesta öljystä, kehittämällä Yhdysvalloissa menestyvää jatropa -muunnosta (<http://live.psu.edu>).

9.5. Pienimuotoisen tuotannon tapoja vähentää kasvihuonepäästöjä tropiikissa²¹

Levät, sokeriruoko ja jatropa soveltuvat erityisen hyvin suurimuotoiseen viljelyyn, vaikka erityisesti jatropa myös pienimuotoiseen. Niiden rinnalle voidaan esittää viisi biopolttoaineiden tuotantotapaa, jotka sopivat erityisen hyvin pienimuotoiseen viljelyyn trooppisilla alueilla.

CAM –kasvien viljely kuivilla alueilla

Niin sanotut CAM-kasvit (Crassulean Acid Metabolism), jotka käyttivät erilaista yhteyttämisstrategiaa kuin tavallisemmat C3- tai C4-kasvit, saattaisivat muodostaa merkittävän laiminlyödyn raaka-ainepohjan. Koska CAM-kasvit pitivät ilmarakonsa suljettuina päivällä ja ottivat hiilidioksidia sisään vain yöllä, niiden korkein teoriassa mahdollinen maksimituotanto oli huikea 1 gramma hiilihydraattia per 50 grammaa vettä. Aivan näin mielikuvituksellisiin tuloksiin ei tietenkään ollut koskaan käytännössä päästy, mutta Israelista saatujen kokemusten perusteella esimerkiksi suuret, puumaiset kaktukset näyttivät pystyvän tuottamaan suhteessa käyttämänsä vesimäärään nähden 5-7 kertaa suuremman määrän hiilihydraatteja kuin C3- tai C4-kasvit.

Koska maailmassa oli lähes kuusi miljardia hehtaaria kuivuudesta kärsiviä maita (silloin kun mukaan laskettiin hyperkuivat, kuivat, puolikuivat ja kuivat puolikosteat maat), kaktusten ja muiden CAM-kasvien mahdollisuudet vaikuttavat lupaavilta.

Mangrovemetsien nipapalmut

Maailman mangrovemetsien alkuperäisestä pinta-alasta oli vuoteen 2008 mennessä hävitetty jo ainakin puolet, mahdollisesti kaksi kolmasosaa. Mangrovesoiden tuhoaminen oli aiheuttanut joukon vakavia ongelmia. Kukin mangrovehehtaari oli aiemmin tuottanut paikallisille ihmisille muutamia satoja kiloja rapuja ja syötäviä simpukoita vuodessa. Mangrovet olivat toimineet arvokkaiden ruokakalojen lastentarhoina. Kun ne olivat vähentyneet, myös kalansaaliit olivat romahtaneet laajoilla alueilla niiden ympärillä. Lisäksi mangrovet olivat muodostaneet tehokkaan suojan hirmumyrskyjen nostamia tulva-aaltoja ja (selvästi harvinaisempia) tsunameja eli seismisiä hyökyaaltoja vastaan. Ne ovat myös suojelleet kauempana merellä sijaitsevia koralliriuttoja liettymiseltä.

Ennen kaikkea kukin mangrovemetsähehtaari oli vuosittain imenyt ilmakehästä noin 40 tonnia hiiltä. Karkeasti yksi kolmannes tästä hiilestä oli vapautunut melkein saman tien takaisin ilmakehään, mutta toinen kolmannes oli varastoitunut suhteellisen pysyvällä tavalla mangrovesuon mutaan ja viimeinen kolmannes liuennut meriveteen suhteellisen pitkäikäisinä hiiliyhdisteinä, jotka säilynevät meressä muutamia vuosikymmeniä tai sata vuotta ennen kuin niiden sisältämä hiili on jälleen hiilidioksidina ilmakehässä. Silloin kun mangrovemetsä on hakattu grillihiileksi, syömäpuikoiksi tai jättiläiskatkarapujen kasvatusaltaaksi, se on muuttunut hiilinielusta merkittäväksi ylimääräisten hiilipäästöjen lähteeksi.

²¹ Jakso perustuu Risto Isomäen tuottamaan aineistoon

Aasian luonnontilaisten mangrovemetsien varsinainen valtalaji ei yleensä ole mikään mangrovepuu, vaan niiden välissä merkillisinä kiemurtelevina kasvustoina rehottava alkukantainen ja omituinen palmulaji, nipa-palmu. Suomalaisen Aira Päivökkeen aikoinaan tekemien tutkimuksien mukaan nipa-palmu oli todennäköisesti maailman tuottavin etanolikasvi. Se kykeni tuottamaan hehtaaria kohti vuodessa jopa 11,000 litraa etanolia, kaksi kertaa enemmän kuin sokeriruoko, jota yleensä pidettiin lajin hallitsevana maailmanmestarina. Jos uusintetuille mangrovesoille palautettaisiin mangrovepuiden lisäksi myös nipa-palmut, ne voisivat muiden hyötyjensä ohella tuottaa myös huomattavan määrän etanolia.

Biopolttoaineiden tuotanto perheviljelmien puutarhametsissä

Pienviljelijät voivat kasvattaa yhtä aikaa biopolttoaineiden raaka-aineita ja ruokaa monikerroksisissa kotipuutarhoissa eli eräänlaisissa puutarhametsissä. Niissä kasvatetaan samanaikaisesti erikokoisia puita ja pensaita, köynnöskasveja sekä yksivuotisia vilja- ja juureskasveja, biopolttoaineiden tuotannon ja ruuan tuotannon välille ei syntyisi vakavia ristiriitoja, Monikerroksiset kotipuutarhat voivat tropiikissa olla hehtaaria kohti jopa 5-10 kertaa tuottavampia kuin tavanomainen peltoviljely.

Jos öljynsiemenet esiprosessoidaan eräänlaiseksi raakakasviöljyksi kylätasolla, muutamia tuhansia euroja maksavilla ja muutaman tonnin siemeniä päivässä prosessoivilla öljynpuristuslaitteistoilla, erilaiset siemenkakut voitaisiin palauttaa saman tien takaisin puiden juurille. Tällöin viljelmät eivät tarvitse voimakasta lannoitusta, sillä esimerkiksi pelkkä palmuöljy ei sisällä juuri lainkaan ravinteita. Tällöin puristusjätteistä ei myöskään tulisi ongelmajätettä, eivätkä ne tuottaisi merkittäviä metaanipäästöjä.

Biopolttoaineiden tuotanto sademetsissä ja niiden liepeillä

Biopolttoaineita voidaan tuottaa kestäväällä tavalla myös sademetsissä. Brasilian kuminkeraajien liitto (CNS), joka edusti miljoonia Amazonasin sademetsistä elantonsa puita kaatamatta hankkivia ihmisiä, oli ehdottanut Amazonasissa jo valmiiksi kasvavien miljardien luonnonvaraisten öljypuiden siemensatojen keräämistä talteen, biopolttoaineiden raaka-aineiksi. Jos siemenet prosessoitaisiin ”raakabiodieseliksi” kylissä, siemenkakut voitaisiin palauttaa puiden juurille eikä lannoitus olisi tarpeen.

Niillä sademetsäalueilla, joilla suurempia puita kasvaa suhteellisen harvassa, olisi todennäköisesti mahdollista myös viljellä afrikkalaisia öljypalmuja tai etelä-amerikkalaisia öljypalmuja (persikkapalmuja) sademetsän aluskasvillisuutena, samaan tapaan kuin Kamerunissa nykyään kasvatetaan kaakaota. Aikoinaan kaakaoviljelmät perustettiin aina raivaamalla sademetsä pois ja istuttamalla tilalle kaakaopuita. Sitten kamerunilaiset pienviljelijät kuitenkin huomasivat, että kaakao viihtyi yhtä hyvin tai paremmin isompien puiden varjossa – eli olosuhteissa joissa se oli luonnontilaisissa metsissä kasvanut. Koska myös afrikkalainen ja etelä-amerikkalainen öljypalmu ovat luonnostaan samanlaisia sademetsän isompien puiden varjokasveja, myös niitä voisi olla mahdollista viljellä isompien puiden varjossa, kamerunilaiseen tapaan.

Fotosynteesin mekanismin selvittämisestä aikoinaan Nobelin palkinnon saanut kemisti Melvin Calvin piti Amazonasin sademetsissä kasvavia copaiba-puita (*copaifera* spp) maailman ehkä lupaavimpina biopolttoainekasveina. Eräiden copaiba-puiden mahlan koostumus oli Calvinin tutkimuksien

mukaan niin lähellä dieselöljyn koostumusta, ettei sille tarvinnut välttämättä tehdä yhtään mitään. Calvin käytti kokeissaan tavallisia dieselmoottoareita pitkiä aikoja täysin prosessoimattomalla copai-ba-öljyllä, joka oli juoksutettu suoraan puun rungosta moottorien tankkeihin (siivilän läpi). Copai-ba-lajien mahdollisuudet on sittemmin unohdettu lähes täysin, mikä on sääli. Copai-ba-öljyn tuottaminen edellyttäisi kuitenkin plusyksilöiden tunnistamista ja tällaisiin valikoituihin kantoihin perustuvien viljelmien perustamista sademetsiä ympäröiville alueille, mahdollisesti myös keskeisten lajien valikoivaa jalostamista. Luonnontilaisten copaiba-puiden öljyn tuotanto näet vaihtelee 60 litran ja 0,1 litran välillä per puu per vuosi.

Indonesian suuret turvepalot ja niiden tuottamat valtavat hiilipäästöt on maailmalla usein laitettu, osittain ansaitusti mutta osin ansaitsemattomasti, öljypalmujen viljelyn piikkiin. Ehkä kaikkein oleellisin turvepalojen syntyyn vaikuttava asia ovat kuitenkin olleet suosademetsissä kasvavien erityisen arvokkaiden trooppisten kovapuulajien hakkuut. Yhden suuren puun arvo saattoi olla 200 000 euroa, joten hakkuista on ollut vaikea estää. Kaikkein tuhoisinta on kuitenkin ollut se, että puiden rungot piti usein uittaa pois soille kaivettuja kanavia pitkin, koska minkäänlaiset koneet eivät kyenneet kulkemaan suolla siihen uppoamatta. Kanavat ovat kuivattaneet turvesoiden pintakerrosta niin voimakkaasti, että se on syttynyt usein palamaan kuivina kesinä. Puuston hävittäminen on vielä tehostanut kanavien vaikutusta altistamalla suon pinnan voimakkaalle auringon paahteelle.

Terra preta-viljely

Terra preta tai terra preta do Indio (”intiaanien musta maa”) viittaa Amazonasin sademetsissä asuvien kansojen ainakin 2 500 vuoden ajan harjoittamaan viljelymenetelmään, jonka ydin on hienojakaisen puuhiilen ja kompostin seoksen sekoittaminen maaperään. Sademetsiä on normaalisti vaikea viljellä, koska runsaat sateet huuhtovat ravinteet nopeasti alempiin maakerroksiin, yksivuotisten kasvien juurien ulottumattomiin. Mutta jos maaperään sekoitetaan kemiallisten tai orgaanisten lannoitteiden lisäksi myös puuhiiltä, ravinteet takertuvat puuhiilen murusiin eivätkä huuhtoudu pois. Amazonasin alueella tehdyissä kokeissa maatilkut, jotka saivat sekä puuhiiltä että lannoitteita, tuottivat yhdeksän kertaa suuremman sadon kuin ainoastaan vastaavalla määrällä lannoitteita käsitelty vertailualat. Kiinassa, jossa sademäärät eivät ole yhtä suuria kuin Amazonasissa, puuhiilen lisääminen maahan vähensi lannoitteiden tarpeen olosuhteista riippuen puoleen tai yhteen kolmasosaan.

Hienojakaisen puuhiilen sekoittaminen maahan näyttäisi olevan tehokas tapa vähentää lannoituksen tarvetta ja tätä kautta myös typpilannoitteiden maassa tuottamia typpioksiduulipäästöjä. Sen pitäisi myös vähentää ravinteiden valumista vesistöihin ja meriin. Tämä on seikka, jolla voisi Itämeren alueella olla erityisen suuri merkitys.

Ennen kaikkea terra preta-viljely näyttää jopa trooppisissa olosuhteissa kasvattavan maaperään sitoutuneen hiilivaraston koon huomattavan korkeaksi. Amazonasin terra preta-maannoksissa (intiaanien vanhoilla viljelymailla) on kertaluokkaa suurempi hiilivarasto kuin niitä ympäröivien alueiden maaperässä, jopa 500 tonnia hehtaarilla. Tutkimuksien mukaan 15-100 tonnia tästä on puuhiiltä ja loppu humusta, jonka määrä maaperässä näyttää kasvavan suuresti puuhiilen lisäämisen ansiosta.

Käytännössä kaikki biopolttoaineiden raaka-aineita kasvattavat viljelmät tuottavat aina paljon varsinaista öljy- tai alkoholisatoa enemmän erilaisia siemenkakkuja ja muita puristusjätteitä, siementen ja hedelmien kuoria, kasvien varsia, palmun lehviä tai muita satotähteitä. Jos nämä satotähteet (tai soveltuva osa niistä) hiilletäisiin ja sekoitettaisiin viljelmien maaperään lannoituksen tarpeen pienentämiseksi ja hiilidioksidin poistamiseksi ilmakehästä, viljely muuttuisi hyvin voimakkaasti hii-

lineatiiviseksi. Esimerkiksi öljypalmuviljelmät pystyisivät tällä tavoin poistamaan ilmakehästä ainakin kaksi tonnia hiiltä kutakin tuotettua palmuöljytonnia kohti.

9.6 Suomalaisia mahdollisuuksia biopolttoaineiden tuotantoon²²

Suomessa liikenteen biopolttoaineiden hyödyntämisen perusskenaario on tuoda maahan joko Euroopassa tai maailmanmarkkinoilla tuotettua polttoaine-etanolia, kasviöljyä tai niiden johdannaisia. Neste Oy:n käynnistämä biodieselin tuotanto on tämän perusskenaarion suuntaista toimintaa. Biopolttoaine valmistetaan kasviöljyistä ja eläinrasvoista Kotimaisten raaka-aineiden (käytetyt kasviöljyt ja eläinrasvat) osuus oli vuonna 2007 noin 20 000 toe/v. Pääosa raaka-aineista on ollut ulkomailta tuotua palmuöljyä. Sen osuus tuotannosta oli vuonna 2007 polttoarvolla laskien 160 000 -180 000 toe/v.

Viimeaikaisten poliittisten linjausten perusteella viljelykasvipohjaisen etanolin ja biodieselin tuotanto kotimaisista raaka-aineista jää vähäiseksi. Kustannustehokkaimmaksi peltojen energian tuotannon vaihtoehdoksi on tunnistettu ruokohelven viljely kiinteäksi polttoaineeksi sähkön ja lämmön tuotantoon.

Biopolttoaineiden hankinnan perusskenaarion haastaa nestemäisten biopolttoaineiden tai biokaasujen valmistaminen puu- ja jättepohjaisista biomassavaroista. Niin EU:n tutkimusohjelmissa kuin Suomessa Tekesin tutkimus- ja tuotekehitysrahoituksella kehitetään edullisempia, ei-peltokasvipohjaisia ratkaisuja. Niissä käytetään raaka-aineena pääosin metsätähteitä, yhdyskuntajätteitä sekä teollisuuden biomassapohjaisia sivuvirtoja. On mahdollista, että nämä muodostavat merkittäviä biopolttoaineiden lähteitä vuoden 2030 vaiheilla.

Tarjolla on useita mahdollisuuksia edetä Suomessa biopolttoaineiden valmistuksessa. Kehitys- ja tutkimusvaiheessa ovat metanolin ja synteettisten polttoaineiden kuten ns. Fischer –Tropsch -polttoaineiden valmistus biomassasta sekä etanolin valmistus lignoselluloosapohjaisesta biomassasta (olki, puu). Lisäksi on ollut esillä muita vaihtoehtoja, kuten mäntyöljypohjaiset tuotteet (mäntyöljyn esterit) ja biokomponentit, jotka jalostettaisiin pyrolyysitekniikalla tuotetusta bioöljystä. Puun pyrolyysiöljy soveltuu kiinteistöjen lämmitykseen ja mahdollisesti myös liikenteen polttoaineiden tuotantoon.

Kuvassa esitetään liikenteen biopolttoaineiden uusien kotimaisten tuotantotekniikoiden perusvaihtoehdot (Mäkinen ym. 2005). Alkoholit (metanoli ja etanoli) voidaan jalostaa edelleen eettereiksi (esim. MTBE ja ETBE), joita käytetään yleisesti polttoaineiden lisäaineina ns. oksygenaatteina. Eettereiden tuotanto on jo kaupallista tekniikkaa.

Etanolin valmistus sokeri- ja tärkkelyspitoisista raaka-aineista on jo kaupallista tekniikkaa. Puusta on mahdollista valmistaa etanolia vapauttamalla ensin selluloosan ja hemiselluloosan sokerit kemiallisesti tai bioteknisesti hydrolyysin avulla. Puun ligniinin vuoksi hydrolyysi on kuitenkin hankalampaa kuin tärkkelyspitoisen raaka-aineen. Lisäksi laboratorioasteella on kehitteillä synteetikaasun fermentointiin perustuvia prosesseja mm. Yhdysvalloissa ja Suomessa. Etanolin valmistusta puusta tutkitaan lähinnä Yhdysvalloissa, Ruotsissa ja Kanadassa. Useitakin demonstrointihankkeita on

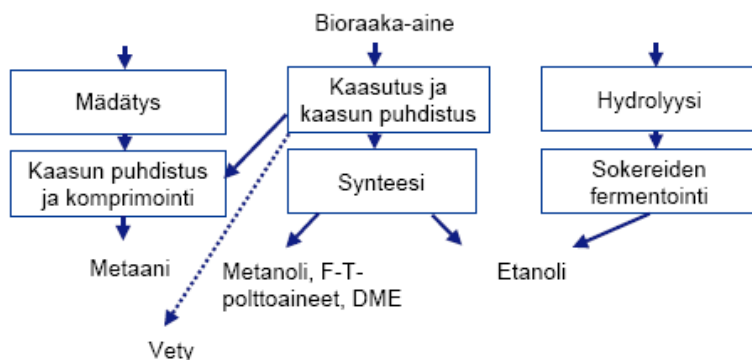
²² Lainattu pääosin esiselvityksestä Honkatukia ja Kuusi (2008)

suunnitteilla, mutta mitään vaihtoehtoisista tekniikoista ei ole vielä kokonaisuudessaan demonstroitu laboratorion ulkopuolella puupohjaisille polttoaineille.

Laimeahappohydrolyysiin perustuva prosessi on lähimpänä teollisen mittakaavan toteutusta. Ruotsissa on keväällä 2004 käynnistynyt pieni koetehdas, jossa tuotetaan 400- 500 litraa etanolia vuorokaudessa puuraaka-aineista (Örnsköldvik, Ruotsi). Jotta laajamittainen tuotanto voisi olla tulevaisuudessa mahdollista, kehityspanosten uusiin tekniikoihin tulisi olla huomattavia ainakin 20 -100 M€ demonstrointilaitosinvestointi mukaan lukien.

Kuva 9.7. Liikenteen biopolttoaineiden valmistuksen eri reitit (Mäkinen ym. 2005)

Kaupalliset: biodiesel (RME) ja viljaetanoli



Kuva A. Kehitteillä olevat tekniikat liikenteen biopolttoaineiden tuottamiseksi.

Suomen kannalta lupaavin noin viiden vuoden päästä avautuva mahdollisuus on ns. synteetikaasu-reitti. Tässä prosessissa biomassasta valmistetaan ensin lämmön avulla synteetikaasua ja edelleen synteetikaasusta polttonesteitä, esimerkiksi metanolia tai ns. Fischer-Tropsch -polttoaineita. Kaasutuksen tuotekaasu pitää puhdistaa epäpuhtauksista eri kaasunpuhdistusmenetelmillä ja edelleen muuntaa synteetiproessin vaatimusten mukaiseksi kaasuksi.

Vaatimukset täyttävää kaasua voidaan valmistaa erilaisista biomassoista. Vastaava prosessi toteutettiin jo 1980-luvulla Oulussa Kemira Oyj:n laitoksella, jossa tuotettiin turpeesta ammoniakia (Mäkinen ym. 2005). Laitoksen kapasiteetti oli 80 000 tonnia NH₃/v. Etelä-Afrikassa sijaitsevilla Sasolin laitoksilla valmistetaan kaupallisesti kivihiilestä polttonesteitä kaasutuksen kautta Fischer-Tropsch -tekniikalla. Maakaasusta tuotetaan synteettisiä polttoaineita kaupallisesti Shellin laitoksella Malesiassa. Biomassan käyttöönotto synteetikaasupohjaisten prosessien raaka-aineena vaatii kuitenkin vielä kehitystyötä. Tutkimus- ja kehitystyöllä haetaan korkeahyötysuhteisia ja kustannustehokkaita prosessiratkaisuja.

EU:n rahoituksella käynnistyi vuoden 2004 alussa Volkswagen Ag:n vetämä 20 M€:n kehityshanke, jossa kehitetään erityisesti synteetikaasupohjaisia liikenteen biopoltonesteiden tuotantoprosesseja. Fischer - Tropsch -dieselin tuotantokustannuksien tavoitearvona on Keski-Euroopassa paikallisesta raaka-aineesta 0,70 €/ekvivalenttinen öljylitra. Suomessa panostetaan synteetikaasun valmistusprosessin kehittämiseen VTT:n vetämässä Ultra clean gas -hankkeessa.

Synteetikaasupohjaisen tekniikan on arvioitu voivan kaupallistua ensimmäisissä demonstrointilaitoksissa vuoteen 2010 mennessä, jos tutkimus- ja kehitystyöhön panostetaan riittävästi. Ensimmäi-

set kaupalliset koelaitokset voisivat olla tuotannossa Euroopassa 10 000 - 60 000 toe/v kokoluokassa arviolta vuosina 2008 - 2010. Raaka-aineiden kulutus olisi tällöin prosessista riippuen 20 000 - 150 000 toe/v. Laajamittainen biopolttonestetuotanto voisi olla mahdollista vuosina 2015 - 2025. Koska puun ligniiniä ei voida käyttää polttonesteiden tuotantoon, kiintoisa mahdollisuus on yhdistää polttonesteiden, sähkön ja lämmön tuotanto samoihin laitoksiin.

Keski-Euroopassa on tarkasteltu huomattavasti suurempia biopolttonesteiden tuotantolaitoksia, joissa raaka-ainekapasiteetti olisi 5 -10-kertainen verrattuna ensimmäisiin demonstraatiolaitoksiin. (Mäkinen ym. 2005). Tämä mahdollisuus on tullut realistisemmaksi paperin kysynnän kasvun py-sähdyttyä kehittyneissä maissa ja sellun tehostuvan tuotannon vuoksi trooppisissa maissa. Ruotsissa on jo tutkittu sellun valmistuksen keskeisen polttoaineen eli mustalipeän käyttöä biopolttoaineiden valmistuksessa.

Synteesikaasureitin tuottamaa kaasua voidaan täydentää vähäisemmässä määrin muilla kaasuilla. Orgaanisesta materiaalista, esim. jätevesilietteistä tai biojätteistä, voidaan anaerobikäsittelyssä tuottaa biokaasua, joka koostuu lähinnä metaanista ja hiilidioksidista. Kaatopaikoilla muodostuu vastaavaa kaasua, ns. kaatopaikkakaasua. Näitä biokaasuja voidaan hyödyntää liikenteen polttoaineena puhdistuksen ja paineistuksen jälkeen.

Synteesikaasusta ja em. orgaanisista kaasuista voidaan myös valmistaa kaasumaista polttoainetta kaasujoneuvojen polttoaineeksi. Kaasutus tuottaa vetyä ja hiilimonoksidia sisältävää polttokaasua, joka voidaan tarvittaessa edelleen prosessoida metaaniksi. Kyseessä on samankaltainen prosessi kuin nestemäisten polttoaineiden valmistus kaasutuksen kautta.

Koska suomalaiset yritykset valmistavat maailmanmarkkinoille kilpailukykyisiä metsäteollisuuden laitteita, puun korjuukoneita ja voimalaitoksia, on perusteltua uskoa, että myös biopolttoaineiden tuotantoprosessien laitteita voitaisiin valmistaa meillä sekä koti- että ulkomaan markkinoita varten. Esimerkiksi viime vuosikymmenellä Suomesta toimitettiin viljaetanolin tuotantolaitoksia maailman markkinoille.

V BIOTUOTANNON GLOBAALIT SKENAARIOT JA ILMASTONMUUTOKSEN HALLINTA

10 Suomen biopolitiikan haasteita ja näkökulmia¹

10.1 Mitä tarkoitetaan Suomen biopolitiikan tulevaisuuskartalla?

Tämän arviointiraportin keskeinen tavoite on ollut avata suomalaisen biopolitiikan mahdollisuuksia ja uhkia globaalissa toimintaympäristössä. Raportissa on tarkasteltu globaalin biosektorin tulevaisuuden keskeisesti vaikuttavia tekijöitä eli tulevaisuuden ajureita. Osaan niistä on hyvin vaikea vaikuttaa suomalaisin toimin. Valtaosa tulevaisuusajureista on kuitenkin sellaisia, joiden kehitykseen Suomi ja suomalaiset ovat myötävaikuttamassa. Vaikka suomalaiset eivät yksin pysty näihin tekijöihin ratkaisevasti vaikuttamaan, on erittäin tärkeää, että omalta osaltamme olemme edistämässä niissä myönteistä kehitystä. Kun myös suomalaisten tulevat kohtalot ratkeavat osana ihmiskunnan suurten ongelmien ratkaisuja, suomalaisten toiminta ei voi rajoittua vain maamme sisäiseen kehitykseen vaikuttaviin toimiin.

Eräiltä osin suomalaisten vastuun vähättely on suorastaan vääristelevää. Tämä koskee varsinkin vaikuttamista maailman metsäsektoriin. Suomalaistaustaiset metsäyritykset ovat tehneet suuria investointeja Brasiliaan, Uruguayhin ja Kiinaan viimeisen kymmenen vuoden aikana. Ne ovat jopa Uruguayn suurimpia maanomistajia Stora-Enson tuoreiden maanhankintojen jälkeen. Myös Brasiliassa Stora-Enso on merkittävä maankäyttäjä. Brasilian valtava ja harvaan asuttu maapinta-ala ja erityisen suuret makean veden varat nostavat sen erittäin tärkeään asemaan ravinnon turvaamisessa maailman väestölle tulevaisuudessa. Samoista syistä ja Amazonin sademetsien vuoksi Brasilialla on myös erityisen tärkeä rooli pyrittäessä torjumaan ilmastomuutosta kasvillisuuden ja erityisesti metsien avulla.

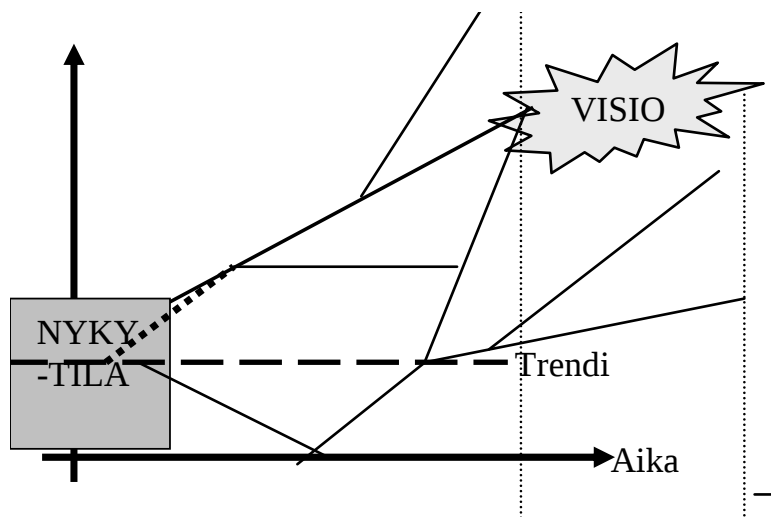
On tärkeää, että suomalaiset muodostavat jaetun näkemyksen siitä, mikä on erityisen tärkeää toimitaessa globaalilla biosektorilla. Raportin luvussa 1 tunnistettiin viisi keskeistä tavoitetta suomalaisen toiminnalle biosektorilla rajojemme ulkopuolella:

- politiikan hyväksyttävyys paikallisesta näkökulmasta
- politiikan tehokkuus ilmaston muutoksen torjunnan kannalta
- politiikka edistää maailman ravintoturvaa
- politiikan tukee biodiversiteetin suojelua
- politiikka edistää Suomen kansallisia erityisasetuksia ja erityisesti suomalaisten työllistymistä

Yhteinen näkemys tai visio siitä, mihin tulisi pyrkiä toimittaessa globaalilla biosektorilla, voidaan muodostaa painottamalla ja erittelemällä näitä tavoitteita ja reittejä, joilla tavoiteltuun suuntaan voidaan edetä. Tähän tarvitaan tulevaisuuskarttaa. Tulevaisuuskartan keskeisiä aineksia on havainnollistettu kuvalla 10.1. (vrt. Kamppinen ym. 2002).

¹ Luku on Osmo Kuusen kirjoittama

Kuva 10.1. Skenaariopolusto ja visio tulevaisuuskartalla



Tulevaisuuskartalla hahmotellaan tulevaisuuspolustoa, jota pitkin nykytilasta voidaan edetä kohti visiota. Kuviossa viivat viittaavat erityisiin polkuihin, jotka johtavat vision suuntaan tai sen ohi. Polusta tulevaisuudentutkijat käyttävät nimeä skenaario.

Skenaario on alun perin elokuvatermi. Alkuperäismerkityksessä sillä tarkoitetaan ohjaajan kappaleta elokuvan käsikirjoituksesta. Skenaariokäsite vakiintui tulevaisuudentutkimukseen 1960-luvun lopulta lähtien. Ensimmäisiä skenaariokäsitteen käyttäjiä olivat Herman Kahn ja Anthony Wiener. Heidän määritelmänsä mukaan (Kahn – Wiener 1967 s. 6):

Skenaariot ovat hypoteettisia tapahtumakulkuja, jotka on muodostettu huomion kiinnittämiseksi syy-seuraus -prosesseihin ja päätöksenteon kannalta tärkeisiin vaiheisiin. Ne vastaavat kahta tyyppiä oleviin kysymyksiin: (1) Kuinka joku hypoteettinen tilanne voi tarkkaan ottaen vaihe vaiheelta toteutua? ja (2) Millaisia vaihtoehtoja eri toimijoilla on ehkäistä, suunnata tai edistää prosessia?

Kahnin ja Wienerin luonnehdinta kuvaa varsin hyvin sitä, miten tulevaisuuksien tutkijat nykyisin käyttävät skenaarioita. Luonnehdintaa voi pitää jopa onnistuneempuna kuin useimpia myöhempiä laajempia määritelmiä.

Skenaarioiden tärkein merkitys on auttaa päätöksentekijöitä reitin valinnoissa kohti visiota. Mitä ajallisesti kaukaisempaa maastoa tulevaisuuskartta pyrkii ennakoimaan, sitä todennäköisimmin tulevaisuusmaastoa ennakoidaan väärin. Tulevaisuuteen etenemistä voidaan myös verrata purjehtimiseen myrskyävällä merellä. Jos jättäytyään tuulen vietäväksi, seurataan trendikehitystä tai ”business as usual” skenaariota, joka ei vie kohti visiota. Vaikka pyrittäisiinkin aktiivisesti kohti visiota, ”kehityksen tuulet” tai megatrendit voivat viedä suuntaan, joka on hyvin kaukana tavoitellusta visiosta. Jotta tällaisiin tilanteisiin osattaisiin edes jossain määrin varautua, tulevaisuuskarttaan on tärkeä sisällyttää myös skenaarioita, jotka johtavat tavoitellun vision ohi.

Joskus skenaarioita tehdään niin, että kaikki muodostetut skenaariot johtavat visioon. Näin voi tulkita menetellyn valtioneuvoston Ilmastopoliittisessa tulevaisuusselonteossa (Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko 2009).

Tulevaisuusselonteossa visioksi asetettiin, että Suomen kasvihuonepäästöt ovat vuonna 2050 vain enintään 20 % vuoden 2009 tasosta. Visiossa myös koko maailma on kansallisin ohjelmin sitoutunut siihen, että maailman keskilämpötila nousee enintään 2C° vuoteen 2050 mennessä.

Tulevaisuuspolkuja visioon hahmoteltiin neljällä skenaariolla, joissa tavoitteeseen Suomen osalta päästään erilaisin kansallisin toimenpitein. Skenaarioiden peruspiirteitä luonnehdittiin seuraavalla tulevaisuustaululla.

Taulu 10.1. Valtioneuvoston skenaariot (Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko 2009)

	A: tehokkuuskumous	B: kestävä arkkilometri	C: omassa varaparempi	D: teknologia ratkaisee
johtoajatus	ekotehokkuus	lähipalvelut	omavaraisuus	teollinen Suomi
elinkeino-rakenne	palveluvaltaistunut selvästi	palveluvaltaistunut	palveluvaltaistunut hieman	nykyisenlainen
yhdyskuntarakenne	eheä	erittäin eheä	hajautunut	hajautunut kaupunki-seuduilla
henkilöliikenteen suori-te	laskenut	laskenut selvästi	nykytasolla	kasvanut
energian loppukulutus	puolittunut	laskenut 1/4:n	laskenut 1/3:n	nykytasolla
uusiutuvan energian osuus	1/1	2/3	4/5	3/5
ydinvoiman käyttö	loppunut	kasvanut	laskenut	kasvanut selvästi

Valtioneuvoston skenaariot tuovat kyllä hyvin esiin valintoja, joita on tehtävä kulutuskäyttäytymisen, energiantuotannon sekä tuotannon ja asumisen alueellisen sijoittumisen suhteen kansalliseen tavoitteeseen pääsemiseksi. Sen sijaan ne ovat melko vähän avuksi tilanteessa, missä maailma on eksynyt tai ajautunut syrjään maailmanlaajuisen vision suuntaisilta poluilta.

Ilmastonmuutoksen tehokas torjunta edellyttää maailmanlaajuisia yhteistoimintaa. Edelleen on löydettävissä perusteita, joilla lämpenemisen hypoteesi voidaan kiistää, vaikka kansainvälisen ilmasto-paneelin IPCC:n vuoden 2007 johtopäätösten voi tulkita olevan kokonaisevidenssin valossa selvästi uskottavampia kuin kiistäjien päätelmien. Kriitikot, jotka ovat löytäneet vastakaikua varsinkin Yhdysvalloissa, ovat saaneet tuoretta uskonvahvistusta vuosista 2007 ja 2008. Näinä vuosina maailman ilmasto keskimäärin viileni lisääntyneistä kasvihuonekaasupäästöistä huolimatta.

Ehkä kaikkein ilmeisin uhkaava väärä valinta on sitoutuminen ilmastonmuutoksen torjuntaan niin, että ”hiilivuoto” pääsee hyvin merkittävänä toteutumaan. Hiilivuodolla tarkoitetaan sitä, että päästöistä piittaamattomat tai päästövähennyksiin vain muodollisesti sitoutuneet maat alkavat käyttää toisten aitoa sitoutumista hyväkseen siten, että paljon päästöjä tuottava tuotanto siirtyy aidosti sitoutuneista maista niihin. Muodollisesti sitova maailmanlaajuinen sopimus maailman keskilämpötilan nousun rajoittamisesta enintään 2C° vuoteen 2050 mennessä verrattuna esiteolliseen aikaan saattaa johtaa nopeasti lisääntyviin hiilivuotoihin varsinkin, jos kasvihuonekaasupäästöjen ja lämpötilan nousun välinen suhde jää edelleen kiistanalaiseksi.

”Lipeämisiin” sopimuksesta pitäisi varautua etukäteen. Yksi mahdollisuus ovat ankarat sanktiot vuotajille. Jos hiilivuodot ovat kuitenkin taloudellisesti ja yhteiskunnallisesti vuotajille hyvin edullisia, sanktioihin tuskin tullaan helposti suostumaan ja ainakin niitä tullaan monin tavoin kiertämään. Kestävämpään tulokseen päästään, jos teknologiaa, elämäntapoja ja yhteiskunnallisia instituutioita onnistutaan muuttamaan sellaisiksi, ettei suuriin hiilipäästöihin ole enää houkuttelevia kannusteita. Silloin sopimusten rikkomiseen eikä hiilivuotoihin turhautumiseen ole enää kovin paljon aihetta.

Teknologisen, institutionaalisen ja asenteellisen muutoksen tulee olla maailmanlaajuisia. Ainakin muutoksen tulee tapahtua maissa, jotka vastaavat valtaosasta päästöistä. Muutosta on tapahduttava myös nyt vähän päästöjä henkeä kohti tuottavissa maissa. Suuret hiilivuodot niihin voivat nimittäin tehdä tyhjiksi vastuullisesti toimivien ponnistukset. Globaalista näkökulmasta on myös varsin kyseenalaista, jos edelläkävijät hoitavat päästövähennyksensä tavoilla, joita ne eivät voi suositella muille maille. Tämä koskee erityisesti ydinvoiman runsasta lisärakentamista eli valtioneuvoston neljättä skenaariota. Jos kehitysmaat alkaisivat rakentaa ydinvoimaa skenaariota vastaavasti, melko todennäköisesti jossain toteutuisi ydinvoimalaonnettomuus. Huolimattomuuden ja inhimillisten virheiden ohella erityisen uhkan muodostaisivat terrori-iskut.

Seuraavassa pyritään tekemään valtioneuvoston visiota ja skenaariopolustoa avarammin Suomen biopolitiikan tulevia mahdollisuuksia erittelevä kartta. Erityisesti kaksi aineistoa on ollut kartan laadinnan lähtökohtina. Toinen on 26 kansanedustajan haastatteluaineisto. Sitä käytetään Suomen kansallisen vision hahmotteluun toiminnalle globaalilla biosektorilla. Itse asiassa tämä raportti sisältää kaksi tähän aineistoon perustuvaa visiota. Toinen on tässä jaksossa esitetty suoraan haastatteluista johdettu visio, josta tämän jakson kirjoittaja ottaa vastuun. Toinen visio sisältyy tulevaisuusvaliokunnan raportin alun kannanottoon. Myös sitä tehtäessä on käytetty yhtenä lähtökohtana haastattelujen tuloksia.

Haastatteluista johdettu visio määrittelee suuntaa, johon etenemisen mahdollisuuksia tutkitaan neljällä globaalin kehityksen skenaariolla. Skenaariot on muodostettu päivittämällä YK:n Millennium Ecosystem Assessmentin skenaarioita (Carpenter ym. 2005).

10.2 Keskeiset tavoitteet toimittaessa globaalilla biosektorilla

Osmo Kuusi teki biopolitiikan kansallisen visiota pohjustavat haastattelut syksyllä 2009. Haastattelut kestivät noin tunnin ja sisälsivät seuraavat osiot:

- Suomen biopolitiikan keskeiset tavoitteet toimittaessa globaalissa ympäristössä
- Maankäyttöratkaisut maailman trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla ja erityisesti Brasilian ja Uruguayn alueilla 2030
- Kasvien viljely ja jalostus 2030
- Kansallisen biopolitiikan SWOT 2030+ sopeutuen ja vaikuttaen globaalin toimintaympäristön kehitykseen

Haastateltujen perusjoukon muodostivat Metsät-ravinto-vesi –hankkeen ohjausryhmän jäsenet, jotka eduskunnan eri valiokunnat nimesivät hankkeen käynnistyessä syksyllä 2007. Heille kaikille tarjottiin mahdollisuus tulla haastatelluiksi ja 24:stä jäsenestä 20 haastateltiin. Haastateltujen joukkoa täydennettiin kuudella eri puolueita edustavalla kansanedustajalla niin, että haastateltujen kokoonpano vastaa varsin hyvin eri puolueiden voimasuhteita eduskunnassa.

Taulu 10.2. Visiota varten haastatellut kansanedustajat puolueyhmittäin

Suomen Keskusta	7
Kokoomus	5
SDP	6
Vasemmistoliitto	2
Vihreät	2
Ruotsalainen kansanpuolue	2
Kristillinen liitto	1
Perussuomalaiset	1

Haastatellut kansanedustajat olivat aakkosjärjestyksessä Marko Asell, Tarja Filatov, Harri Jaskari, Pekka Haavisto, Toini Kankaanniemi, Anne Kalmari, Matti Kangas, Kyösti Karjula, Jyrki Kasvi, Timo Kaunisto, Anneli Kiljunen, Jouko Laxell, Juha Mieto, Mats Nylund, Lauri Oinonen, Sirpa Paatero, Petri Pihlajaniemi, Kari Rajamäki, Jouko Skinnari, Kimmo Tiilikainen, Marja Tiura, Pentti Tiusanen, Pekka Vilkkunen, Anne-Mari Virolainen, Pertti Virtanen ja Ulla-Maj Wideroos

Edustajia oli paljon varsinkin tulevaisuusvaliokunnasta sekä maa- ja metsätalousvaliokunnasta. Haastatellut ottivat kantaa selkeästi henkilökohtaisen näkemyksensä eivätkä puolueensa linjan pohjalta. Eräissä tapauksissa saman puolueen edustajat olivat arvioissaan jopa koko vastaajajoukossa kaikkein kauimpana toisistaan.

