



Etelä-Pohjanmaan liitto



Bioetanolista businessista - loppuraportti

Heikki Korpi
31.10.2011



Etelä-Pohjanmaan liitto



Tiivistelmä

Bioetanolista businesta-hankkeen tavoitteena oli kartoittaa investointihalukkuutta ja toteuttamismalleja bioetanoli-investoinnille sekä tuoda lisäelementtejä mahdollistamaan tehdasinvestoinnin liikkeellelähtöä. Tavoitteen saavuttamiseksi tehtiin kattavat selvitykset markkinoiden käyttäytymisestä ja toimintaympäristöstä, tuotannon edellytyksistä ja toiminnan kannattavuudesta sekä käytiin keskustelua eri sidosryhmien kanssa.

Viime aikoina julkaistujen tulosten mukaan Suomessa biopolttoaineiden raaka-aineiksi viljeltävien kasvien viljelyn päästöt eivät alita EU:n kestävyyskriteerien mukaisia ohjearvoja. Korkeaa viljelyn päästöä voidaan kompensoida käyttämällä jalostusvaiheessa voimalaitoksen energianlähteenä uusiutuvaa energiaa (hake, ruokohelpi, olki), jolloin kokonaispäästöt vähenevät yli 50% ja myös RES-direktiivin vuoden 2017 vaatimus täyttyy. Toisaalta vielä tänä päivänä ei ole lopullista EU:n kantaa korvaavan maankäytön muutosten (ILUC) huomioimisesta. Syksyille 2011 ennustetun päätöksen oletetaan ainakin kohottavan vuoden 2013 päästövähennämätavoitetta 35%:sta 40-50%:iin. Näiden epävarmuuksien lisäksi viljan markkinahintojen nousun lisäämä keskustelu ruoka-aineiden käytöstä polttoaineiden lähteenä aiheuttaa paineita aikaisempien päätösten kiristämiseen. Tämänkaltaiset tehtyjen sitoumusten muuttamiset nostavat entisestään kynnystä alalle investoimiseen.

Vaikka viljaetanolin koko ketju Suomessa toimisi käytännössä omilla markkinoilla (viljan tuotanto, etanolin jalostus, etanolin ja rehun käyttö), määrittelevät maailmanmarkkinahinnat hintatason. Vilja raaka-aineena vastaa yli 50%:a tuotantokustannuksista ja hinnan vaihtelulla on suora yhteys tuotannon kannattavuuteen. USA:ssa, missä etanolin tuotanto on yli 10-kertainen Eurooppaan verrattuna, on maissin ja etanolin hintojen välillä selvä korrelaatio. Euroopan etanolimarkkinoihin vaikuttavat oman tuotannon lisäksi myös USA:n ja Brasilian tuontietanoli sekä EU:n määräämät tuontitullit. Hintojen heiluminen tekee kannattavuuden arvioinnin ja hallinnan erittäin haastavaksi, ja toiminnan nettotulos voikin vaihdella useiden miljoonien eurojen tappioista voittoihin. Tästä johtuen investointia suunniteltaessa toiminnan lähtökohtana on oltava vahva taloudellinen toimija, joka selviää myös yli heikomman suhdannetilanteen, vaikka sellainen sattuisi heti toiminnan alkutaipaleella.

Toiminnan selkeänä kannustimena ovat EU:n sitoumukset biopolttoaineiden käytön lisäämiseen ja sitä kautta varma menekki etanolille. Mikäli sitoumusten tuoma kysyntä nostaisi entisestään etanolin markkinahintaa, lisäisi se kannattavuutta merkittävästi. Myös viljan hinnan palautuminen aikaisemmille alhaisille tasoille tekisi etanolista kilpailukykyisemmän polttoaineen öljyn hintaan nähden. Viljan ja etanolin hinnan korrelaation myötä alhainenkaan viljan hinta ei aina takaa kannattavuutta, mutta kilpailukykyinen hinta tekisi etanolista edullisimman vaihtoehdon sekoitusvelvoitetta täytettäessä.



Etelä-Pohjanmaan liitto



Markkinahintojen lisäksi merkittävimmät kannattavuuteen vaikuttavat tekijät ovat laitoksen energia- ja investointikustannus. Näihin kustannuksiin voisi saada etua synergiasta jo olemassa olevan etanoli- tai energiatuotannon kanssa. Toisaalta Etelä-Pohjanmaan huomattava viljan käyttö sekä rehun tuotanto aiheuttavat kustannuspaineita raaka-aineen hankinnassa ja rehun jakelussa (joko märkärehun huomattavana rahtikustannuksena tai energiakustannusten nousuna rehun kuivauksen myötä). Käytännössä tuotannon käynnistäminen Etelä-Pohjanmaalla edellyttää yhteistyötä Altian kanssa, sillä erilliset toimijat päätyisivät helposti kilpailemaan itsensä kannattamattomiksi viljan hankinnassa ja rehun myynissä. Myös puupohjaisen energiantuotannon lisäsaikeet lähialueilla (esim. Vaasan Vaskiluotoon investoitava uusi 140 MW kaasutin) aiheuttanevat nousupaineita voimalaitoksen raaka-aineisiin.