Haastatteluissa noudatettiin väljästi Argument Delphi -tekniikkaa (Kuusi 1999). Sen mukaisesti kansanedustajilta kerättiin erityisesti näkökohtia ja päättelyketjuja numeeristen arvioiden perusteiksi. Vastaamista pohjustettiin esittämällä haastatelluille tässä arviointihankkeen loppuraportissa esitettyä tietoa aineistoa ja johtopäätöksiä. Pohjaksi kannanotoille esitettiin lisäksi nimeä mainitsematta toisten haastateltujen näkemyksiä. Toisten numeerisia arvioita ei kuitenkaan kerrottu. Vastusten suuresta hajonnasta päätellen taustoittavilla keskusteluilla oli lähinnä tavoiteltu asiaan perehtyneemmän näkemyksen eikä näkemyksiä yhdensuuntaistava vaikutus. Aitoihin kannanottoihin pyrittiin myös lupaamalla haastatelluille, että kyselyn vastauksia käsitellään luottamuksellisina ja tuloksia esitetään vain ryhmiä koskevana.

Haastattelut ottivat aluksi yleisellä tasolla kantaa siihen, miten Suomen tulisi kansainvälisessä toiminnassaan painottaa globaalin biopolitiikan viittä keskeistä tavoitetta. Haastateltuja pyydettiin jakamaan 100 tärkeyspistettä näiden ennakointihankkeessa tunnistettujen keskeisten tulevaisuushaasteiden välillä (Taulu 1).

Vastaamiseen johdateltiin toteamalla, että eri haasteet ovat korostuneet toimittaessa kansainvälisellä tasolla eri politiikkalohkoilla. Kehitysyhteistyöpolitiikassa on korostunut huono-osaisen paikallisen väestön hyötyminen ja viime aikoina myös enenevässä määrin ilmastopolitiikan ja biodiversiteetin haasteet. Varsinaisen ilmastopolitiikan kehittäminen on tapahtunut pääasiassa EU:n johdolla paljolti irrallaan kehitysyhteistyöpolitiikasta. Viennin edistämistä on taas usein tehty lähes pelkästään Suomen kansallisen hyötymisen eli pelkistämisen suomalaisten työllistymisen näkökulmasta. Painotustehdävää konkretisoitiin myös viittauksilla suomalaistaustaisten metsäyhtiöiden viimeaikaiseen toimintaan Brasiliassa ja Uruguayssa.

Taulu 10.3. Suomen globaalissa ympäristössä toteutettavan biopolitiikan keskeiset tavoitteet vuoteen 2030 jakaen 100 tärkeyspistettä viiden tavoitteen kesken

Hajonnan arviointia varten vastaukset on luokiteltu ryhmiin 0, 5-10, 15-20, 25-30, 35-40, 45-50 ja yli 50. Prosenttiluku kertoo niiden osuuden kaikista vastaajista, jotka poikkesivat kahdesta eniten kannatetusta vierekkäisestä ryhmästä.

	Arvioiden keskiarvo	Arvioiden mediaani	Arvioiden vaihteluväli	Arvioiden hajonta poikkeamina kahdesta eniten kannatetusta vierekkäisestä ryhmästä
1. Suomalaisten tai suomalais-taustaisten yhtiöiden toimien hyväksyttävyyden paikallisesta esimerkiksi brasilialaisesta näkökulmasta	15,60	15	5-60	12 %
2. Ilmaston muutoksen torjunta	24,45	22,5	10-50	33 %
3. Vaikutukset maailman ravintohuoltoon	20,00	20	10-40	31 %
4. Biodiversiteetin suojeleminen	17,30	15	5-50	12 %
5. Edullisuus Suomen kansallisten erityisalueiden (mm. suomalaisten työllisyyden) kannalta	22,65	20	0-65	50 %

Haastattelut korostivat globaalin biopolitiikan keskeisiä tavoitteita yllättävänkin samanpainoisesti käyttäen mittarina arvioiden keskiarvoja. Mediaanivastausten eli keskimmäisten vastaajien perusteella ilmastonmuutoksen torjunta oli tärkeimpänä pidetty pitkän tähtäimen tavoite. Heti sen tuntumassa olivat edullisuus Suomen kansallisten etujen eli lähinnä suomalaisten työllistymisen kannalta sekä maailman ravintohuolto. Astetta vähemmän tärkeiksi, mutta edelleen varsin olennaisiksi tulkittiin toiminnan biodiversiteetin suojeleminen sekä hyväksyttävyyden paikallisen väestön kannalta.

Vaikka arviot keskimäärin eivät kovin selvästi poikenneet toisistaan, yksittäisten vastaajien painotusten välillä oli erittäin suuria eroja. Siitä kertovat arvioiden laajat vaihteluvälit sekä vastausten haajaantuminen tasaisesti koko asteikolle erityisesti Suomen kansallisten erityisetujen korostamisen eli lähinnä kansallisen työllisyystavoitteen osalta.

Keskeinen selitys suurille eroille vastauksissa olivat haastateltujen erilaiset tulkinnat siitä, mikä on kriittisin tekijä pyrittäessä vaikuttamaan viiteen paljon toisiinsa kytkeytyvään tavoitteeseen. Erilaisien tulkintojen avaamiseksi haettiin perusteluja erityisesti niiltä, jotka korostivat poikkeuksellisen paljon jotakin tavoitetta. Seuraavassa esitetään näin kertyneitä perusteluja.

Paikallista hyväksyntää erityisesti korostaneet

- Maattomien ongelmaan ja kasvaviin kaupunkislummeihin kehitysmaissa on välttämättä saatava ratkaisut paikallisin ratkaisuin. Vain näin voidaan saada myös maailman ravinto-ongelmat ja ilmastonmuutos hallintaan ja turvata myös Suomen kansalliset edut.
- Tulee korostaa kunkin maan oikeutta päättää omista asioistaan. Tämä koskee yhtä lailla Brasiliata kuin Suomea. Niinpä keskeisen tärkeää on varmistaa kansainvälisellä areenalla toimittaessa paikallisen väestön hyväksyntä. On sovittava yhteen Suomen kansalliset ja paikallisen väestön edut niin, että myös ilmastonmuutos, maailman ravintohuolto ja biodiversiteetin suojeleminen otetaan huomioon.

Ilmastonmuutoksen torjuntaa erityisesti korostaneet

- Ilmastonmuutos on ihmiskunnan suurin yhteinen haaste, joka on ratkaistavissa vain määrätietoisella kansainvälisellä yhteistoiminnalla. Koska ilmastonmuutos koskee kaikkia, siitä voi tulla myös ihmiskuntaa yhdistävä projekti. Suomen kannattaa jo oman etunsa vuoksi olla kehityksen kärjessä teknologisten ja elämäntavallisten ratkaisujen kehittämisessä.
- Ilmastonmuutoksen torjunnan ja siihen liittyen biodiversiteetin turvaamisen tulee olla peruslähtökohta, kun toimitaan kansainvälisellä areenalla. Ravintohuollon maailmanlaajuinen turvaaminen on taas ihmisoikeus, josta ei pitäisi myöskään tinkiä tässä yhteydessä. Nämä tavoitteet on sovittava yhteen paikallisten olosuhteiden kanssa. Ympäristöteknologia ja vakava paneutuminen ympäristökysymyksiin on myös pitkällä tähtäimellä parasta kansallista politiikkaa. Tärkeää on herättää yksilötasolla vastuuntunnetta maailmanlaajusten ympäristö- ja ravinto-ongelmien ratkaisemisesta.
- Ilmastonmuutos on tärkein haaste. Ilmastonmuutos on olennaista asettaa selkeästi maailman ravintohuollon turvaamisen lyhyen tähtäimen korostamisen edelle, koska ilmastonmuutoksen torjunnan kannalta vain osa köyhimmistä on todella keskeisessä asemassa eli lähinnä ne, jotka tuhoavat metsiä. Kaikissa maissa on korostettava omaa pitkäjänteistä ravinnontuotantoa ja muuta biotuotantoa. Sillä turvataan sekä maailman ravintohuoltoa että sidotaan ilmakehästä kasvihuonekaasuja.
- Ilmastonmuutoksen torjuntaa korostamalla voidaan yhdistää keskeisen globaalin ongelman ratkaiseminen ja kansallinen pitkän tähtäimen etu erityisesti metsäsektorilla. Erityisen tärkeää on korostaa metsien kasvua ja puusta valmistettuja tuotteita tapana torjua ilmastonmuutosta. Ei tule hyväksyä sitä, että suomalaisen metsän kasvu pysähtyy ja siitä tulee pelkkä heikosti hyödynnetty hiilivarasto.
- Ilmastonmuutoksen torjunta tulee yhdistää paikallisen väestön tukemiseen ja ravinnon turvaamiseen sille. Näin toimien voidaan vaikuttaa myös ekologisten kriisien yhteen keskeiseen taustatekijään: väestön hallitsemattomaan kasvuun kehitysmaissa.

Maailman ravintohuoltoa erityisesti korostaneet

- Nälkäiset eivät motivoidu torjumaan ilmastonmuutosta. Ilman ravintohuollon samanaikaista turvaamista ilmastonmuutoksen torjunta koetaan kehitysmaissa helposti vain uudeksi keinoksi riistää niitä.
- Maailman ravintohuolto on vakavasti vaarantumassa, kuten FAO:n kokouksessa kesällä 2008 korostettiin. Maata on käytettävä sekä tropiikissa että Suomessa tehokkaammin. Myös geenimuuntelua tulee käyttää ravinnontuotannon tehostamiseen. Jos uutta peltoa raivataan paljon lisää, ilmasto-olosuhteet voivat muuttua ja kasvihuoneilmion etenemistä voi olla entistä vaikeampi estää.
- Ruuan tuotannossa olevia pelloja ei saa siirtää tuottamaan biopolttoaineita. Biopolttoaineiden tuotantoa tulee kohdistaa alueille, joilla ne eivät kilpaile ravinnon tuotannon kanssa mm. geenimuuntelua hyödyntäen.

Biodiversiteetin suojelua erityisesti korostaneet

- Perushaaste globaalissa biopolitiikassa on maaperän säilyttäminen hedelmällisenä. Tätä voidaan edistää välttämällä maaperän yksipuolista käyttöä ja edistämällä paikallisten lajikkeiden monipuolista viljelyä. Suomalaisten toimiessa maamme rajojen ulkopuolella biosektorilla on ennen kaikkea ratkaistava suuria globaaleja ongelmia eikä pidä pyrkiä hakemaan erityisetuja Suomelle. Ratkaisemalla globaaleja ongelmia Suomikin hyötyy.
- Maailman tärkein haaste on nyt trooppisten sademetsien säilyttäminen. Ne ovat keskeisiä ilmastotasapainon ylläpitäjiä maailmassa. Maailman ekologisen tasapainon kannalta on erittäin tärkeä säilyttää niiden monipuolinen lajisto. Hakattua sademetsää on erittäin vaikea palauttaa lajien runsaudessa alkuperäiselle tasolle. Erityisessä vaarassa ovat vuoristosademetsät.
- Suomessa on otettava johtotähdeksi vastuullinen maailmankansalaisuus. Ilmastonmuutos, maailman ravintohuolto ja lajien moninaisuuden säilyttäminen muodostavat kolme toisiinsa tiiviisti kytkeytyvää tavoitetta. Yhdessä tinkiminen johtaa väistämättä ongelmiin myös muissa.

Kansallisten etujen eli lähinnä suomalaisen työllisyyden turvaamista korostaneet

- Suomessa tapahtuva teollinen tuotanto ja maamme vienti ovat vakavassa kriisissä. Suomessa toimivat metsäyhtiöt ja tietotekniikan yhtiöt kyllä menestyvät maailmalla, mutta niiden toiminta tuottaa yhä vähemmän työpaikkoja Suomeen. Sellun ja paperintuotanto ovat poistumassa Suomesta, vaikka kyse on suhteellisen pienestä tuottoerosta muualla tapahtuvaan tuotantoon verrattuna. Onneksi tätä paikkaa jossain määrin metsäsektorin koneiden ja laitteiden valmistus sekä palvelujen vienti. Työllisyys Suomessa olisi nostettava politiikkamme keskiöön myös silloin, kun suomalaiset toimivat Brasiliassa ja muilla trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla.
- Suomessa tapahtuva teollinen tuotanto on kriisissä, jonka syvyyttä ei vielä kunnolla tajuta. Vaikka suomalaistaustaiset suuryhtiöt vähentävät työpaikkoja maastamme, ei kuitenkaan pitäisi rakentaa vastakkaisuutta niiden ja suomalaisen yhteiskunnan välille. Mikäli pidämme osaamistasomme kunnossa erityisesti avainalueillamme, meillä on mahdollisuus menestyä myös suomalaisten työllistäjinä. Metsäsektoriin liittyvä koneiden ja laitteiden valmistus sekä johtamiseen, neuvontaan ja huoltoon liittyvät palvelut voivat säilyä maassamme, vaikka sellun ja paperin valmistus vähenisivät Suomesta. On myös aktiivisesti etsittävä uusia menestystuotteita niin metsäsektorilta kuin muualta.
- Suomessa ei pidä toimia naivisti ilmastonmuutoksen torjunnassa. EU:n suuret maat toimivat

paikoin täysin epäjohdonmukaisesti ilmastonmuutoksen torjunnassa. Esimerkiksi Saksassa ruskohiilen käyttöä energialähteenä edelleen tuetaan. Kiina ja Ruotsi hankkivat maa-alueita kehitysmaista turvatakseen kansalliset etunsa biosektorilla.

- Jos muut maat eivät lähde aktiivisesti torjumaan ilmastonmuutosta, ei ole mielekäästä, että Suomi lähtee.

Eriäviä tulkinnat voidaan pelkistää seuraaviksi kiistakysymyksiksi:

- 1) Pitääkö torjua erityisesti ilmastonmuutosta, jotta maailman ruokahuolto tulisi turvatuksi vai pitäisikö päinvastoin mahdollisimman monille turvata ruoka, jotta he motivoituisivat myös ottamaan toiminnassaan huomioon ilmastonmuutoksen torjunnan?
- 2) Missä määrin ilmastonmuutoksen torjunta ja maailman ruokahuollon turvaaminen ovat yhdensuuntaisia tavoitteita? Pitääkö turvata ensisijassa niiden väestöryhmien ruokahuolto ja muu toimeentulo, jotka ovat tärkeitä ilmastonmuutoksen torjunnan kannalta?
- 3) Onko tärkeintä turvata erityisen olennaiset ekosysteemit kuten sademetsät?
- 4) Onko erityisen tärkeää antaa paikallisten päättää omien bioresurssiensa käytöstä?
- 5) Onko suomalainen tuotanto ja hyvinvointiyhteiskunta sellaisessa kriisissä, että ensisijassa on huolehdittava suomalaisten työllistymisestä ja toimeentulosta?

10.3 Miten maata tulisi käyttää maailman trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla?

Yleisen tason kannanottoja konkretisoitiin suhtautumisella erilaisiin maankäytön muotoihin maailman trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla ja erityisesti Brasiliassa ja Uruguayssa. Koska kysely tehtiin visiota silmälläpitäen, kyselyssä ei haettu ehdotuksia siitä kuinka toivottu kehitys maankäytössä voi toteutua.

Ensiksi haastatellun tuli arvioida, pitääkö hän tietyn maankäytön muodon lisääntymistä vuoden 2030 perspektiivillä toivottuna vai ei-toivottuna. Tämän jälkeen häntä pyydettiin arvioimaan asteikolla 0-10, kuinka voimaperäisesti kehitystä tulisi edistää hänen toivomaansa suuntaan. 0:lla asteikossa tarkoitetaan, että edistämällä ei ole väliä ja 10:llä että edistämisen tulisi olla erittäin voimaperäistä. Erityistä huomiota kiinnitettiin jälleen näkemysten perusteluihin varsinkin niiden osalta, jotka esittivät erityisen poikkeuksellisia kannanottoja.

Haastateltujen arviot koskien maankäyttöä on esitetty kahtena tauluna. Niistä toinen kuvaa kannanottoja liittyen plantaasiviljelyyn (agribisnekseen), pienimuotoiseen viljelyyn ja metsien suojeluun. Toisessa taulussa tarkastellaan lupaavimpia biopolttoaineiden tuotantotapoja trooppisissa ja subtrooppisissa maissa vuoden 2030 perspektiivillä. Arviot on tulkittu siten, että keskiarvoja laskettaessa ja mediaanivastaajaa määriteltäessä toimintamuotoa kannattavien tärkeyspisteet on laskettu positiivisiksi ja vastustavien negatiivisiksi.

Toisaalta kysymyksillä 1-4 ja toisaalta kysymyksellä 5 haettiin haastateltujen arvioita raportissa paljon korostetusta jännitteestä plantaasimuotoisen tehoviljelyn sekä työllistävän ja nykyisin niukan toimeentulon takaavan pienimuotoisen viljelyn välillä. Vastaajat asettuivat yhtä haastateltua lukuun ottamatta tukemaan pienimuotoista viljelyä. Suhtautuminen oli pääsääntöisesti erittäin positiivista, mistä kertoo mediaaniarvio 8. Puolueiden välillä ei ollut systemaattisia eroja positiivisuudessa. Muutamat muista poikkeavat kannanotot voidaan tulkita yksilöllisistä näkemyksistä johtuviksi.

Plantaasiviljelyä, joka johtaa maaseudun pienviljelijöiden siirtymiseen kehitysmaissa nopeasti kasvaviin kaupunkeihin ja niiden slummeihin, pidettiin yleisesti hyvin huolestuttavana kehityssuuntana. Katsottiin, että väestön lisääntyessä ja automaation edetessä kehitysmaiden kaupungeista tuskin

löytyy riittävästi mielekästä työtä. Sosiaaliset ongelmat todennäköisesti kärjistyvät miljoonakaupunkien slummialueilla, vaikka ruuan tuotanto plantaasiviljelyllä tehostuisi.

Taulu 10.4. Arviota plantaasiviljelystä (agribisneksestä), pienimuotoisesta viljelystä ja metsien suojelusta vuoden 2030 perspektiivillä

Hajonnan laskemista varten vastaukset on luokiteltu ryhmiin 10–8, 7-5, 4-2, 1- (-1), -2 - (-4), -5- (-7) ja -8 – (-10). Prosenttiluku kertoo niiden osuuden kaikista vastaajista, jotka poikkesivat kolmesta eniten kannatetusta ryhmästä.

	Arvioiden keskiarvo	Arvioiden mediaani	Arvioiden vaihteluväli	Arvioiden hajonta poikkeamina kolmesta eniten kannatetusta vierekkäisestä ryhmästä
1. Eukalyptusplantaasit	-5,1	-5	2 – (-10)	17 %
2. Mäntyplantaasit	1,4	4	9 – (-7)	35 %
3. Suurimittakaavainen ja pitkälle koneellistettu ravintokasvien monokulttuuri- viljely (mm. soija)	-1,1	-3	8 – (-10)	35 %
4. Plantaasit lihakarjan kasvatuksessa	- 0,6	-1	8 – (-10)	52 %
5. Pienimuotoinen, moniin toisiaan täydentäviin kasvilajeihin ja ihmistyöhön olennaisesti perustuva viljely.	7,7	8	10 – (-1)	4 %
6. Korvausten maksaminen paikalliselle väestölle siitä, että he suojelevat metsiä ja erityisesti sademetsiä (REDD –menettely)	7,8	8	10 - 5	0 %

Monet korostivat erityisesti tarvetta lisätä puutarhatyyppisen pienimuotoisen tuotannon tehokkuutta. Jotkut mainitsivat geenimuuntelun mahdollisuudet pienimuotoisen tuotannon tehostajana. Muutamat viittasivat raportin jaksossa 6.10. tarkasteltuun 1960-luvun ja 1970 –luvun Vihreään Vallankumoukseen, joka pelasti Intian nälänhädältä. Monet jakoivat ”Vihreän vallankumouksen isäksi” kututun M. S. Swaminathanin näkemyksen, että nälänhädältä Intiassa voidaan nyt välttyä vain yhdistämällä pienimuotoisuus uuden geenitekniikan mahdollisuuksiin. Tämän yli 80-vuotiaan gandhilaisen kasvinjalostajan ajatuksia ja hänen kasvinjalostuslaitoksensa toimintaa on käsitelty raportin jaksossa 6.10. ja niihin palataan jaksossa 11.6 ja päivitettyissä Millennium-skenaarioissa. Yksi haastateltu korosti sitä, että pienimuotoisella viljelyllä voidaan saavuttaa suurtuotannon etuja, mikäli pienviljelijät toimivat yhdessä tai ovat suuren toimittajan sopimusviljelijöitä. Tilaajien vastuullisuuden lisääminen esimerkiksi sertifiointimenettelyin nousee näissä tapauksissa keskeiseksi.

Muutamat haastatellut olivat kuitenkin sitä mieltä, että pienviljelyn tehostaminen voi olla vaikeaa. Tätä korosti varsinkin vastaaja, joka arvioi pienimuotoisen viljelyn lisääntymisen lievästi negatiiviseksi kehityskuluksi. Tuottavuuden lisääminen plantaasiviljelyllä on hänen mielestään parempi ratkaisu.

Plantaasiviljelyn muodoista eukalyptus-plantaaseihin suhtauduttiin keskimäärin kielteisemmin. Vain kaksi haastatelluista esitti näiden plantaasien lisääntymisen lievästi positiiviseksi kehitykseksi. Kielteistä näkemystä eukalyptusplantaaseihin perusteltiin niiden kilpailulla pienimuotoisen viljelyn kanssa, eukalyptuksen runsaalla yhä niukentuvien vesivarojen käytöllä sekä kilpailulla sellun raaka-aineena koivun kanssa. Viljelyn etuina mainittiin mahdollisuus sitoa viljelmillä hiiltä sekä työllistyminen Suomessa korjuukoneiden sekä uusien sellu- ja paperitehtaiden laitteiden valmistuksessa.

Haastatellut suhtautuivat mäntyplantaaseihin selvästi eukalyptusplantaaseja myönteisemmin. Sekä vastausten keskiarvo että mediaani olivat mäntyplantaasien lisääntymiselle lievästi myönteisiä. Näkemykset tosin hajosivat enemmän kuin eukalyptuksen tapauksessa. Puolueiden välillä ei ollut keskimääräisissä kannoissa selviä eroja. Erot kannoissa puolueiden sisällä olivat sen sijaan varsin suuria. Mäntyplantaasien eduksi verrattuna eukalyptukseen arvioitiin varsinkin mäntylviljelmien ja niistä valmistettavien tuotteiden mahdollisuudet sitoa kasvihuonekaasuja.

Kielteisissä kannoissa mäntylviljelmiin korostui yleinen kriittisyys plantaasiviljelyä kohtaan. Epäiltiin myös trooppisen männyn ja siitä valmistettavien tuotteiden voivan kilpailla raaka-aineena Suomen tulevaisuuden menestystekijäksi kaavailun puutuotteiden viennin kanssa. Jotkut olivat myös sitä mieltä, että suomalaista selluntuotantoa ei kuitenkaan pelastaisi se, että eukalyptuksen viljelystä siirryttäisiin enemmän männyn viljelyyn. Muutamien mielestä suomalainen koivu on pysyvästi menettänyt kilpailukykynsä sellun raaka-aineena. Näin arveltiin olevan erityisesti, koska paperin käyttö jatkuvasti vähenee uuden tietotekniikan ja internetin vuoksi.

Suurimittakaavaista ravinnontuotantoa tarkasteltiin erityisesti viitaten laajoihin glyfosaatin käyttöön perustuviin soija- ja maissiviljelmiin Brasiliassa ja muualla trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla. Suhtautuminen ravintokasvien agribisnes –viljelyyn jakoi varsin paljon mielipiteitä, vaikka enemmistö suhtautui siihen vähintään lievän negatiivisesti. Keskeinen peruste negatiiviseen arvioon oli kielteinen vaikutus työllistävään ja perustoimeentulon antavaan pienviljelyyn. Pienviljelijöiden ahdingon katsottiin edistävän sademetsien hävittämistä ja maaseutuväestön siirtymiseen kaupunkien slummeihin. Sullivan kannan perusteluna oli ennen kaikkea yhä kasvava ruuan tarve maailmassa. Jotta myös kaupunkien lisääntyvä väestö voitaisiin tulevaisuudessa ruokkia, tarvitaan tätä näkemystä edustaneiden mielestä tehotuotantoa.

Lihakarjan kasvatuksen plantaasit jakoivat mielipiteet lähes tasan kannattajiin ja vastustajiin. Lihakarja on ollut maapinta-alan käyttäjänä ylivoimaisesti tärkein maatalouden muoto Brasiliassa ja Uruguayssa. Kielteisemmin karjan kasvatukseen suhtautuneet korostivat voimakkaasti tarvetta rajoittaa lihan kulutusta maailmassa. Vapauttamalla maata paljon vettä ja muita resursseja vaativasta lihantuotannosta luodaan edellytyksiä muulle biotuotannolle. Jotkut katsoivat, että Suomella on tulevaisuudessa karjankasvatuksessa runsaiden vesivarojensa ja ilmastomuutoksen vuoksi nopeammin kasvavien nurmiensa vuoksi etu puolellaan verrattuna tropiikin maihin ja erityisesti Brasiliaan.

Myönteisemmin karjankasvatukseen suhtautuva kokivat lihakarjan kasvattamisen Etelä-Amerikan perinteiseksi ja vakiintuneeksi tuotantomuodoksi, joka ei paljon kuluta luonnon resursseja. Osa myönteisesti suhtautuvista oli kuitenkin sitä mieltä, että myös karjankasvatuksen tehostaminen Etelä-Amerikassa olisi maailman ravintotilanteen kannalta positiivista kehitystä.

Sademetsien tuhoaminen ja ottaminen viljelykäyttöön jatkuu monista päinvastaisista lupauksista huolimatta Brasiliassa ja Indonesiassa voimakkaana.. Jotta tämä toiminta loppuisi, on ehdotettu että kehittyneet maat kompensoisivat ns. REDD -ohjelman muodossa sen hyödyn, jonka sademetsiä tuhoavat maat saavat tästä toiminnasta. Tällaisen suojeleohjelman käynnistämistä ja korvausten maksamista haastatellut pitivät lähes yksimielisesti hyvin tarpeellisina. Tässä haastatellut tulivat samaan

lopputulokseen kuin Kööpenhaminan vuoden 2009 ilmastokokous. Sen harvoja selkeitä viestejä oli voimakkaan tuen antaminen REDD –prosesseille. Erityisen hyvänä pidettiin menettelyä, jossa sademetsiä omistavien suostumuksella sademetsiä kestäväällä tavalla hyödyntäville maksetaan siitä, että he jatkavat kestäväen kehityksen mukaista hyödyntämistä ja suojelevat metsiä niiden laittomilta hakkuilta. Jotkut esittivät kuitenkin epäilyksiään REDD -menettelyn toimivuudesta vielä lähitulevaisuudessa.

10.4 Suhtautuminen kasvinjalostuksen eri muotoihin

Raportissa ja haastatteluissa perinteiseksi kasvinjalostukseksi tulkittiin kasvien kehittäminen risteyttämällä kasveja, jotka ovat ulkoisilta ominaisuuksiltaan (fenotyypiltään) toisiaan täydentäviä (raportin jakso 5.1). Perinteiseen jalostukseen on luettu myös kasvien lisääminen paitsi siementen avulla myös kasvullisesti. Perinteisessä jalostuksen kasvullisessa lisäämisessä ei kuitenkaan käytetä lisääntymistä tukevia kemikaaleja.

Uutta biotekniikkaa edustavaksi kasvinjalostukseksi on raportissa ja haastatteluissa tulkittu kasvien lisääminen yksittäisistä soluista liuoksessa, jossa kasvua on edistetty erilaisilla kasvua edistävillä kemikaaleilla kuten entsyymeillä (ns. mikrokasvatus). Uuteen biotekniikkaan on luettu myös luonnosta löydettyjen tai risteyttämällä tuotettujen kasvien perimän tutkiminen niiden DNA:ta lukien (raportin jaksot 6.3.–6.4). Kolmanneksi uuden biotekniikan muodoksi on tulkittu geneettinen muuntelu eli geenien tai toisen lajin perimää vastaavan DNA:n siirtäminen lajiin, johon tätä geeniä tai ainesta ei ole kyetty siirtämään risteytyksin (raportin jaksot 6.5.–6.10).

Perinteistä kasvinjalostusta edustaa nykyisin selkeimmin luomuviljely. Sen harjoittajat torjuvat geneettisen muuntelun ja katsovat geneettisesti muunnellun kasvin risteytymisen luomuviljelyssä käytetyn kasvilajin kanssa geneettiseksi saastumiseksi. Tämän ”saastumisen” välttämiseksi luomuviljelijät ovat vaatineet laajoja turva-alueita viljelmiensä ja potentiaalisesti luomulajikkeiden kanssa risteytyvien geneettisesti muunneltujen kasvien välille. Sen ohella, että luomuviljelyssä on kielletty keinolannoitteet ja suojeluaineiden käyttö rikkaruohojen torjunnassa, myös kasvien alkiokasvatukseen entsyymejä käyttäen on suhtauduttu torjuen. DNA-tietoa on sen sijaan alettu käyttää luomuviljelynkin piirissä kasvavassa määrin.

Nykyistä suomalaisen kasvinjalostuksen pääsuuntaa edustaa ennen kaikkea Boreal Kasvinjalostus Oy, joka tuo jatkuvasti uusia Suomeen soveltuvia peltokasvien lajimuunnoksia Suomen markkinoille (raportin jakso 5.2). Yhtiö soveltaa kaikkia uuden biotekniikan muotoja geenimuuntelua lukuun ottamatta. Se kehittää uusia lajikkeita edelleen vain risteytyksin ja mikrokasvatuksen menetelmin. Sekä EU-lainsäädännön vuoksi että taloudellisista syistä Boreal Kasvinjalostus OY ei ole tuonut Suomen markkinoille geneettisesti muunneltua kasvia. Tosin geneettisesti muunneltua teollisen tarkkelyksen tuotantoon tähtäävää perunalajia on koeviljelty Suomessa.

Haastatelluilta haettiin ensinnäkin kantaa turva-alueilla geenimuuntelulta suojeltuun luomuviljelyyn. Kolmea poikkeusta lukuun ottamatta haastatellut suhtautuivat positiivisesti luomuviljelyn suojaamiseen turva-alueilla. Yksi poikkeavista vastusti luomuviljelyä erittäin kiivaasti katsoen sen nojautuvan tieteen vastaisiin argumentteihin. Toisen mukaan sen tehokkuus ei ole riittävää. Pääministeri Vanhasen esittämä ajatus koko Suomen määrittämisestä GMO -vapaaksi alueeksi jakoi mielipiteitä. Haastatelluille esitetyllä tulkinnalla, että ratkaisulle tärkeysarvion 9 tai 10 antaneet edustivat Vanhasen esittämää kantaa, runsas kolmannes vastaajista oli tällä kannalla. Puolueista kannattajia oli eniten Suomen Keskustassa ja Vihreissä.

Toiseksi pyydettiin kantaa nykyisin Boreal Kasvinjalostus Oy:n edustamaan jalostuskäytäntöön. Tähän toimintamalliin kukaan ei suhtautunut kielteisesti ja enemmistö haastatelluista hyvin myönteisesti. Tästä kertoo mediaaniarvo 8 ja vastausten pieni vaihteluväli.

Taulu 10.5. Kasvien viljelyn ja kehittämisen menetelmät vuoden 2030 perspektiivillä

Hajontaa laskettaessa vastaukset on luokiteltu ryhmiin 10-8, 7-5, 4-2, 1- (-1), -2 - (-4), -5- (-7) ja -8 - (-10). Prosenttiluku kertoo niiden osuuden vastaajista, jotka poikkesivat kolmesta eniten kannatetusta vierekkäisestä ryhmästä.

	Arvioiden keski-arvo	Arvioiden mediaani	Arvioiden vaihteluväli	Arvioiden hajonta poikkeamina kolmesta eniten kannatetusta vierekkäisestä ryhmästä
1. Laajoilla suoja-alueilla tai geenimuuntelusta vapailla alueilla ”geenisaasteelta” suojattu luomuviljely	5,5	7	10 – (-10)	18 %
2. Perinteisten risteytysmenetelmien käyttö kasvien jalostuksessa tuettuna geenien DNA:n siirtymisen seurannalla ja lisäten kasvia kasvullisesti (kloonaamalla)	6,6	8	10 - 3	0 %
3. Nykyisin käytössä olevat harvat mutta laajasti viljeltyt geenimuuntelulla suoja-aineita kestäväksi jalostetut kasvit (erityisesti glyfosaattia sietävä soija) tai suoja-aineita tuottavat kasvit (erityisesti <i>Bt</i> -puuvilla)	-0,5	-2	10 – (-9)	45 %
4. Vuoden 2030 osaamisella valmistettavat tauteja, kuivuutta, suolaisuutta ja ravinteiden niukkuutta paremmin geenimuuntelulla kestävät monenlaiset kasvit.	3,9	5	10 – (-8)	23 %
5. Geenimuuntelu rehujen valmistuksessa	1,7	4	10 – (-10)	48 %
6. Geenimuuntelu bioenergian ja bioöljyjen tuotannossa (erityisesti levät, sokeriruoko, jatrofa ja pohjoiset energiapuut)	3,2	6	10 – (-10)	29 %

Kasvien geenimuuntelu vuoden 2030 perspektiivissä eriteltiin neljään sovelluskokonaisuuteen. Suhtautuminen kasvien geenimuuntelun eri muotoihin jakoi jyrkästi haastateltujen mielipiteet. Kiihkein vastustaja torjui kaikki sovellustavat vähintään -6:n tasoisella arviolla. Toisaalta ainakin yksi kiihkeimmistä kannattajista nosti kunkin geenimuuntelun muodon tärkeydessä 10:n arvoiseksi. Kiihkeimmät puolustajat näkivät geenimuuntelussa keskeisen ratkaisumallin maailmaa uhkaavaan ravintokriisiin ja ilmastomuutoksen torjuntaan. Joillekin vastustajille se puolestaan näyttäytyi suurena uhkana mm. lajien moninaisuudelle.

Kyselytjen geenisovellutusten ensimmäisen ryhmän muodostivat jo laajassa käytössä Yhdysvalloissa, Etelä-Amerikassa, Intiassa ja Kiinassa olevat sovellukset jatkokehittelyineen. Ne liittyvät rikkaruohojen torjunta-aineiden (varsinkin glyfosaatin) kestävyys (ks. jakso 6.7.) sekä kasvien kykyyn suojella itseään tuottamallaan kemikaaleilla tuhohyönteisiltä (mm. *Bt* -puuvilla). Monsanto –yhtiö on pitkään hallinnut näiden geenimuunneltujen kasvien kehittämistä ja markkinoita. Haasta-

telluille ei mainittu maailman vehnäntuotantoa nyt vakavasti uhkaavaa ruostesienen muunnosta Ug99 (ks. jakso 6.7), jota on torjuttu paitsi risteytyksin myös geenimuuntelulla.

Suhtautuminen tähän ensimmäisen sukupolven geenimuuntelun muotoon jakoi varsin jyrkästi mielipiteitä puolue ryhmien sisällä mutta melko vähän puolue ryhmien välillä. Koko aineistossa mediaanivastaaja oli lievästi kielteinen tälle viljelymuodolle. Yksi vahvaa kielteistä kantaa edustanut haastateltu piti nykyisten *Bt* -myrkkyä tuottavien GM -lajikkeiden erityisenä ongelmana kestävien hyönteiskantojen kehittymistä.

Toisen mahdollisen vuoden 2030 geenimuuntelun käyttömallin esikuvana oli varsinkin intialaisen M. S. Swaminathanin näkemykset, joita on tarkasteltu raportin jaksossa 6.10. Toimintamalli sisälsi myös sen tässä raportissa esitetyn aineiston pohjalta varsin uskottavan lähtökohdan, että geenien luonta ja niiden vaikutusten tulkinta edistyy erittäin paljon vuoteen 2030 mennessä. Näin on mahdollista ratkaisevasti keventää geenimuuntelun hyväksymismenettelyä ainakin työnsä tulokset avoimesti julkaisevilta yleishyödyllisiltä yhteisöiltä. Geenimuuntelua voitaisiin soveltaa Swaminathanin mukaan laajasti erilaisiin nyt huonosti kannattaviin kohteisiin ja erityisesti erilaisiin paikallisiin kasvimuunnoksiin. Näin sovellutukset voivat laajentua rikkaruohojen, kasvitautilien ja tuhohyönteisten torjunnasta kasvien parempaan sopeutumiseen kasvu ympäristöönsä. Paremmalla kuivuuden, suolaisuuden ja eri ravinteiden niukkuuden kestävyydellä kasvit eivät paranna ratkaisevasti kilpailukykyään suhteessa toisiin kasveihin. Tulos näkyy voimavarojen vähäisempänä käyttönä tuotoksen yksikköä kohti.

Haastateltujen asenteet olivat varsin myönteisiä vuoden 2030 pienimuotoiseen ja monipuoliseen viljelyyn soveltuvaa geenimuuntelua kohtaan. Kaikkien haastateltujen mediaaniarvio oli 5. Muutama vastaaja oli kuitenkin paremmankin tiedon varassa tehtäviin sovelluksiin nähden varsin kriittinen. Yksi vastaaja arvioi jopa tarjotun vuoden 2030 mallin yhtä kielteiseksi kuin suoje luaineita kestävät, mutta tiukan hyväksyttämisseulan läpikäyneet lajikkeet.

Kannat geenimuunteluun rehujen valmistuksessa jakautuivat melko tasan puolesta ja vastaan kuitenkin niukalla kannattajien enemmistöllä. Jälleen puolue ryhmät jakautuivat monissa tapauksissa siis lähes tasan kannattajiin ja vastustajiin.

Geenimuuntelun käyttö lieene hyvin olennaista tulevaisuudessa, mikäli biopolttoaineista halutaan kehittää kilpailukykyisiä tuotteita. Keskimäärin geenimuuntelun käyttöön bioenergian tuotannossa suhtauduttiin varsin positiivisesti, mistä kertoo mediaaniarvio 6.

Suomessa mahdollisesti vuonna 2030 tuotettavat kulkuneuvojen biopolttoaineet kilpailevat todennäköisesti erityisesti maailman trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla tuotetun biopolttoaineen kanssa. Lupaavimmiksi raaka-aineiksi tropiikkiin biopolttoaineille vuonna 2030 on tässä raportissa arvioitu levät, sokeriruoko ja jatrofa -kasvi (raportin jaksot 9.2.- 9.4). Biopohjaisten polttoaineiden valmistamisen teknisiä ja taloudellisia mahdollisuuksia Suomessa on käsitelty jaksossa 9.5.

Haastateltuja pyydettiin arvioimaan, onko tropiikkiin kolmen lupaavan biomateriaali käyttö positiivista kehitystä ja kuinka aktiivisesti käyttöä tulisi edistää tai vastustaa. Käytetty asteikko oli sama kuin edellä maankäytön muotoja tarkasteltaessa.

Taulu 10.6. Biopolttoaineiden kolme valmistustekniikkaa trooppisissa ja subtrooppisissa maissa: toivottavuus ja tarve vaikuttaa.

Hajontaa laskettaessa vastaukset on luokiteltu ryhmiin 10–8, 7-5, 4-2, 1- (-1), -2 - (-4), -5- (-7) ja -8 – (-10). Prosenttiluku kertoo niiden osuuden vastaajista, jotka poikkesivat kolmesta eniten kannatetusta vierekkäisestä ryhmästä.

	Arvioiden keskiarvo	Arvioiden mediaani	Arvioiden vaihteluväli	Arvioiden hajonta poikkeamina kolmesta eniten kannatetusta vierekkäisestä ryhmästä
Levien kehittäminen biopolttoaineiden tuotantoon	0,4	2	7 – (-7)	35 %
Sokeriruohon viljely bioetanolin tuotantoon	4,3	5	10 – (-5)	17 %
Jatropan viljely biodieseliä ja mahdollisesti karjan rehuksi	5,5	6	8 – (-2)	4 %

Kuten jaksossa 9.2 todettiin, erityisesti Yhdysvallat ovat panostamassa voimakkaasti leviin bioenergian lähteenä. DOE (U.S. Department of Energy) on esittänyt arvion, että levistä tuotettu biopolttoaine voisi korvata kaiken Yhdysvalloissa käytetyn öljypohjaisen polttoaineen. Suurista lupauksista huolimatta levän kasvatuksessa biodieselin tuotantoon on kuitenkin vielä paljon ongelmia. Osa ongelmista liittyy levien kasvattamisen teknologiaan. Paljon vakavampia ovat riskit, jotka liittyvät tehokkaasti lisääntyvän levän hallitsemattomaan leviämiseen luonnossa. Raportin jaksossa 9.2 varoitettiin erityisesti suolaisessa lämpimässä vedessä aikaisempaa olennaisesti tehokkaammin lisääntyvästä levästä.

Haastatellut arvioivat levän suuret mahdollisuudet ja riskit suunnilleen yhtä painaviksi päätyen keskimäärin lievästi levien käyttöä korostavaan kannanottoon. Arviot mahdollisuudesta välttää riskien laukeaminen vaihtelivat kuitenkin suuresti. Tästä kertoo vastausten suuri hajonta. Tosin kukaan ei esittänyt kovin jyrkkiä kantoja levien puolesta tai vastaan.