Suunnitellulla 75 milj. litran etanolituotannolla voitaisiin toteuttaa noin kolmannes Suomen 10% biopoltoaineen käyttövelvoitteesta bensiinin osalta. Lisäksi tuotannosta saataisiin sivutuotteena kotimaista GMO-vapaata valkuaisrehua kotieläintuotantoon. Selvityksen pohjalta käy selväksi, että etanolin tuotanto on massatuotantoa pienillä katteilla ja tuotannon kannattavuus vaihtelee huomattavasti suhdanteiden mukaan. Vuosien 2007-2010 markkinahintojen mukaan laskettu keskimääräinen kannattavuus jää maltilliseksi (6-7%), eikä tue investointihaluja nykyisessä talouden tilanteessa. Muutokset markkinahinnoissa, maatalouden tukijärjestelmissä, tai uusiutuvan energian tavoitteissa voivat muuttaa tilannetta nopeastikin. Nyt tehty selvitys antaa hyvän pohjan arvioida tilannetta, mikäli merkittäviä muutoksia toimintaympäristössä tapahtuu.



Sisällysluettelo

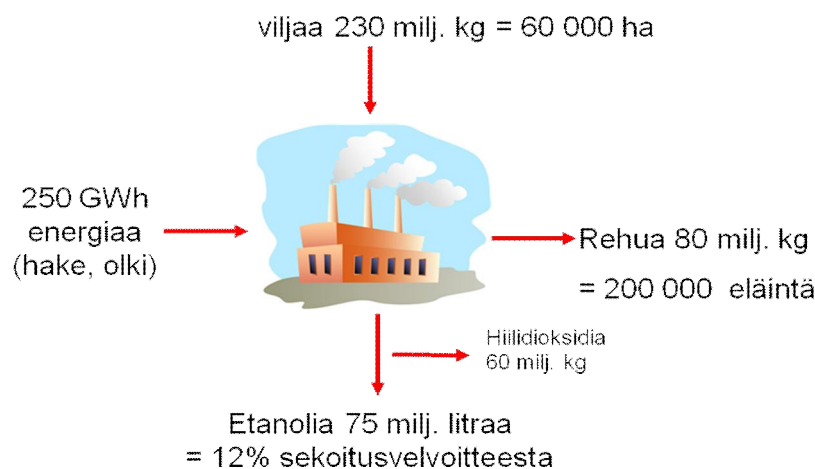
Tiivistelmä	1
Sisällysluettelo	3
1. Johdanto	4
2. Kasvihuonekaasutaseet ja kestävyyskriteerit	4
3. Viljan ja etanolin maailmanmarkkinat	7
4. Etanolin hinta Suomessa	10
5. Etanolin jalostusprosessi ja kehittyminen	11
6. Energia	13
7. Voimalaitos.....	14
8. Rehu	16
9. Kannattavuus	17
10. (Kauran) kuivafraktiointi.....	21
11. Olki	23
12. Yhteenveto	26
13. Linkkejä	27
14. Viitteet	27



1. Johdanto

Projektin tavoitteena oli kartoittaa investointihalukkuutta bioetanolilaitokseen ja erilaisia toteuttamismalleja investoinnille sekä tuoda lisäelementtejä mahdollistamaan tehdasinvestoinnin liikkeellelähtöä. Tavoitteen saavuttamiseksi tehtiin tarvittavia selvityksiä toimintaedellytysten kartoittamiseksi. Tiedonhaun lisäksi on käyty keskustelua keskeisten yritysten, koulutuksen, T&K ja viranomaisstahojen kanssa. Tässä raportissa kootaan projektin aikana tehdyt selvitykset ja arvioidaan eri tekijöiden vaikutusta tehdasinvestoinnin toteuttamiseen. Viitteet tietolähteisiin sekä hyödyllisiä Internet-osoitteita on koottu raportin loppuun. **Osa raportissa esitetyissä luvuista tai laskelmista perustuu tekijän karkeisiin arvioihin ja siten luvut ovat vain suuntaa antavia.**

Aikaisempia selvityksiä viljaetanolin tuotannosta löytyy esim. Hämeen ammattikorkeakoulun selvityksestä¹ ja Altian² sekä Suomen bioetanolin³ YVA-raporteista. Maissietanolin osalta kattavia tietoja toimialasta, kustannusrakenteesta, yms. löytyy AgMRC:n sivuilta.⁴ Tämän selvityksen peruslähtökohtana on ollut 75 milj. litran ohraetanolilaitos, joka käyttää raaka-aineenaan 230 milj. kg viljaa (kuva 1).