Sokeriruoko on kasvilaji, jonka kehittämisessä biopolttoaineiden lähteeksi voidaan erityisen paljon hyötyä geenien siirrosta. Sokeriruokoa on käsitelty raportissa esimerkkinä sellaisista polyploidisista kasveista, joita on äärimmäisen vaikeaa kehittää perinteiseen tapaan risteyttämällä. Muita tähän ryhmään kuuluvia kasveja ovat mm. banaani, kahvi ja puutarhamansikka. Raportin jaksoissa 6.6. ja 9.3. on seikkaperäisesti kuvattu niitä mahdollisuuksia, joita geneettinen muuntelu tarjoaa sokeriruohon kehittämiseksi. Nämä tarkastelut auttavat ymmärtämään, miksi sokeriruohon geenimuunnelluilla lajikkeilla etanolin tuotantoa on kokeiluissa voitu merkittävästi lisätä. Lisäys on ollut jopa yli 50 % verrattuna perinteisiin lajikkeisiin.

Haastatellut suhtautuivat sokeriruokoon biopolttoaineiden lähteenä yleisesti ottaen varsin positiiviseksi. Tästä kertoo arvioiden mediaani 5. Ryhmien mediaaniarviot asettuivat välille 5-7 vihreiden edustajien kielteistä kantaa lukuun ottamatta. He ja muutama muu vastustivat sokeriruokoa tulevaisuuden biopolttoaineena juuri geenimuuntelun vuoksi. Muita perusteita vastustaa sokeriruokoa olivat sen kilpailu maankäytöstä muiden varsinkin ravinnoksi käytettyjen lajikkeiden kanssa. Myös kilpailu suomalaisten biopolttoaineiden kanssa mainittiin.

Jatropa on viisimetriseksi kasvava pensas, joka sietää hyvin kuivuutta ja esimerkiksi suolaista tai emäksistä maaperää. Sen tarjoamia mahdollisuuksia biopolttoaineena on tarkasteltu raportin jaksossa 9.4. Monet asiantuntijat ovat pitäneet jatropaa yhtenä lupaavimmista kasveista dieselajoneuvoissa käytettävän biopolttoaineen tuottamiseksi, koska se mahdollistaa laajojen hyvin heikosti hyödynnettyjen maa-alueiden käytön. Tutkimusten mukaan jatropan satoisuus riippuu kuitenkin ratkaisevasti veden riittävästä, vaikka toki moniin muihin kasveihin verrattuna varsin kohtuullisesta saannista. Sen on myös syytetty kilpailevan pienimuotoisen viljelyn kanssa varsinkin Intian kuivilla alueilla. Kaikki haastatellut yhtä lukuun ottamatta suhtautuivat positiivisesti Jatropan viljelyn lisääntymiseen. Hän epäili, voiko jatropalla tuottaa taloudellisesti biopolttoainetta.

10.5 Vuoden 2030+ visio ja strategisia linjauksia suomalaisten toiminnalle biosektorilla maamme rajojen ulkopuolella

Seuraava kiteytys visioksi vastannee melko hyvin haastateltujen kansanedustajien keskimääräistä näkemystä siitä, kuinka viittä keskeistä tavoitetta tulisi painottaa kun suomalaiset toimivat biosektorilla maamme rajojen ulkopuolella:

Ilmastonmuutos on ihmiskunnan suurin yhteinen haaste kehitykselle vuoteen 2030. Tähän vuoteen mennessä ihmiskunnan tulee löytää yhteinen kestävä ratkaisu ilmaston lämpenemiseen. Haasteeseen on vastattava tavalla, joka ei johda työllisyyden ja toimeentulon olennaiseen heikkenemiseen Suomessa eikä nälkäkatastrofiin missään maailman maassa. Myös lajien moninaisuuden eli biodiversiteetin suojeleminen ja kehityksessä asuvien olosuhteiden parantaminen ovat tärkeitä tavoitteita.

Kansanedustajaneelin mediaanivastaajan strategisiksi linjauksiksi edettäessä kohti tätä vuoden 2030 ydinvisiota voidaan tulkita seuraavat:

- 1) Trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla on erityisesti suosittava pienimuotoista, moniin toisiaan täydentäviin kasvilajeihin ja ihmistyöhön olennaisesti perustuvaa viljelyä. Näin edistetään kehitysmaiden köyhien ruokaturvaa ja estetään slummien muodostumista suuriin kaupunkeihin. Tavoitetta tulee edistää turvaamalla paikallisten kasvilajien moninaisuus. Tässä on hyödynnettävä nopeasti lisääntyvää bio- ja geenitekniikan osaamista mukaan lukien geenimuuntelu. Näin paikallisia lajikkeita saadaan paremmin kestämiin tauteja, kuivuutta, suolaisuutta ja ravinteiden niukkuutta.
- 2) Tulee suhtautua varauksellisesti glyfosaattia kestäviin ja *Bt* -myrkyä tuottaviin geenimuunneltuihin lajikkeisiin ja näihin lajikkeisiin perustuviin laajoihin viljelmiin Brasiliassa ja muualla trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla. Nykyisillä geenimuunnelluilla lajikkeilla voidaan lisätä tuotantoa, mutta viljelyn yksipuolistumiseen liittyy suuria ekologisia ja sosiaalisia riskejä.
- 3) Laajoihin koneelliseen korjuuseen ja glyfosaatin runsaaseen käyttöön perustuviin eukalyptusviljelmiin tulee suhtautua kriittisesti. Ne käyttävät runsaasti vettä vesiniukoilla alueilla ja heikentävät maaperää. Vastuullisesti toteutettuina viljelmät voidaan kuitenkin hyväksyä myös sillä perusteella, että eukalyptuspohjaisen sellun valmistus lisää suomalaisten tuotteiden ja palvelujen kysyntää. Globaalin kestävä kehityksen kannalta ja Suomen kansallisesta näkökulmasta on ongelmallista, että eukalyptus korvaa pohjoisten metsien kuitupuuta. Erityisesti ilmastonmuutoksen torjunnan vuoksi trooppisen männyn lisääntyvä viljely on toivottavampaa kuin eukalyptuksen viljelyn lisääntyminen.

4) Lisääntyvä lihan kysyntä maapallolla muodostaa suuren ongelman niukentuvien makean veden varojen ja ravinteiden vuoksi. Valtaosa soijan nopeasti lisääntyneestä tuotannosta käytetään eläinten rehuksi. Erityisesti fosforin saanti saattaa muodostaa suuren ongelman vuonna 2030. Myös karjan aiheuttamat suuret metaanipäästöt muodostavat ongelman. Mikäli karjaa kasvatetaan olosuhteissa, missä se ei vaaranna paikallisten vesiresursseja eikä perustu runsaaseen lisäravinteiden käyttöön, se on hyväksyttävää.

5) Luomuviljely on yksi erityisen hyvin Suomelle soveltuva tapa harjoittaa kestävän kehityksen mukaista maataloutta. Ammattitaitoa luomuviljelyssä on kuitenkin kehitettävä sekä viljelymenetelmien että kasvinjalostuksen osalta hyödyntäen entistä enemmän tietoa kasvien perimästä.

6) Biopolttoaineiden kehittämisessä puun selluloosa ja ligniini muodostavat periaatteessa hyvin lupaavan lähteen. Voi kuitenkin osoittautua, että biopolttoaineen valmistus puusta ei ole kilpailukykyistä vielä vuonna 2030. Geeniosaamisen varassa kehitettävät levät, sokeriruoko ja jatropa -kasvi voivat osoittautua paremmiksi vaihtoehdoiksi. Levien geenimuunteluun liittyy kuitenkin erittäin suuria ympäristöriskejä.

11 YK:n Millennium Ecosystem Assessment -hankkeen päivitetty skenaariot tulevaisuuskarttana²

11.1 Alkuperäiset YK:n Millennium Ecosystem Assessment –hankkeen skenaariot

Vuonna 2001 käynnistyi YK:n pääsihteerin aloitteesta Millennium Ecosystem Assessment –hanke (www.millenniumassessment.org). Ennakointihankkeeseen osallistui yli tuhat tutkijaa eri puolilta maailmaa ja sen lähtökohtina olivat 34 arviota kehityksestä eri puolilla maailmaa. Vuosina 2001–2005 toteutetun arviointiprosessin tavoitteena oli erityisesti arvioida globaalin ekosysteemin muutosten vaikutuksia ihmisten hyvinvointiin sekä luoda tieteellistä perustaa toimenpiteille, jotka edistävät ekosysteemien säilymistä ja käyttöä kestäväällä tavalla ihmisen hyvinvoinnin edistämiseen (Carpenter ym. 2005).

Arvioinnin tuloksena muodostettiin neljä vaihtoehtoista skenaariota maailman biosektorin kehityksestä. Tuhansia sivuja raporttitekstiä skenaarioiden laadinnan pohjaksi tuottanutta -hanketta voi pitää yhtenä kaikkien aikojen perusteellisimmista skenaarioprosesseista. Usein näin laajat hankkeet tuottavat varsin lattean lopputuloksen, koska ne pyrkivät tasapuolisesti yhdistämään hyvin erilaisia näkemyksiä ja arvopohjia. Mielestäni Millennium Ecosystem Assessmentin skenaariot ovat kuitenkin varsin hyvin vältäneet tämän massiivisten ennakointiprosessien ansan. Tuotetut skenaariot avaavat kiintoisia tulevaisuuden vaihtoehtoisia näkymiä vielä viisi vuotta valmistumisensa jälkeenkin.

Toki skenaarioita on tarpeen tulkita uudelleen viimeaikaisen kehityksen valossa. Skenaarioiden tekijät eivät joko tunnistanee ilmaston muutoksen vakavuutta tai he pitivät pikaista tarttumista siihen epätodennäköisenä. Tämän tekee ymmärrettäväksi se, että presidentti Bushin hallinto kiisti ilmastomuutoksen ihmisperäisyyden ja vasta kansainvälisen ilmastopaneelin IPCC:n vuoden 2007 ra-

² Luku on Osmo Kuusen kirjoittama

portti ja hälyttävät tiedot napajäätiköjen sulamisesta nostivat ilmastonmuutoksen selvästi kansainvälisen yhteistoiminnan ytimeen. Vain yhdessä neljästä Millennium Ecosystem Assessment skenaariorossa maailma selkeästi vuoden 2010 vaiheilla sitoutui yhteiseen vuoteen 2050 tähtäävään ilmasto-
politiikkaan (Carpenter ym. 2005 s. 362). Myöskään maailman ravintohuollon ei tulkittu olevan kovin vakavissa ongelmissa ja biopolttoaineiden valmistuksen pelloilla ei koettu vakavasti uhkaavan maailman ravintohuoltoa. Vuoden 2007 ruokakriisin jälkeen skenaariot olisi varmasti kirjoitettu osin toisin.

YK:n puitteissa tehtyinä skenaariot olivat myös kaikkiin suuntiin ”kohteliaita”. Ne eivät nimeä mitään maata tai tahoja selkeästi keskeiseksi ongelmien aiheuttajaksi. Myös suuria jännitteitä luovia kiistakysymyksiä vältetään. Vaikka monessa yhteydessä varsin kiitettävällä ja jopa rohkealla tavalla puhutaan geenimuuntelusta tapana nostaa biotuotannon tuottavuutta, monessa yhteydessä tämä mahdollisuus häveliäästi peitetään yleiseen puheeseen biotuotannon tuottavuuden kasvusta. Tällaiseen varovaisuuteen ei ole katsottu olevan samaa tarvetta, kun tässä raportissa päivitetään Millennium Ecosystem Assessment -skenaarioita.

Millennium Ecosystem Assessment -hankkeen metodologia ansaitsisi tulla perusteellisesti tarkasteluksi. Siinä yhdistettiin monipuolisesti skenaarioiden laadinnan kvalitatiivisia ja globaalin kehityksen mallintamisen kvantitatiivisia menetelmiä. Tässä yhteydessä kuitenkin tyydytään luonnehtimaan tehtyjä metodologisia ratkaisuja muutamalla lyhyellä viittauksella ja lainauksella raporttitek-
nistä. Raportissa kuvattiin kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen aineksen liittymistä toisiinsa seuraavasti (Carpenter ym. 2005 s.149):

Two essential activities within the overall scenario development framework were the formulation of alternative scenario storylines and their quantification. These two elements were designed to be mutually reinforcing. The development of scenario storylines facilitates internal consistency of different assumptions and takes into account a broad range of elements and feedback effects that are either difficult to quantify or for which no modelling capability exists, or both. Based on initial storylines, the quantification process helps to provide insights into those processes where sufficient knowledge exists to allow modelling, and to take into account the interactions among the various drivers and services.

Millennium Ecosystem Assessment –hankkeen skenaariot tehtiin vuoden 2050 perspektiivillä eli tässä mielessä ne rinnastuvat hyvin valtioneuvoston tulevaisuusselonteon skenaarioihin (Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko 2009). Skenaarioiden sisällölliset ytimet hahmottuivat toisaalta laajalla kyselyllä, joka kohdistui tutkimuksen potentiaalsiin käyttäjiin. Tärkeimmiksi aineistoiksi skenaarioiden perusideoiden tunnistamisessa osoittautui kuitenkin avainpaneeliksi valittujen 59 kansalaisjärjestöjohtajan, tiedemiehen, yritysjohtajan ja julkisen sektorin edustajan haastattelut. Heistä 33 % oli kotoisin Yhdysvalloista, 25 % Euroopasta, 15 % Afrikasta, 12 % Etelä-Amerikasta ja 10 % Aasiasta (Carpenter ym. 2005 s. 123-124). Kuten myöhemmin todetaan, yhdysvaltalainen vaikutus näkyy arvioinnissa paitsi suhtautumisessa ilmastonmuutokseen myös ns. Washingtonin konsensuksen toimintaperiaatteiden korostuksena. Raportti kuvasi haastattelujen merkitystä skenaarioiden perusideoiden hahmottelun kannalta seuraavasti(Carpenter ym. 2005 s.126):

We identified four clusters of beliefs that embrace most of the fears, hopes, and expectations for the future that were encountered in the interviews and the statements of user needs.

Many leaders felt that the future would bring increased emphasis on national security, leading to greater protection of borders with associated consequences for economic development and changes in direct drivers of ecosystem services. Other respondents felt that the future could, or should, bring greater emphasis on fair, globally accepted economic and environmental policies, as well as greater attention by governments to public goods. Some interviewees pointed to the prospect of technology for managing ecosystem services with greater efficiency. Still others found hope in local adaptive capacity for flexible, innovative management of socioecological systems. The future may well involve a mix of these perspectives.

Neljä yllä kuvattua politiikkapainotusta yhdistettiin muodostetuissa skenaarioissa erityisesti kahteen tulevaisuusajuriin: pitkäjänteisyys tai ennakoivuus ympäristöongelmien ratkaisemisessa ja se missä määrin ongelmia ratkaistaan globaalisella yhteistoiminnalla. Yhdistellen kahden tulevaisuusajurin kahta päävaihtoehtoa päädyttiin seuraaviin skenaariopolkujen perusratkaisuihin (vertaa Carpenter ym. 2005 s.227).

Taulu 11.1. Skenaarioiden peruslinjaukset kahden keskeisen tulevaisuusajurin muodostamassa kehikossa

	Ympäristöongelmien ennakkoiva ratkaiseminen	Ympäristöongelmien reagoiva ratkaiseminen
Ongelmien ratkaiseminen globaalina yhteistoimintana	Ympäristöteknologian voimalla (TechnoGarden TG) Pitkäjänteisen toiminnan perustana on ympäristöarvojen taloudellisen ja muun merkityksen globaali tiedostaminen ja vahva usko mahdollisuudesta vaikuttaa niihin uudella teknologialla. Ympäristöarvot hinnoitellaan ja standardoidaan paikallisesti ja globaalisti.	Maaailman yhteispeli (Global Orchestration GO) Kansainvälisessä yhteistoiminnassa panostetaan erityisesti talouskasvuun ja inhimilliseen pääomaan. Ympäristöongelmien uskotaan ratkeavan niiden ilmaantuessa, kun vain panostetaan teknologiseen kehitykseen, koulutukseen, terveydenhuoltoon ja toimiviin infrastruktuureihin.
Ongelmien ratkaiseminen paikallisesti	Sopeutuva mosaiikki (Adapting Mosaic AM) Yritykset hallita globaaleja mm. ympäristöongelmia eivät kunnolla onnistu. Ongelmia ratkaistaan osaamiseen ja tietoverkkoihin perustuvassa järjestöjen globaalissa vuorovaikutuksessa paikallisesti paikallista väestöä voimauttaen.	Vahvojen ehdoilla (Order from Strength OS) Ympäristöongelmat jäävät hoitamatta, kun huomio keskittyy rikkaissa maissa kansallisen turvallisuuden kysymyksiin ja kansallisten etujen turvaamiseen. Köyhät maat kamppailevat mm. riittävän ravinnon turvaamisen kanssa.

Skenaariot perustuvat toteutuneeseen kehitykseen vuoteen 2004 mennessä. Esimerkiksi vuoden 2008 kaltaista talousromahdusta ei sisälly mihinkään skenaarioista. Tosin skenaariossa Vahvojen ehdoilla on aineksia, jotka sopivat hyvin yhteen investointipankkien ja yhdysvaltalaisen luotto-luokituslaitosten seurauksista piittaamattoman itsekkään toiminnan kanssa.

Skenaarioiden perustoimintamalleja luonnehdittiin seuraavalla taululla (Carpenter ym. 2005 s.227)

Taulu 11.2. Neljää skenaariota luonnehtivat keskeiset piirteet (Carpenter ym. 2005 s.227)

<i>Skenaarion nimi</i>	<i>Päätävät edistää kestävä kehitystä</i>	<i>Talouden toimintaperiaatteet</i>	<i>Sosiaali-politiikan pääkohteet</i>	<i>Johtavat yhteiskunnalliset organisaatiot</i>
Maailman yhteispeli (Global orchestration GO)	Sosiaalinen kestävyys, talouskasvu, julkiset hyödykkeet	Reilu kauppa tulleja poistamalla. Maailmanlaajuiset julkishyödykkeet.	Terveysten ja koulutuksen edistäminen maailmanlaajuisesti	Monikansalliset yritykset, maailmanlaajuiset kansalaisjärjestöt
Vahvojen ehdoilla (Order from Strength OS)	Suojellut alueet ja rakennukset, puistot, kansalliset suojeluratkaisut	Alueelliset kaupapblokit, markkintilismi	Turvallisuus	Monikansalliset yritykset
Sopeutuva mosaiikki (Adapting Mosaic AM)	Alueellinen osallistava itsehallinto, omistusta osuuskunnilla	Ei olennaisesti laajenevaa vapaa-kauppaa. Kaupan paikallinen säätely, ei-kaupallinen toiminta	Paikalliset yhteisöt maailmanlaajuisesti linkittyen. Tasa-arvo paikallisesti	Osuuskunnat, globaalit organisaatiot
Ympäristöteknologian voimalla (Techno-Garden TG)	Vihreä teknologia, ekotehokkuus, myytävät päästöoikeudet	Tullien alentaminen, varsin vapaa hyödykkeiden pääoman ja ihmisten liikkuvuus. Ekologisten omistusten globaalit markkinat	Tekninen osaaminen arvostettua, kilpailuvuus, avoimuus	Kansainväliset asiantuntijajärjestöt, maailmanlaajuiset kansalaisjärjestöt

Skenaariotarinat ovat ammattitaidolla tehtyjä myös siinä mielessä, että kullakin tarinalla katsottiin olevan sekä hyvät että huonot puolensa. Ne on esitetty seuraavassa taulussa (Carpenter ym. 2005 s. 230, 239, 245 ja 257)

Taulu 11.3. Neljän skenaarion etuja ja riskejä

Skenaarion nimi	Skenaarion etuja	Skenaarioon liittyviä riskejä
Maailman yhteispeli (Global orchestration GO)	Vaurautta ja tasa-arvoa tehok- kaampien maailman- markkinoiden ansiosta Vauraus lisää kiinnostusta ja mahdollisuutta edistää hyvää ympäristöä Maailmanlaajuinen toimintojen koordinaatio	Maailman ympäristöongelmat voivat kasvaa nopeammin kuin niihin rea- goidaan Lisääntyneet ongelmat biosektorilla kohdistuvat erityisesti köyhiin Reagoiva toiminta kalliimpaa kuin ennakoiva toiminta
Vahvojen ehdoilla (Order from Strength OS)	Turvallisuuden lisääntymistä sulkeutuvissa rikkaissa maissa ja niiden kontrolloimissa maissa Ei paljon rajojen yli leviäviä tau- teja Paikallisten ekosysteemien säi- lyminen Elinkeinot suojeltuja ulkopuoli- selta kilpailulta	Epätasa-arvoa, aliravitsemusta ja va- paudenriistoa köyhissä maissa Eriarvoisuuden luomaa turvattomuut- ta Ympäristön tilan heikkenemistä, kun köyhät maat ylikäyttävät resurssejaan ja lisäävät päästöjä Talouskasvun hidastuminen kun köy- hät maat köyhtyvät ja rikkaat eivät löydä markkinoita tuotteilleen
Sopeutuva mosaiikki (Adapting Mosaic AM)	Tehokas sopeutuminen paikalli- sin toimin Paikallisten ekosysteemien ke- hittäminen kaikkia paikallisia asukkaita hyödyttävien tavoin Vahvat kansalliset ja kansainvä- liset verkostot, jotka rakennettu ”alhaaltapäin”	Maailmanlaajuisen ratkaisujen edut puuttuvat Eriarvoisuuteen ei kiinnitetä huomiota Vähemmän talouskasvua kuin mah- dollista, kun kansainvälinen kauppa vähäisempää Talouskasvu kärsii, koska enemmän resursseja tuotannon johtamiseen
Ympäristöteknologian voimalla (TechnoGar- den TG)	Ympäristön ja talouden hyöty- minen voidaan yhdistää Ympäristöpalvelut voidaan tuot- taa siellä, missä se on edullisinta Yhteisöt toimivat luontoa kunni- oittaen ja hyödyntäen	Epäonnistumiset teknologioiden so- veltamisessa voivat johtaa suuriin haittoihin (esim. GM -levien hallitse- maton leviäminen) Alkuperäisen luonnon tuhoutuminen ”puistoutumisen” edetessä Alkuperäisen luonnon häviäminen johtaa liian yksinkertaisiin tulkintoi- hin ekosysteemien toiminnasta

Peruslinjoiltaan skenaariokehikko tai globaalin biosektorin tulevaisuuskartta vaikuttaa edelleen varsin toimivalta. Kuten edellä todettiin, skenaarioihin on kuitenkin liitetty myös ajattelumalleja, joita ei tuoreimman kehityksen perusteella voi pitää perusteltuina. Kyseenalaisia tulkintamalleja voi tunnistaa tarkastelemalla keskeisille tulevaisuutta määritteleville tekijöille (tulevaisuusajureille) annettuja kehitysarvioita eri skenaarioissa (Carpenter ym. 2005 s. 297-330).

11.2 Alkuperäisten Millennium skenaarioiden keskeisiä ajureita

Osaaminen ja teknologian kehitys

Inhimillisen pääoman määrä ja teknologian kehityksen nopeus ovat keskeisiä ajureita skenaarioissa. Osaamisen ja teknologian kehitys oletetaan nopeimmaksi Maailman yhteispeli –skenaariossa, mistä myös seuraa skenaariossa muita skenaarioita nopeampi tulojen ja tuottavuuden kasvu vuoteen 2025 saakka (Carpenter ym. 2005 s. 311). Ympäristöteknologian voimalla – skenaario tavoittaa Maailman yhteispeli –skenaariota tuottavuudessa varsinkin vuoden 2050 jälkeen. Sopeutuva mosaiikki- ja Vahvojen ehdoilla –skenaarioissa tuottavuus jää pysyvästi jälkeen Maailman yhteispeli ja Ympäristöteknologian voimalla –skenaarioista.

Skenaarioissa ennakoitaan monikansallisilla yhtiöillä olevan hallussaan teknologioita, jotka voivat nostaa tehokkaasti elintasoa lähivuosikymmeninä. Talouden avoimuuden päätellään edistävän teknistä kehitystä kuten luonnollisesti myös panostuksen koulutukseen. Paikallisiin olosuhteisiin sopeutetut ratkaisut eivät skenaarioiden laatijoiden mukaan riitä kompensoimaan avoimuuden puutetta. Näin voi päätellä siitä, että Sopeutuva mosaiikki -skenaariossa tuottavuuden kasvu tulkitaan hitaaksi. Pitkällä tähtäimellä kuitenkin skenaarioissa panostukset vihreään teknologiaan johtaisivat skenaarioiden tausta-ajattelun mukaan nopeaan talouskasvuun. Yksi tärkeäksi nostettu tekijä tässä on luonnon resurssien hinnoittelu. Ympäristöteknologian voimalla –skenaariossa mm. asteittain käyttöönottettava hinta vedelle edistää sen tehokasta käyttöä. Monikansallisiin yrityksiin perustuva talouskasvu hiipuu skenaarioissa vuoden 2050 vaiheilla.

Yllä esitetty tulkinta teknologisen kehityksen luonteesta vastaa melko paljon ajattelutapaa, josta on käytetty nimeä ”Washingtonin konsensus” (vrt. Tihiainen ym. 2004 s.66). Vuonna 1989 John Williamson, joka toimi ekonomistina Institute for International Economics -ajatuspajassa, kiteytti Washingtonissa toimivien Maailman valuuttarahaston (IMF), Maailmanpankki ja Yhdysvaltojen valtiovarainministeriön yhdessä edustaman politiikan seuraaviksi teeseiksi (englanninkielinen Wikipedia ”Washington Consensus”, 12.12.2009):

- Kurinalainen rahapolitiikka
- Julkisten varojen suuntaaminen tuotannolle annetuista tuista kasvua tukeviin palveluihin eli peruskoulutukseen, perusterveydenhuoltoon ja infrastruktuurin kehittämiseen
- Veropohjan laajentaminen ja rajaveroasteiden alentaminen
- Markkinoilla määräytyvä korkotaso, joka on korkeampi kuin inflaatio
- Kilpailun kautta määräytyvä vaihtokurssi
- Tuonnin vapauttaminen, erityisesti määrällisten rajoitusten poistaminen, kaupan suojeleminen ainoastaan tasoltaan matalilla ja yhtenäisillä tulleilla
- Ulkomaisten suorien investointien vapauttaminen
- Valtionyhtiöiden yksityistäminen
- Sääntelyn purkaminen lukuun ottamatta turvallisuuteen ja kuluttajansuojaan liittyvää sääntelyä sekä rahapolitiikan sääntelyä
- Omistusoikeuksien turvaaminen

Tarkastelluista skenaarioista ”Maailman yhteispeli” –skenaario nojaa selkeimmin Washingtonin konsensuksen ajattelumalliin. Muissa skenaarioissa periaatteita vastaan enemmän tai vähemmän rikotaan. Kahdessa skenaariossa tämä tapahtuu siksi, että yhteistoiminnasta maailman maiden kesken ei pystytty sopimaan. Ympäristöteknologian voimalla –skenaariossa Washingtonin konsensuksen toimintaperiaatteita rikotaan ilmastonmuutoksen torjumiseksi ja ekosysteemien suojelun vuoksi.

Tuottavuuden kasvun kannalta tämä tulkitaan pitkällä tähtäimellä onnistuneeksi ratkaisuksi osittain myös siksi, että skenaariossa korostetaan Washingtonin konsensuksen mukaisesti omistajien määrityä luonnon resursseille. ”Hinta maksetaan” kuitenkin tässäkin skenaariossa ensimmäisten vuosikymmenien varsin hitaana tuottavuuden kasvuna.

Viime vuosien kehitys ei tue näkemystä, että Washingtonin konsensuksen kaikki toimintaperiaatteet ovat talouskasvun kannalta edullisia. Vielä selkeämmin tällainen johtopäätös voidaan tehdä yhteiskunnallisen tasa-arvon näkökulmasta. Selvä tuore peruste kiistää Washingtonin konsensuksen toimintaperiaatteita on ollut Kiinan nopea talouskasvu. Washingtonin konsensuksen vastaisesti Kiina on aktiivisesti rajoittanut tuontia ulkomailta sekä säädöksiin että pitämällä valuuttansa arvoa alhaisena. Valtion omistamilla yhtiöillä on ollut selkeä kasvua tukeva merkitys ja niitä on käytetty kansallisten tavoitteiden edistämiseen. Yksi Washingtonin konsensuksen keskeinen osatekijä on kuitenkin ollut ratkaiseva: ulkomaisten suorien investointien edistäminen on ollut Kiinan teknologisen uudistumisen ja kasvun kannalta avainasemassa.

Monet Afrikan, Latinalaisen Amerikan ja Aasian maiden taloudet, jotka ovat yksityistäneet talouttaan ja eivät ole rajoittaneet tuontia, ovat menestyneet varsin huonosti. Näiden maiden kokemusten perusteella kaupan esteiden poistaminen sekä suurten yritysten ja monokulttuuri-maatalouden suosiminen on hyvin vaikeaa yhdistää tulo- ja varallisuuserojen tasaamiseen ja varsinkaan työttömyyden torjuntaan. Krooninen työttömyys suurten kaupunkien slummeissa on yhä polttavampi ongelma.

Millennium Ecosystem Assessment –hankkeen skenaarioiden muodostamalla tulevaisuuskartalla yksi reitti hahmottuu erityisen lupaavaksi: maataloustuotteiden vapaakauppa. Skenaariot viestivät voimakkaasti vapaakaupan suuria etuja. Maailma ei kuitenkaan ole taipunut kartan houkutteluun. Maailman yhteispeli -skenaarion ajattelumallin vastaisesti biotuotteiden maailmankaupan vapauttamisessa ei ole edistytty maailman melko yhteistyöhaluisesta ilmapiiristä huolimatta. WTO:n Dohan kierroksen neuvotteluissa maatalouskaupan vapauttamisessa ei juuri ole edetty. Tosin EU ja Yhdysvallat ovat pyrkineet vapauttamiseen kahdenvälisin sopimuksin yksittäisten maiden tai maa-ryhmien kanssa. Kiina on myös vapauttanut maatalouskauppaansa aasialaisten naapureidensa ja erityisesti Intian kanssa. Perushaasteeseen eli korkeisiin tukiin rikkaiden maiden maanviljelijöille ei ole ollut kuitenkaan halukkuutta puuttua. Vuoden 2009 alussa EU:n keskimääräinen tullitaso maataloustuotteille oli 17,9 % eli yli nelinkertainen muihin tuotteisiin verrattuna. Lihalle tulli oli keskimäärin 29,7 %; maitotuotteille 33,2 %; sokerille ja sokerituotteille 35,7 % ja viljatuotteille 49,4 % (Zahrnt 2009).

Kiintoisan kannanoton maataloustuotteiden vapaakauppaan kehitysmaiden ja erityisesti Intian näkökulmaksi on vastikään esittänyt Vihreän vallankumouksen ja nyttemmin Ikivihreän vallankumouksen ”Grand Old Man” M. S. Swaminathan kommentoidessaan kesän 2009 kuivuuskatastrofia Intiassa (Swaminathan 2009):

Enormous support is given to farmers in the United States or Europe, otherwise farming will not be viable there. All over the world support is both needed and given, otherwise farming becomes highly risky, which is why it requires proper insurance, proper credit, and assured remunerative marketing. In India, which has 25% of the world's farmers, only 7% of farmers are insured. So when the crops fail, they have no way to repay the loan. That is why farmer suicides take place.

Vuoden 2008 talouskriisi nosti maailman finanssimarkkinoiden ja kulutuskysynnän säätelyn keskeisessä hengessä keskeiseksi toimintaperiaateeksi, mikä myös sotii monia Washingtonin kon-

sensuksen toimintaperiaatteita vastaan. Finanssikriisin yhteydessä kritiikkiä on kohdistettu erityisesti finanssisektorilla jaettuihin ruhtinaallisiin bonuksiin, joista valtiot hyötyvät vain vähän verotulojen muodossa. Washingtonin konsensukseen kuulunut matalien verokantojen politiikka on joutunut kovan arvostelun kohteeksi.

Paitsi valtioiden tasolla ”Washingtonin konsensuksen” Globaali Projekti on herättänyt erityisesti ruohonjuuritasolla jatkuvaa vastarintaa. Se sai jo 1990-luvun lopulla mm. ”Just say No” –liikkeen muodon. Globaalia Projektia vastustaessaan liike kääntyi ylipäättään kaikkea modernia vastaan (Corbridge 1998, Kyllönen 2009)

Just say ”No” is a political strategy that takes its cue from Gramsci and Gandhi, as well as from Illich and Wendell Berry. The downtrodden ’social majorities’ of the South are invited to stand firm against the disciplinary regimes of the Global Project. Instead of buying into the myth of development, they are asked to resist ’the plague of economic thinking’, ’the certainty of economic rationality’, and the insidious AIDS-like spread of consumerism and cultural genocide. Just saying ’No’ means stepping outside the project. Having stepped outside the diseased circles of Modernity, Science, Reason, Technology, Westernisation, Consumption, the Nation-State, Globalisation and Development, the peoples of social majority can then make and rule their own lives at the grass-roots. The key to a good life would seem to reside in simplicity, frugality, meeting basic needs from local soils, and shitting together in the commons. (Corbridge 1998, 140.)

Lievemmassä muodossa kuin ”Just say No” –liike monet kansanliikkeet ja kehitysväestöryhmät ovat yhdistäneet teknologisen kehityksen ja varsinkin geenitekniikan kehittämisen suuryrityksiin ja niiden monokulttuuriviljelyyn. Tällaista ajattelutapaa edustaa tässä raportissa ekotaloudeksi nimetty tuotantomalli, jota Markus Kröger esittelee jakson 11.6. koonnoksessa. Millennium Ecosystem Assessmentin skenaarioista varsinkin Sopeutuvan mosaiikin skenaarioon on yhdistetty tällaista ajattelutapaa.

Oletuksia liittyen tuotannon ja kulutuksen kasvuun sekä kasvun vaikutuksiin ympäristöön ja maailman väestökehitykseen

Carpenter ym. (2005) mukaan talouskasvun ja ympäristön kestävä käytön välille ei ole muodostettavissa yksinkertaista yhteyttä. Näin on, vaikka jossain määrin pätee ns. käännetyn U:n hypoteesi. Sen mukaan talouskasvun varhaisessa vaiheessa luonnon resurssien käyttö on vähäistä, käytön kasvu on erittäin nopeaa talouskasvun varhaisvaiheessa ja kääntyy taas vähäisemmäksi tulojen ollessa korkeita. Riippuvuuden moniselitteisyyden vuoksi talouskasvun ja luonnonresurssien käytön suhdetta on mielekäästä tutkia skenaarioiden avulla.

Millennium Ecosystem Assessmentin skenaarioissa tulot henkeä kohti kasvoivat aikavälillä 2000-2050 2-4 kertaisiksi. Tuotannon volyymien ennakoitiin samana aikana kasvavan 3-6 kertaiseksi. Nopein talouskasvu liitettiin Maailman yhteispeli - skenaarioon eli periodilla 2010-2050 noin 2,8 % vuodessa. Hitaimman kasvun Vahvojen ehdoilla - skenaariossa vuotuiseksi kasvuksi oletettiin noin 1,1 %.

Millennium Ecosystem Assessmentin -skenaarioissa maailman väkiluku vaihteli vuonna 2050 vajaan 10 miljardin (Vahvojen ehdoilla) ja noin 8 miljardin (Maailman yhteispeli) hengen välillä. Keskeinen tulkinta oli käännteinen liittyminen koko väestön vaurastumiseen. Perusteena väestön vakiintumiselle alle 10 miljardiin skenaarioissa oli se, että väestön vuotuinen kasvu aleni maailmas-

sa 1960-luvun lopun 2,1 %:sta vuoden 2000 1,35 %:in. Aasiassa ja Latinalaisessa Amerikassa syntyvyys synnyttäjää kohti lähes puolittui periodista 1970-75 (5,06 ja 5,03) periodiin 1995-2000 (2,72 ja 2,72). Korkean tulotason maissa syntyvyys on aikavälillä 1995-2000 jäänyt keskimäärin selvästi alle uusiutumistason 2.0. Afrikassa syntyvyys on kuitenkin säilynyt korkeana. Aikaisemmalla periodilla se oli 6,71 ja myöhemmällä 5,22. Väestönkasvua Afrikassa on rajoittanut muita maanosia tuntuvasti alempi eliniän odote mm. AIDS -epidemian vuoksi. Väestönkasvun oletettiin skenaarioissa kohdistuvan varsinkin köyhiin kaupunkikeskuksiin Saharan eteläpuolisessa Afrikassa, Etelä-Aasiassa ja Lähi-Idässä. Maailman väestön arvioitiin ikääntyvän. Ikääntyminen ennakoitiin nopeaksi, ei vain kehittyneissä maissa, vaan myös monissa kehitysmaissa.

Ravinnon tuotanto skenaarioissa

Yksi keskeinen tema Millennium Ecosystem Assessmentin skenaarioissa on ravinnon tuotannon ja ravintohuollon kehitys maailmassa. Vuoden 2007 globaalia ruokakriisiä ei ollut vielä koettu skenaarioiden laadinnan aikoihin, mikä osaltaan selittää sitä, että kaikissa skenaarioissa ruuan tuotanto henkeä kohti ennakoitiin suuremmaksi vuonna 2050 kuin vuonna 2005.

Maailman yhteispeli –skenaariossa tulojen kasvun kaikkialla maailmassa ennakoitiin voimakkaasti lisäävän ruuan kysyntää erityisesti siksi, että ruokavaliot muuttuvat skenaariossa kaikkialla maailmassa enemmän lihaa käyttäviksi. Kasvituotantoa käytetään skenaariossa yhä enemmän eläinten ravinnoksi. Maata käytetään viljelyyn olennaisesti tehokkaammin tutkimuksen ja infrastruktuuri-investointien ansiosta Vain Saharan eteläpuolisessa Afrikassa on skenaariossa tarpeen lisätä peltoalaa. Sen sijaan keinokastellun viljelysmaan määrä kasvaa skenaariossa noin 10 % aikavälillä 2005-2050. Maata käytetään sen sijaan lisääntyvässä määrin karjankasvatukseen ja biopolttoainien tuotantoon. Keskeinen piirre skenaariossa on voimakkaasti kasvanut maataloustuotteiden kauppa. Tonnimäärän kasvuksi kaupassa oletetaan 240 % periodilla 2005-2050. Kaupan kasvuksi liha-tuotteissa oletetaan jopa 675 %, mikä selittyy myös kaupan matalalla lähtötasolla. Vievän alueena on erityisesti Etelä-Amerikka.

Maailman yhteispeli -skenaariossa vuonna 2050 karjasta saatavat tuotteet ja riisi ovat vuotta 2005 halvempia. Karjanrehuksi käytetyn maissin hinta ennakoidaan skenaariossa sen sijaan vuonna 2050 korkeammaksi. Tässä skenaariossa aliravittujen lasten määrä laskee nopeasti ollen jo vuonna 2020 noin 25 % vuoden 2005 tasoa alhaisempi. Vuoteen 2050 mennessä laskuksi oletetaan 60 %. Aliravittuja lapsia olisi näin vuonna 2050 65 miljoonaa. Tämä on kaikista skenaarioista suurin alenema.

Vahvojen ehdoilla –skenaariossa ruokittavana on skenaarioista suurin väkiluku vuonna 2050. Tässäkin skenaariossa ruuan tuotannon henkeä kohti ennakoidaan kuitenkin olevan korkeampi vuonna 2050 kuin 2005, mutta on vain 83 % Maailman yhteispeli –skenaariosta. Tuotannon kasvun ennakoidaan perustuvan viljelyalan noin 20 % kasvuun, koska investoinnit sadon parannuksiin ovat vähäisiä ja ravintotuotteiden kauppaa haittaavat kaupan esteet. Viljelyalaa lisätään kaikkialla trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla. Näillä alueilla peltoalan lisäys on 40 % luokkaa.

Vahvojen ehdoilla –skenaariossa kallistuvasta ruuasta joutuvat kärsimään erityisesti köyhien maiden köyhimmät. Korkeiden paikallisten hintojen ja ylituotannon markkinoinnin vuoksi maailman-kauppa kuitenkin lisääntyy tonnimääräisesti 185 % 2005-2050 kaupanesteistä huolimatta. Aliravittujen lasten määrä kasvaa noin 20 % vuoteen 2020 mennessä, minkä jälkeen tilanteen oletetaan jonkin verran helpottuvan. Kasvu vuonna 2050 on 10 % vuoden 2005 tasosta. Aliravittujen lasten määräksi vuonna 2050 ennakoidaan 184 miljoonaa. Kehittyneiden maiden kansalaiset ja köyhien maiden hyväosaiset eivät kärsi ruokapulaa vaan monipuolistavat ruokavaliotaan.

Sopeutuvan Mosaiikin skenaariossa tuottavuuden ja tulojen oletetaan myös kasvavan hitaasti, mutta kehityksen paikallinen hyvä hallinta näkyy melko hitaana väestönkasvuna. Ruuan paikallisen tuotannon oletetaan vaativan uusien viljelymaiden ottamista käyttöön kuten Vahvojen ehdoilla skenaariossa, Maata otetaan runsaasti viljelykäyttöön varsinkin Saharan eteläpuolisessa Afrikassa, mutta satoja lisäävä keinokasteltu alue ei lisäännä merkittävästi. Tuottavuuden hitaan kasvun vuoksi ruusta on jatkuvaa pulaa, mikä nostaa ruuan hintaa ja vaikeuttaa köyhimpien ruokaturvaa.

Sopeutuvan Mosaiikin skenaariossa ruokaa joudutaan ostamaan maailmanmarkkinoilta kaupan esteistä huolimatta ruokaturvan takaamiseksi niin, että ruokakaupan kasvu on tonnimääräisesti 185 % 2005-2050. Keskeisten viljelykasvien tonnihinnat nousevat reaalisesti noin 50 % samana periodina. Aliravittujen lasten määrän tulkitaan kasvavan noin 15 % vuoteen 2020 mennessä, minkä jälkeen tilanteen oletetaan jonkin verran helpottuvan. Alenema vuonna 2050 on noin 15 % vuoden 2005 tasosta. Aliravittujen lasten määräksi oletetaan vuonna 2050 145 miljoonaa.

Ympäristötekniikan voimalla –skenaariossa talouskasvu etenee hitaammin kuin Maailman yhteispeli -skenaariossa mutta avautuvien talouksien ansiosta tasaisena maailman eri osissa. Hieman ristiriitaisesti yleisesti matalan tuottavuuden kasvun oletukseen nähden kuitenkin todetaan, että skenaariota luonnehtivat maataloustekniikan innovaatiot ja satotasojen paraneminen. Yksi selitys saattaisi olla innovaatioita edistävien uudistusten eli ennen kaikkea keskeisten luonnonresurssien omistusoikeuksien asteittainen käyttöönotto. Verrattuna Vahvojen ehdolla skenaarioon tilannetta helpottaa myös hitaampi väestönkasvu. Tässä skenaariossa ravinnon tuotannon kasvu suuntautuu myös vähemmän lihan kulutukseen, mikä vähentää painetta uusien viljelymaiden käyttöönottoon. Tämä myös vähentää maataloustuotteiden maailmankaupan määrää ja erityisesti sen arvoa. Maailmankaupan määrälliseksi kasvuksi oletetaan kuitenkin 180 % 2005-2050.

Ympäristötekniikan voimalla –skenaariossa uutta maaperää otetaan viljelykäyttöön vielä vähemmän kuin Maailman yhteispeli –skenaariossa. Tässäkin skenaariossa viljelysmaata otetaan kuitenkin lisää käyttöön Saharan eteläpuolisessa Afrikassa. Aliravittujen lasten määrä säilyy skenaariossa suunnilleen vuoden 2005 tasolla vuoteen 2020, mikä perustuu Maailman yhteispeliä hitaampaan tuottavuuden kasvuun tarkastelukauden alkuvuosina. Seuraavina vuosikymmeninä aliravittujen lasten määrä laskee noin 35 % vuoden 2005 tasosta ollen vuonna 2050 105 miljoonaa.

Maailman ravinnon tuotannossa kalalla on ollut kasvava rooli pyyntimäärien ja kalan kasvatuksen lisääntymisen vuoksi. Kalaravinnon terveellisyys nauttii myös sen osuutta ainakin varakkaiden kansojen ruokavaliossa. Kalan tuotantosektori on kuitenkin kriisissä, koska pyyntimäärät ylittävät kalojen lisääntymisen valtamereissa ja suurissa järvissä. Ratkaisevaa kalan tulevan tuotannon kannalta on kalan kasvatuksen tehostuminen ja lisääntyminen. Tässä taas kohdataan rehun hankinnan haasteet viljeltäville kaloille. Millennium Ecosystem Assessmentin –skenaarioissa kalan kulutuksen henkeä kohti ennakoitiin keskimäärin säilyvän lähellä nykytasoa eli saaliin kasvun vastaavan suunnilleen väestönkasvua vuoteen 2020. Kalan kulutuksen ennakoitiin seuraavan yleistä linjaa ravinnon kulutuksessa skenaarioiden välillä vaihdellen Maailman yhteispeli- skenaarion 17,3 kg/henkilö Vahvojen ehdoilla skenaarion 14,8 kg. Koska kalan tuotannon kannalta on erityisen tärkeä sopia kalojen uusiutumisen turvaavista kiintiöistä, erojen voisi ennakoida kasvavan varsin suureksi yhteistyöhön ja ei-yhteistyöhön perustuvien skenaarioiden välillä. Tähän ei kuitenkaan ole päädytty Millennium Ecosystem Assessmentin laskelmissa (ks. Carpenter ym. 2005 s. 341).

Miten viime vuosien kehitys on vastannut vuonna 2005 julkaistuja skenaarioita? Kuten edellä jo todettiin, maailman maatalouskaupan vapauttaminen on edennyt hitaasti, vaikka kehitys maailmassa varsinkin viime aikoina on ollut melko yhteistyöhenkistä. Luvussa 7 Sirpa Kurppa on monipuolis-

ti käsitellyt ravinnon tuotannon viime vuosien kehitystä maailmassa. Erityisesti hän on tarkastellut ruuan tuotannon tulevia mahdollisuuksia Suomessa pitäen vertailukohteena ruuan tuotannon mahdollisuuksiin trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla. Erityisesti lihakarjan (varsinkin broileri ja siat) kasvatukseen käytettävän soijan tuotanto on lisääntynyt erittäin nopeasti. Lihan kulutus on lisääntynyt nopeasti viime vuosina erityisesti Kiinassa eli tässä suhteessa kehitys on ollut Maailman yhteispeli-skenaarioiden suuntaista. Ruuan kulutus on myös monipuolistunut ja kohdistunut yhä enemmän teollisesti valmistettuun ruokaan kaupungeissa asumisen lisääntyessä nopeasti. Myös vaurastuneissa kehitysmaissa Kiinassa ja Intiassa supermarkettien pakattu ruoka on yleistynyt nopeasti.

Ruuan kulutuksesta on laadittu myös neljä vaihtoehtoskenaariota: Runsaudensarvi, Ekotekojä, Niukkuus ja puute ja Teknoelämää. (Kirveennummi ym. 2008). Näissä skenaarioissa on monia yhteisiä piirteitä Millennium skenaarioiden kanssa. Ekotekojä vastaa melko suoraan Sopeutuva mosaiikki (Adapting Mosaic) vaihtoehtoa ja Teknoelämää Ympäristöteknologian voimalla (TechnoGarden) vaihtoehtoa. Niukkuus ja puute on ilmeinen vaihtoehto osalle väestöä Vahvojen ehdoilla (Order from Strength) skenaariossa, samoin kuin Runsaudensarvi toiselle puolen. Maailman yhteispeli (Global Orchestration) vaihtoehtoskenaarioissa on peilattu hyvin myös kansainvälistä kulutustilannetta. Mirhami hankkeen skenaarioista siihen ei löydy suoraa vastinetta, vaikkakin yhteiskunnallisen ohjauksen näkökulmasta Ekotekojä skenaariota voidaan osittain sellaisenaan pitää.

Metsät ja biopolttoaineet

Edellä viitattiin ravinnon tuotannon lisäämiseen eri skenaarioissa peltopinta-alaa lisäämällä. Pinta-ala hankitaan skenaarioissa pääasiassa metsistä. Peruslinjaus skenaarioissa on, että metsäpinta-ala joko pysyy ennallaan tai lievästi lisääntyy kehittyneissä maissa ja lievästi tai nopeasti vähenee kehitysmaissa.

Eniten metsiä hävitetään Vahvojen ehdoilla skenaariossa. Tässä skenaariossa ”alkuperäismetsien” vuotuinen hävittäminen nousee periodin 1970-2000 noin 0,4 %:sta 0,6 %:in (Carpenter ym. 2005 s. 323). Metsien määrä vähenee kehitysmaissa tässä skenaariossa 2005-2050 noin 25 %. Pienintä väheneminen kehitysmaissa on Sopeutuva mosaiikki-skenaariossa, missä se on noin 5 %. Kahdessa muussa skenaariossa väheneminen on 10 % tuntumassa. Kehittyneiden maiden metsät lisääntyvät nopeimmin eli noin 5 % Ympäristöteknologian voimalla – ja Maailman yhteispeli –skenaarioissa. Kahdessa muussa skenaariossa lisääntyminen jää nollan tuntumaan.

Kaikissa skenaarioissa paine metsien hävittämiseen on suurin Keski-Afrikassa. Kaksi kolmannesta Keski-Afrikan metsistä vuonna 1996 on Vahvojen ehdoilla -skenaariossa hävitetty vuoteen 2050 mennessä. Maailman yhteispeli –skenaariossa osuudeksi päätellään 50 %. Sopeutuva mosaiikki –skenaariossa vähenemä on vain noin 20 % ja Ympäristöteknologian voimalla –skenaariossa vielä tätäkin alhaisempi. Vahvojen ehdoilla skenaariossa metsien väheneminen on varsin nopeaa myös muualla kehitysmaissa. Aasiassa vähennykseksi arvioidaan 40 % ja Latinalaisessa Amerikassa 25 %.

Ympäristöteknologian voimalla –skenaariossa maata vapautuu karjankasvatuksesta muihin tarkoituksiin. Pääasialliseksi käyttötavaksi on kuitenkin metsien kasvatuksen asemasta ennakoitu biopolttoaineiden valmistus. Maailman yhteispeli –skenaariossa biopolttoaineiden valmistus kuitenkin lisääntyy nopeimmin skenaarioista eli noin kuusinkertaiseksi vuoden 2005 tasosta. Selitykseksi nopealle kasvuille tässä skenaariossa esitetään fossiilisten polttoaineiden kallistuminen. Toiseksi eniten biopolttoainetta tuotetaan Ympäristöteknologian voimalla –skenaariossa. Pääasialliseksi valmistusalueeksi ennakoitaan skenaariossa Aasia, joka vastaisi vuonna 2050 skenaarion mukaan jopa noin

70 % valmistuksesta. Arvio tuntuu todella erikoiselta Etelä-Amerikan osalta, jonka osuudeksi biopolttoaineiden tuotannosta arvioidaan vuonna 2050 alle 10 % kokonaistuotannosta. Arvio saattaa perustua perinteisiin biopolttoaineiden lähteisiin kuten tekstissä erityisesti mainittuun maissiin sekä öljypalmuun, joiden ongelmallisuus kävi hyvin ilmeiseksi vuoden 2007 ruokakriisissä. Arvio on tuskin perusteltu, jos keskeisiksi bioenergian kilpailukykyisiksi vaihtoehtoiksi tulkitaan tämän raportin tavoin levät, sokeriruoko ja jatrofa -kasvi.

Lannoitteiden käyttö

Keskeinen biotuotannon tuottavuuden kasvun peruste ja samalla rajoite tulevaisuudessa ovat lannoitteet. Vuodesta 1960 vuoteen 2004 typpilannoitteiden käyttö on kasvanut noin kahdeksankertaiseksi. Synteettisesti tuotetun typen ohella tärkeä typen lähde ovat hernekasvit. Carpenter ym. (2005) esittää arvion, että ihminen on erilaisilla vaikutustavoillaan lisännyt kasvien ravinteeksi soveltuvan typen määrää maaekosysteemeissä kaksinkertaiseksi. Hernekasvien viljelyn osuudeksi tästä kasvusta esitetään arvio 25 %. Ongelma on ollut, että kasvit eivät ole hyödyntäneet lisättyä typpeä. Usein puolet annetusta lannoitteesta ei ole hyödyttänyt kasveja, vaan on veden mukana kulkeutunut rehevöittämään jokia ja järviä.

Kun maailman väestö kasvaa, typpilannoitteiden – ja ylipäättään lannoitteiden - tarve kasvaa. Kyse on kuitenkin myös tehokkuudesta, jolla typpeä käytetään ja siitä kuinka estetään sen päästöjen rehevöittävä vaikutus. Millennium Ecosystem Assessmentin - skenaarioista suurin typpilannoitteiden käytön kasvu on liitetty skenaarioon Maailman yhteispeli. Talouksien avoimuus kansainväliselle vuorovaikutukselle johtaa lannoitteiden käyttöön alueilla, joilla niitä ei nykyisin käytetä eli myös köyhimmissä maissa. Myös Vahvojen ehdoilla –skenaariossa lannoitteiden käyttö kasvaa varsin paljon, mutta pääasiassa runsaammalla käytöllä rikkaammassa maissa. Ympäristötekniikan voimalla –skenaariossa lannoitteiden käyttöä tehostava teknologia on avainasemassa, ja siinä lannoitteiden käytön lisäys on skenaarioista vähäisintä. Sopeutuva mosaiikki-skenaariossa lannoitteiden käyttö on toiseksi pienintä. Ympäristön kannalta pitkäjänteinen toiminta johtaa siinä lannoitteiden käytön vähenemiseen, mutta kaupan vähäisyys alueiden välillä johtaa epätaloudelliseen lannoittamiseen.

Fosforilannoitteiden käyttö kasvoi 1960-1990 noin kolminkertaiseksi (Carpenter ym. 2005). Yli 99 % fosfaatista tuotetaan fosfaatteja sisältävistä kivistä. Kasvien lisäksi fosforia käytetään ravintolisänä karjalle. Vuoden 1990 jälkeen fosforilannoitteiden käyttö väliaikaisesti väheni, kun havaittiin liikakäytöstä johtuva lannoitteiden liukeneminen vesistöihin. Käyttö väheni selvästi kehittyneissä maissa, kun alettiin tiedostaa fosforin haittoja ympäristölle. Vuonna 1975 pelloille kehittyneissä maissa levitetystä fosforista poistui tuotteiden mukana vain noin 30 %. Kun fosforin käyttö väheni kolmanneksen näissä maissa vuoteen 1998 mennessä, myös tuotteiden mukana poistuva osuus nousi puoleen. Osittain käytön vähenemistä selitti raju pudotus lannoitteiden käytössä entisen Neuvostoliiton alueella.

Kehitysmaissa typpilannoitus lisääntyi lähes nelinkertaiseksi vuodesta 1975 vuoteen 1998. Tuotanto oli siten tehokasta, että tuotteiden mukana poistui noin puolet fosforista. Mm. Afrikassa fosforilannoitteiden käyttö oli edelleen vähäistä 2000-luvun alussa ja fosforin määrä maaperässä jatkuvasti väheni tehostuvan viljelyn seurauksena. Tropiikin happamilla alueilla fosfaattivaje muodostaa jatkuvan ongelman. Myös Kiinassa maaperän fosfori vielä keskimäärin väheni 2000-luvun alussa Tosin riisin viljely Kiinassa, Intiassa, Indonesiassa, Thaimaassa ja Filippiineillä tuotti maaperään runsaasti lisää fosforia Carpenter ym. (2005) lainaaman tutkimuksen mukaan.

Fosforin ehkä vielä enemmän kuin typen osalta haasteena on tasapainottaa tulevaisuudessa tarpeellinen ja liikakäyttö. Skenaarioittain fosforilannoitteiden käytön kehitys on arvioitu pääpiirteiltään samanlaiseksi typpilannoitteiden kanssa.

Kalium -lannoitteen käyttö kasvoi vuodesta 1970 vuoteen 1990 noin kaksinkertaiseksi. Tämän jälkeen kulutuksen kasvu on pysähtynyt tai hieman vähentynyt pääosassa kehittyneitä maita. Markkinatalouteen siirtyneessä Itä-Euroopassa käyttö romahti 1990-luvulla. Kehitysmaissa käyttö kasvoi yli kymmenkertaiseksi 1970-2000. Kaliumin tuotanto tapahtui 2000-luvun alkuvuosina valtaosin kehittyneissä maissa. Tuotannosta 87 % oli peräisin yhdeksästä Kanadassa, Venäjällä, Valko-Venäjällä, Saksassa, Yhdysvalloissa ja Israelissa toimivasta yrityksestä. Viljelytekniikoiden muutoksen seurauksena kaliumin määrä maaperässä väheni nopeasti 2000-luvun alkuun mennessä monissa kehitysmaissa kuten Kiinassa ja Intiassa, vaikka kalium-lannoitusta lisättiin.

Kalium-lannoitteella ei ole typen ja fosforin kaltaista rehevöittävää vaikutusta, eli sen liikakäyttö tulevaisuudessa ei muodosta samanlaista ongelmaa kuin typen ja fosforin runsas käyttö. Skenaariotain kalium-lannoitteiden käytön kehitys arvioitiin pääpiirteiltään samanlaiseksi kuin typpilannoitteiden käyttö.

11.3 Miten Millennium Assessment skenaariota päivitettiin?

Miten Millennium Ecosystem Assessment –hankkeen skenaarioita tulisi kehittää niin, että ne voisivat tarjota tulevaisuuskartan pyrittäessä etenemään kohti jaksossa 11.1. hahmoteltua visiota mahdollisuuksien mukaan noudattaen myös saman jakson lopussa esitettyjä strategisia linjauksia? Tarkastellaan aluksi niitä aineksia, joita karttaan on perusteltua liittää kaikkia skenaarioita koskevinä oletuksina pitäen lähtökohtana Millennium Ecosystem Assessmentin alkuperäisiä skenaarioita ja ottaen huomioon viime vuosien kehityksen. Lähtökohdiksi ja oletuksiksi kaikissa skenaarioissa on perusteltua asettaa seuraavat:

- Maailmantaloudessa ja politiikassa ns. BRICS maiden eli Brasilian, Venäjän, Intian ja Kiinan ja Etelä-Afrikan merkitys kasvaa. Erityisesti Kiina nousee Yhdysvaltojen, EU:n ja Japanin ohella tai jonkun/jotkut näistä syrjäyttäen keskeiseksi maailman kehityksen suunnan määrittelijäksi.
- Joulukuun 2009 Kööpenhaminan ilmastokokouksen tulokset muodostavat lähtökohdan eri suuntiin haarautuville tulevaisuuspoluille ilmastomuutoksen torjunnan osalta.
- Ilmastomuutos etenee suunnilleen Kansainvälisen ilmastopaneelin IPCC:n vuoden 2007 esittämiä lainalaisuuksia noudattaen eli ilmaston lämpenemisen ja ihmisten aiheuttamien kasvihuonekaasujen päästöjen välillä on selkeä riippuvuus. Haitat ilmenevät paitsi vähittäin lisääntyvinä ongelmina myös maailman yleistä mielipidettä muuttavina katastrofeina. On erittäin vaikea ennakoida, mitä mielipideilmastoa merkittävästi muuttavat katastrofit tulisivat olemaan, jos ilmastomuutoksen torjuntaan ei tartuta aktiivisesti. Katastrofeja voisivat olla ainakin pyörremyrskyt, rankkasateet, jäätikköjen sulamisesta aiheutuva veden pinnan nousu merissä ja pitkät kuivuuskaudet. Nopeasti asenteita voi myös muuttaa metaanin vapautuminen Siperian ikeroudasta.
- Teknologinen kehitys etenee nopeasti muuttaen maailmanlaajuisen kehityksen edellytyksiä niin uusin tieto- ja kommunikaatiotekniikan sovelluksin kuin uusin bio- ja nanotekniikoin. Erityisesti skenaarioissa on perusteltua olettaa uuden biotekniikan – DNA:n luennan ja sen merkityksen tulkinnan; kloonauksen ja mikrolisäystekniikoiden; sekä entistä huomattavasti paremmin hallitun geenien siirron – nopea edistyminen.
- Väestö lisääntyy kehitysmaissa ja ilman vähimmäiselintäsoa turvaavaa työtä maaseutualueil-

la väestö keskittyy suurten kaupunkien slummialueille. Mielekkään työn löytäminen slummialueilta käsin on yhä vaikeampaa. Samalla kun väestö on nuorta kehittymättömmimmässä maissa, väestörakenne kehittyneissä maissa muuttuu yhä ikääntyneemmäksi ja ikääntyminen mm. terveydenhuollon lisääntyvine haasteineen uhkaa myös vaurastuneita kehitysmaita ja erityisesti yhden lapsen politiikkaa harjoittanutta Kiinaa.

Miten on syytä suhtautua Millennium Assessmentin skenaarioiden väljänä tausta-ajatteluna olevaan ”Washingtonin konsensuskeeseen”? On perusteltua lähteä siitä, että Washingtonin konsensuskeessä yliarvioidaan kaupan vapauttamisen, tuotannon yksityistämisen ja omistusoikeuksien määrittelyn merkitystä innovaatioiden käyttöönotossa ja biosektorin tuottavuuden kasvussa. Itse asiassa myös alkuperäisissä Millennium Assessment -skenaarioissa Washingtonin konsensus asetetaan kyseenalaiseksi pitkäjänteisesti tuottavuutta edistävänä politiikkana. Tämä päätelmä voidaan tehdä vertaamalla ennakoitua tuottavuuskehitystä Washingtonin konsensuskeän toimintaperiaatteita seuraavassa Maa- ilman yhteispeli- skenaariossa ja Ympäristöteknologian voimalla -skenaariossa. Vapaan teknologisen kilpailun asemasta teknologian kehityksen ohjaaminen ympäristöystävälliseen suuntaan tuottaa pitkällä tähtäimellä paremman tuottavuuskehityksen.

Ilmastonmuutoksen torjunnan haasteiden ohella monikansallisten yhtiöiden monopolivallan käyttö ja valtaviksi kasvaneet tulo- ja varallisuuserot maailmassa uhkaavat tuottavuuden kehitystä maailmassa ja luovat suurta epävakautta kehitykseen. Pyrittäessä etenemään kohti Metsät-ravinto-vesi -hankkeen ohjausryhmän haastattelujen pohjalta muodostettua visiota on tarpeen skenaarioiden avulla pohtia Washingtonin konsensuskeän korvaavia toimintaperiaatteita. Biosektorilla Washingtonin konsensuskeän voi tulkita edistäneen agribisnekseksi nimetyn toimintamallin etenemistä maailmassa. Jussi Pakkasvirta esittää raportin jaksossa 4.3. tämän vaihtoehdoksi pientuotantomallia. Haastatte- luissa hankkeen ohjausryhmään kuuluneet kansanedustajat pitivät myös erittäin toivottavana, että tällainen toimintamalli yleistyy. Niinpä on erittäin perusteltua ottaa pientuotantomallin yleistymisen mahdollisuudet yhdeksi keskeiseksi osaksi laadittavia skenaarioita. Päivitetyissä skenaarioissa pientuotantomalli esitetään kahtena vaihtoehtoisena muotona: ekotaloutena ja Ikivihreänä vallan- kumouksena.

11.4 Maailman valtakeskukset ja niiden suhteiden kehitys

Maailman biosektorin kehitys riippuu olennaisesti siitä, mitä ovat tulevaisuudessa maailman voimakeskukset ja kuinka niiden suhteet kehittyvät. Lähes varmalta vaikuttaa, että Kiina tulee olemaan lähivuosikymmeninä yksi maailman voimakeskuksista. Maailman kehitystä tulee määrittämään Kiinan ja maailman muiden valtakeskusten suhteet.

Tuoreen lähtökohdan Kiinan tulevan roolin pohdinnalle tarjoaa Risto Hyvärinen ja Jaana Pukkila kirja Katse itään – kuinka Aasian nousu muuttaa maailman (Hyvärinen ja Pukkila 2009). Hyvärinen on tehnyt Aasiassa mm. Pekingin ja New Delhin suurlähetystöissä pitkän diplomaatturan. Pukkila on puolestaan työskennellyt Aasiassa parikymmentä vuotta kaupan ja rahoituksen tehtävissä.

Kirjansa alussa Hyvärinen ja Pulkkinen lainaavat investointipankki Goldman Sachs:n selvitystä vuodelta 2003. Sen mukaan silloisista ”suurista teollisuusmaista” – Yhdysvallat, Japani, Saksa, Britannia, Ranska ja Italia – vain Yhdysvallat ja Japani ovat maailman kuuden suurimman talouden joukossa vuonna 2050. Kiina on raportin mukaan silloin maailman suurin talous, Yhdysvallat kakkonen ja Intia kolmonen, perässään Japani, Venäjä ja Brasilia. Myöhemmin pankki liitti kärkikaar-

tiin vielä Etelä-Afrikan. Taloudellista valtaa käyttäisivät siis 2050 Yhdysvaltojen ja Japanin ohella BRICS –maat (Brazil – Russia – India – China – South Africa). EU olisi siis jäänyt maailmantalouden marginaaliin.

Hyvärinen ja Pulkkinen (2009) esittävät monia lähimenneisyyttä kuvaavia faktoja perusteluiksi BRICS –maiden ja erityisesti Kiinan ja Itä-Aasian nousulle. Itä-Aasian keskeiset valtiot ovat Kiina, Japani ja Etelä-Korea. Kiinan investointiaste on ollut vuoden 2000 jälkeen runsaat 40 % eli kaksinkertainen maailman keskiarvoon verrattuna ja liki kolminkertainen Suomeen verrattuna. Kiinan ja Itä-Aasian asemasta ”maailman tavaratuotannon tehtaana” kertoo se, että maailman 20 suurimmasta konttisatamasta neljatoista on Aasiassa. Itä-Aasian ulkomaankaupasta 60 % tapahtuu Itä-Aasian sisällä. Vuonna 2007 Intian ulkomaankaupasta 45 % käytiin Itä-Aasian kanssa. BRICS –maiden sekä muiden Aasian, Afrikan ja Etelä-Amerikan maiden keskinäinen kauppa kasvoi vuonna 2007 puoleen maailmankaupasta. Kymmentä vuotta aiemmin osuus oli vain 38 %.

Silmiinpistävä piirre Hyvärisen ja Pulkkinen kirjassa on ilmastonmuutoskysymysten lähes täydellinen sivuuttaminen. Teemaa käsitellään kirjassa vain muutaman sivulauseen verran. Myös maailman ruokahuollon haasteet sivuutetaan lyhyesti toteamalla ruuan pitkään jatkunut halpeneminen. Vain veden niukkuuden katsotaan uhkaavan auvoista tulevaisuutta. Hyvärinen ja Pulkkinen toteavat toiveikkaasti ”Kiinan ja Intian vaikutus maailman ruokahuoltoon voi olla vähäisempi kuin esimerkiksi biopolttoaineiden tuotannon. Kiina on toistaiseksi edelleen elintarvikkeiden nettoviejä ja aikanaan suoranaisesta nälänhädästä kärsinyt Intiakin on päässyt omavaraisuuteen” (Hyvärinen ja Pukkila 2009 s. 35).

Kuinka tulkita sitä, että Hyvärinen ja Pulkkinen lähes sivuuttavat EU:ssa ja Suomen eduskunnassa voimakkaasti korostetut ilmastonmuutoksen ja maailman ravintohuollon haasteet? Yksi mahdollisuus on, että nämä haasteet ovat jääneet kirjoittajille henkilökohtaisesti vieraiksi. He eivät ole esimerkiksi panneet merkille, että Intia ei enää ole omavarainen ruuan tuotannossa. Tai että tilanne muodostuu köyhimpien osalta vielä monta vertaa hälyttävämmäksi, jos parempiosaiset siirtyvät Intiassa lihan syöjiksi.

Toinen tulkintamahdollisuus on kuitenkin todennäköisempi ja samalla paljon huolestuttavampi. Hyvärinen ja Pulkkinen edustavat johtavien väestökerrosten yleistä näkemystä tuntemissaan Aasian maissa. Olisiko jopa niin, että Aasiassa eurooppalainen huoli ilmastonmuutoksesta tulkitaan osaksi EU:n ikääntyneen ja varakkuudessaan laiskan väestön dynaamisuuden puutetta? Aasian hyväosaisilla ei ehkä ole todellista sitoutumista ilmastonmuutoksen torjuntaan muussa muodossa kuin lisäperusteena tehostaa energiantuotantoa. Kiinan sitoumuksia Kööpenhaminan ilmastokokouksessa voidaan tulkita myös näin. Myös Venäjän presidentti Medvedev (2009) ja pääministeri Putin (2009) ovat varsin selkeästi lausuneet tällaisen kannan julkaistuissa puheenvuoroissaan. Ei ole myöskään vaikea kuvitella, että äkkirikastuneen kiinalaisen tai intialaisen näkökulmasta huolestuminen maailman ravintohuollosta on turhanaikaista hempeilyä.

Alkuperäisten Millennium Assessment –skenaarioiden toinen pääjaottelu oli maailman toimiminen yhteistoiminnassa vs. kykenemättä yhteistoimintaan. Terrorismin torjunnan ohella erilainen suhtautuminen ilmastonmuutoksen voi olla yksi yhteistyötä vaikeuttava tekijä. Erimielisyydet näissä kysymyksissä kuitenkin tuskin kuitenkaan enää riittävät Vahvojen ehdoilla –skenaarion kaltaiseen blokkien väliseen pysyvään vihamielisyyteen. Mitä voisivat olla tekijät, jotka voisivat saada maailman jakautumaan toisilleen vihamielisiin blokkeihin?

Vahvimmalta ehdokkaalta pysyville jännitteille ja kauppasodille vaikuttaa taistelu maailman niukoista resursseista ja myös osaamiseen perustuvasta tuotannosta. Kun tähän yhdistyvät erilaiset nä-

kemykset liittyen demokratiaan, ihmisoikeuksiin ja ympäristönsuojeluun sekä uskonnolliset ja muut kulttuurierot idän ja lännen välillä, pysyvän konfliktin ainekset saattavat olla koossa.

Jo pitkään maailmanpolitiikkaa on ohjannut taistelu niukkenevista öljyvaroista. Lähi-Idän öljyvarat ovat edelleen hyvin tärkeitä, vaikka panostukset öljyn käyttöä korvaavaan teknologiaan vähentävätkin niiden merkitystä. Yhdysvallat ja EU ovat edelleen hyvin riippuvaisia Lähi-Idän öljystä ja Aasian tarve päästä käyttämään Lähi-Idän ja Pohjois-Afrikan öljyvaroja kasvaa jatkuvasti. Hyvärisen ja Pulkisen (2009) mukaan Japani ja Etelä-Korea ostavat neljä viidennestä öljystään Persianlahden maista ja Kiina yli puolet. Myös Intia ja monet Kaakkois-Aasian maat ovat yhä riippuvaisempia Lähi-Idän suurista öljyvaroista.

Kuva 11.1. Kiinan tuotannolliset investoinnit maailman eri osiin



Energiaa, ravintoa ja raaka-aineita tavoitellen Kiina on tehnyt merkittäviä investointeja paitsi Lähi-Itään ja myös Afrikkaan, Länsi-Aasiaan ja ”Yhdysvaltojen takapihalle” Etelä-Amerikkaan (kuva 11.1.). Kiinan muissa kuin arvopaperi-investoinneissa Yhdysvallat ja Eurooppa jäävät selkeästi jäl-

keen Kiinan investoinneille Saharan eteläpuoliseen Afrikkaan. Kiina on ostanut sieltä mm. laajoja maa-alueita oman ravintohuoltonsa varmistamiseksi. Hyvärisen ja Pulkkinen (2009) mukaan vuoden 2008 alussa Afrikassa toimi jo 800 kiinalaista valtionyhtiötä. On arvioitu, että kiinalaisurakoitsijat voittavat nykyisin jopa puolet kaikista eteläisen Afrikan julkisista rakennushankkeista. Alkuvuodesta 2009 julkistettiin myös merkkipaaluksi luonnehdittu sopimus, jonka puitteissa Brasilia ryhtyy myymään öljyä Kiinaan mittavaa lainaa vastaan.

Kiinan politiikkana on ollut toimia matalalla profiililla ja omaa merkitystään vähätellen. Vähitellen Kiinan vaikutusvallan lisääntymistä ja sen eurooppalaisesta ja yhdysvaltalaisesta näkökulmasta kyseenalaisia toimintaperiaatteita ei voida kuitenkaan enää sivuuttaa. Jos työttömyys Euroopassa ja Yhdysvalloissa alkavat olennaisesti lisääntyä, nämä maat voivat havahtua puolustamaan työllisyytensä perustana olevia korkean osaamisen alojaan. Tässä vaiheessa ei ole enää suhtauduta kevytmielisesti Stora-Enson kaltaisten yhtiöiden päätöksiin siirtää korkean osaamisen tuotantoaan maihin, joihin sijoituksia houkutellaan eurooppalaisittain kyseenalaisin perustein ja lähinnä kohdemaiden eliittiryhmiä hyödyttäen. Miksi eurooppalaiset näissä oloissa passiivisesti hyväksyisivät Hyvärisen ja Pulkkinen (2009 s.44) esittämän aasialaisen näkökulman, että Eurooppa on taantuva alue?

Ratkaisevaksi tekijäksi maailman yhteispelin kannalta näyttäisi muodostuvan kysymys valtioiden sosiaalisesta vastuusta väestöstään. Kansallinen vastuu väestöistä sitä vielä vain lievästi edistävässä johtavissa maissa Yhdysvalloissa, Kiinassa, Intiassa, Brasiliassa ja Venäjällä saattaisi myös vähitellen kääntyä eräänlaiseksi maailmanlaajuiseksi sosiaalipolitiikaksi. Tämä ajattelumalli on löydettävissä myös alkuperäisestä Maailman yhteispeli -skenaariosta. Myönteinen sosiaalinen käänne ainaakaan alkuvaiheessa ei edellytä demokratisoitumiskehitystä, vaikka kehityksen voi visioida sosiaalisen vastuun olosuhteissa etenevän demokratiakehityksen suuntaan pitkällä aikavälillä.

Yhteispeli -skenaarion kannalta Yhdysvaltojen uuden hallinnon ottama aktiivinen asenne maansa terveydenhuollon uudistamiseen koko väestön kattavaksi on erittäin lupaava avaus. Päivitetyssä Maailman yhteispeli -skenaariossa tällainen koko maailmaan leviävä sosiaalinen vastuu on otettu skenaarion ydinajatuksiksi. Se edellyttää kuitenkin selvää sosiaalista vastuuta korostavaa käännettä Kiinan sisäisessä kehittämisessä. Tiettyjä heikkoja merkkejä tällaisesta kehityssuunnasta onkin Kiinan terveydenhuollon osalta ollut näkyvissä. Ne eivät ole kuitenkaan olleet Hyvärisen ja Pulkkinen (2009) mielestä mainitsemisen arvoisia.

Jos sosiaalista käännettä ei tapahdu, valtioryhmien välisten konfliktien kärjistyminen näyttää ainakin pidemmällä aikavälillä varsin todennäköiseltä. On myös kyseenalaista, onko ylipäätään mahdollista ratkaista ennakoiden ilmastomuutoksen haastetta ilman sosiaalisen kehityksen käännettä.

11.5 Ilmastomuutos ja sen hallinta Kööpenhaminan kokouksen jälkeen

Suuriin odotuksiin verrattuna Kööpenhaminan ilmastokokous oli pettymys. Helsingin Sanomien pääkirjoitusta 20.12.2009 lainaten Kööpenhaminan ilmastokokous päättyi odotusten malakaskuun. Kokouksen tulokset eivät kuitenkaan olleet yllätys ottaen huomioon ilmastomuutosasenteet EU:n ulkopuolella. Presidentti Obamaan ladatut suuret odotukset olivat kohtuuttomia, kun yleinen asenne ilmastomuutoksen torjunnan tarpeellisuuteen Yhdysvalloissa on edelleen hyvin kriittinen. Kokouksen alla ilmastomuutosskeptikot esiintyivät näytävästi ja Maailman ilmastopaneelin IPCC:n johtajan tietojen salailu vei uskottavuutta paneelin johtopäätöksiltä. Tiettyä kohtalon ironiaa oli myös siinä, että Washington, Peking ja Eurooppa joutuivat ilmastokokouksen päättymisen aikoihin pakkasten ja lumimyrskyjen kohteiksi, jotka olivat pahimpia vuosikymmeniin.

Yhteistä sitoutumista alle 2 °C lämpötilan nousuun esiteolliseen aikaan verrattuna ei voi pitää suurena menestyksenä, koska myös ilmastonmuutosskeptikkojen on helppo sitoutua tällaiseen tavoitteeseen. Ilmastohan ei heidän mukaansa ole lämpenemässä ihmisten toimin, joten tavoitteeseen pääsy ei edellytä erityistoimia. Toki maailman kaikkien keskeisten maiden johtajien kokoontuminen Kööpenhaminaan ja tehdyt vaatimattomatkin lupaukset päästöjen vähennyksistä ovat valtioiden johtajien kannanotto siihen suuntaan, että ihminen on toimillaan olennaisesti vaikuttamassa ilmastonmuutokseen.

Tässä raportissa esitettävien päivitettyjen Millennium Ecosystem Assessment -skenaarioiden pääsuuntaviivat hahmoteltiin jo ennen Kööpenhaminan kokousta. Päälinjoja ei ole ollut tarpeen olennaisesti muuttaa kokouksen tulosten pohjalta. Yhdysvaltojen varovaisuus sitoumuksissa oli hahmoteltujen skenaarioiden mukaista. Sitoumus päästöjen leikkaamisesta 14–17 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä on suunnilleen alkuperäisen Maailman yhteispeli –skenaarion kaltaista eli erittäin vaatimatonta. Kiinan osalta voidaan ennen Kööpenhaminaa luonnosteltuihin skenaarioihin verrattuna puhua jopa lievästä positiivisesta yllätyksestä. Kiina sitoutui vähentämään bruttokansantuotteensa hiili-intensiteettiä 40–45 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Tämä on lupaava merkki siitä, että Kiinan johto tunnustaa kasvihuoneilmiön ihmisperäisyyden.

Päivitetyissä Millennium Ecosystem Assessment –skenaarioissa Kiinalla katsotaan olevan avainrooli ilmastonmuutoksen torjunnassa. Perusteena on ensinnäkin Kiinan nopeasti vahvistuva rooli maailmantaloudessa. Kiinasta on kehittynyt maailman teollisen valmistuksen keskus. Tekemillään maa-hankinnoilla ja muilla investoinneilla eri puolilla maailmaa Kiina haastaa Yhdysvallat, Euroopan ja Japanin maailmantalouden suunnan määrittelijöinä. Toiseksi Kiinalla ei ole Euroopan, Yhdysvaltojen, Japanin ja Euroopan entisten sosialististen maiden tavoin historiallisesti suurten päästöjen taakkaa. Näin se voi päästöjään vähentämällä toimia tiennäyttäjänä muille vastaavassa tilanteessa oleville maille. Lisäksi Kiinan johdolla toisin kuin esimerkiksi Intian ja Brasilian poliittisilla johdoilla näyttäisi olevan todelliset edellytykset varsin nopeasti käytännössä muuttaa maan suuntaa vähäpäästöisempään suuntaan. Ei siis ole sattuma, että suurkatastrofi Hong Kongin alueella saa päivitetyissä skenaariotarinoissa keskeisen roolin.

Hyvin kiinnostava kysymys tulevaisuuden kannalta on, miten eri maat lyöttäytyvät yhteen ilmastokysymyksissä ja yleisemminkin. Kööpenhaminan ilmastokokouksen voima-akseliksi muodostui kokouksen julkilausuman sisäisessä neuvottelussaan muotoillut Yhdysvallat, Kiina, Intia, Etelä-Afrikka ja Brasilia –akseli. Määritteleekö tämä akseli, josta puuttuvat nykyisistä mahtimaista EU, Japani ja Venäjä, maailmanpolitiikan tulevan suunnan? Liittoutuuko toisaalta Kööpenhaminan akseli ja toisaalta sen ulkopuolelle jätetyt mahtimaat keskenään ilmastonmuutoskysymysten ohella myös taloudelliseen kasvuun liittyvissä kysymyksissä? Tällaiset blokit vaikuttaisivat varsin melko luontevilta erityisesti suurimuotoista viljelyä eli agribisnestä korostavassa Maailman yhteispeli –skenaariossa. Miten tulevat toimimaan maat kuten esimerkiksi Venäjä, jotka eivät ole sitoutuneet päästövähennyksiin ja kokevat tulleen sivuutetuiksi?

Konkreettisimpiin tuloksiin Kööpenhaminan ilmastokokouksessa päästiin kehitysmaille annettavassa rahoituksessa. Kehittyneet maat sitoutuivat merkittävillä panostuksilla tukemaan ilmastonmuutoksen torjuntaa kehitysmaissa. Jaksossa 8.1. tarkastellulla metsien ja erityisesti sademetsien suojelun rahoittamisella eli REDD -menettelyllä näyttäisi olevan melko lupaavat näkymät. Ensin tulee kuitenkin vielä sopia siitä, kuinka metsien merkitys hiilinieluina lasketaan ja mikä on se menettely, jolla todennetaan jonkin metsäalueen ja sen puuston käytön positiivinen kehitys ilmastonmuutoksen kannalta. Jo keskipitkällä tähtäimellä saattaa olla mahdollista määritellä tässä raportissa käytetyn 10

\$/ CO₂ kaltainen kriteeri, jolla kehitysmaissa voidaan valita rahoitettaviksi soveltuvia tapoja vähentää kasvihuonekaasuja ilmakehässä.

Alkuperäiset Millennium Ecosystem Assessment -skenaariot perustuivat IPCC:n vuoden 2002 laskelmaan, jotka olivat lämpenemisen suhteen jossain määrin toiveikkaampia kuin IPCC:n vuoden 2007 laskelmat. Ero käy ilmi vertaamalla Millennium Ecosystem Assessmentin eri skenaarioiden vuoden 2050 kasvihuonekaasupäästöjen ja oletetun ilmaston lämpenemisen välistä suhdetta nykyisin yleisesti käytettävään arvioon, että globaali ilmaston lämpeneminen voidaan rajoittaa alle 2 C ° esiteolliseen kauteen verrattuna, jos päästöt voidaan vähentää puoleen vuoteen 2050 mennessä vuoden 1990 päästöistä. Koska talouskasvu oletetaan Vahvojen ehdoilla - ja Sopeutuva mosaiikki - skenaarioissa hitaammaksi, kuin edellä mainitussa perusoletuksessa, lämpötilan nousu arvioidaan niissä hieman yleistä laskentaperiaatetta matalammaksi. Toisin sanoen päästöjen noin 45 % vähennä riittää 2 C ° alittamiseen.

Millennium Ecosystem Assessmentin alkuperäisissä skenaarioissa vuoden 2050 päästötasot verrattuna vuoden 1990 noin 40 GtC –ekvivalentti päästöihin liitettiin ilmaston lämpenemiseen periodilla 2000 -2050 taulun 5 mukaisesti. Erot päästöjen ja lämpenemisen suhdeluissa perustuvat siihen, että Vahvojen ehdoilla skenaariossa päästöt oletettiin suuresti vaihteleviksi tarkasteluperiodilla ja Sopeutuvassa mosaiikissa periodin lopulla nopeammin alenevaksi. Taulussa on esitetty IPCC:n vuoden 2007 laskelmien perusteella tehdyt arviot lämpötilan kehityksestä skenaarioissa esitetyillä päästöskenaarioilla.

Taulu 11.4. Päästöt vuonna 2050 eri skenaarioissa verrattuna vuoteen 1990 sekä lämpötilan keskimääräinen nousu esiteolliseen aikaan verrattuna 2050 (Carpenter ym 2005 s. 8 ja 276) ja korjattu arvio IPCC:n vuoden 2007 raportin pohjalta.

	Päästöt 2050 prosentteina vuoden 1990 tasta skenaarioissa	Lämpötilan nousu alkuperäisissä skenaarioissa	Korjattu lämpötilan nousu
Maailman yhteispeli (Global orchestration)	65 %	1,75 C °	2,4 C °
Vahvojen ehdoilla (Order from Strength)	50%	1,3 C °	1,9 C °
Sopeutuva mosaiikki (Adapting Mosaic)	45 %	1,4 C °	2.0 C °
Ympäristöteknologian voimalla (TechnoGarden)	20 %	1 C °	1,4 C °

Alkuperäisissä skenaariotarinoissa ilmastomuutoksen eteneminen tuotti katastrofeja, joista dramaattisimmat saivat aikaan nopeita asennemuutoksia. Dramaattisin skenaariotarinoissa esitetty katastrofi on Hongkongin alueelle iskevä pyörremyrsky (Carpenter ym. 2005 s.249). Kiinan asenteiden keskeisyyden vuoksi tämä katastrofi on valittu havainnollistamaan kaikkia katastrofeja, jotka muuttavat ympäristöasenteet maailmanlaajuisesti reagoivasta ennakoivaan.

Päivitetyissä skenaarioissa Hong Kongin katastrofi on ajoitettu eri tavoin. Alkuperäisen skenaariotarinan tapaan katastrofi on ajoitettu vuoteen 2017 skenaariossa ”Sopeutuva mosaiikki”. Tämän ta-

pahtuman voi tulkita muuttaneen erityisesti asenteita ilmastonmuutosta ennakoiviksi, vaikka tässä alueiden itsenäisyyttä korostavassa skenaariossa on vaikeuksia rakentaa maailmanlaajuisia yhteistyötä ympäristöongelmien ratkaisemiseksi.

Skenaariossa ”Maailman yhteispeli” katastrofi Hong Kongissa on ajoitettu vuoteen 2033. Tämä hätkähdyttävän katastrofin viivästyminen tekee johdonmukaiseksi sen, ettei maailman yhteistoinnista huolimatta ilmastonmuutoksen torjuntaan tartuta määrätietoisesti, vaan lämpeneminen jatkuu vuoteen 2050 niin, että lämpötilan nousu vuoteen 1990 verrattuna on peräti 2,4 C°. Toinen mahdollisuus rakentaa uskottava tarina ympäristön kannalta ”Maailman yhteispeli” –skenaariosta olisi ollut lähteä siitä, että tässä skenaariossa ilmastonmuutos etenee muita skenaarioita hitaammin suhteessa kasvihuonekaasupäästöihin eli ilmastonmuutosskeptikot ovat osin oikeassa. Tälläkin perusteella vuosi 2033 on perusteltu ajankohta katastrofille.

Skenaariossa ”Vahvojen ehdoilla” katastrofi Hong Kongissa on ajoitettu vuoteen 2039. Perusteluna on se, että skenaariossa oletetaan että ”uuden kylmän sodan” toinen osapuoli eli EU-Yhdysvallat-Japani –akseli on ottanut ilmastonmuutoksen torjunnan hallitsemisensa maissa varsin tosissaan ja talouskasvun hidastuminen jarruttaa kasvihuonekaasujen päästöjä. Niinpä vasta vuoden 2040 vaiheilla on perusteltua ennakoita ilmaston lämmenneen niin paljon, että todella merkittävä katastrofi toteutuu.

Kööpenhaminan ympäristökokouksen jälkeen on ollut hyvin vaikea kehittää uskottavaa päivitystä Ympäristöteknologian voimalla –skenaariolle. Kuinka Kööpenhaminan varovaisista sitoumuksista voitaisiin edetä melko nopeasti radikaaliin ja määrätietoiseen päästöjen vähentämiseen? Edes jos sain määrin uskottavan tarinan pääroolissa on jälleen välttämättä Kiina. Kiina on viimeisen 30 vuoden aikana pystynyt erittäin pitkäjänteisiin ratkaisuihin sekä yhden lapsen politiikallaan että hallitulla siirtymisellä sosialismista markkinatalouteen. Niinpä jos se täysin vakuuttuu tehokkaan ilmastonmuutoksen välttämättömyydestä, se myös ilmeisesti kykenee siirtymään siihen määrätietoisesti.

11.6 Maailman biotuotannon järjestämisen kolme pääratkaisumallia

Sosiaaliseen vastuuseen yhdistetyn maailman yhteispelin sekä ilmastonmuutoksen ja siihen varautumisen ohella kolmas keskeinen varioitu ratkaisu päivitetyissä Millennium assessment -skenaarioissa on käänne suhtautumisessa suurten monikansallisten yritysten johdolla tapahtuvaan agribisnekseen, monokulttuuriviljelyyn ja geenimuuntelun nykyisen kaltaiseen käyttöön. Tällaista käännettä voi pitää toivottavana niiden strategisten linjausten pohjalta, joita Metsät-ravinto-vesi -hankkeen ohjausryhmä esitti haastatteluissaan.

Alkuperäisissä skenaariotarinoissa tällaisen käänteen mahdollisuuteen viitattiin, mutta sen tarkempi luonne jäi skenaariokuvauksissa hyvin epäselväksi. Erityisesti käänteen vaikutus biotuotannon tuotavuuden kehitykseen jäi erittäin hämäräksi alkuperäisissä skenaariotarinoissa.

Käänteelle tarjotaan päivitetyissä skenaarioissa kaksi perusvaihtoehtoa: Ekotalous ja Ikivihreä val-lankumous. Kumpikin niistä voidaan tulkita sovellukseksi Pakkasvirran tässä raportissa agribisnessmallin vastakohdaksi asettamasta pientuotantomallista (jaksot 1.4 ja 2.4.) eli niitä kumpaakin luonnehtivat Pakkasvirran mainitsemat piirteet. Pientuotantomalli soveltuu osaksi sosiaalisen vastuun maailmaa, mutta valtiollisesti toteutettu kattava sosiaalipolitiikka voi myös tehdä tällaisen maare-formin vähemmän tarpeelliseksi. Näin tulkitaan tapahtuvan päivitetyssä Maailman yhteispeli –skenaariossa alkuperäisen agribisnes –myönteisen skenaarion tapaan.

Ekotaloudeksi kutsutussa mallissa kaikki viljely ei ole luomuviljelyä, mutta sen piirteitä pidetään eräänlaisena ihanteena. Tavoitteena on tuotanto, joka erityisesti ottaa lähtökohdakseen kehitysmaiden väestön työllistymisen pienviljelyllä, ei käytä geenimuuntelua eikä voimaperäisesti lannoitteita ja jonka kuluttajat kokevat puhtaaksi ja eettisesti korkeatasoisia periaatteita noudattavaksi. Seuraavassa Markus Krögerin tekemässä koonnoksessa on luonnehdittu piirteitä, joita voidaan liittää tähän tuotantomuotoon.

Ihmispääomavaltainen maatalousmalli

Markus Kröger

Maailman väestön ennustetaan kasvavan miljardeilla seuraavina vuosikymmeninä. Samalla kun kasvava väestö tulisi ruokkia, pitäisi kuitenkin pyrkiä myös vähentämään maatalouden luonnolle jo nyt aiheuttamaa valtaisa taakkaa ja tarjoamaan töitä. On selvää, että nykyistä maatalousjärjestelmää, joka nojaa laajoihin yksilajisiin peltoihin, teholannoitukseen ja myrkytykseen, ei voida vain yksinkertaisesti laajentaa. Satojen ja työpaikkojen kasvu on saavutettava vaihtoehtoisilla tavoilla.

Kemiallisten lannoitteiden käytön lisääminen, siis Vihreä vallankumous, on lisännyt satoja räjähdysmäisesti sitten 1960-luvun. Nykyinen petrokemiallinen maatalousjärjestelmä onkin hyvin tehokas kalorien tuottaja. Koskaan ei samanlaista energiamäärää ole tuotettu yhtä halvalla ja niin massiivisesti kuin nykyisessä petrokemiallisessa maataloudessa. Tällä satojen kasvulla on kuitenkin ollut peitettyjä kustannuksia. Vihreän vallankumouksen edetessä viljeltävien lajikkeiden kirjo ja ruoan ravitsevuus ovat heikentyneet. Pikaruokakulttuuri on seurausta päätöksistä joilla maatalouden pääpainoksi asetettiin kalorien tuottaminen.

Afrikka ajautui valtaviin ongelmiin 1980-luvulla kun Vihreä vallankumous oli ensin kolminkertaistanut väestömäärän mutta johtikin ei-kestävään satojen kasvuun, satojen romahdukseen intensiivisen viljelyn aiheuttaman eroosion seurauksena, nälänhätään ja riippuvuuteen tuontiruoasta. Satojen kasvua onkin verrattava maatalousjärjestelmän aiheuttamiin laajoihin kustannuksiin. Epäsuora kustannus, jota ei ole vielä tarpeeksi otettu huomioon, on luonnon monimuotoisuuden ja ruokavalion yksipuolistuminen, lihavuus ja rehevöityminen.

Satojen kasvua ei voi myöskään ymmärtää ilman niitä yhteiskunnallisia kustannuksia joiden ulkoistamisen kautta globaalien maatalousyritysten tuotanto on kasvanut. Laajamittaisen teollisten monokulttuuriplantaasien levittyminen on tapahtunut - etenkin globaalissa etelässä - paikallisväestöjen, luonnon, kuluttajien, maataloustyöväen, pienviljelijöiden ja maaseutuyhteisöjen kustannuksella. Huono lakien valvonta ja puutteelliset ympäristölainsäädännöt ovat mahdollistaneet kustannusten ulkoistamisen yhteiskunnalle.

On ilmeistä että globaalia maatalousjärjestelmää tulee muuttaa merkittävästi. Tässä katsauksessa vertailen lyhyesti petrokemiallista agribisnesmallia sekä luonnonmukaista pienviljelymallia, keskittäen huomion syrjäytymiseen, ihmiskapasiteetin maksimointiin, työllisyyteen ja muuntogeenisyyden reunaehtoihin.

Ympäri maailmaa maansa menettäneet pienviljelijät ovat perustaneet maattomien liikeitä vastustamaan kontrolloimatonta teollisten plantaasien leviämistä. Ratkaisuna vihreän vallankumouksen ongelmiin he tarjoavat luonnonmukaista pienviljelyä. Laajassa mittakaavassa, valtion maataloustuella toteutettuna luonnonmukainen viljely voisi korvata petrokemiallisen maatalousjärjestelmän, esittävät pohjoisen luomuviljelijät ja etelän köyhät pienviljelijät joilla ei edes olisi varaa öljystä riippuvaiseen petrokemialliseen viljelyyn.

Ilmastonmuutos pakottaa vähentämään lihankulutusta ja petrokemiallista viljelyä, sillä molemmat ovat keskeisiä päästöjen aiheuttajia.

Pelkästään Brasiliassa kulutettiin vuonna 2008 yli 700 miljoonaa litraa torjunta-aineita. Suurin osa näistä on öljystä juonnettuja. Torjunta-aineiden käyttö on lisääntynyt huomattavasti sen jälkeen kun maassa alettiin viljellä Monsanto-geenimuunneltua RR-soijaa, joka vaatii glyfosaatin käyttöä. Ensimmäinen lakiuudistus joka tehtiin muuntogeenisen viljelyn sallimisen jälkeen, oli nostaa sallittua glyfosaatin käyttökattoa dramaattisesti.

On selvää että tilanne ei voi jatkua tällaisena: geenimuuntelun tulisi vähentää eikä lisätä torjunta-aineiden käyttöä, ja lisäksi muuntogeenisten kasvien pitäisi olla suoraan paikallisyöväestön kontrollissa, omistuksessa ja kehitettävissä. Ilman demokratisointia ja torjunta-ainekäytön vähentämistä muuntogeenisyys ei tarjoa ratkaisuja vihreän vallankumouksen mallin uudistamiseen, vaan päinvastoin pahentaa mallin ongelmia. Patentoiduilla siemenillä kiristämisestä, markkinoiden ja teknologian kontrolloimisesta voi tulla merkittävä poliittinen ase, ja johtaa maailmanlaajuisen biohegemonian syntymiseen. Tällä olisi tuhoisia vaikutuksia ihmispääomavaltaisen maatalousmallin luomisen kannalta: käytännössä agribisneksen biohegemonia tekisi mahdottomaksi sekamallin tai pienviljelymallin kehittämisen ja olemassaolon.

Uuden vuosisadan maatalousjärjestelmän tulisi työllistää useampia ihmisiä, tuottaa monipuolista ravintoa laajalle väestölle ja ottaa huomioon luonnon monimuotoisuus. Luonnonmukainen viljely kasvattaa satoja kestäväällä tavalla, lisäten orgaanista ainesta, mutta vaatii enemmän työvoimaa. Globaalissa etelässä on kuitenkin jo nyt työttömiä, eikä väestönkasvu lupaa parannusta asiaan. Vihreä vallankumous taikka geenimuuntelu nykyisessä muodossaan eivät lupaa töitä laajemmalle viljelijöiden joukolle, sillä ne ovat pääomapainotteisia investointeja. Kolmesta vaihtoehdosta soveliaain ratkaisu tuntuu siis olevan luonnonmukaisen, viljelijälähtöisen maatalousjärjestelmän tukeminen, ei Vihreän vallankumouksen levittäminen tai geenimuunteluviljelyn laillistaminen nykymuodossa.

Uuden vuosisadan kehitysmalli nojaa ihmispääomavaltaisuuteen, ihmiskapasiteetin maksimointiin kuten johtavat kehitystutkijat Amartya Sen ja Peter Evans ovat teorisoineet. Missä olemme nyt ja mitä pitäisi muuttaa? Nykyistä tilannetta kuvaa Mike Davisin Planet of Slums, kirja jossa etsitään syytä siihen miksi nykyisin yli miljardi ihmistä asuu slummeissa. Etenkin 10 viime vuodessa slummien määrä on räjähtänyt maailmanlaajuisesti, eikä tilanne näytä valoisalta nykyisen maatalousmallin eli agribisneksen vallatessa alaa. Brasiliassa jo 82 % väestöstä asuu kaupungeissa ja lähivuosina luvun ennustetaan nousevan 88 prosenttiin.

Brasiliassa, joka tuottaa 25 % maailman ruoasta ja jossa on maailman suurin käyttämätön ruoantuotantopotentiaali, agribisneksen kasvun myötä maatalouden tuottavuus on noussut räjähdysmäisesti, mutta työllisyys ei ole lisääntynyt laisinkaan tai on pienentynyt (I Encontro de Estudos Rurais, Universidade Federal Fluminense, heinäkuu 2007). Agribisneksen leviämisen myötä tilakoot ovat kasvaneet, maanomistus keskittynyt ja maaltamuutto kasvanut. Agribisnes on johtanut suuriin konflikteihin, ajaen ihmisiä väkivaltaisesti pois maaseudulta. Esimerkiksi Mato Grosso soijavaltaisessa osavaltiossa 6,2 % koko maaseutuväestöstä, eli 32.275 ihmistä, kärsi maalta häätämisestä vuonna 2002 (Comissão Pastoral da Terra. 2003. "Conflitos no Campo Brasil.").

Koko Brasiliassa agribisnes tuotti vuonna 2004 vain 500.000 työpaikkaa (IBGE 2004). Samanaikaisesti Brasiliassa oli 20 miljoonaa ihmistä joilla ei ollut kenkiä ja 30 miljoonaa ilman hampaita. Vain 8 % pääsi yliopistoon, Koillis-Brasiliassa 60% ei osannut lukea, ja koko maassa 50 miljoonaa ihmistä näki nälkää päivittäin. Sitten hallituksen aloittamat tukiohjelmat kuten Bolsa Familia ovat vastanneet halvalla ja tehokkaasti äärimmäisen köyhyyden kitkemiseen, vähentäen esimerkiksi lapsikuolleisuutta huomattavasti. Nämä ohjelmat olivat välttämättömiä ja selittävät osaltaan miksi nykyään yli 80 % Brasilialaisista kannattaa presidentti Luiz Inacio Lula da Silvaa. Nämä hätäratkaisut eivät kuitenkaan riitä ratkaisemaan rakenteellisia nykymaatalousmalliin liittyviä ongelmia, vaan luovat pahimmassa tapauksessa riippuvuuden slummien köyhien ja koneellistettujen suurtilojen välille, jossa ihmisiä pidetään hengissä ja työttöminä. Tämä ei voi olla kestävä ratkaisu, sillä ihmisten tulee itse voida osallistua tuotantoon ja olla riippumattomia jatkuvasta valtion tuesta.

Brasiliassa on noin 350 miljoonaa hehtaaria viljeltävää maata. Epätasaisen maaomistuksen vuoksi kuitenkin vain 50 miljoonaa hehtaaria, siis 14 %, oli käytössä vuonna 2004. 75 % tästä 50 hehtaarista, oli agribisneksen käytössä. Kyseessä olivat parhaat maat; näillä viljeltiin vientikasveja kuten soijaa, puuvillaa, appelsiinia, kahvia, sokeriruokoa ja eukalyptusta. Vaikka parhaat maat käytetään nykyisin vientiviljelyyn, Brasiliassa on edelleen 120 miljoonaa hehtaaria tuottamattomia suurtilojen maita, 53.761 suurtilan alueella. Eli siis Euroopan kokoinen alue käyttämättömänä.

Brasilian maalaki jakaa maatilat kokoluokkiin: pientilat ovat keskimäärin maksimaalisesti 200 hehtaarin kokoisia, keskikokoiset 200 ja 2000 hehtaaria, ja suuret tilat yli 2000 hehtaaria. Pienet tilat antavat valtion tilastokeskuksen IBGE:n tilastojen mukaan töitä 14 miljoonalle ihmiselle, keskikokoiset 1.8 miljoonalle ja agribisneksen suurtilat vain 500.000 hengelle (IBGE 2004). Nämä puoli miljoonaa agribisneksen parissa työskentelevää koostuvat lähes täysin palkkatyöläisistä, sillä harva suurtilallisista itse työskentelee tiloilla, ja vaikka työskentelisikin, heitä on kovin vähän. Pienviljelijät asuvat tiloiltaan perheineen (14 miljoonaa), mutta samalla työllistävät lähes tuplasti maatyöläisiä verrattuna agribisnekseen, eli palkkaavat noin miljoona henkeä sen lisäksi että tarjoavat töitä itse viljelijäperheelle. Keskikokoinen viljely tuottaa myös miljoona maatyöläisen työpaikkaa. Pienviljely siis työllistää eniten, vaikka vie pienimmän osan maa-alasta.

Lisäksi pienviljely on tuottavampaa teollisuuden tukemisen, talouden heijastusvaikutusten kannalta katsottuna. 63 % kaikista traktoreista on alle 200 hehtaarin tilojen käytössä. Yli 1000 hehtaarin tiloilla on käytössään vain 36 % traktoreista. Traktorien kysyntä ei ole kasvanut 20 vuoteen, vaan teollisuus myy keskimäärin 50.000 traktoria vuosittain. Kuvitelma siitä että agribisnes olisi paras tapa tukea teollistumista ja luoda työpaikkoja palvelusektorilla ja teollisuudessa on siis myytti; todellisuudessa pienviljelyn tukeminen

on kansantaloudellisesti paljon tuottavampaa. Lisäksi pienviljely kasvattaa suuremmat markkinat, levittäen ostovoiman ja bruttokansantuotteen tasapuolisemmin.

IBGE:n mukaan Brasilian suurtilat vastaavat vain 13.6 prosenttisesti maan maatalous-tuotannosta, keskikokoiset 29.6 % ja pientilat 56.6 prosenttisesti. Pientuotanto vastaa 60 prosentista lihan- ja maidontuotannosta. Pientuotanto on hehtaarituoilla laskettuna ylivoimaisesti tuottavampaa kuin agribisnes. Väitteet siitä että tarvittaisiin suurtuotantoa tai geenimuuntelua jotta tuotantoa voitaisiin lisätä, onkin myytti.

Itse asiassa 75 % kaikesta maailman ruoasta on pienviljelijöiden tuottamaa. Heidän olisi mahdollista tuottaa vieläkin enemmän, mikäli he saisivat tukea. Suurin osa heistä ei nykyisin saa merkittävää tukea valtioilta. Esimerkiksi 2003- 2004 Brasilian pienviljelijät saivat vain 3 miljardia realia luottoa, kun taas keskikokoiset ja suurtilat saivat 24 miljardia realia Brasilian pankilta (Banco do Brasil) (Stédile 2004).

Ihmispääomavaltainen maatalousmalli ei voi tarkoittaa enää klassisen maauudistuksen seuraamista. Maan jakaminen ei riitä. Uusi maaseututuotantomalli ei voi olla paluuta pelkkään perheviljelyyn. Uuden vuosisadan maaseutu-investoinneissa ja talouspolitiikassa tulisi pyrkiä työllistämään mahdollisimman moni ja useilla eri sektoreilla, ei vain pellolla ja metsissä. Täten perinteinen maita jakava maaseutu-uudistus ei riitä, vaan maauudistuksen tulee tukea myös pienteollisuutta ja palveluiden tuottamista maaseudulla. Näin voidaan tarjota mielekkäitä työpaikkoja, etenkin maaseudun nuorille. Ei ole realistista olettaa, että nuoret haluaisivat jatkaa maaseudulla asumista ja viljelijän elämää, vaan talouden on tarjottava muitakin mahdollisuuksia. Kaupungin viehätys perustuu juuri siihen että siellä voi työskennellä muuallakin kuin perustuotannossa, ja että ainakin vaihtoehtoja ja mahdollisuuksia löytyy.

Maaseututeollisuuden ja palveluiden lisäämiseksi on otettava huomioon maaseutuväestön kouluttaminen, jota on tuettava mahdollisimman paljon. Pitää perustaa uusia korkeakouluja maaseudulle, jotta ihmisten ei tarvitse muuttaa kaupunkiin. Esimerkiksi Brasilian maattomien liike on tehnyt näin, perustaen EU:lta saadun miljoonan euron tuella omalla työvoimalla yliopiston maattomille São Pauloon. Yli 5.000 oppilasta ympäri Latinalaista Amerikkaa opiskelee maattomien yliopistossa, erikoistuen opettajiksi, asiantuntijiksi, maantieteilijöiksi, agrilogeiksi ja koordinoijiksi maauudistuksen ja luonnonmukaisen pienviljelyn tarpeisiin. Pienikin raha voi auttaa valtavasti suurten ongelmien ratkaisussa, mikäli tuki on kohdistettu oikein.

Pääsääntö uudessa mallissa onkin tukea investointeja ja hankkeita jotka maksimoivat ihmiskapasiteetin kasvun. Ihmisten on parasta olla itse alusta alkaen mukana, järjestäen ja luoden itse uuden kehityksen, kuten oli tapaus yliopistossa jonka maattomat itse rakensivat, oppien näin tarvittaessa toistamaan urakan ja opettamaan sen muille. Tällaisilla kapasiteettia maksimoivilla investoinneilla voidaan mahdollistaa lumipalloefekti jossa autetuista ei tule riippuvaisia vaan he ottavat kehityksen omiin käsiinsä. Näin voidaan esimerkiksi miljoonalla eurolla saavuttaa valtava yhteiskunnallinen tuotto pääomalle.

On tärkeää, että maaseudun ihmiset itse kontrolloivat toimintaa ja tuotantoa. Täten esimerkiksi siementen omistaminen ja maataloustuotannon uudistaminen ja takaaminen viljelijöiden keskuudessa on tärkeää. Nykyisin suurin osa muuntogeenisestä viljelystä ei täytä tätä edellytystä, vaan luo riippuvuuden asiantuntijoihin ja yrityksiin jotka hallitsevat geenimuuntelun taidon. Tämä lisää epävarmuutta ja vähentää ihmiskapasiteetin

maksimointia, sillä suurimmalla osalla maailman köyhistä ei ole mahdollisuutta luoda tai ymmärtää, saatikka omistaa geeniteknikkaa. Patentoitu teknologia on ostettava uudelleen joka vuosi. Elämän ja luonnon patentointia ei voikaan suositella.

Parempi ratkaisu olisi paikallisten lajien kehittäminen ja testaaminen sellaisilla metodeilla jotka ovat ihmispääomavaltaisia eivätkä pääomavaltaisia, ja jotka onnistuvat köyhimmissäkin olosuhteissa. Menetelmien tulee olla sellaisia joiden kehittämiseen kuka vaan voi osallistua, myös lukutaidottomat pienviljelijät köyhimmissä maissa. Mikäli tieto kasaantuu ja erikoistuu, on vaarana että köyhien asema ja syrjäytyminen kasvaa entisestään, että heillä on jatkuvasti vähemmän sananvaraa esittää näkemyksensä kehityksen suunnasta ja olla oleellinen osa niitä muutosprosesseja joilla yritetään parantaa juuri heidän asemaansa. Biohegemonian vaaran vuoksi onkin syytä tukea ruohonjuuritason ratkaisuja, demokraattista ja pääomavaltaista pienviljelyä. Valtion tulee varmistaa lainsäädännöllä ja sen valvonnalla että sekä kotimaassa että ulkomailla sekä kustannusten ulkoistaminen että tietotaidon yksityistäminen pidetään kurissa. Oikeusvaltio, ihmisoikeuksien kunnioittaminen, ja oikeasti demokraattinen investointiprosessi ovat välttämättömiä ihmispääomavaltaisen mallin luomisessa.

Ikivihreän vallankumouksen (evergreen revolution) käsitteen ja perustoimintalinjan on esittänyt 1960- ja 1970-lukujen Vihreän vallankumouksen isäksi ristitty intialainen M.S. Swaminathan (ks. jakso 6.10). Tämän maailmalla nyt erittäin arvostetun gandhilaisen ajattelijan mukaan uudessa vallankumouksessa pitää välttää ne Vihreän vallankumouksen muodot, jotka eivät ole osoittautuneet kestäväen kehityksen mukaisiksi. Väestön enemmistön ruokahuollon ja työllisyyden kannalta keskeistä biotuotantoa on kuitenkin edistettävä hyödyntäen maksimaalisesti uuden biotekniikan tarjoamia mahdollisuuksia mukaan lukien geenimuuntelun. Tiedon on kuitenkin myös välityttävä viljelijöille ja valtion on tuettava maatalouden uudistumista. Swaminathanin (2009) sanoin:

Building a successful ever-green revolution requires four components: technology, services, favourable public policies, and farmer enthusiasm.

Keskeinen elementti ikivihreässä vallankumouksessa on viljelyosaamisen välittäminen koulutus- ja neuvontaorganisaatioiden kautta ja suurten monikansallisten yhtiöiden haastaminen uudessa biotekniikassa. Swaminathanin tapauksessa kyse ei tyhjästä puheesta, vaan hänellä on todellista näyttöä tällaisesta toimintatavasta sekä 1960-luvulta että 2000-luvulta. 1960-luvulla hän perusti Intiaan 2000 malliviljelmän verkoston osoittaakseen paikallisille viljelijöille uusien lajikkeiden edullisuuden. 2000-luvulla hän on aktiivisesti toiminut internet-yhteyksien tuomiseksi intialaisiin kyliin. Hän on käynnistänyt yhteistyössä erään maaseudun kehittämisakatemian kanssa kunnianhimoisen hankkeen, missä jokaiseen Intian kylään koulutettaisiin nainen ja mies edistämään kestävää maataloutta. Lähimpänä haasteena on veden tehokkaampi käyttö(www.prlog.org).

Taulu 11.5. Ekotalous ja Ikivihreä vallankumous

Ekotalous	Ikivihreä vallankumous
Keskeisenä lähtökohtana on suuren väestömäärän mielekäs työllistyminen pienimuotoiseen viljelyyn alle 100 ha tiloille tai tuotanto-osuuskuntiin.	Keskeisenä lähtökohtana on suuren väestömäärän mielekäs työllistyminen pienimuotoiseen viljelyyn alle 100 ha tiloille tai tuotanto-osuuskuntiin.
Geenimuuntelu ei ole sallittua ja estetään luotattavilla turvajärjestelyillä muunnellun ”geenisaasteen” leviäminen viljelmille	Käytetään mahdollisimman tehokkaasti uusinta bio- ja geeniteknistä tietoa paikallisten kasvilajien kehittämiseksi. Kasveja kehitetään geenimuuntelulla palvelemaan ensisijaisesti paikallisten kuluttajien tarpeita ja toissijaisesti vientiä varten.
Paikallisten kasvien ja eläinten moninaisuuden hyödyntäminen	Tehokkaan neuvonnan avulla varmistetaan, että maaperä ylläpidetään viljelykelpoisena, ravinnekierrat ovat hallittuja, kastelu käyttää tehokkaasti vesiresursseja ja kasvatettaviksi on valittu sopivat lajikkeet.
Biodiversiteetin suojeleminen ja vieraslajien sekä niiden perinnöllisen aineksen leviämisen ehkäisy	Muodostetaan kehitysmaihin kylätasolle ulottuvat koulutuksen ja neuvonnan verkostot julkisesti rahoitettujen tutkimus- ja kehittämisskeusten johdolla. Myös kehittyneiden maiden ravinnontuotannon verkostoitumista tehostetaan.
Paikalliset ja perinteiset tuotantomenetelmät sekä Sellaisten viljelymenetelmät, missä ei käytetä kemiallisia kasvinsuojeluaineita ja lannoitteita tai niiden käyttö on vähäistä. Ammattitaitoista käyttöä edistetään neuvonnalla.	
Valvotaan erityisesti, ettei tuotteissa ole niiden puhtautta vaarantavia jämiä.	

Geenimuuntelun, keinolannoitteiden ja kasvinsuojeluaineiden käyttö tulkitaan keskeiseksi erottavaksi piirteeksi ekotalouden ja ikivihreän vallankumouksen välillä. Seuraavassa lähdetään yksinkertaisuuden vuoksi siitä, että nykyinen viljely kehitysmaissa tai trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla voidaan tulkita joko agribisnekseksi tai luomuun rinnastuvaksi ekotaloudeksi Markus Krögerin yllä esittämällä tavalla ja että Ikivihreän vallankumouksen tuotantomalli edustaa 2010 alun tilanteessa vasta yhtä prosenttia maankäytöstä. Näin tulkiten keskeiseksi erottelevaksi piirteeksi Ikivihreän vallankumouksen toimintamallin ja ekotalouden välillä muodostuu ennen kaikkea geenimuuntelun hyväksyminen ja käyttö.

EU:n asetus (EY) N:o 834/2007 kieltää käyttämässä luonnonmukaisessa tuotannossa muuntogeenisiä organismeja missään muodossa. Kielto koskee rehuja, elintarvikkeita, valmistuksen apuaineita, kasvinsuojeluaineita, lannoitteita, maanparannusaineita, siemeniä, kasvien lisäysaineistoja, mikroorganismeja ja eläimiä. Ikivihreän vallankumouksen kannalta on sen sijaan olennaista, että suurten monikansallisten yhtiöiden kuten Monsanto:n ylivalta geenimuuntelussa murretaan. Geenimuuntelun kohteeksi otetaan suojeluaineiden kestävyys ja asemasta erityisesti kuivuutta, suolaisuutta ja ravinteiden niukkuutta paremmin kestävä monenlaiset kasvit. Käytännössä suurten yhtiöiden vallan murtaminen edellyttäisi ennen kaikkea kevennettäviä menettelyjä geenimuunneltujen lajikkeiden hyväksynnässä ja ehkä myös patenttisuojan puuttumista.

Kuinka geenimuuntelua voitaisiin kehittää niin, että geenimuunneltuihin lajikkeisiin kohdistuvat koetut uhkat olennaisesti vähenevät? Yksi mahdollisuus olisi sallia kevennetty menettely silloin, kun tavoiteltu muutos olisi periaatteessa toteutettavissa risteytyksen menetelmin. Viitaten raportin jaksoon 6.5 uusimpien teknisten edistysaskelten vuoksi ilmeisesti jo nyt ja lähes varmasti vuoden 2030 teknologialla on mahdollista asettaa tietty DNA- jakso tarkasti tiettyyn paikkaan kasvin tietys- sä kromosomissa. Jos voidaan kokein osoittaa kohtia kasvin perimässä, joihin DNA:ta siirtyy ristey- tyksessä, nämä alueet voitaisiin määritellä DNA:n sallittujen muutosten alueiksi. Geenikoettimien avulla voidaan jo nykytekniikalla varsin hyvin tutkia, mihin kohtaan perimässä geeniaines on aset- tunut. Mitä todennäköisimmin myös antibiootti kanamysiinin käyttö geenin siirtymisen varmistami- seksi on jo lähitulevaisuudessa käymässä tarpeettomaksi. Näin myös ko. antibiootin kestävyys- geenii ei ole tarpeen siirtää.

DNA:n siirron tarkan kohdistamisen ohella kevennyksiä hyväksyttämismenettelyihin voitaisiin ha- kea muuttamalla patentoinnin sääntelyä. Jos tehty geenimuunnos luovutettaisiin vastikkeetta ylei- seen käyttöön, sen hyväksymismenettelyä voitaisiin keventää. Ehkä olisi myös mahdollista suosia julkisrahoitteisia tutkimuslaitoksia hyväksyttämismenettelyissä.

Vielä yksi peruste olisi muunnoksen käyttötarkoitus, joka toki nykyisinkin vaikuttaa hyväksyntään. Vastaten Metsät-ravinto-vesi –hankkeen ohjausryhmän haastatteluissa esittämiä näkemyksiä gee- nimuuntelu voitaisiin hyväksyä vähimmin rajoituksin biopolttoaineiden valmistuksessa, seuraavaksi helpoimmin rehujen raaka-aineissa ja tarkimmin valvoen ihmisten ravinnossa.

Miten kehitystä eri päivitettyissä skenaarioissa voisi tulkita edellä kuvatuilla viljelyratkaisuilla? Ole- tetaan, että nykyisin noin 70 % biotuotannosta trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla perustuu agri- bisnes –tyyppiseen viljelyyn ja vajaa 30 % on luonteeltaan ekoviljelymalliin rinnastuvaa. Näin tul- kiten ikivihreä –tyyppisen viljelyn tulkitaan olevan vielä erittäin vähäistä. Sen kaltaiseksi luonneh- ditaan taulussa 1 % viljelystä. Hyvin toisenlaisetkin tulkinnat nykytilanteesta olisivat mahdollisia, koska suuri osa viljelystä omaa piirteitä yhtä useammasta pelkistetystä viljelymallista. Koska tar- kastelun tavoitteena on kuitenkin skenaarioihin liitettävän muutoksen eikä nykytilanteen kuvaus, alkujakaumalla ei tarkastelun kannalta ole kovin suurta merkitystä.

Ottaen huomioon biotekniikan erittäin nopean kehityksen on hyvin perusteltua lähteä siitä, että luomuviljelyn kaltainen viljely on muuttunut marginaaliseksi ratkaisuksi viimeistään vuonna 2050. Vain jos jokin alue on jäänyt teknisen kehityksen ulkopuolelle, siellä harjoitetaan luomutyypistä viljelyä 2050. Tällainen mahdollisuus on suurin Vahvojen ehdoilla -skenaariossa, millä perusteella luomutyypisen viljelyn osuudeksi siinä on vuonna 2050 asetettu 10 % muiden skenaarioiden saa- dessa 5 % osuudet.

Vielä vuonna 2020 luomutyypinen viljely lienee hyvin varteenotettava vaihtoehto. On perus- teltua tulkita, että sen osuus kasvaa nykyisestä Sopeutuva mosaiikki –skenaariossa. Epäilykset gee- nimuuntelua kohtaan lienevät vielä tässä vaiheessa niin suuria, että ikivihreä vaihtoehto yltää par- haimmillaankin 15 % viljelypinta-alasta.

Kääntein voi ennakoida tapahtuvan vuosien 2020 ja 2030 välillä. On varsin luontevaa olettaa, että 2030 luomutyypinen ja ikivihreätyypinen viljely ovat tasaväkisiä vaihtoehtoja. Ikivihreän vaihto- ehdon on luontevaa olettaa olevan vahvin asiantuntijavaltaa edustavassa Ympäristöteknologian voimalla skenaariossa. Maailman yhteispeli –skenaariossa on luontevaa olettaa agribisneksen ole- van täysin dominoiva vuonna 2020, mutta ikivihreän vaihtoehdon olevan sen olennainen haastaja

2030. Ekotalouden voi ennakoida hieman menettävän asemiaan, mutta säilyttävän Sopeutuva mosaikki –skenaariossa pääkilpailijan asemansa agribisneksen kanssa.

Taulu 11.6. Millennium Ecosystem Assessment –skenaariot päivitettyinä keskeisten viljelytaparakaisujen osalta. Biotuotannon kolmen perusratkaisun suhteelliset osuudet biotuotannosta maailman trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla skenaarioittain, arvio 2009 ja ennakkoinnit 2020,2030 ja 2050

	Vaihtoehto A	Vaihtoehto B	Vaihtoehto C
1. Biotuotannon perusratkaisu trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla vuonna 2009	Suurilla pinta-aloilla toteutettu agribisnes ja monokulttuuriviljely 70 %	Ekotalous. Paikalliseen perinteeseen ja vähäiseen keinolannoitukseen perustuva työllistävä viljely 29 %	Ikivihreä vallankumous. Bio- ja geenitiedon sekä geenimuutelmien käyttö työllistävässä viljelyssä 1 %
1. Biotuotannon perusratkaisu 2020 Maailman yhteispeli Vahvojen ehdoilla Sopeutuva mosaikki Ymp. tekn. voimalla	Agribisnes 80 80 50 60	Ekotalous 15 19 40 25	Ikivihreä vallankumous 5 1 10 15
1. Biotuotannon perusratkaisu 2030 Maailman yhteispeli Vahvojen ehdoilla Sopeutuva mosaikki Ymp. tekn. voimalla	Agribisnes 70 75 40 50	Ekotalous 5 20 35 20	Ikivihreä vallankumous 25 5 25 30
1. Biotuotannon perusratkaisu 2050 Maailman yhteispeli Vahvojen ehdoilla Sopeutuva mosaikki Ymp. tekn. voimalla	Agribisnes 55 70 40 50	Ekotalous 5 10 5 5	Ikivihreä vallankumous 40 20 55 45

11.7. Ensimmäinen skenaariotarina: Maailman yhteispeli (Global Orchestration)

Päivitetyt skenaariotarinat kerrotaan seuraavassa ”muisteluina taaksepäin” vuodesta 2050. Näin meneteltiin myös englanninkielisessä alkutekstissä. Kunkin skenaarion laajimmista noin 5000 sanan skenaariokuvauksista (Carpenter ym. 2005 s. 230-264) on valittu mukaan tapahtumia, jotka viimeaikaisen kehityksen huomioon ottaen ovat edelleen hyvin mahdollisia ja ajankohtaisia. Tarinoihin on kuitenkin liitetty paljon uutta ainesta ja niiden juonet on uudistettu viimeaikaisen kehityksen pohjalta. Kolme skenaariotarinaa on luonteeltaan positiivisia ja viimeisenä esitetty Vahvojen ehdoilla -skenaario negatiivinen. Kolmessa ensimmäisessä tarinassa Kiina kuuluu ”sankareihin”. Viimeisessä tarinassa sille on varattu ”konnan” rooli.

Maailman yhteispeli (Global Orchestration)

Nyt vuonna 2050 maailman painopiste on selvästi Tyynen valtameren laidoilla. Siirtymä pois Atlantilta kävi selväksi vuonna 2008 alkaneen talouskriisin jälkeen. Ennen talouskriisiä tuotanto Itä-Aasiassa ja varsinkin Kiinassa palveli ensi sijassa länsimaisia kuluttajia. Talouskriisin jälkeen maanosan oman väestön tarpeet nostettiin etusijalle. Eurooppalaiset ja amerikkalaiset ovat joutuneet maailmantaloudessa menestyäkseen ottamaan tuotantonsa lähtökohdaksi BRICS –maiden (Brazil-Russia-India-China-South Africa) kuluttajat, ja erityisesti Kiinan ”pientä hyvinvointia” kohti ponnistelevat kuluttajat. ”Pieni hyvinvointi” on Kiinan 2000-luvun alkuvuosien pääministerin käyttöönottona käsite. Sillä luonnehdittiin sitä elintasoa, jota Kiina tavoitteli kaikille kansalaisilleen.

Maailman johtaviksi valtioiksi ovat nousseet Kiina ja Yhdysvallat. Ne toimivat hyvässä yhteistyössä Afrikassa, Länsi-Aasiassa ja Etelä-Amerikassa. Supervallat eivät kuitenkaan erityisesti korosta vahvaa asemaansa. Ne kokevat pikemminkin olevansa maailmanlaajuisen konsensuspolitiikan takuuvaltioita. EU tunnustetaan edelleen BRICS –maiden, Japanin ja Yhdysvaltojen rinnalla maailman johtaviin alueisiin kuuluvaksi. Tosin sen vaikutus Euroopan ulkopuolella on huomattavasti vähäisempi kuin 2000-luvun alkuvuosina. EU:ta kunnioitetaan eräänlaisena maailman arvojohtajana. Lähes kaikki maailman valtiot tunnustavat, että se on toiminut edelläkävijänä sekä sosiaalisesti vastuullisessa markkinataloudessa että ilmastonmuutoksen torjunnassa.

Nyt kaikki tunnustavat ilmastonmuutoksen vähättelyn tuhoiset seuraukset. Kööpenhaminan ilmastokokouksessa Yhdysvallat, Kiina, Intia, Brasilia ja Etelä-Afrikka liittoutuivat EU:n liian radikaaliksi katsomaansa ilmastonmuutospolitiikkaa vastaan. ”Maltillisen ilmastopolitiikan akselin” mukaan kunkin maan piti itse määrittellä, minkä tasoiseen ilmastonmuutospolitiikkaan sillä on varaa. Seuraavan 20 vuoden aikana toisteltiin usein presidentti Obaman päätöspuheenvuoroa Kööpenhaminan ilmastokokouksessa. Obaman mielestä on kohtuutonta vaatia aktiivisuutta ilmastopolitiikassa maalta, jossa merkittävällä osalla väestöstä ei ole edes sähköä käytettävissään. Vasta vuoden 2033 katastrofi Kiinassa vaiensi lopullisesti tällaisen puheen.

YK:ssa monesti toistelluksi iskulauseeksi muodostui: *Vaurautta ja terveyttä yhteisin ponnistuksin. Ihminen ja myös luonto menestyvät teknologiaa kehittämällä.* ”Maltillisen ilmastopolitiikan akseli” kiteytti näin politiikkaansa. Poliitiikan keskeiset tavoitteet olivat elintason kohottaminen kaikkialla maailmassa sekä terveyteen ja turvallisuuteen liittyvät peruspalvelut. Ilmastonmuutosta tuli torjua kahta ensin mainittua tavoitetta vaarantamatta.

Yhdysvallat ja Kiina alkoivat lähes samanaikaisesti politiikassaan korostaa terveyttä ja väestön peruspalveluja. Vielä 2000-luvun alkuvuosina Kiina ei kokenut kovin suurena ongelmana nopeasti kasvavia tulo- ja varallisuuseroja kansalaistensa välillä. Kiinan poliittista johtoa saatettiin syyttää vain maan eliittiryhmän etujen ajamisesta. Vuoden 2010 vaiheilla valtavat tuloerot sekä terveydenhuoltoon ja koulutukseen liittyvä epätasa-arvo alkoivat kuitenkin vakavasti uhata Kiinan sisäistä järjestystä, talouskasvua ja kommunistisen puolueen asemaa maan johdossa.

Kiinan hallitus muutti sosiaalipoliittista suuntaansa vuonna 2008 alkaneen talouskriisin jälkeen. Samaan aikaan myös Yhdysvalloissa presidentti Obama nosti sosiaalisen tasa-arvon politiikkansa keskiöön. Ensimmäinen askel oli vuonna 2010 toteutettu USA:n terveydenhuollon uudistaminen. Näin syntyi yleisesti myönteinen asenneilmasto globaalilla tasolla sosiaaliturvaa edistäville uudistuksille. Yhteistyöhön rohkaisivat myös menestykset maailman vuoden 2008 talouskriisin hoidossa sekä sikainfluenssa- ja SARS epidemioiden torjunnassa.

Uuden sosiaalipoliittisen suuntauksen ohella Yhdysvallat –Kiina –akselin johtoasemaan maailmassa vaikutti nopeasti etenevä teknologinen kehitys. Yhdysvallat ja Kiina ovat kulkeneet teknologian kehityksen kärjessä. Yleisestä teknologisesta kehityksestä eristäytyneet maat havaitsivat jäävänsä tuotannossaan kohtalokkaasti jälkeen ja menettävänsä hyödyt maailmanlaajuisesta vuorovaikutuksesta. Jotta uutta teknologiaa on voitu omaksua, on tarvittu myös koulutusta. Monet kehitysmaat ovat seuranneet Singaporen ja Etelä-Korean esimerkkiä, jotka jo 1990-luvulta lähtien ovat panostaneet koulutukseen. Tältä pohjalta ne vaurastuivat nopeasti.

Eristymisen haittojen pääteltiin koskevan myös maataloutta sekä ruuan ja energian tuotantoa. Maailman maatalouskauppaa avattiin merkittävästi siten, että myös kehittyvien maiden maataloustuotteille tuli aito mahdollisuus päästä tasavertaisesti kilpailemaan kehittyneiden maiden markkinoille. Samalla estettiin kohtuuttomiin tukiin perustuva maataloustuotteiden vienti kehittyneistä maista kehitysmaihin.

Maailman maatalouskaupan avaaminen reilulle kilpailulle, teknologian nopea kehitys ja sen ylivertaisiin mahdollisuuksiin uskomisen johtivat aluksi suurimuotoisen viljelyn kritiikittömään suosimiseen. Maatalouden tuotantoa tehostettiin lähes kaikilla trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla uusilla paljolti geneettisesti muunnelluilla kasvilajeilla, keinokastelulla, kasvinsuojeluaineilla ja lannoitteilla. Tuotanto kyllä lisääntyi merkittävästi ja nälänhätä onnistuttiin välttämään sosiaalisin ohjelmin. Samalla kuitenkin metsiä raivattiin ilmastomuutoksen torjunnan ja biodiversiteetin suojelun kannalta erittäin ongelmallisesti maatalouskäyttöön vielä 2010-luvun lopulla.

Varsinkin 2010-luvun alkuvuosina agribisnes ja monokulttuuriviljely etenivät voimakkaasti. Vain pieni osa viljelymaasta jäi pitkälle koneellistetun suurtuotannon ulkopuolelle. Pienimuotoisen viljelyn merkitys jäi taloudelliselta kannalta vähäiseksi. Se liittyi lähinnä elämäntapaviljelyyn ja viljelyn laadultaan heikkotasoisessa maaperässä.

Vähitellen kuitenkin voimakkaasti lisääntyneen agribisneksen ongelmat alkoivat kärjistyä. Polttavaksi ongelmaksi jo 2010-luvun puolivälissä muodostui suurten monikansallisten yritysten ylivalta maataloustuotannossa, joka perustui erityisesti geneettisellä muuntelulla tuotettuihin harvoin parhaimminkin tuottaviin lajeihin. Vapaa maatalouskauppa johti vieraslajien nopeaan leviämiseen, jotka köyhdyttivät ja ajoivat sukupuuttoon paikallisia lajikkeita. Ympäristönsuojelun heikko taso yhdessä kastelun merkittävän lisäämisen sekä lannoitteiden ja torjunta-aineiden käytön huomattavan lisäyksen kanssa johtivat pohjaveden laadun heikkenemiseen sekä torjunta-aineille resistenttien tauti- ja rikkaruohokantojen syntyyn.

Vähitellen oivallettiin, että agribisnes harvoilla lajikkeillaan tuhlassi resursseja eikä pystynyt ottamaan huomioon ja hyödyntämään riittävästi paikallisia olosuhteita ja paikallisesti paremmin toimivia lajikkeita. Onneksi jo 2010-luvulla erilaisia lajikkeita varastoitiin monipuolisesti kansainvälisiin geenipankkeihin, mikä osaltaan mahdollisti tärkeän käänteen 2020-luvun puolivälissä. Tärkeäksi nousi varsinkin 1960- ja 1970-lukujen ”vihreän vallankumouksen” isäksi kutsutun intialaisen M.S. Swaminathanin 2000-luvun alkuvuosina esittämä visio ”ikivihreästä vallankumouksesta”. Hänen ajatustensa mukaisesti nopeasti kehittänyt uutta biotekniikkaa ja erityisesti geenimuuntelua alettiin soveltaa myös pienimuotoisessa ja työllistävässä puutarhamaaisessa viljelyssä. Uusia lajikkeita kehitettiin käyttämään tehokkaasti ravinteita ja vettä sekä kestämaan pakkasta, kuivuutta ja suolaantumista.

Käänteeseen vaikuttivat myös kärjistyneet sosiaaliset ongelmat. Erityisesti maaseutuväestön pako kehitysmaiden suurten väestökeskusten slummeihin kiihtyi. Megaväestökeskittymien sosiaaliset ongelmat vaaransivat koko maapallon kehitystä valtavan työttömyyden aiheuttaman radikalisoitu-

misen ja rikollisuuden vuoksi. Työttömyyden kasvu alkoi näkyä myös lisääntyvinä terveysongelmina. Kehitysmaiden biosektorilla työskentelevä koulutettu väestö, jolla oli vaikea löytää työtä kotimaasta, suuntasi toimintansa erityisesti biosektoria hallitsevia monikansallisia yhtiöitä vastaan. Yhdessä Aasian, Euroopan, Etelä-Amerikan ja Afrikan maat saivat aikaan uudistuksen patentoinnissa ja intellektuaalisissa oikeuksissa, joihin Yhdysvallat vastahakoisesti suostui. Uudistukset mahdollistivat paikallisen lääke-, geenitekniikka ja nanotekniikkayritysten käynnistymisen ja suuntautumisen palvelemaan paikallisia markkinoita. Nämä muutokset saivat vähitellen aivovuodon kehityksimaista kehittyneisiin maihin loppumaan ja kääntymään takaisin.

Näin vuoden 2050 perspektiivistä maailmassa on tapahtunut paljon myönteistä viimeisen 40 vuoden aikana. Epätoivoisessa asemassa olevien ihmisten määrä maailmassa on tuntuvasti vähentynyt. Elin-tason nousu ja parantunut sosiaaliturva ovat ratkaisevasti vaikuttaneet siihen, että maapallon väkiluku on vakiintunut noin 8,5 miljardiin.

Kuten alussa todettiin, nyt vuonna 2050 huoli kohdistuu erityisesti ilmastonmuutokseen, joka uhkaa riistäytyä kokonaan ihmiskunnan hallinnasta. Kööpenhaminan ”maltillisen ilmastopolitiikan akselin” toiveajattelusta on nyt tulossa kova lasku ihmiskunnalle. Siitä saatiin järkyttävä osoitus vuonna 2033, kun pyörremyrsky tuhosi 25 % Hong Kongin 25 miljoonan hengen talousalueen teollisuuslaitoksista. Kiina siirtyi lopulta ilmastonmuutoksen torjunnan jarruttajasta tehokkaiden toimenpiteiden edistäjäksi maailmassa.

Puhetta ilmastonmuutoksen torjunnasta ja siihen liittyvää puuhastelua on kyllä riittänyt Kööpenhaminan kokouksen jälkeen. Maailman mahtivaltioista vain EU ja Japani ovat kuitenkin olleet valmiit merkittäviin taloudellisiin uhrauksiin ilmastonmuutoksen torjumiseksi. Enemmistössä maailman maita ilmastonmuutosta torjuttiin noin vuoteen 2035 saakka vain talouskasvua lisäävillä ja yritysten kilpailukykyä parantavilla tavoilla. Yhdysvallat panosti erittäin voimakkaasti biopolttoaineiden tuotantoon levillä. Ydinvoimaa on rakennettu runsaasti lisää varsinkin Venäjällä ja joissakin EU-maissa. Japani on kohdistanut resurssejaan mm. sähköautoihin ja uuteen akkuteknologiaan.

Nyt on selvää, että ilmasto-ongelma herättiin tunnustamaan liian myöhään. Maailman lämpötila on nyt vuonna 2050 noin 2,4 C ° korkeampi kuin esiteollisena kautena. Kasvihuonekaasupäästöt ovat edelleen noin 65 % vuoden 1990 tasosta. Viimeisen 15 vuoden ryhdistymisestä huolimatta ollaan kaukana Kööpenhaminassa 2009 esitetystä hyvin perustellusta 50 % alenemasta.

EU on todella ansainnut nykyisen asemansa maailman arvojohtajana. Ilmastonmuutoksen torjumiseksi toimineiden kansalaisjärjestöjen ja tutkijayhteisöjen painostamana Euroopan Unioni on jatkanut sitkeästi edelläkävijänä ilmastonmuutoksen torjunnassa. Oman tuotantonsa kehittämisen ohella EU on yli lupaustensa toteuttanut kehityksmaille Kööpenhaminan kokouksessa antamansa rahoitussitoumukset. Lähinnä EU:n ansiosta sademetsien hävittäminen saatiin vihdoin loppumaan. Vuodesta 2020 sademetsien pinta-ala on kääntynyt niiden lieväksi lisääntymiseksi. Vuosina 2010-2020 suunnitteen 50 % EU:n myöntämistä lainoista ja avustuksista kehityksmaille myönnettiin päästöjen vähentämiseksi.

EU on nyt vuonna 2050 merkittävä ilmastonmuutoksen torjunnan teknologioiden toimittaja. Vielä enemmän se olisi voinut menestyä vastuullisella suuntautumisellaan, ellei maanosassa olisi suhtauduttu pelokkuudella uusien teknologioiden ja varsinkin geenitekniikan mahdollisuuksiin.

11.8 Ympäristöteknologian voimalla (TechnoGarden)

Kööpenhaminan vuoden 2009 ilmastokokouksen jälkeen vain harvat uskoivat mahdollisuuteen edetä nopeasti ilmastomuutoksen torjunnassa. Kiina teki kuitenkin 2011 Kööpenhaminaan verrattuna yllättävän ehdotuksen. Ehdotuksessa Kiina lupautui vuoteen 2025 mennessä vähentämään kasvi-huonekaasupäästöjään 15 % vuoden 2005 tasosta, jos Yhdysvallat lupautuu myös 30 % vähennykseen vuoden 2005 päästötasosta. EU:n osalta Kiina piti riittävänä sen lupausta 30 % päästövähennyksestä vuoden 1990-tasosta vuoteen 2025. Myös muut maat tulisi mm. kauppapakotteita käyttäen taivuttaa vastaaviin leikkauksiin ottaen huomioon niiden nykyisen elintason. Ehdotus oli radikaalisti parempi kuin Kööpenhaminan kokouksessa esitetty, koska Kiina ei liittänyt päästötavoitettaan enää BKT:n hiili-intensiivisyyteen.

Tarkemmassa katsannossa Kiinan ehdotus ei ollut yllättävä. Kiina oli ilmeisesti kahdessa vuodessa vakuuttunut siitä, että ilmastomuutos on sille todellinen uhka. Tai ainakin siitä, että sen johtoasema maailmassa vaati aktiivista ilmastopolitiikkaa. Yksi ratkaiseva tekijä saattoi olla kiinalaisten todellinen huolestuminen ikiroudan sulamisen metaanipäästöistä (ks. oheinen koonnos). Myös Kiinan sisällä paineet aktiivisuuteen olivat kasvaneet. Erityisesti oli tärkeää rauhoittaa Etelä-Kiinan väestöä. Se oli pyörremyrskyjen, pitkien kuivuuskausien ja muiden poikkeuksellisten sääilmiöiden vuoksi alkanut todella pelätä ilmastomuutoksen tulevia vaikutuksia.

Aiheuttaako Siperian ikiroudan sulaminen ilmastoa nopeasti lämmittävän ketjureaktion?³

Metaani on 20 kertaa tehokkaampi kasvihuonekaasu kuin hiilidioksidi. Vuoden 2009 aikana se mahdollisuus vahvistui, että Siperian ikiroudan sulaminen voi käynnistää metaanipäästöillään ilmastoa nopeasti lämmittävän ketjureaktion.

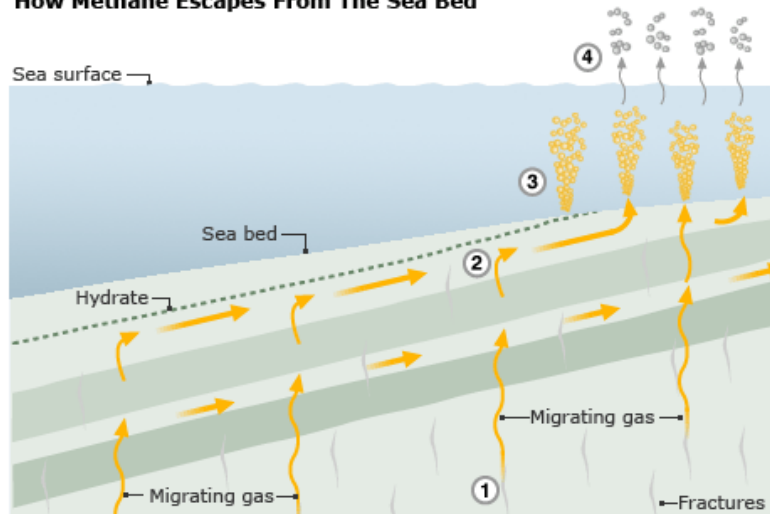
Professori Igor Semilotovin tutkimusryhmä on tutkinut parinkymmenen vuoden ajan Siperian ikiroudan metaanihydraatteja eli jäähän sitoutunutta metaania. Metaani vapautuu jään sulaessa eli periaatteessa lämpötilan ylittäessä 0 °C. Paineen alla esimerkiksi valtameren pohjassa hydraatit säilyvät vielä korkeammissa lämpötiloissa

Ilmakehän lämmetessä Siperian rannikkolaatta luovuttaa lisääntyvässä määrin metaania mereen. Semilotov johtaa Alaskan yliopistosta käsin kansainvälistä International Siberian Shelf Study –hanketta. Tutkimuksessa on havaittu, että kesällä 2009 metaanin päästöt olivat korkeimmat koskaan mitatut Pohjoisella Jäämerellä. BBC News julkaisi 6.1.2010 näitä metaanipäästöjä koskevan uutisen (Fitzpatrick 2010). .Pahin skenaario on, että käynnistymässä on maapalloa lämmittävä ketjureaktio, missä miljardeja tonneja metaania vapautuu ilmakehään. Maapallon historian aikana ainakin kerran on käynyt näin.

³ Emeritus professori Ossi Lindqvist on toiminut aineiston tähän koonnokseen

Kuva 11.1. Kuinka metaani vapautuu ikiroudasta ilmakehään (Fitzpatrick 2010)

How Methane Escapes From The Sea Bed



1. Methane hydrate is stable at high pressure and low temperature
2. Nearer the surface, where water pressure is lower, hydrates break down earlier than at greater depth as temperatures rise
3. Gas rises from the sea-bed in plumes of bubbles - some of it dissolves before it reaches the surface
4. The ISSS team says it has detected methane breaking the ocean surface

Aikaisemmin uskottiin, että meri sitoo paljon metaanipäästöistä. Semilotovin työryhmän tuoreen arvion mukaan metaani kuitenkin näyttää sitoutumatta mereen nousevan ilmakehään. Työryhmään kuuluvan professori ruotsalaisen Orjan Gustafssonin mukaan metaanitaso oli kesällä 2009 alueella 100 kertaa ja paikoin 1000 kertaa suurempi kuin normaalitaso. Hänen mukaansa tarvitaan kuitenkin edelleen tutkimuksia, jotta päästöjen muodostuminen ymmärrettäisiin. Kyseessä on joka tapauksessa erittäin suuri riski koska ikiroutaan on sitoutunut joidenkin arvioiden mukaan 1600 miljardia tonnia metaania, mikä tarkoittaa suunnitteen kaksinkertaista määrää ilmakehässä nyt olevaan hiileen verrattuna.

Kiinan hallituksen lähteminen mukaan ilmastonmuutoksen pitkäjänteiseen torjuntaan ei ollut yllättävää myöskään sen lähihistorian perusteella. Harva muu maa maailmassa olisi kyennyt panemaan käytännössä toimeen vuonna 1979 päätettyä yhden lapsen politiikkaa. Kiinan pitkäjänteisyyttä osoittaa myös asteittainen siirtyminen sosialistisesta taloudesta avoimeen, mutta tiukasti hallittuun markkinatalouteen.

Kiinan tarjouksen saatuaan Yhdysvallat joutui vaikean valinnan eteen. Obaman hallinnon ensimmäinen reaktio oli luonnollinen. Se käynnisti neuvottelut Kiinan kanssa siitä, voitaisiinko kuitenkin edetä ilmastonmuutoksen torjunnassa hitaammin. Säästyviä varoja voitaisiin käyttää maailman köyhien aseman parantamiseen ja ilmastonmuutoksen hillintään kehitysmaissa. Kiina pysyi kuitenkin tiukasti kiinni esittämässään suunnitelmassa. Vain sen tasoisella ohjelmalla olisi mahdollista päästä maailman alle kahden asteen lämpenemiseen vuoteen 2050 mennessä tinkimättä olennaisesti kehitysmaiden talouskasvusta. Kiina ilmoitti perusteellisen harkinnan pohjalta vakuuttuneensa siitä, että

kansainvälisen ilmastopaneelin IPCC:n vuoden 2007 laskelmiin oli syytä luottaa ja että riskit ikiroudan sulamisesta Siperiassa ovat todella suuria.

Kiinan selkeästä linjan muutoksesta kertoi, että se samalla käynnisti EU:n kanssa neuvottelut Yhdysvaltoihin kohdistuvista kauppapakotteista. Ne tulisivat voimaan, mikäli Yhdysvallat eivät vuoden 2013 mennessä hyväksy ehdotetun tasoista kasvihuonekaasupäästöjen leikkausta. Yhdysvalloissa käynnistyi kiivas keskustelu Kiinan ehdotuksesta. Osa Yhdysvaltojen teollisuudesta republikaanipolitiikkojen tuella aloitti laajan lehdistökampanjan ehdotuksen hylkäämiseksi. Kampanjassa toisteltiin ilmastomuutuskriitikoiden väitteitä ja lietsottiin isänmaallista henkeä Kiinaa ja EU:ta vastaan. Ehkä ratkaisevaksi muodostui Yhdysvaltojen tietotekniikkateollisuuden kannanotto. Microsoftin johdolla se totesi, että Yhdysvaltojen on aika hyväksyä tosiasiat ja katsoa eteenpäin meneeseen maailmaan takertumatta. Vain hyväksymällä Kiinan ehdotuksen Yhdysvallat voi varmistaa asemansa myös tulevaisuudessa maailman teknologiajohtajana.

Kiivaan keskustelun jälkeen Yhdysvaltojen kongressi hyväksyi Kiinan ehdotuksen. Se esitti kuitenkin tärkeän varauksen. Tavoite tuli saavuttaa tiukasti valvotulla maailmanlaajuisella päästökaupalla. Kiinalle tämä muutos sopi hyvin, koska näin päästörajoitukset eivät samassa määrin uhanneet sen omaa talouskasvua. Kiina oli myös valmis sallimaan kansainvälisen asiantuntijaryhmän tarkastukset maassaan.

Ilmastomuutoksen hallinnan kannalta keskeiseen asemaan nousi hinta, jolla erilaisissa toiminnoissa voitiin joko sitoa hiilidioksiditonnia vastaava määrä kasvihuonekaasuja ilmakehästä tai vähentää tätä vastaava määrä kasvihuonekaasupäästöjä. Maailmanlaajuisesti sopivaksi tehokkaan ratkaisun enimmäiskustannukseksi arvioitiin noin 10\$/CO₂tonni. Maailmanlaajuisessa päästökaupassa päästöoikeuden hinta kuitenkin vaihteli myöhemmin suuresti. 10\$/CO₂ tonni ei ollut kuitenkaan aivan huono arvaus CO₂ tonnin päästöoikeuden keskihinnasta.

Päästökaupan käytännön organisointia varten perustettiin vuonna 2013 YK:n alainen Global Carbon Office ja sen alaisuuteen New Global Energy Fund. Tällä teollisuusmaiden rahastolla pyrittiin hillitsemään ilmastomuutosta vähän päästöjä aiheuttavilla energijärjestelmillä. Rahaston ohella vähäpäästöisten ratkaisujen käyttöönottoa helpotti vahva usko teknologian mahdollisuuksiin. Jotta paras teknologia tulisi nopeasti käyttöön kaikkialla maailmassa, koettiin erityisen tärkeäksi luoda tehokkaat markkinat ympäristöteknologioiden levittämiseksi.

Teknisten standardien ja ekologisten mittareiden laadinta ja soveltaminen erilaisiin yhteyksiin oli ja on hyvin korkeaa osaamista vaativaa toimintaa. Standardien ja mittareiden laadinta on tapahtunut yhteistyönä tieteellisten yhteisöjen, ammattikuntien, asiantuntevien yritysten ja kansalaisjärjestöjen kesken. Käytännössä näiden organisaatioiden teknokraateista, jotka eivät ole vaalein valittuja, on tullut tärkeitä maailman lainsäätäjiä. Teknokraattien demokraattista valvontaa on lisätty heidän tekemiensä päätösten ja niiden perusteiden avoimuudella. Vaikka lähes kaikki asiantuntijoiden päätösten pohjana oleva tieto on nyt vapaasti saatavilla internetissä, pätevyydelle toimimiseen standardien ja mittareiden laatijana ja niiden soveltajana asetetaan erittäin korkeat tutkinnoin todettavat vaatimukset.

Yksi ensimmäisistä Global Carbon Officen haasteista oli laskenta- ja todentamisperusteiden perusteiden laatiminen REDD –mekanismia (Reduced emissions from deforestation and forest degradation) varten. Valtioille annettiin mahdollisuus ehdottaa kahden- tai monenkeskisiä järjestelyjä, joilla päästöjä voidaan vähentää kansainvälisen arvointiryhmän hyväksymällä tavalla. Sellaiset järjestelyt olivat käypä, joilla päästöjen vähennykset olivat tutkitusti ja kontrolloidusti mahdollisia alle 10\$/tonni CO₂.

Global Carbon Office käynnisti maailmanlaajuisen prosessin, missä kaikille keskeisille ekologisille resursseille pyrittiin sopimaan niistä vastuun ottavat omistajat. Määriteltäessä käytännössä oikeuksia luonnon resurssien käyttöön ensimmäinen vaihe oli sopia, ketkä saattoivat toimia neuvotteluissa osapuolina. Neuvotteluosapuolien löytäminen edellytti, että keskeisille maailman yhteisille resursseille kuten maaperälle, merille, makean veden varoille ja luonnon metsille määriteltiin niistä oikeutetusti (legitiimisti) hyötyvät.

Valtioiden rajat ylittävien merien, järvien ja varsinkin jokien osalta hyötyvien tahojen tunnistaminen ja hyväksyminen johti vaikeisiin neuvotteluihin. Ensinnäkin valtiot kiistelivät rajat ylittävistä makean veden varoista. Omistajaksi tarjoutui usein valtio, jonka edustajien voitiin kuitenkin katsoa edustavan vain hyvin kapeaa eliittiä tai eturyhmää resurssin käytössä. Esimerkiksi jokien varrella asuvia ei joissain tapauksissa aluksi lainkaan noteerattu resurssien omistajien joukkoon.

Pitkien ja hankalien neuvottelujen tuloksena vuonna 2035 päästiin vihdoin yksimielisyyteen vesistöistä hyötyvistä tahoista ja jokien virtaumien omistuksen ja käytön yleisperiaatteista. Kaikilla vesivaroilla on nyt laskennallinen hinta, joka maksetaan vettä käytettäessä yhteisesti vesivarojen omistajiksi tunnustetuille. Vesilähteiden omistajat maksavat nyt niille, jotka ylläpitivät niiden hyvää laatua. Lähteitä saasteilla heikentävät joutuvat maksamaan lähteiden omistajiksi tunnustetuille.

Vastaavia periaatteita kuin veden käytön osalta noudatetaan myös maaperän osalta. Mitattaviksi on otettu monia paikallisten ekosysteemien tuottamia arvoja kuten biodiversiteetti ja maisemalliset arvot. Ekologisia markkinoita on luotu eri tasoille: paikallisesti, kansallisesti, alueellisesti ja maailmanlaajuisesti.

Maatalouskaupan vastuullinen vapauttaminen oli looginen askel ekotehokkaan tuotannon edistämiseksi. Kaupan esteet ja paikallisen tuotannon lisäämiseen tähtäävät subventiot edistivät päästöjä ympäristöön rikkaissa maissa. Ne myös estivät kehitystä ja heikensivät maaseutuyhteisöjä kehitysmaissa. Laaja yhteenliittymä neo-liberaaleja, kansainvälisten yritysten kotimaansa ulkopuolella työskenteleviä työntekijöitä, kehitysmaa-aktivisteja ja ympäristöaktivisteja liittoutuivat maatalouskaupan keinotekoisia esteitä vastaan. Tämä yhteenliittymä pystyi voittamaan niiden joukon, jotka globalisaation haittoihin vedoten vastustivat maatalouskaupan avautumista. Voitto perustui ennen kaikkea vapaamman kaupan ekotehokkuuteen.

Maailman maataloustuotteiden kauppa on nyt ratkaisevasti vapaampi, mutta edelleen säädelty. Maataloustuotteiden kauppa noudattaa EU:ssa jo 1990 käyttöön otettua politiikkaa. Viljelijöille ei nyt makseta vain tuotetun määrän mukaan. Mm. verotuksen keinoin heitä palkitaan sillä perusteella, millaista tuotanto oli ekologisten järjestelmien toiminnan kannalta.

Viljelijät tarjoavat nyt palveluna kasvihuonekaasujen talteenottoa ja monenlaisia muita ekopalveluita kuten pesimäpaikkoja linnuille, lammikoita kalastukseen ja perinnemaisemien suojelua. Jo vuonna 2015 noin 50 % Euroopan maataloudesta ja 10 % Yhdysvaltojen maataloudesta haki ensisijaisesti tulonsa muusta kuin määrällisestä maataloustuotannosta.

Poistamalla vientitukia ja muita maatalouskaupan esteitä lisättiin olennaisesti ruuan tuontia rikkaihin maihin. Agribisnes ja suuret vähittäiskauppaketjut lisäsivät viljelyä Itä-Euroopassa, Latinalaisessa Amerikassa ja Afrikassa. Tämä nosti tuotannon tehokkuutta näillä alueilla.

Tärkeäksi maailman ja Intian maatalouden uudistamisessa nousi 1960- ja 1970-lukujen ”vihreän vallankumouksen” isäksi kutsutun intialaisen M.S. Swaminathanin 2000-luvun alkuvuosina esittä-

mä visio ”ikivihreästä vallankumouksesta”. Hänen ajatustensa mukaisesti nopeasti kehittyntä uutta biotekniikkaa ja erityisesti geenimuuntelua alettiin soveltaa myös pienimuotoisessa ja työllistävissä puutarhamaisessa viljelyssä.

GM –kasvien lisääntynyt viljely johti alussa pahoihin ristiriitoihin perinteisellä tavalla viljelevien ja varsinkin luomuviljelijöiden kanssa. Luomuviljelijät eivät saaneet tuotteitaan kaupaksi, koska niiden epäiltiin olevan GM -kasvien saastuttamia. Tämä vaati entistä tarkempia pohdintoja siitä, millaisia ekologisia arvoja viljelyssä tuli ottaa huomioon. Tärkeä oivallus oli kevennetty hyväksymismenettely geenimuuntelulle, joka kohdistui turvallisiksi määriteltuihin alueisiin kasvin genomissa.

Lääkemolekyylien tuottaminen kasveissa todettiin kuitenkin hyvin ongelmalliseksi. Kun lääkeaineita tuottavien kasvien geenejä siirtyi toisiin kasveihin, syntyi vaikeasti hallittavia terveysongelmia. Tämä johti siihen, että tällainen viljely jatkui vain alueilla, joilla oli vähän kasvilajeja ja jotka olivat eristyksessä muusta maailmasta. Mm. Islanti ja Uusi Seelanti ovat menestyneet tällaisten kasvien viljelijöinä.

Geenimuuntelua helpotettiin ensin energiakasvien tuotannossa ja fossiilisten polttoaineiden korvaamisessa. Parikymmentä vuotta GM -energiaviljelyä tehtiinkin ilman ongelmia. Vuonna 2029 tuli kuitenkin paha takaisku. Tässä tapauksessa ei ollut kyse energiakäytöstä vaan GM -levän karkaamisesta Japanin Elävän taiteen näyttelystä Tokion vesijohtoverkkoon. Levän leviäminen verkostossa aiheutti 189 kuolemaa ja 18 miljardin dollarin puhdistuskulut.

EU vastusti pitkään kevennyksiä geenimuunneltujen kasvien hyväksynnässä luomuviljelyn suojelemiseksi. Erityisesti Saharan eteläpuoleisesta Afrikasta muodostui koekenttä uusille GM -teknologioille. Sinne virtasi runsaasti rahaa laajoihin rohkeisiin viljelykokeiluihin. Tämä johti maatalouden elpymiseen alueella. Alue sai kuitenkin myös kokea teknologian uskaliaaseen kehittämiseen liittyneet takaiskut. Vuoden 2050 maailman ”leipäkoriksi” muuttunutta Saharan eteläpuolista Afrikkaa on joka tapauksessa vaikea tunnistaa siksi taistelujen repimäksi mystiseksi alueeksi, joka se oli vielä 2000-luvun alkuvuosina.

Nyt vuonna 2050 voidaan varsin tasapuolisesti arvioida GM- kasvien hyötyjä suhteessa niiden aiheuttamiin kuolemiin, sairauksiin ja geneettiseen saasteeseen. Molekyylibiologit tunnustavat nyt yleisesti tämän teknologian uskomattomat ympäristöansiot, vaikka jotkut edelleen surevat ei-GM-luonnon menettämistä.

Uudet viljelykasvit ja puut eivät suinkaan ole olleet ainoita uuden ekoteknologian muotoja. Erilaiset tieto-, materiaali- ja nanotekniikan sovellukset ovat olleet myös erittäin tärkeitä. Korkeinta bioteknologiaa kehitetään edelleen rikkaissa maissa. Useimmat sovellukset tehdään kuitenkin maailman köyhemmässä osassa pienissä yrityksissä vastaamaan paikallisiin tarpeisiin.

Vuonna 2050 maailma on kosmopoliittinen ja varakas, mutta epätasa-arvo on edelleen suurta. Väkiluku on 9 miljardia, mistä puolet asuu Aasiassa. Tuloksena vihreämmästä energian tuotannosta ja tehokkaammasta energian käytöstä maailman kasvihuonekaasujen päästöt saavuttivat huippunsa vuonna 2020. Ne alenivat alle vuoden 1990 tason paljon ennen vuotta 2050. Kasvihuonepäästöt vuonna 2050 ovat vain 20 % vuoden 1990-tasosta ja lämpötila on noussut tästä vuodesta 1,4 C °.

11.9 Sopeutuva mosaiikki (Adapting Mosaic)

Milloin käynnistyi maailmaa viime vuosikymmeninä ratkaisevasti muuttanut kehitys? Pitäisikö sen juuria hakea sadan vuoden takaa? Silloin alettiin ensimmäisen kerran puhua konsumerismista eli kuluttajien vallasta. Vai olisiko luontevampi lähtökohta kuitenkin aika noin viisikymmentä vuotta sitten? Silloin alkoi muodostua ensimmäisiä kuluttajien internet – yhteisöjä. Niin tai näin, tietoisuuteen omasta vaikutusvallastaan nousseet kuluttajat ovat keskeisesti vaikuttaneet kehitykseen viime vuosikymmenien aikana.

Koulutustaso maailmassa on noussut aivan toiselle tasolle kuin vuonna 2010. Varsinkin kehitysmaat ovat käyttäneet todella tehokkaasti internetiä koulutuksen tukena. Jopa kaikkein syrjäisimpiin kyliin kehitysmaissa hankittiin viimeistään 2010-luvulla ainakin yksi internetyhteydet omaava tietokone. Maailmaan on perustettu tuhansia palvelujaan kaikkialle maailmaan välittäviä verkostoyliopistoja. Kehitysmaiden nuoret hyödyntävät niitä tehokkaasti.

Kaikkien maailman maiden nuorten kärkejoukon oli jo 2010 -luvulla mahdollista sivistyä omatoimisesti laaja-alaisesti internetin välityksellä. Vuorovaikutus teki mahdolliseksi yhteiset kokemukset ja yhteisten näkemysten muodostamisen kaikkialla maailmassa. Oli luotu edellytykset maailman nuorten ja kuluttajien jakamalle globaalille tietoisuudelle.

Ongelma on tosin ollut internetin epäluotettavuus tietolähteenä. Yleinen teknologiakriittisyys maailmassa on merkittävässä määrin selitettävissä teknologiapelkoja paisuttelevilla internet-sivustoilla. Teknologiaan uskovat on keskustelupalstoilla yleisesti tulkittu vastuuttomiksi ”pahan lähettiläiksi” tai ainakin maailmaa puutteellisesti ymmärtäviksi fakki-idiooteiksi.

Internetin kautta kansalaisia on rohkaistu toimintaan paikallisesti. Iskusanaksi on muodostunut globalisaatio: *ajattele globaalisti ja toimi paikallisesti*. Veteraanit ovat myös kertoneet kannustavia menneisyyden esimerkkejä siitä, kuinka paikallisyhteisöt ja järjestöt ovat olennaisesti muuttaneet kehityksen suuntaa. Järjestäytymisen merkitys oivallettiin monissa maissa jo 2000-luvun alkuvuosina. Esimerkiksi Filippiineillä järjestöt lisääntyivät jo 2000-luvun taitteessa nopeasti. Voittoa tavoittelemattomat organisaatiot lisääntyivät siellä 18 000:ta vuonna 1989 58 000:en vuonna 1997 ja edelleen 134 000:en vuonna 2008.

Uusia nettiyhteisöjä eivät muodostaneet pelkästään poliittisesti samoista asioista kiinnostuneet, vaan moni niistä kehittyi erittäin asiantuntevaksi mm. vesihuoltoon, kalastukseen, työturvallisuuteen ja terveydenhuoltoon liittyvissä kysymyksissä. Vähitellen verkottuminen johti myös merkittävien kansainvälisten kuluttajajärjestöjen, ajatuspajojen ja konsulttiyritysten muodostumiseen. Nämä järjestöt ja muut netin kautta perustetut yhteisöt kuuluvat nykyisin maailman tärkeimpiin päätöksentekijöihin.

Erityisen tärkeä rooli uusilla yhteisöillä on ollut ilmastonmuutoksen torjunnassa. Jo 1900-luvulla kansainväliset järjestöt kuten Greenpeace ja Maailman Luonnon Säätiö toimivat aktiivisesti luonnon suojelemiseksi. Pääasiassa niiden ansiota olivat mm. ensimmäiset metsien kestävään tuotantoon perustuvat sertifikaatit. Vasta uudet internet-yhteisöt nostivat kuitenkin kuluttajat ja heidän yhteisönsä ilmastovastuullisen toiminnan ytimeen.

Kööpenhaminan ilmastokokous ja sitä seuranneet vaisut ilmastonmuutoksen torjuntatoimet olivat suuri pettymys monille ilmastonmuutoksesta erittäin huolestuneille nuorille. Kiinan, Yhdysvaltojen, Intian ja Venäjän johtajat eivät vielä 2010-luvun alussa ottaneet ilmastonmuutosta tosissaan. Syinä olivat ilmastonmuutoksen ihmisperäisyyden kieltäjien näkyvä toiminta, liike-elämän lobbaus ja vaihtelevat säät kuten kylmä kausi heti Kööpenhaminan kokouksen jälkeen.

Ehkä tärkein syy laiminlyöntiin oli kuitenkin maailmanlaajuinen kilpailu vaikutusvallasta Yhdysvaltojen ja Kiinan välillä. Yhdysvallat ja Kiina tiedostivat olevansa pääkilpailijat vaikutusvallasta Afrikassa, Etelä-Amerikassa sekä Länsi-Aasiassa. Tässä kilpailuasetelmassa maailman kahden supervallan oli vaikea pitää esillä ilmastonmuutoksen torjuntaa taloudellisia etujaan vaarantamatta. Onneksi keskeisten maailman vallanpitäjien välit säilyivät kuitenkin kohteliaina vaikka viileinä.

Kööpenhaminan vuoden 2009 ilmastokokouksen jälkeen kävi pian selväksi, että ilmastonmuutoksen torjunta viivästyy. Edes Siperian ikiroudan sulamisesta kertoneet huolestuttavat raportit eivät saaneet maailman keskeisiä päätöksentekijöitä huolestumaan.

Nuoret kaikkialta maailmasta kävivät netissä kiihkeää keskustelua siitä, miten panna vauhtia ilmastonmuutoksen laimeaan torjuntaan. Oli selvää, että pelkät julkilausumat eivät asiassa auta. Oli vaikutettava suoraan maailman taloudesta keskeisesti vastaaviin monikansallisiin yhtiöihin. Aktivistinuorten ohella EU pettyi Kööpenhaminan kokouksen tulokseen. Sitä myös ärsytti tapa, jolla se sivuutettiin kokouksen keskeisiä päätöksiä valmistelleesta ”maltillisten” (Yhdysvallat, Kiina, Intia, Brasilia ja Etelä-Afrikka) ryhmästä.

EU, ympäristöjärjestöt ja nettiaktivistit löysivät yhteisen toimintamuodon vastuullisesta kuluttamisesta. Käytännön toimintamallin tarjosi metsien sertifiointia muistuttava menettely. Järjestöt ja yhteisöt sopivat, että EU niiden kanssa yhteistoiminnassa arvioi jokaisen kulutustuotteen ympäristöystävällisyyden. Vuonna 2015 olikin kaikkien kulutustuotteiden selkeisiin kriteereihin perustuva arvio löydettävissä internetistä. Tunnistamisen avaimena oli tuotteen viiva- tai RFID -koodi. Toinen keskeinen tunnistamisen avain oli valmistuspaikka. Internetin kuluttajayhteisöt ja ympäristöjärjestöt käynnistivät sitten maailmanlaajuisen kampanjan erityisen hyvien tuotteiden käytön puolesta ja huonoksi arvioituja tuotteita vastaan.

Tuoteryhmän ympäristöystävällisimmiksi arvioidut tuotteet saivat ympäristösertifikaatin. Vuonna 2015 25 % maailman kaupasta käytiin sertifioituilla tuotteilla. Vuonna 2030 osuus oli noussut jo 50 %:iin. Sertifiointihankkeet myös paljastivat niitä tahoja, jotka paikallisesti ajoivat kapeita etujaan yleisistä tavoitteista piittaamatta. Näiden tunnistaminen johti mullistuksiin paikallisessa vallankäytössä. Esimerkiksi monet väärillä perusteilla sertifikaatteja hankkineet yritysjohtajat tai paikalliset viranomaiset joutuivat eroamaan. Sertifiointin merkitys oli vuoden 2020 vaiheilla jo erittäin suuri. Niinpä vuonna 2022 perustettiin Global Sustainable Ecosystem Business Organisation koordinoimaan maailmanlaajuisesti tätä toimintaa.

Nettikampanja teki tunnetuiksi ja helpommin hankittaviksi paikalliset ympäristöystävälliset tuotteet. Paikallisten tuotteiden merkitys kasvoi suureksi, koska maailmankaupan ja varsinkaan biotuotteiden kaupan vapauttamisessa ei edistytty. Kuluttajat saatiin innostumaan sekä oman asuinalueensa paikallisista tuotteista että paikallista erikoisuuksista kaikkialla maailmassa. Valtiot eivät kyenneet estämään lopulta juuri halunneetkaan estää internetin välityksellä tapahtuvaa epävirallista ja pienimuotoista tavaravaihtoa.

Myös monikansalliset yhtiöt reagoivat kuluttajien muuttuneeseen ostokäyttäytymiseen. Ne alkoivat toimia yhä enemmän paikallisesti globaalien toimintamallien asemasta. Menestyneimpiä olivat yhtiöt,

jotka antoivat alueellisille yksiköilleen mahdollisuuden toimia hyvin vapaasti paikallisten olosuhteiden mukaan. Paikallisuus korostui myös YK:n toiminnassa. Vuonna 2018 perustettiin United Nations Regional Organization (UNRO). Järjestölle annettiin laajoja tehtäviä alueiden kehittämisessä ja alueiden välisen vuorovaikutuksen lisäämisessä koulutuksessa, ympäristönsuojelussa ja ihmisoikeuksissa.

Ilman EU:n ja nettiyhteisöjen hanketta maailman ilmaston lämpeneminen olisi edennyt olennaisesti nopeammin. Nettikampanjan vaikutuksesta Yhdysvalloissa kehitettiin aktiivisesti ilmastomuutoksen torjunnan teknologiaa ja ilmastovaikutukseltaan hyviä biopolttoaineita. Myös Kiina joutui nopeuttamaan kivihiilen käytöstä luopumistaan kuluttajien boikottien vuoksi.

Vuonna 2017 pyörremyrsky tuhosi 25 % Hong Kongin 25 miljoonan hengen talousalueen teollisuuslaitoksista. Jopa tämä valtava katastrofi ei johtanut heti muutoksiin maailmantalouden supervaltojen valtiollisessa ilmastopolitiikassa. Viivyttelyn pääsyy oli supervaltojen kiihkeä vaikka diplomatialla peitetty kilpailun maailmanlaajuisesta taloudellisesta vaikutusvallasta.

Yhdysvaltojen hallinto ei kyennyt viemään kongressissa läpi todella merkittävää kasvihuonekaasujen vähennysohjelmaa ennen kuin vuonna 2019. Kiinan oli vielä Yhdysvaltoja vaikeampi siirtyä aktiiviseen ilmastomuutoksen torjuntaan. Vasta tuhansien nuorten kiinalaisten protestit internetissä ja kaduilla saivat hallituksen nostamaan ilmastomuutoksen torjunnan tavoitteidensa kärkipäähän. Poliittikaa oli pakko muuttaa, koska kritiikki alkoi kääntyä yleisesti kommunistisen puolueen valtaa vastaan.

Biosektorilla globalisaation yksi ilmenemismuoto oli luonnonmukaisen ja ruuan terveellisyyttä erityisesti korostavan viljelyn yleistyminen. Ensimmäisen sukupolven rikkakasveilta suojeluaineiden kestävyys ja myrkkytuotantoon tähtäävä geenimuuntelu ajautui kriisiin vuonna 2013. Syynä oli suojeluaineita kestävien rikkakasvikantojen yleistyminen sekä varsinkin internetin kautta tehokkaasti levitetty epäilykset kasvinsuojeluaineiden haitoista ihmisten terveydelle. Tämän sovellusalueen geeniteknikan valtiaan Monsanto -yhtiön asema romahti myös uusien biotuotteiden patentointikäytäntöjen vuoksi.

Sitä, kuinka terveellistä ja turvallista tuotanto oli, ratkottiin usein oikeudessa. Ruuan terveellisuuden tärkeyttä korostettiin niin, että monet maat liittivät terveellisen ruoan kansalaistensa perusoikeudeksi. 2020-luvun lopussa luonnonmukaisen ruoan markkinaosuus nousi Euroopassa 34 %:in ja Yhdysvalloissa 21 %:in. Ruoka alettiin yhä useammin nähdä myös paikallisen kulttuurin ja identiteetin tärkeänä ilmentymänä. Selkeä positiivinen vaikutus tällä kehityksellä on ollut vesistöjen rehevöitymisen vähenemisenä.

Eurooppa ja Suomi olivat maailman kärjessä 2010-luvun alkuvuosina luonnonmukaisessa viljelyssä. Luomua suojeltiin tehokkaasti ”geenisaasteelta”. Vuoden 2017 vaiheilla myös EU –maat ja niiden kansalaiset alkoivat kuitenkin tulla myötämielisemmäksi paikallisten lajien geneettiselle muuntelulle. Uusia lajikkeita kehitettiin käyttämään tehokkaasti ravinteita ja vettä sekä kestämaan pakasta, kuivuutta ja suolaantumista.

Erityisesti Intiassa aikaansaadut konkreettiset näytöt toisen sukupolven geenimuuntelun mahdollisuuksista ja vastuullisesta kehitystyöstä julkisissa tutkimuslaitoksissa muuttivat kansalaisten asenteita Euroopassa ja maailmassa. Tärkeäksi nousi varsinkin M.S. Swaminathanin 2000-luvun alkuvuosina esittämä visio ”ikivihreästä vallankumouksesta”. Hänen ajatustensa mukaisesti nopeasti kehittyntä uutta biotekniikkaa ja erityisesti geenimuuntelua alettiin soveltaa myös pienimuotoisessa ja työllistävässä puutarhamaisessa viljelyssä.

Vaikka paikallisuuteen perustuvalla toimintamallilla on ollut monia etuja, se on vuoden 2050 perspektiivistä arvioiden myös johtanut moniin ongelmiin. Yksi vaikeimmista on liittynyt merien hyödyntämiseen ja merikalastukseen. Kun merien käytöstä ei ole voitu kansainvälisesti sopia, kalakan-
toja ei käytetty erityisesti 2010- ja 2020-luvuilla kestävästi. Ongelma-alueet kuten Saharan etelä-
puoliset alueet eivät ole saaneet riittävästi tukea ongelmiansa ratkaisuun. Kun ongelmia on hallittu
paikallisesti, resursseja on myös paljon tuhlatu moninkertaisilla hallintokoneistoilla. Monet tehtä-
vät olisi ollut hoidettavissa huomattavasti pienemmällä hallinnoinnilla, mikäli asioita olisi hoidettu
keskitetysti.

Kasvihuonekaasupäästöt ovat nyt vuonna 2050 noin 45 % vuoden 1990 tasosta. Maapallon lämpöti-
lan nousu nyt vuonna 2050 on vuoteen 1990 verrattuna noin 2,1 C °.

11.10 Vahvojen ehdoilla (Order from Strength)

Globalisaatio ajautui 2010-luvun alkupuoliskolla avoimeen kriisiin suhteiden kärjistyttyä Kiinan ja
sen kanssa liittoutuneiden maiden sekä Yhdysvaltojen, Euroopan ja Japanin muodostaman akselin
kesken. Pintapuolinen selitys kärjistymiselle oli Kiinan syyttäminen terroristien tukemisesta ja län-
simielisten toisinajattelijoiden kovakourainen kohtelu Kiinassa. Myös Kiinan vastuuttomana pidetty
ilmastopolitiikka on ollut länessä esitetty peruste ”uudelle kylmälle sodalle”. Kiina ei lopulta suos-
tunut antamaan kansainväliselle todentamisryhmälle oikeutta tarkistaa maan todellisia kasvihuone-
kaasupäästöjä Kööpenhaminan ilmastokokouksessa edellytetyllä tavalla.

Perustavampia syitä välirikolle ovat kuitenkin olleet Kiinan aktiivinen länsimaiden ja Japanin etuja
vaarantava toiminta kehitysmaissa. Taustalla oli myös Yhdysvallat-EU-Japani akselin maissa kyt-
tävä pelko korkean osaamisen työpaikkojen menettämisestä ja elintason vaarantumista. Epäreilusti
käyttäytyvälle Kiinalle ei haluttu antaa johtavaa teknis-taloudellista asemaa maailmassa. Kiinan
katsottiin kilpailevan epäreilulla tavalla vaikutusvallasta, koska se ei arvostellut kumppaniensa yh-
teiskunnallisia ratkaisuja. Pyrkimys vapautua länsimaiden holhouksesta sai mm. monia islam-
taustaisia maita liittoutumaan sen kanssa. Tämä antoi perusteita syytöksille siitä, että Kiina on tu-
kemassa kansainvälistä terrorismia.

Tilanne kärjistyi varsinkin sen jälkeen kun Kiinan liittolaismaasta käsin oli tehty terrori-isku ranska-
laiseen ydinvoimalaan vuonna 2015. Syytökset ja vastasyytökset johtivat siihen, että Kiina alkoi pi-
tää liian amerikkalais- ja varsinkin eurooppalaismielisiä kansalaisiaan vakauttaan vaarantavina toi-
sinajattelijoina. Kaikki maailman maat joutuivat valitsemaan puolensa. Yhdysvaltojen, EU:n ja Ja-
panin johtama liittouma antoi erityisetuja niille maille, jotka suostuivat sen määrittelemiin sääntöi-
hin.

Venäjän, Intian, Brasilian, Etelä-Korean, Etelä-Afrikan ja Kiinan suhteet ovat vaihdelleet nopeasti
myötämielisestä vihamieliseen. Kiistat maa- ja merialueista sekä niiden luonnonvaroista ovat luo-
neet jännitettä Kiinan ja Venäjän välille, vaikka ne ovat tunteneet mieltymystä toistensa ”ohjattuihin
demokratioihin”. Intia on pitänyt Kiinaa hyvänä kauppakumppanina, mutta se on kokenut ongel-
maksi Kiinan veljeilyn islam-taustaisten maiden kanssa. Brasilia, Etelä-Afrikka ja Etelä Korea ovat
taloudellisia etujaan vartioiden tasapainoilleet USA-EU-Japani blokin ja Kiinan johtaman blokin
välillä.

Tilannetta on edelleen vaikeuttanut se, että myös akselin EU-Yhdysvallat-Japani sisällä on ollut jännitteitä. EU ja Yhdysvallat ovat muodostaneet osittain kilpailevia maaliittoutumia ja Kiina on suhtautunut Yhdysvaltoihin ja Japaniin myönteisemmin kuin EU:hun. Läheisenä naapurina Japani on ollut luonteva kauppakumppani Kiinalle, vaikka Kiinan poliittinen johto on ajoittain lietsonut kansallista yhteishenkeä muistuttamalla Toisen Maailmansodan tapahtumista. Eurooppalainen ilmaston muutokseen liittyvä ja yhteiskunnallinen moralismi on todella ärsyttänyt Kiinan johtoa. Vasta vuoden 2039 katastrofin jälkeen Kiinan johto joutui haluttomasti myöntämään ilmastonmuutoksen etenemisen.

Yhden vahvistuneen liittouman ovat muodostaneet EU, IVY -maat ja muutamat Afrikan maat. Näille Afrikan maille myönnettiin etuja Euroopan markkinoilla. Yhdysvaltojen ja Latinalaisen Amerikan yhteistyö on tiivistynyt ja samalla Latinalaisen Amerikan yhteydet muuhun maailmaan ovat heikentyneet.

Maailmankaupan yleisestä vapauttamisesta ei kukaan puhunut tosissaan pääblokkien suhteiden kärjistyttyä ranskalaiseen ydinvoimalaan suuntautuneen terrori-iskun jälkeen vuonna 2015. Terrori-iskun jälkeen World Trade Organization (WTO) käytännössä lopetti toimintansa. Suurten yhtiöiden monikansallinen toiminta vaikeutui ja ne joutuivat yhä enemmän pilkkomaan toimintaansa itsenäisiin alueellisiin yksiköihin. Vasta blokkien välisen liennytyksen käynnistyttyä 2030-luvun lopulla on alettu jälleen suunnitella koko maailman kattavaa vapaakauppaa.

Yhdysvallat-EU-Japani -akselin maat ovat kokeneet teollisuusvakoilun ja teollisten ideoiden varkaudet erittäin vakavaksi ongelmaksi. Sanktiot näitä oikeuksia rikkoneita maita vastaan ovat olleet kovia. Paitsi aineettomien omistusoikeuksiensa tiukalla suojelulla kehittyneet maat ovat tukeneet omaa tuotantoaan subventioilla, tulleilla, tuontikiintiöillä ja ekomerkeillä. Myös kehitysmaat pyrkivät suojaamaan kotimaista tuotantoaan mm. vientikiintiöin. Nousevan nationalismin hengessä eri maissa heräsi kiinnostus oman maan erityiseen biologiseen perimään. Voimakas kansallismielinen kritiikki Monsanto -yhtiön hallitsevaa asemaa vastaan markkinoilla antoi tilaa muunlaiselle geenimuuntelulle kuin mitä se on edustanut. Intiassa virisi geenitekniikan aktiivinen omaehtoinen kehittäminen M.S. Swaminathanin ajatusten pohjalta.

Vain varakkailla mailla on ollut edellytyksiä subventioihin ja muihin tukimuotoihin maiden sisäiselle maataloustuotannolle. Vaikka asukkaat kehitysmaissa saivat näin halvempia elintarvikkeita, samalla edellytykset kannattavaan elintarvikkeiden paikalliseen tuotantoon vähenivät. Joskus tästä oli se hyöty ympäristölle, että se säilyi supistuneen tuotannon vuoksi. Tuotanto kehitysmaissa on keskittynyt niihin tuotteisiin, joita ei tuotettu kehittyneissä maissa: trooppiset puut, mineraalit, kala, villieläimet jne. Tämä luonnonresurssien käyttö on ollut monesti tuhoisaa ekosysteemeille.

Kotimaisen tuotannon suosiminen ja teollisten oikeuksien tiukka protektionistinen suojelu ovat selkeästi tukeneet Yhdysvallat-EU-Japani -akselin taloudellista ylivaltaa maailmassa. Kiina blokkeineen on kyennyt hieman kuroma umpeen näiden maiden teknologista etumatkaa. Verrattuna siihen talouskasvuun, joka olisi ollut saavutettavissa ilman blokkien konflikteja, kumpikin osapuoli on kärsinyt. Kiina blokkeineen on kuitenkin kärsinyt selvästi enemmän.

Erityisen paljon kärsiviä ovat olleet kehitysmaat. Maatalousteknologia on ollut niin kallista, ettei köyhissä maissa ole ollut varaa hankkia maaperän kestävästä käytöstä parasta teknologiaa, joka pitää yllä maan hedelmällisyyttä ja muita kestävästä käytöstä olennaisia ominaisuuksia. Tuotannon määrän alenemisen ohella kasvitaudit ovat vaivanneet vanhoin menetelmin viljeltyjä peltoja. Toisaalta pyrkimys tavoitella köyhissä maissa rikkaiden maiden elintasoa on ollut suuri. Riittävän tuotannon saamiseksi on raivattu uusia pelloja ja tuhottu luonnon moninaisuuden kannalta

tärkeitä alueita. Erityisesti tiheästi asutuilla alueilla luonnonympäristöjä tuhottiin ennen vuotta 2040 niin, että tulvat, kuivuus ja eroosio johtivat aliravitsemukseen ja tauteihin.

Varakkaat maat ovat kokeneet rajojen yli pyrkivät maahanmuuttajien joukot uhkaksi turvallisuudelleen ja elämäntavalleen. Erittäin jyrkät toimet maahanmuuton estämiseksi yleistyivät 2010-luvulla erityisesti ranskalaiseen ydinvoimalaan kohdistuneen terrori-iskun jälkeen. Edes turisteiksi Yhdysvaltoihin, EU:hun ja Japaniin ei ennen vuotta 2040 päästetty kuin henkilöitä, jotka koulutuksensa, varakkuutensa ja taustansa luotettavuuden osalta täyttivät tiukat ehdot. Yhdysvallat-EU-Japani – akselin kehitysapu valjastettiin ensi sijassa turvallisuustavoitteita tukemaan. Ilmastotavoitteita tosin korostettiin myös tukia myönnettäessä, mutta lähinnä vain EU:n hankkeissa se oli todella merkittävä myöntökriteeri. Monet kehitysmaat kieltäytyivät vastaanottamasta apua tällaisilla ehdoilla. Sen sijaan ne turvautuivat Kiinan johtaman liittouman vähän ehtoja asettavaan apuun.

Köyhtyneissä kehitysmaissa on varsinkin naisten koulutusta laiminlyöty, mikä on johtanut väestön nopeampaan lisääntymiseen. Maailman väkiluku lähestyy nyt 10 miljardia. Tämä yhdessä avun vähentämisen kanssa rikkaista maista on johtanut väestön asettumaan asumaan viljelyalueille ja raivaamaan uutta viljelysmaata. Kaksi kolmannesta Keski-Afrikan vuoden 1995 metsistä on nyt vuonna 2050 hävitetty. Aasian metsistä hävitettyjen osuus on 40 % ja Etelä-Amerikan 25 %

Huomion keskittyessä turvallisuuskysymyksiin ympäristökysymyksiin on puututtu vain ilmastomuutoksen tärkeäksi tunnistavissa valtioissa. Sopiminen keskeisistä globaaleista haasteista on ollut hyvin vaikeaa. Aina on törmätty vastakkaisasetteluun EU-Yhdysvallat-Japani –koalition ja Kiinan johtaman koalition välillä. Niinpä ilmastomuutoksen torjunnan ohella myös merikalastuksen säätely ja tautiepidemioiden torjunta on edistynyt heikosti. Hidas globaali talouskasvu on kuitenkin hidastanut ilmaston lämpenemistä.

EU on pitänyt kiinni 2010-luvun päästötavoitteistaan ja ilmastomuutoksen torjunta on jatkunut erilaisten kokouksin. Asteittain ympäristötekniikan kehittyessä taloudellisemmaksi myös muut EU-Yhdysvallat-Japani –koalition maat ovat vähentäneet kasvihuonekaasupäästöjään Yhdysvallat tosin muita selvästi hitaammin. Monet EU-maat ovat turvautuneet erityisesti ydinvoimaan säilyttääkseen sovittujen päästötavoitteiden ohella kansainvälisen kilpailukykyä hiilivuotojen toisiin maihin uhattaessa. Ilmastomuutosta on hidastanut myös se, että EU kytki kehitysapunsa varsin tiukasti ilmastotavoitteisiinsa. Koska EU joutui kuitenkin kilpailemaan Kiinan kanssa vaikutusvallastaan varsinkin Afrikassa, EU on joutunut siellä jossain määrin tinkimään tiukoista ilmastomuutoksen torjunnan periaatteistaan.

Vaikka EU-Yhdysvallat-Japani –koalition maat sitoutuivat melko tiukkoihin päästörajoituksiin myös vuoden 2020 jälkeisenä kautena, globaalilla tasolla kattavaan ja tiukkaan sopimukseen ilmastomuutoksen hidastamisesta ei päästy ennen vuotta 2042. Että silloin vihdoinkin päästiin sopimukseen, selittävät vuoden 2039 järkyttävät tapahtumat. Pyörremyrsky tuhosi silloin 25 % Hong Kongin 25 miljoonan hengen talousalueen teollisuuslaitoksista.

Kiina ei ole vieläkään myöntänyt oman passiivisuutensa merkitystä katastrofin synnyssä. Kiina ja sen johtama koalitio kuitenkin taipuivat vuonna 2040 tiukkaan ohjelmaan ilmastomuutoksen pysäyttämiseksi. Blokkien välisessä erittäin epäluuloisessa ilmapiirissä oli kuitenkin melkein mahdoton sopia siitä, kuinka sopimuksessa pysymistä kontrolloidaan. Uskottavasta todentamisesta sopiminen viivästytti sopimukseen pääsyä vuoteen 2042.

YK:n merkitys supistui vuoden 2020 vaiheilla lähes olemattomiin blokkien jakamassa maailmassa. Vasta 2040-luvulta lähtien sen merkitys on alkanut jälleen lisääntyä samalla kun maailma on alkanut havahtua välttämättömyyteen torjua ilmastonmuutosta.

Lähinnä hidasta talouskasvua ja vastuullisten maiden ponnistuksia ilmastoa suojelevan teknologian kehittämiseksi voidaan kiittää siitä, että kasvihuoneilmiö ei ole päässyt vaikuttamaan täydellä voimallaan. Kasvihuonekaasupäästöt ovat nyt vuonna 2050 noin 50 % vuoden 2000 tasosta. Maapallon lämpötilan nousu on vuonna 2050 vuoteen 1990 verrattuna 1,9 C °.

11.11 Miten Suomessa voitaisiin varautua päivitettyjen Millennium–skenaarioiden tulevaisuuksiin?

Päivitetyt Millennium –skenaariot muodostavat globaalin tulevaisuuskartan, jota voidaan käyttää lähtökohtana paitsi pohdittaessa Suomen valintoja globaalissa toimintaympäristössä myös pohdittaessa biopolitiikan ja ilmastopolitiikan ratkaisuja Suomessa. Skenaarioita tullaan käyttämään erityisesti sellaisten ammattien ja työllistymismahdollisuuksien (”vihreiden ammattien”) pohdintaan, jotka skenaarioiden puitteissa edistävät jaksossa 10.5. esitettyä kansanedustajien haastattelujen pohjalta tehtyä visiota ja strategisia linjauksia. Tarkastelun kohteena ovat erityisesti suomalaisten ammatit ja työtehtävät, jotka ovat mielekkäitä siinä noin vuoden 2040 –maailmassa, missä kaikissa päivitettyissä Millennium -skenaarioissa on aktiivisesti tartuttu ilmastonmuutoksen torjuntaan. Lisäksi tarkastellaan työtehtäviä, jotka ovat skenaarioiden edustamissa erilaisissa tulevaisuuksissa vuonna 2020 ovat mielekkäitä.

Seuraavassa skenaarioita rinnastetaan vain lyhyesti valtioneuvoston tulevaisuusselonteon neljään skenaarioon (Valtioneuvoston ... 2009). Ilmastonmuutoksen torjunnan kotimaista skenaariota voidaan tulkita toimintastrategioiksi, jotka ovat eri tavoin mielekkäitä neljän globaalin skenaarion olosuhteissa. Seuraavassa taulussa on esitetty pelkistetty yleisarvio siitä, kuinka valtioneuvoston neljä skenaariota (ks. jakso 10.1.) toimintamalleina soveltuvat neljään päivitettyyn Millennium Ecosystem Assessment –skenaarioon. Soveltuvinta ratkaisua on merkitty numerolla 1 ja vähiten soveltuvaa numerolla 4.

Taulu 11.7. Päivitetyt Millennium Ecosystem Assessment –skenaarioiden ja valtioneuvoston ilmastonmuutoskkenaarioiden yhteydet

	A: tehokkuuskumous	B: kestävä arkkilometri	C: omassa varaparempi	D: teknologia ratkaisee
Maailman yhteispeli	2	3	4	1
Vahvojen ehdoilla	1 (3)	2	3 (1)	3 (4)
Sopeutuva mosaiikki	3	2	1	4
Vihreän teknologian voimalla	1	3	4	2

Maailman yhteispeli –skenaariossa maailma keskittyy pitkään ennen ilmastonmuutokseen havahtumistaan elintason kohottamiseen ja sosiaaliturvan parantamiseen kehittyvissä maissa. Mielekkäin tapa näissä olosuhteissa on torjua ilmastonmuutosta ydinvoimaa rakentamalla, koska se ei vaaranna kansainvälistä kilpailukykyä. Myöskään energian säästäminen uudella teknologialla eli tehokkuuskumouksen toimintamalli ei vaaranna kilpailukykyä. Uuden energiatekniikan kehittäminen voi kuitenkin olla ydinvoiman rakentamista vaikeampaa, kun muu maailma ei juuri tingi kulutuksestaan ilmastonmuutoksen vuoksi. Kestävän arkikilometrin yksi puoli eli matkustamisen korvaaminen internetyhteyksillä voi olla erinomainen tapa toimia skenaariossa. Jos kuitenkin liikkumisen kustannukset säilyvät kohtuullisina, motivointi liikkumisen vähentämiseen voi olla vaikeaa. Laajaan kansainväliseen vuorovaikutukseen perustuvan skenaarion kannalta omavaraisuuteen pyrkiminen eli omassa vara parempi –skenaario on outo ratkaisu.

Vihreän teknologian voimalla –skenaariossa pyritään teknologian keinoin ja mahdollisimman nopeasti toimimaan ilmastonmuutoksen estämiseksi. Ekoteknologioita voimakkaasti korostavassa globaalissa ympäristössä tehokkuuskumouksen toimintamalli on luontevin. Energian kulutuksessa voidaan siirtyä käyttämään uusiutuvien lähteiden rinnalla olemassa olevaa ydinvoimaa, mikä on ”Teknologia ratkaisee” -skenaariota mukaista. Matkustamista voidaan myös varsin nopeasti korvata internet –yhteyksillä eli kestävän arkikilometrin toimintamallilla. Vähitellen on myös mahdollista muuttaa yhdyskuntarakennetta vähemmän energiaa kuluttavaksi. Koska maailma ratkaisee ongelmia yhteisellä, ei ole juuri tarvetta vähentää (eko)tehokkuutta omavaraisella tuotannolla.

Sopeutuva mosaiikki –skenaariossa keskeistä on kuluttajien asenteiden ja elämäntavan muutos paikallisiin resursseihin perustuvaksi ja paikallisesti ilmastonmuutosta torjuvaksi. Erittäin luontevaa tässä internetin käyttöön voimakkaasti nojaavassa skenaariossa on myös liikkumisen vähentäminen internetin kautta tapahtuvalla vuorovaikutuksella. Skenaarioon liittyy myös vahva epäluulo teknologiaa kohtaan, joka kohdistuu geenimuuntelun ohella ydinvoimaan. Eli skenaariossa pikemminkin puretaan kuin rakennetaan lisää ydinvoimaa. Keskeisimmäksi nousee mahdollisimman omavarainen paikallisuuteen perustuva elämäntyyli eli luontevia tapoja torjua ilmastonmuutosta ovat omassa vara parempi ja kestävä arkikilometri skenaariot.

Vahvojen ehdoilla -skenaariossa korostuu huoltovarmuus ja terrorismiin liittyvien riskien minimointi. Periaatteessa ydinvoima on tehokas ja huoltovarmuutta takaava energiamuoto, mutta skenaarioon liittyvä uhka terrori-iskuista ydinvoimaloihin tekee sen ratkaisuna vähemmän houkuttelevaksi. Koska kauppa toimii suhteellisen hyvin Yhdysvallat-EU-Japani –blokin sisällä, ei ole kovin suurta tarvetta kehittää omia suhteellisesti tehottomampia ratkaisuja, kuin mitä maailmalta on hankittavissa. Kun blokin sisällä lisäksi toimitaan määrätietoisesti ilmastonmuutoksen torjumiseksi, parhaaksi toimintamuodoksi hahmottuu tehokkuuskumouksen toimintamalli. Kestävän arkikilometrin liikkumisen korvaaminen internetyhteyksillä ja energiatehokas yhdyskuntarakenne sopivat myös varsin hyvin skenaarioon. Skenaariossa, missä talouskasvu on muutenkin hidasta, tuskin suhtaudutaan kovin myönteisesti paikalliseen energiantuotantoon ainakin, jos se nostaa energian hintaa. On kuitenkin mahdollista, että skenaarioon liittyy Sopeutuvan mosaiikin kaltainen arvomuutos, jolloin omavaraisuus voi saada korkean itseisarvon. Skenaarioiden suluissa merkityksi tärkeysjärjestykseksi muodostuu silloin sama kuin Sopeutuva mosaiikki –skenaariossa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että päivitettyjen Millennium Ecosystem Assessment -skenaarioiden kannalta Tehokkuuskumous –toimintamalli näyttäisi muodostavan parhaan tavan varautua erilaisiin tulevaisuuksiin. Kestävä arkikilometri –skenaario tarjoaa myös melko hyvin kaikkiin skenaarioihin soveltuvan toimintamallin varsinkin korvaamalla liikkumista internetin käytöllä. Ydinvoimaan perustuva ”Teknologia ratkaisee” –skenaario on varsin hyvä ratkaisu Maailman yhteispeli ja Vihreän

teknologian voimalla –skenaarioissa, mutta on selkeästi ristiriidassa Sopeutuva mosaiikki – skenaarion arvomaailman kanssa. Vahvojen ehdoilla -skenaariossa ydinvoimaloiden suojele terrori-iskulta vähentää tämän ratkaisun toivottavuutta. Kolmen Millennium -skenaarion kannalta Omassa vara parempi –skenaario vaikuttaa huonoimmin toimivalta vaihtoehdolta. Mikäli kuitenkin toteutuu Sopeutuvan mosaiikin paikallisuutta korostava tulevaisuus, tämä toimintamalli on hyvin perusteltu.

Lähteet

Abrax Statistical Yearbook (2008), Brazilian Association of Forest Plantation Producers
www.abraflor.org.br

AFAA (2008). Biotechnology and Sugar Research. Agrifood Awareness Australia
www.afa.com.au/resource_guides/Biotech_Sugar_Research.pdf

Agricultural statistic 2009. Agriculture in the European Union – Statistical and economic information. http://ec.europa.eu/agriculture/agrista/index_en.htm

Altieri, M. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 19-31

Arcadia (2008). Sharing technologies that benefit the environment and human health, with growers in the developing world. CREATE-IGERT Symposium, Arcadia Biosciences 16.10.2008, 35 p.
http://create-igert.ucdavis.edu/pages/events/2008_lecture_symposium/vanBoxtel.pdf

Asselbergs et al 2006 "Size does matter - The possibilities of cultivating *Jatropha curcas* for biofuel production in developing countries". <http://environmental.scum.org/biofuel/jatropha/>

Binkel, U. and Dros, J. 2003 The Impacts of Soybean Cultivation on Brazilian Ecosystems.
<http://assets.panda.org/downloads/impactsofsoybean.pdf>

Birch RG (2006). Metabolic engineering of sugarcane: Assisting the transition to a bio-based economy. In: Verpoorte R, Alfermann AW, Johnson TS (eds.) *Applications of Plant Metabolic Engineering*, Springer, p. 249–281 http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-6031-1_11

Blanco FF, Folegatti MV, Gheyi HR, Fernandes PD (2008). Growth and yield of corn irrigated with saline water. *Sci. Agric.* 65: 574–580

Brannstrom, C., et al. (2007) "Land Change in the Brazilian Savanna (Cerrado), 1986–2002: Comparative analysis and implications for land-use policy". *Land Use Policy* 25 (2008), 579–595.

Caldeira, R. (2008) "My land, your social transformation": Conflicts within landless people movement (MST), Rio de Janeiro". *Journal of Rural Studies* 24 (2008), 150–160.

Cançado JED, Saldiva PHN, Pereira LAA, Lara LBS, Artaxo P, Martinelli LA, Arbex MA, Zano-betti A, Braga ALF (2006). The Impact of Sugar Cane–Burning Emissions on the Respiratory System of Children and the Elderly. *Environm. Health Persp.* 114: 725–729
www.ehponline.org/members/2006/8485/8485.pdf

- CAP 2009. A Common Agricultural Policy for European Public Goods: Declaration by a Group of Leading Agricultural Economists: <http://www.ecipe.org/archived-events/a-common-agricultural-policy-for-european-public-goods-declaration-by-a-group-of-leading-agricultural-economists/?searchterm=A>
- Carlsson-Kanyama A. & Gonz  les A. 2009: Potential contributions of food consumption patterns to climate change. *Am. J. Clin. Nutr* 89: 1704 -1709.
- Carpenter, S. R., P.L. Pingali, E.M. Bennett JA M. B. Zurek (2005) *Ecosystems and Human Well-being: Scenarios*, Volume 2, www.millenniumassessment.org
- Carrere, Ricardo (1999) Kymmenen vastausta kymmeneen valheeseen, Tove Selinin suomennos World Rainforest Movementin kampanjapaperista.
- Carroll D (2008). Progress and prospects: Zinc-finger nucleases as gene therapy agents. *Gene Therapy* (2008) 15, 1463–1468; published online 11 September 2008. <http://dx.doi.org/10.1038/gt.2008.145>
- Carter, Miguel (2009) “The Landless Rural Workers Movement And Democracy In Brazil” (<http://www.landaction.org/spip/spip.php?article436>).
- Chabot, S. & Vinthagen, S. (2007) “Rethinking Nonviolent Action and Contentious Politics: Political Cultures of Nonviolent Opposition in the Indian Independence Movement and Brazil's Landless Workers Movement”. *Research in Social Movements, Conflicts and Change*, 27 (2007), 91–121.
- Chaix, G. and O. Monteuiis (2004) Biotechnology in the forestry sector, <http://www.fao.org>
- Charlesworth P, Chinn C, Bristow K, Ham G (2002). Healthy crop and healthy groundwater – sugarcane in the Burdekin delta. CSIRO Land and Water and CRC for Sustainable Sugar Production, 10 p. www.clw.csiro.au/lbi/publications/IAA2002paper-Charlesworth.pdf
- Corbridge, Stuart (1998) ‘Beneath the pavement only soil’: The poverty of post-development *Journal of Development Studies*, 1743-9140, Volume 34, Issue 6, 1998, Pages 138 – 148
- Courtney, P., Hill, G. & Roberts, D. 2006. The role of natural heritage in rural development: An analysis of economic linkages in Scotland. *Journal of Rural Studies* 22: 469-484
- Csermely, P. 2006. *Weak Links: Stabilizers of Complex Systems. From proteins to Social networks*. Springer
- Cuellar, W.J., Kreuze, J.F., Rajamäki, M.L. Untiveros, M., Crusado, K.R. & Valkonen, J.P.T. (2009). Elimination of antiviral defence by viral RNase III. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, in press.
- Cunha, J. 2008. Investment opportunities in the forest sector. Sao Paulo. investimentos.desenvolvimento.gov.br/.../RENAIOportunidadeInvestimentoRJiv.pdf
- Dale J (2007). Cellulosic ethanol: huge potential but challenging. Centre for Tropical Crops and Biocommodities, Queensland Univ. of Technol., Oct. 2007. Presentation 35 p. <http://www.farmacule.com/news/news10/AusbioBioethanol.ppt>

Dale J (2007). Cellulosic ethanol: huge potential but challenging. Centre for Tropical Crops and Biocommodities. Queensland Univ. of Technology, Australia, 35 p.
www.farmacule.com/news/news10/AusbioBioethanol.ppt

Davis, J.R. 2006. How can the poor benefit from the growing markets for high value agricultural products? High Value Agricultural Products Workshop. Author revised pre-edition version. Saatavissa internetistä: www.nri.org.

Defra, The Milk Roadmap 2009, :
<http://www.defra.gov.uk/environment/business/products/roadmaps/milk.htm>

D.E.L.O.S. – Developing Learning Organisation models in SME clusters. Final Report. 124 s.
http://improving-ser.jrc.it/default/show.gx?Object.object_id=TSER----00000000000005E0&_app.page=show-TSR.html

Deumling, D., Wackernagel, M. & Monfreda, C. 2003. Eating up earth: How sustainable food systems shrink our ecological footprint. Saatavissa internetistä: www.RedefiningProgress.org

Diaz, S. & Cabido, M. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. Trends in Ecology & Evolution 16: 646-655.

Eläinten hyvinvointikeskus:
<http://elaintenhyvinvointikeskus.edublogs.org/2008/10/19/hollantilaiset-supermarketit-vastustamaan-karjuporsaiden-kastraatiota/>

Evira: http://www.evira.fi/portal/fi/elaimet_ja_terveys/ajankohtaista/?bid=1823

Ewing E (2008). Self-processing sugarcane for cellulosic ethanol? Ethanol Producer Apr. 2008
www.ethanolproducer.com/article.jsp?article_id=3868

FAO: Consumption, statistic. <http://www.fao.org/economic/ess/publications-studies/statistical-yearbook/fao-statistical-yearbook-2007-2008/d-consumption/en/>

FAO: http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/gcds/index_en.html

FAO: Potato, nutrition and diet, Factsheet: <http://www.potato2008.org/en/potato/factsheets.html>

FAO (1995) Forest Assessment 1990, Global synthesis, Paper 124, Rome

FAO (2005). 20 things to know about the impact of salt water on agricultural land in Aceh province. FAO Field Guide, March 2005, 7 p. www.fao.org/ag/tsunami/docs/saltwater-guide.pdf

FAO (2006) Global Forest Resources Assessment 2005, www.fao.org

FAO (2007a). Production of Crops. FAOSTAT
<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>

FAO (2007 b).Coping with water scarcity in developing countries: What role for agricultural biotechnologies? www.fao.org/biotech/C14doc.htm

FAO (2008). Sugarcane. Land and Water division AGLW, FAO
www.fao.org/ag/AGL/aglw/cropwater/sugarcane.stm

FAOSTAT. <http://faostat.fao.org/>

Farias CHA, Fernandes PD, Neto JD, Gheyi HR (2008). Water use efficiency in sugarcane crop under different depths of irrigation and zinc doses in coastal region of Paraíba, Brazil. *Eng Agric*. 28: 494–506 www.scielo.br/pdf/eagri/v28n3/a10v28n3.pdf

Farifteh J, van der Meer F, van der Meijde M, Atzberger C (2008). Spectral characteristics of salt-affected soils: A laboratory experiment. *Geoderma* 145: 196–206
<http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.03.011>

Farley, K.A., Jobbagy, E.G. & Jackson, R.B. 2005. Effects of afforestation on water yield: a global synthesis with implications for policy. *Global Change Biology* 11: 1565–1576.

Fernandez, J.Q.P., Dias, L.E., Barros, N.F., Novais, R.F. & Moraes, E.J. 2000. Productivity of *Eucalyptus camaldulensis* affected by rate and placement of two phosphorus fertilizers to a Brazilian Oxisol. *Forest Ecology and Management* 127(1-3): 93–102.

Finfood Ruokatieto: <http://opetus.ruokatieto.fi/Suomeksi/Nuoret/Maatila/Peltokasvit/Peruna>

Fitzpatrick, Michael (2010) Methane release 'looks stronger', BBC news 6.1.2010,
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/8437703.stm>

Forsman-Hugg S. & Isoniemi M. 2008: Broilerin tuotannon vahvuudet vielä piilossa. Maaseudun tiede. <http://www.mtt.fi/maaseuduntiede/pdf/mtt-mt-v65n01s13a.pdf>

Fredenburg P (2007). Less salt, please. *Rice Today* 6 (2): 24–25.

Ganquly, Saby (2003) India's Green Revolution,
<http://www.indiaonestop.com/Greenrevolution.htm>

GCC (2008). Monsanto Acquires Brazilian Sugarcane Breeding and Genomics Companies for \$290 M. Green Car Congress 3.11.2008 www.greencarcongress.com/2008/11/monsanto-acquir.html

Geenitekniikka ... (2009) Maa- ja metsätalousministeriön geenitekniikkastrategia ja toimenpideohjelma vuosille 2009–2013, Helsinki

Gerbens-Leenes, W. & Nonhebel, S. 2005. Food and land use. The influence of consumption patterns on the use of agricultural resources. *Appetite* 45: 24–31.

Giarracca, Norma (2008) "The tragedy of development: disputes over natural resources in Argentina". *Sociedad* (Buenos Aires) vol. 3, 2008.

Gilbert RA, Comstock JC, Glaz B, Edmé SJ, Davidson RW, Glynn NC, Miller JD, Tai PYP (2008). Registration of 'CP 00-1101' Sugarcane. *J. Plant Registrations* 2: 95–101
<http://jpr.sci-journals.org/cgi/reprint/2/2/95.pdf>

Ginzberg, Idit , James G. Tokuhisa and Richard E. Veilleux (2009) Potato Steroidal Glycoalkaloids: Biosynthesis and Genetic Manipulation, Potato Research, Volume 52, Number 1 / February, 2009

Gonçalves, J.L.M., Wichert, M.C.P., Gava, J.L.; Masetto, A.V. Junior, Arthur J.C., Serrano, M.I.P. & Mello, S.L.M. 2007. Soil fertility and growth of *Eucalyptus grandis* in Brazil under different residue management practices. Southern Hemisphere Forestry journal 69 (2): 95-102(8)

Good AG, Johnson SJ, De Pauw M, Carroll RT, Savidov N, Vidmar J et al.(2007). Engineering nitrogen use efficiency with alanine aminotransferase. Can. J. Bot. 85: 252–262.
<http://dx.doi.org/10.1139/B07-019>

Graham MH, Haynes RJ, Meyer JH (2002). Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. Soil Biology & Biochemistry 34: 93–102 <http://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:115014>

Gruère, G., Giuliani, A. & Smale, M. 2006. Marketing Underutilized Plant Species for the Benefit of the Poor: A Conceptual Framework. EPT Discussion Paper 154. (IFPRI International Food Policy Research Institute)

Grönroos J. & Seppälä J. 2000: Maatalouden tuotantotavat ja ympäristö, Suomen ympäristö 431, luonto ja luonnonvarat, 244 s.

GTN (2008). Genteknikens utveckling 2007. Gentekniknämnden, Sverige, 2008, 54 s.
http://forskarbloggen.typepad.com/forskarbloggen/files/genteknikens_utveckling2007.pdf

Haapala, T., Pakkanen, A. & Pulkkinen, P. 2004. Variation in multiplication rate and rooting potential of hybrid aspen. Forest Ecology and Management 193: 345-354

Haefele S (2007). Black soil, green rice. Rice Today 6(2):26–27
www.biochar.info/52/downloads/Black_Soil_Green_Rice.pdf

Halfacree, K. 2005. Trial by space for a ‘radical rural’: Introducing alternative localities, representations and lives. Journal of Rural Studies. Painossa.

Hamilo, Marko (2008) Biodieseliä ilman ympäristöhaittoja, Tiede-lehti 3/2008

Hansen, B., Alroe H.F. & Kristensen E.S. 2001. Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. Review. Agriculture, Ecosystems and Environment 83: 11- 26.

Harstela, P. 2005. Puun saatavuus turvaa metsäsektorin menestystä. Kirjassa: Niskanen, A. (toim.) Menestyvä metsäala ja tulevaisuuden haasteet. Metsäalan tulevaisuusfoorumi. Metsäkirjat. 117 s.

Hetemäki L. ja Hänninen R. (2009) Arvio Suomen puunjalostuksen tuotannosta ja puunkäytöstä vuosina 2015 ja 2020, Metlan työraportteja 122, Helsinki

Hind, Angela (2007). Could *Jatropha* be a biofuel panacea? BBC:n radio 4:n ohjelmassa *Jatropha*, the Wonder Plant, 8.7.2007

Ho, Mae-Wan (2006) Green Algae for Carbon Capture & Biodiesel. The article submitted to UK government's energy review 2006

Hochstetler, Kathryn & Keck, Margaret (2007) Greening Brazil: Environmental Activism in State and Society. London: Duke University Press.

Hoekstra A. Y. & Chapagain Ashok K. 2008. Globalization of water. 1. Painos. UK: Blackwell publishing Ltd. 146 s.

Holmes, J. 2006. Impulses towards a multifunctional transition in rural Australia: gaps in the research agenda. *Journal of Rural Studies* 22: 142-160.

Hu F (2007). Improving selection in sugarcane breeding programs with an application in the Burdekin region, Australia. PhD thesis, Univ. of Queensland, Australia
<http://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:158723>

Häyrynen, Simo; Donner-Amnell, Jakob; Niskanen, Anssi (2007) Globalisaation suunta ja metsäalan vaihtoehdot. Joensuun yliopisto Metsätieteellinen tiedekunta, Tiedonantaja, no 171.

IAASTD (2009) International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development, www.agassessment.org/reports/IAASTD

Ilbery, B. & Maye, D. 2005. Food supply chains and sustainability: evidence from specialist food producers in the Scottish/English borders. *Land Use Policy* 22: 331-344.

Inman-Bamber NG, Smith DM (2005). Water relations in sugarcane and response to water deficits. *Field Crops Res.* 92: 185–202 <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2005.01.023>

International Potato Center, Sweetpotato: <http://www.cipotato.org/sweetpotato/>

Introduction to Dairy Science and Technology: Milk History, Consumption, Production, and Composition <http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/intro.html>

IRRI (2009). New, higher-yielding rice plant could ease threat of hunger for poor. Global consortium of scientists developing rice that would boost yields by up to 50 % for smallholder farmers in Africa and Asia. International Rice Research Institution, 14.1.2009
<http://beta.irri.org/news/index.php/Press-Releases/2009/New-higher-yielding-rice-plant-could-ease-threat-of-hunger-for-poor.html>

Jackson PA (2005). Breeding for improved sugar content in sugarcane. *Field Crops Res.* 92: 277–290 <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2005.01.024>

Jackson PA, Hogarth DM (1992). Genotype x Environment Interactions in Sugarcane. I. Patterns of Response Across Sites and Crop-years in North Queensland. *Aust. J. Agric. Res.* 43: 1447–1459.

Jackson, Robert B. , Esteban G. Jobba'gy, Roni Avissar, Somnath Baidya Roy, Damian J. Barrett, Charles W. Cook, Kathleen A. Farley, David C. le Maitre, Bruce A. McCarl, Brian C. Murray (2005) Trading Water for Carbon with Biological Carbon Sequestration, *Science* 310, 1944 (2005)

Jay M. & Marmot M. G. 2009: Health and climate change. Published Online September 16, 2009

DOI:10.1016/S0140-6736(09)61603-2

Jepson, W. (2006) "Private agricultural colonization on a Brazilian frontier, 1970–1980". *Journal of Historical Geography* 32 (2006), 839–863.

John U.P., Polotnianka R.M., Sivakumaran K.A., Chew O., Mackin L., Kuiper M.J., Talbot J.P., Nugent G.D., Mautord J., Schrauf G.E., Spangenberg G.C. (2009). *Ice recrDesv. Plant Cell Environ.* 32: 336–348. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3040.2009.01925.x>

Judd, W., Campbell, C., Kellogg, E., and Stevens, P. (1999) *Plant systematics: a phylogenetic approach*, Sunderland, MAGIT Forestry Consulting www.git-forestry.com - EUCALYPTOLOGICS.

Järvelä K. 2002: Peruna on perusruokaa, Tiedote:
http://www.kuluttajatutkimuskeskus.fi/files/4658/2002_03_peruna.pdf

Kamppinen, M. & Kuusi, O. & Söderlund, S. (toim.) 2002. *Tulevaisuudentutkimus. Perusteet ja sovellutukset. Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran toimituksia* 896. Helsinki

Kanninen, Markku, Daniel Murdiyarso, Frances Seymour, Arild Angelsen, Sven Wunder, & Laura German (2007) *Do Trees Grow on Money? The implications of deforestation research for policies to promote REDD, Forest Perspectives* 4, CIFOR

Kansallinen metsäohjelma 2010. Maa- ja metsätalousministeriö, Julkaisuja 2/1999. Helsinki 1999.

Kansallinen metsäohjelma 2010 – monipuolisesti metsästä. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki 2006.

Karhapää, M., Turunen, H., Ala-Kleme, T., Paasonen, M., Puumala, M., Siljander-Rasi, H. 2005. *Luomuporsastuotannon mahdollisuudet Suomessa. MTT:n selvityksiä* 90: 55 s., 6 liitettä.
<http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts90.pdf>

Karriem, A. (2008) *The rise and transformation of the Brazilian landless movement into a counter-hegemonic political actor: A Gramscian analysis.* *Geoforum* 2008 (doi:10.1016/j.geoforum.2008.10.005)

Katajajuuri J., Grönroos, J., Usva, K., Virtanen, Y., Sipilä, I., Venäläinen, E., Kurppa, S., Tanskanen, R., Mattila, T. & Virtanen, H. 2007: *Broilerin fileesuikaleiden tuotannon ympäristövaikutukset ja kehittämismahdollisuudet. Maa- ja elintarviketalous* 90

Katajajuuri, J.-M., Virtanen, Y., Voutilainen, P., Tuhkanen H.-R., Kurppa, S. 2003: *Elintarvikkeiden ympäristövaikutukset FOODCHAIN. Maa- ja metsätalousministeriö. MMM:n julkaisuja* 6/2003.

Katajajuuri Juha-Matti & Voutilainen Pasi & Tuhkanen Hanna-Riikka & Honkasalo Niina, 2003 *Elovena -kaurahiutaleiden ympäristövaikutukset. Maa- ja elintarviketalous* 33

Kauko, Virpi (2007) *Puheenvuoro Keskisuomalaisen pääkirjoitussivulla* 30.8.2007

Kingstone, Peter R. (1999) *Crafting coalitions for reform: business preferences, political institutions, and neoliberal reform in Brazil.* Pennsylvania: The Pennsylvania State Univ. Press.

- Kirst M. ja 8 muuta tutkijaa. (2003). Apparent homology of expressed genes in loblolly pine (*Pinus Taeda*), *Proceedings of National Academy of Science of USA* 100
- Kirveennummi, A., Saarimaa, R. & Mäkelä, J. (2008). Syödään leväpullia pimeässä. Tähtikartastoja suomalaisen ruoan kulutukseen vuonna 2030. Turun Kauppakorkeakoulun Tulevaisuuden tutkimuskeskus. ISBN 978-951-564-553.1.80 p.
- KOM(2008)645 EU:n komission tiedonanto metsäkadon ja metsien tilan heikkenemisen torjumiseksi ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja biologisen monimuotoisuuden suojelemiseksi, suomeksi toimitettu versio
- Kowarick, Marcos (2002) "Agrarian Reform in Brazil: Victories and challenges in the era of globalization", pp.245-263. In: *Agrarian Studies: Essays on agrarian relations in less-developed countries*. Eds. Ramachandran, V.K. & Swaminathan, Madhura. New Delhi: Tulika Books.
- Kröger, Markus (2007) "Uruguay ja Argentiinan sellutehdaskonflikti latinalaisamerikkalaisena maa- ja metsäkiistanä". *Kosmopolis*, Vol. 37: 2/2007: pp. 23–42. Helsinki.
- Kröger, Markus (2009) "Contentious Agency: The Brazilian Landless Movement (MST) and the Politics of Paper Investments". *Julkaisematon väitöskirjakäsikirjoitus*, Helsingin yliopisto.
- KTL Suomalaiset ravitsemussuosituksat.
http://www.ktl.fi/attachments/suomi/julkaisut/maat_ohjeet/suositusfin.pdf
- Kumar Sahoo, Narendra, Ashwani Kumar, Satyawati Sharma ja S:N: Naik (2009) Interaction of *Jathropa Curcas* Plantation with Ecosystem, *Proceedings of International Conference of Energy and Environment*, March 19-21, 2009
- Kumaravelu, G. 1995. Provenances of *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH and *Eucalyptus tereticomis* SM suitable to south Indian conditions. *Annals of Forestry* 3(2): 129-133.
- Kummerly, W (1973) *The Forest*, Geographical Publishers, Berne ,Switzerland
- Pancel, L. (1993) Species selection, in Pancel, L. (ed.) *Tropical Forestry Handbook*, Vol.1, New York
- Kurppa S. 2009: Lounaslauset vertailussa. Tiedotustilaisuus ja seminaari 17.9.2009.
http://www.mtt.fi/wwwdoc/consenv170909/sirpa_kurppa_consenv.pdf
- Kuusela, K. 1994. Forest resources in Europe. European Forest Institute, Research Report 1. 154 s.
- Kuusi, Osmo (1991) *Uusi Biotekniikka*, Tammi, Helsinki
- Kuusi, Osmo (2004) *Geenitieto kuuluu kaikille*, Edita, Helsinki
- Kyllönen, Timo (2009) Luentosarjan Kehitysjattelun perusteet luentomoniste, Helsingin Yliopisto syksy 2009
- Kärkkäinen, Katri (2009). Puiden kehittäminen geenimuuntelulla, Eduskunnan Tulevaisuusvaliokunnalle toimitettu muistio

Kärkkäinen, M. 2005. Metsäteollisuuden kilpailukyky Suomessa. Kirjassa: Niskanen, A. (toim.) Menestyvä metsäala ja tulevaisuuden haasteet. Metsäalan tulevaisuusfoorumi. Metsäkirjat. 117 s.

Lastikka L. 2008: Broileri. Suomen siipikarja 4/2008.
http://www.siipi.net/siipikarjaliitto/2010_direktiivi.pdf

Laurila J, Laakso I, Valkonen JPT, Hiltunen R, Pehu E (1996) Formation of parental-type and novel glycoalkaloids in somatic hybrids between *Solanum brevidens* and *S. tuberosum*. *Plant Sci* 118:145–155

Lehtinen, Ari (2008) “Lessons from Fray Bentos: forest industry, overseas investments and discursive regulation”. *Fennia* 186:2

Lilley, Sasha (2004) “Paving the Amazon with soy”.
<http://www.corpwatch.org/article.php?id=11756>

Lima, W.P. 1993. Impacto ambiental do eucalipto. Sao Paulo: EDUSP, 3021 p.

Liston, A., Robinson W.A., Pinero D. and Alvaresez-Buyella, E.R. (1999) Phylogenetics of *Pinus* based on nuclear ribosomal DNA, *Molecular Phylogenetics and Evolution* 11

Lounela, Anu (2009) ”Suomi ja maailman metsät”. Teoksessa Mira Käkönen & Elina Venesmäki (toim.) *Metsän jäljillä. Kertomuksia Etelästä ja Pohjolasta*. Helsinki: Siemenpuu säätiö; Into Kustannus.

Luomutietopankki. Luomuviljelyn laajuus.: <http://www.luomu.fi/yleista/laajuussuomi.htm>

Lyytinen y, Jaakko ja Tommi Nieminen (2009) Stora Enson jättipotti Helsingin Sanomat 30.8.2009

Mansvelt, J.D. van, Stobbelaas, D.J. & Hendriks, K. 1998. Comparison of landscape features in organic and conventional farming systems.

May, Peter (ed). (1999) *Natural resource valuation and policy in Brazil: methods and cases*. New York: Columbia University Press.

McNeely, J. 2006. Using economic instruments to overcome obstacles to in situ conservation of Biodiversity. *Review. Integrative Zoology* 1:25-31.

McQualter RB, Dookun-Saumtally A (2007). Expression profiling of abiotic-stress-inducible genes in sugarcane. *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.* 29: 878–888.

Medeiros, Leonilde & Sérgio Leite (Eds). 2004. *Assentamentos rurais: mudança social e dinâmica regional*. Rio de Janeiro: Mauad

Medeiros, Marcelo. 2005. *O que faz os Ricos ricos: O outro lado da desigualdade brasileira*. São Paulo: Editora Hucitec.

Medvedev, Dmitry (2009) Puhe Venäjän tiedeakatemiassa 15.12.2009

Meier EA, Thorburn PJ, Wegener MK, Basford KE (2006). The availability of nitrogen from sugarcane trash on contrasting soils in the wet tropics of North Queensland. *Nutrient Cycling In Agroecosystems* 75: 101–114 <http://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:82493>

Mendez, M.S. & Popkin, B.M. 2004. Globalization, Urbanization and Nutritional Change in the Developing World. *Journal of Agricultural and Development Economics* 1: 220-241.

Metsäteollisuus r.y. <http://www.metsateollisuus.fi/Sivut/default.aspx>

Metsätilastollinen vuosikirja 2008. Metsäntutkimuslaitos.

Metzger & Schröter (2006, *Reg. Env. Change* 6: 201-216).

Mikkeli, Heikki & Pakkasvirta, Jussi (2007) Tieteiden välissä? Johdatus monitieteisyyteen, tiedeidenvälisyyteen ja poikkitieteisyyteen. WSOY: Helsinki.

Miller, Shawn William 2007 *Environmental History of Latin America*. Cambridge University Press.

MMA Ministério do Meio Ambiente (2005) *Temas Conflituosos Relacionados à Expansão da Base Florestal Plantada e Definição de Estratégias para Minimização dos Conflitos Identificados*. Projeto MMA/FAO/TCP/BRA/2902. Relatório Final de Consultoria, Coordination Fanzeres, Anna. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

MMM. Sika, Suomen tärkein lihalaji.
<http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/maatalous/maataloustuotanto/elaintuotanto/sianliha.html>

MMM 2008. Maitomaa Suomi, Loppuraportti, Helsinki 2008. Maidontuotannon tulevaisuuden vaihtoehdot –työryhmä. Työryhmämuistio MMM 2008:6.

MMM 2009: Siipikarjanliha
Webster J. 1995: *Animal welfare*. Oxford, Blackwell Science.

MNT (2008). Arcadia Contributes Technology License To The African Agricultural Technology Foundation To Develop Nitrogen Efficient And Salt Tolerant African Rice. *Medical News Today* 25.4.2008 www.medicalnewstoday.com/articles/105254.php

Mutersbaugh, T. 2005. Just-in-space: Certified rural products, labor of quality, and regulatory spaces. *Journal of Rural Studies* 21: 389-402.

MÄKINEN, S., KELLONIEMI, J., PIHLANTO, A., MÄKINEN, K., KORHONEN, H., HOPIA, A., VALKONEN, J. P. T. 2008. Inhibition of angiotensin converting enzyme I caused by autolysis of potato proteins by enzymatic activities confined to different parts of the potato tuber. *Journal of agricultural and food chemistry* 56, 21: 9875-9883. 10.1021/jf8016817

Mäkinen, T., K. Sipilä, N-O Nylund (2005) Liikenteen biopolttoaineiden tuotanto- ja käyttömahdollisuudet Suomessa, VTT tiedotteita 2288

Nepstad, D. , B. Soares-Filho, F. Merry, P. Moutinho, H.-O. Rodrigues, M. Bowman,

S. Schwartzman, O. Almeida , & S. Rivero (2007) The costs and benefits of reducing carbon emissions from deforestation and forest degradation in the Brazilian Amazon, The Woods Hole Research Center.

Netafim (2008). Sugarcane. Agriculture Department, Netafim, Tel Aviv, Israel
<http://www.sugarcanecrops.com/>

Niemi, J. & Ahlstedt, J. 2008: Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2008. MTT taloustutkimus, julkaisuja 108

Nilsson, Sten (2009) "Economic Crisis and the Global Forest Sector"
www.iiasa.ac.at/Publications/Documents/IR-09-012.pdf

NMPF 2009. The National Milk Producers Federation: Dairy Environmental Handbook.
http://www.nmpf.org/publications/dairy_handbook

Nojonen, M-A 1985. Käytännön sikatalous, Hankkija.

Nugent, Jeffrey B. and James A. Robinson (2002) Are Endowments Fate? London: CEPR Discussion Paper No. 3206.

OGTR (2004). The Biology and Ecology of Sugarcane (*Saccharum* spp. hybrids) in Australia. Office of the Gene Technology Regulator, Department of Health and Ageing, Australian Government, 31 p. [www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/sugarcane-3/\\$FILE/biologysugarcane.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/sugarcane-3/$FILE/biologysugarcane.pdf)

OGTR (2005a). Application for licence for intentional release of GMOs into the environment: Application No. DIR 051/2004. Summary information. Office of the Gene Technology Regulator, Department of Health and Ageing, Australian Government
[www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/dir051-3/\\$FILE/dir051.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/dir051-3/$FILE/dir051.pdf)

OGTR (2005b). Decision on issuing a license for application DIR 051/2004. Office of the Gene Technology Regulator, Department of Health and Ageing, Australian Government
[www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/dir051-3/\\$FILE/dir051notific.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/dir051-3/$FILE/dir051notific.pdf)

OGTR (2006). Application for Licence for Intentional Release of GMOs into the Environment: Application No. DIR 070/2006. Summary Information. Office of the Gene Technology Regulator, Department of Health and Ageing, Australian Government, 5 p.
[www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/dir070-3/\\$FILE/dir070appsum2.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/dir070-3/$FILE/dir070appsum2.pdf)

OGTR (2007). Decision on Issuing a License for Application DIR 070/2006. Office of the Gene Technology Regulator, Department of Health and Ageing, Australian Government, Feb. 13, 2007
[www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/dir070-3/\\$FILE/dir070notific.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/dir070-3/$FILE/dir070notific.pdf)

OGTR (2009 a). Limited and controlled release of wheat and barley genetically modified for enhanced nutrient utilization efficiency. Risk assessment and risk management plan for DIR 094. Office of the Gene Technology Regulator, Department of Health and Ageing, Australian Government July 2009, 63 p. [www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/dir094-3/\\$FILE/dir094ramp.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/dir094-3/$FILE/dir094ramp.pdf)

OGTR (2009 b). Limited and controlled release of sugarcane genetically modified for altered plant growth, enhanced drought tolerance, enhanced nitrogen use efficiency, altered sucrose accumulation, and improved cellulosic ethanol production from sugarcane biomass. Risk assessment and risk management plan for DIR 095. Office of the Gene Technology Regulator, Department of Health and Ageing, Australian Government July 2009, 82 p.

[www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/dir095-3/\\$FILE/dir095ramp.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/dir095-3/$FILE/dir095ramp.pdf)

Oliveira, Ariovaldo Umbelino de, Stedile, João Pedro & Fórum Nacional de Reforma Agrária (2005) *A Natureza do Agronegócio no Brasil*. Brasília: Via Campesina.

Ow DW (2007). GM maize from site-specific recombination technology, what next? *Curr. Opin. Biotechnol.* 18: 115–120. Abstrakti:
http://www.ars.usda.gov/research/publications/Publications.htm?seq_no_115=210895

Pakkasvirta, Jussi (2008a): *Pulp & Fiction: tarinoita globalisaatiosta ja sellutehtaasta*. Gaudeamus: Helsinki University Press.

Pakkasvirta, Jussi (2008b) “From Pulp to Fiction? Fray Bentos Pulp Investment Conflict through the Finnish Media”. (*Cooperation & Conflict*, Sage, Vol. 43(4): 421–447.).

Pehu E, Gibson RW, Jones MGK, Karp A (1990) Studies on the genetic basis of resistance to potato leaf roll virus, potato virus Y and potato virus X in *Solanum brevidens* using somatic hybrids of *Solanum brevidens* and *Solanum tuberosum*. *Plant Sci* 69:95–101

Pingali, P. 2006. Westernization of Asian diets and the transformation of food systems: Implications for research and policy. *Food policy*. Painossa. Saatavissa internetistä:
www.sciencedirect.com

Plassman, K., Norton, A., Attarzadeh, N., Jensen, M., Brenton, P. & Edwards-Jones, G. 2009 Carbon footprinting and developing countries: Possible implication for trade
http://www.se2009.eu/polopoly_fs/1.24630!menu/standard/file/Katharina%20Plassmann.pdf

Putin, Vladimir (2009) Puhe Yhtenäinen Venäjä –puolueen 11. kongressissa 21.11.2009

Pyyhtiä, Anna (WWF, Suomi, maaliskuu 2008): Suomalaiset paperijätit nopeakasvuisilla puuplantaa-seilla – yritys vastuun uudet globaalit haasteet. WWF Suomen raportti metsäteollisuusyritysten yritys vastuusta Aasiassa ja Etelä-Amerikassa.

Rama, R. (1996) “Latin America and the Geographical Priorities of Multinational Agro-industries”. *Geoforum*, Vol 27, No. 1, 39–52.

Reidsma, P. & Ewert, F. (2008) “Regional farm diversity can reduce vulnerability of food production to climate change”. *Ecology and Society* 13: 2008, 38.

Reidsma, P., Tekelenburg, T., van der/den Berg, M. & Alkemade R. 2006. Impacts of land-use change on biodiversity: An assessment of agricultural biodiversity in the European Union. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114: 80-102.

Reuters (2008). Brazil GMO Cane Research Advances, Waits for OK. Reuters 4.3.2008
www.reuters.com/article/rbssIndustryMaterialsUtilitiesNews/idUSN0432419120080304

Robertson FA, Thorburn PJ (2007). Management of sugarcane harvest residues: consequences for soil carbon and nitrogen. *Australian J. Soil Res.* 45: 13–23.
www.highbeam.com/doc/1G1-161282428.html

Robertson SK (2006). The Association Between Endophytic N₂-Fixing Bacteria and Australian Sugar Cane. PhD Thesis, School of Land, Crop and Food Sciences. Univ. of Queensland, <http://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:158295>

Rosenthal, Elisabeth (2009) New Jungles Prompt a Debate on Rain Forests, *New York Times* 30.1.2009

RSTR Round Table on Responsible Soy Association http://www.responsiblesoy.org/about_us.php

Ruokatieto: http://liha.ruokatieto.fi/WebRoot/1043192/x_tiedotteidenhallinta.aspx?id=1102961

Rönkkö, Mika (2009) Agribisnes tunkeutuu huimaa vauhtia Amazoniaan, <http://fifi.voima.fi/blogikirjoitus/Sademets%C3%A4soija-boikottiin/166>

Salo, Jukka (2008) Alustus eduskunnan tulevaisuusvaliokunnassa, lokakuu 2008

Scherr S. & Sthapit S. 2009: State of the world. The Worldwatch Institute.
http://www.groupedebruges.eu/pdf/State_of_the_World_chapter_3.pdf

Schmidhuber, J. 2004. The growing Global Obesity Problem: Some Policy Options to Address It. *Journal of Agricultural and development. Economics* 1: 272-290.

Schröter et al. (2005) “Ecosystem Service Supply and Vulnerability to Global Change in Europe”. *Science* 310: 1333-1337.

Sedjo, R.A. ja Botkin, D.B. (1997) Using forest plantations to spare natural forests, *Environment* 39, 14-20.

Seppänen, L., Aro-Heinilä, E., Helenius, J., Hietala-Koivu, R., Ketomäki, H., Mikkola, M., Risku-Norja, H., Sinkkonen, M. & Virtanen, H. 2006. Paikallinen ruokajärjestelmä: ympäristö- ja talousvaikutuksia sekä oppimishaasteita Helsingin yliopisto Ruralia-instituutti. Raportteja 9. 116 s.

Shanthi RM, Bhagyalakshmi KV, Hemaprabha G, Alarmelu S, Nagarajan R (2008). Relative performance of the sugarcane families in early selection stages. *Sugar Tech* 10: 114–118
www.springerlink.com/content/j3x271033mx6g639/

Sheil, D., Casson Anne ja 6 muuta mm. Markku Kanninen (2009) The impacts and opportunities of oil palm in Southern Asia, CIFOR Occasional paper 51, Indonesia

Shiva, V. 2004. The future of food: countering globalisation and recolonisation of Indian agriculture. *Futures* 36: 715-732.

Shiva, Vandana (2003) Cosecha robada: el secuestro del suministro mundial de alimentos. Paidós: Buenos Aires.

- Shrawat AK, Carroll RT, DePauw M, Taylor GJ, Good AG (2008). Genetic engineering of improved nitrogen use efficiency in rice by the tissue-specific expression of alanine aminotransferase. *Plant Biotechnol. J.* 6: 722–732. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7652.2008.00351.x>
- Shukla VK, Doyon Y ja 23 muuta kirjoittajaa. (2009). Precise genome modification in the crop species *Zea mays* using zinc-finger nucleases. *Nature* advance online publication April 29, 2009, 7 p. <http://dx.doi.org/10.1038/nature07992>
- Sirkka-Liisa Anttila: Eläinten hyvinvointi huipputasoa – keskustelu kaukana totuudesta. *Maa-seudun tulevaisuus* 23.12.2009
- Singh RD, Singh PN, Kumar A (2006). Evaluation of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) genotypes under variable water regimes. *Indian J Crop Sci.* 1: 142–145
www.satishserial.com/issn0973-4880/chapter29.pdf
- Sohlström, Hans (2009) ”Tulevaisuuden metsäteollisuus – uusiutumisen paikka” (Esitys seminaarissa Metsäteollisuuden VaikuttajaForum, Helsinki, 17.9.2009).
- Soini, K. 2007. Beyond the ecological hot spots: Understanding local residents’ perceptions of biodiversity of agricultural landscapes. *Annales Universitatis Turkuensis. Biologia-Geographica_Geologica – SER AII TOM.* 206 s?.
- Srivastav S (2004). Growing rice in seawater. *Terra Green* 31.1.2004
www.teri.res.in/terragreen/issue53/news.htm#n1
- Stape, J.L. , D. Binkley and M.G. Ryan (2004) Eucalyptus production and the supply, use and the efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil, *For. Ecol. Manage.* 193 (2004), pp. 17–31.
- Stape, J.L. , Binkley, D. , Ryan, M.G. (2008) Production and carbon allocation in a clonal Eucalyptus plantation with water and nutrient manipulations, *Forest Ecology and Management*, 255 (3), p.920-930, Mar 2008.
- Stape, Jose Luiz; Binkley, Dan; Ryan, Michael G (2004) “Eucalyptus production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil”. *Forest Ecology and Management*. Vol. 193, no. 1/2 (May 2004): p. 17-31.
- Steninfeld H. et al. 2006: Livestock’s long shadow, environmental issues and options. *FAO*, Rome 2006. 390 s.
- Sterky, F ja 18 muuta kirjoittajaa mm. A. Rohde ja T. Teeri (1998) Gene discovery in the wood forming tissues of poplar: analysis of 5692 expressed sequence tags, *Proceedings of National Academy of Science of USA* 95
- Sucros 2009: <http://www.sucros.fi/default.asp?id=63>
- Sunilkumar G, Campbell LAM, Puckhaber L, Stipanovic RD, Rathore KS (2006). Engineering cottonseed for use in human nutrition by tissue-specific reduction of toxic gossypol. *PNAS* 103: 18054–18059.

Swaminathan M.S. (2009) Questions and Answers: M.S. Swaminathan, India News, August 13, 2009

Sydänliitto, Sydänmerkki.

http://www.sydänmerkki.fi/sydänmerkki_tuotteet/tuotteet/Maitojamaitovalmisteet/fi_FI/maito_piima_ja_niiden_kaltaiset_makeuttamattomat_juomat/

Tammisola J (2006b). Viljelykasvit ja kasvinjalostus – Edistyksen eturintamassa kivikaudelta vihreälle aikakaudelle. Liite esitelmään Euroopan parlamentissa 10.10.2006
www.geenit.fi/EP101006LiiteIK.pdf

Teknologiateollisuus (2008) Teknologiateollisuus ry:n tiedote 22.4.2008.

Tenhola-Roininen, Teija (2009) Uudet DNA-merkit edistävät suomalaista rukiinjalostusta, Farmi-Uutiset 16.3.2009

Terry, Peter (2007) www.sciencewa.net.au 19.3.2007

Tike 2009: Maatilatilastollinen vuosikirja 2008. 266 s.

Tilastokeskus (2008) Suomen kasvihuonekaasut 1990 – 2007

Toledo, A & Burlingame, B. 2006. Biodiversity and nutrition: A common path toward global food security and sustainable development. Commentary. *Journal of Food Consumption and Analysis* 19: 477-483.

Tommila, Paula (2009) Jatropan viljely ja maankäyttö Vietnamsissa, Aluetieteen Pro gradu – tutkielma, Helsingin yliopisto, Maantieteen laitos

Townsend JA, Wright DA, Winfrey RJ, Fu F, Maeder ML, Joung K et al. (2009). High frequency modification of plant genes using engineered zinc-finger nucleases. *Nature advance online publication* April 29, 2009, 5 p. <http://dx.doi.org/10.1038/nature07845>

Turner, N.J., Davidson-Hunt, I.J. & O’Flaherty, M. 2003. Living on the Edge: Ecological and Cultural Edges as Sources of Diversity for Social-Ecological Resilience. *Human Ecology* 31:439-461.

Tuskan G.A. et al. (yli 100 kirjoittajaa, joista ainakin kuusi suomalaisia) (2006) The Genome of Black Cottonwood, *Populus trichocarpa* (Torr. & Gray), *Science* 15 September 2006: Vol. 313. no. 5793, pp. 1596 – 1604

Union of Concerned Scientists (2008) www.ucsusa.org. KOM(2008)645)

Uosukainen, M. ja P.M.A. Tigerstedt (1988) Talvenkestävien alppiruusujen jalostus, Maataloustieteellinen aikakauskirja 1988:4

Urquiaga S, Cruz KHS, Boddey RM (1992). Contribution of Nitrogen Fixation to Sugar Cane: Nitrogen-15 and Nitrogen-Balance Estimates. *Soil Sci Soc Am J* 56: 105–114
<http://soil.scijournals.org/cgi/content/abstract/56/1/105>

Usai, M.G., Casu, S., Molle, G., Decandia, M., Ligios, S. & Carta, A. 2006. Using cluster analysis to characterize the goat farming system in Sardinia.

USDA 2004. <http://www.ers.usda.gov/Publications/ERR11/>

Vackayil J (2008). GM sugarcane trials in Brazil, Australia. The Financial Express
www.financialexpress.com/news/GM-sugarcane-trials-in-Brazil-Australia/290404/

Vahisalu T, Kollist H, Wang Y-F, Nishimura N, Chan W-Y, Valerio G, Lamminmäki A, Brosché M, Moldau H, Desikan R, Schroeder JI, Kangasjärvi J (2008). SLAC1 is required for plant guard cell S-type anion channel function in stomatal signalling. *Nature* 452: 487–491
<http://dx.doi.org/doi:10.1038/nature06608>
www.sciencedaily.com/releases/2008/02/080227102848.htm
www.geenit.fi/HS290208Kivip.pdf

Valkonen, Jari (2008) Potatoes today and in future, Powerpoint-esitys

Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta (2009) Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 28/2009

Valtonen, Pekka (2001) Latinalaisen Amerikan historia. Gaudeamus:Helsinki

Van Berkum 2008. Towards sustainable soy; An assessment of opportunities and risks for soybean production based on a case study Brazil.
<http://library.wur.nl/way/bestanden/clc/1893495.pdf>

van Gelder and Dros 2006 Effects of soybean cultivation for animal feed on people and nature in the Amazon region –
<http://www.milieudefensie.nl/landbouw/publicaties/rapporten/From%20Rainforest%20to%20Chickenbreast.pdf>

von Sengbush P (2008). C3, C4 and CAM. Regulation of The Activity of Photosynthesis. Botany Online. Univ. of Hamburg www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e24/24b.htm

VYR 2009. Vilja-alan yhteistyöryhmä: Kaurakongressi 2008:
http://www.vyr.fi/www/fi/Tapahtumat/minneapolis_kaurakongressi_2008.php

Wittman, H. (2009) “Reframing agrarian citizenship: Land, life and power in Brazil”. *Journal of Rural Studies* 25 (2009), 120–130.

White, T.L., W.T. Adams, D.B. Neale (2007) *Forest Genetics*, CAB International, London

Wu L, Birch RG (2007). Doubled sugar content in sugarcane plants modified to produce a sucrose isomer. *Plant Biotechnol. J.* 5: 109–117 <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7652.2006.00224.x>

Wu Y, Zhou H, Que Y-X, Chen R-K, Zhang M-Q (2008). Cloning and identification of promoter Prd29A and its application in sugarcane drought resistance. *Sugar Tech* (2008) 10: 36–41
<http://dx.doi.org/10.1007/s12355-008-0006-0>

Yanagisawa S, Akiyama A, Kisaka H, Uchimiya H, Miwa T (2004). Metabolic engineering with Dof1 transcription factor in plants: Improved nitrogen assimilation and growth under low-nitrogen conditions. *Proceeding of the National Academic of Science, USA* 101: 7833–7838.
www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0402267101

Yanchuk, A.D. (2001). A quantitative framework for breeding and conservation of forest tree genetic resources of British Columbia, *Forestry Chronicle* 72, 406-415

Zahrnt, Valentin (2009). The disappointing picture of EU trade, www.EuropeanVoice.com 09.04.2009

Zhang S-Z, Yang B-P, Feng C-L, Chen R-K, Luo J-P, Cai W-W, Liu F-H (2006). Expression of the *Grifola frondosa* Trehalose Synthase Gene and Improvement of Drought-Tolerance in Sugar-cane (*Saccharum officinarum* L.). *Journal of Integrative Plant Biology* 48: 453–459
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7909.2006.00246.x>

Zhao F, Wang Z, Zhang Q, Zhao Y, Zhang H (2006). Analysis of the physiological mechanism of salt-tolerant transgenic rice carrying a vacuolar Na⁺/H⁺ antiporter gene from *Suaeda salsa*. *J. Plant Res.* 119: 95–104. <http://dx.doi.org/10.1007/s10265-005-0250-2>

Zhao F, Zhang H (2006). Expression of *Suaeda salsa* glutathione S-transferase in transgenic rice resulted in a different level of abiotic stress resistance. *J Agric. Science* 144: 547–554. Abstrakti: <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=555032>

Zhao F-Y, Zhang H (2007). Transgenic Rice Breeding for Abiotic Stress Tolerance – Present and Future. *Chin. J. Biotech.* 23: 1–6. [http://dx.doi.org/10.1016/S1872-2075\(07\)60001-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1872-2075(07)60001-6)

WWW-lähteitä:

<http://www.amazonia.org.br/english/noticias/noticia.cfm?id=296078>
http://www.imazon.org.br/novo2008/publicacoes_1er.php?idpub=3533
<http://www.greenpeace.org.uk/blog/forests/impacts-amazon-soya-are-shown-map-20090119>
<http://www.greenpeace.org.uk/files/pdfs/forests/amazon-community-map.pdf>
<http://www.saudealegria.org.br/portal/index.php/home/Noticia/17>
<http://www.fsm2009amazonia.org.br>
http://www.amazonia.org.br/english/guia/detalhes.cfm?id=152803&tipo=6&cat_id=85&subcat_id=413
<http://www.amazonia.org.br/arquivos/288311.pdf>
http://www.natbrasil.org.br/Docs/monoculturas/cartilha_aguaXeucaliptos_uruguai.pdf
<http://www.natbrasil.org.br/Docs/monoculturas/eucalipitais.pdf>
http://www.natbrasil.org.br/Docs/monoculturas/parecer_zoneamento_2007.pdf
http://www.natbrasil.org.br/Docs/monoculturas/parecer_zoneamento_ibama_2007.pdf
http://www.natbrasil.org.br/Docs/monoculturas/resumo_seminariopelotas.pdf
http://www.natbrasil.org.br/Docs/monoculturas/cartilha_pampa_sustentabilidade.pdf
<http://www.foei.org/en/media/archive/2008/real-price-of-agrofuels-revealed>
<http://www.swedwatch.org/swedwatch/>
amazonia.org.br
radioagencianp.com.br
<http://www.cptnac.com.br>

<http://www.hrw.org/>
<http://www.doingbusiness.org/>
<http://www.oecd.org/dataoecd/38/14/42497950.pdf> ja
<http://www.oecd.org/dataoecd/50/0/42704399.pdf>
 (http://countrystudies.us/uruguay/55.htm; http://www.ine.gub.uy/;
<http://www.mgap.gub.uy/Diea/default.htm>)
<http://www.eclac.cl/estadisticas/bases/default.asp?idioma=IN>).
<http://www.wrm.org.uy/plantations/material/liees.html>
<http://www.fao.org/landandwater/agll/agromaps/>
<http://www.imazon.org.br/publicacoes/publicacao.asp?id=544>
[http://fi.wikipedia.org/wiki/Amazon_\(sademets%C3%A4\)](http://fi.wikipedia.org/wiki/Amazon_(sademets%C3%A4))
<http://www.agassessment.org/index.cfm?Page=IAASTD%20Reports&ItemID=2713>)
<http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>
http://www.agassessment.org/docs/LAC_SDM_130508_English.htm
<http://www.agassessment.org/>
www.agricultura.gov.br
http://www.brasil.gov.br/governo_federal/Plan_prog_proj/proj_meioambiente/
<http://www.metsateollisuus.fi/Sivut/default.aspx>
<http://www.metsateollisuus.fi/tilastopalvelu/TilastokuvioVanhat/Perustietoa/Forms/AllItems.aspx>

ISBN 978-951-53-3247-9 (nid.)
ISBN 978-951-53-3248-6 (PDF)