Kuva 1. Ohraetanolilaitoksen mittakaava.

2. Kasvihuonekaasutaseet ja kestävyyskriteerit

Euroopan unionin RES-direktiivin⁵ mukaan ”Euroopan parlamentin, neuvoston ja komission kantojen valossa on asianmukaista asettaa pakollisiksi kansallisiksi tavoitteiksi, että Euroopan yhteisön energiankulutuksesta vuoteen 2020 mennessä on uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuus 20 prosenttia ja uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuus liikenteessä 10 prosenttia”. Suomen osalta 10% tavoite liikennepolttoaineista korotettiin vielä lakiesityksellä



Etelä-Pohjanmaan liitto

siten, että vuosina 2011-2020 bio-osuus nousee 6:sta 20%:iin.⁶ Direktiivissä määritellään biopolttoaineita ja biopolttonesteitä koskevat kestävyyskriteerit ja niihin liittyvien kasvihuonekaasuvaikutusten laskenta. Kriteerien toteutuminen on ehtona kyseisen energian laskemiseksi uusiutuvan energian velvoitemäärään. Kriteerien mukaan ”*huomioon otettavan biopolttoaineiden ja bionesteiden käytöstä saatavan vähennyksen kasvihuonekaasupäästöissä on oltava vähintään 35 prosenttia.*” 1.1.2013 alkaen ja 1.1.2017 kyseinen vähennys on oltava 50%. Lisäksi 1.1.2017 jälkeen käynnistyneissä laitoksissa vähennysvaatimus nousee 60%:iin 2018.

Bensiinin energiasisältö (alempi lämpöarvo) on 43 MJ/kg ja etanolin 27 MJ/kg. Bensiinin päästö on 84 g CO₂ ekv./ MJ, joten 50% päästövähennyksen saavuttamiseksi bioetanolin koko tuotantoketjun (viljely, kuljetukset, jalostus, käyttö) päästöjen täytyy alittaa 42 CO₂ ekv./MJ. Laskennassa sivutuotteille allokoidaan päästöjä niiden lämpöarvon mukaan, jolloin viljaetanolin tapauksessa etanolille tulee 60,8% kokonaispäästöistä.

Eräs kysymysmerkki päästöjen laskennassa on maankäytön muutoksista johtuvat hiilivarannon muutokset. Kyseinen päästö voi olla merkittäväkin riippuen vertailukohtana olevasta maankäytöstä. Tällä hetkellä hiilivarannon muutosta ei lasketa päästöihin, mikäli maankäyttöluokka säilyy maatalousmaana.⁷ Viime aikoina on kuitenkin keskusteltu runsaasti korvaavan maankäytön muutosten (ILUC) huomioimisesta laskennassa.⁸ Arvioinnin vaikeutta osoittaa sekin, että ILUC-päätös piti alun perin tulla 2010 loppuun mennessä, mutta aikataulu on siirtynyt jo kahdesti: Ensin kesään 2011 ja viimeisimpänä syksyyn 2011 asti. Alustavien tietojen mukaan vuoden 2013 päästövähennystavoitetta ollaan nostamassa 35 => 50%:iin ja ehdot toteuttamattomilla laitoksilla on 7 vuoden siirtymäaika veloitteen toteuttamiseen.⁹ Lisäksi vuonna 2014 on tarkoitus julkaista lajikekohtaiset arvot eri raaka-aineiden ILUC-vaikutuksen huomioimiseksi.

RES-direktiivin ehtojen toteutuminen on välttämätöntä toiminnan aloittamiselle. Kriteerien täyttyminen on edellytys biopolttoaineen käytön laskemiseksi veloitteen mukaiseen uusiutuvaan energian lisäykseen, polttoaineelle verotuksessa myönnettävälle hiilidioksidiveron kevennykselle (n. 0,04/l)¹⁰ ja hallituksen uusiutuvan energian velvoitepaketissa (”risupaketissa”)¹¹ esitetylle investointituulle.

RES-direktiivin mukaisia viljelyn päästöjä on selvitetty monissa tutkimuksissa¹² ja näistä uusimpina MTT:n julkaisema raportti ”*Biopolttoaineiden raaka-aineiksi viljeltävien kasvien aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt Suomessa*”¹³ sekä virallinen vehnän ja rapsin osalta EU:lle toimitettu viljelyn päästöjä koskeva laskenta.¹⁴ Tutkimusten mukaan viljelyn päästöt Suomessa ylittävät direktiivissä annetut tyypilliset päästörajat (esim. vehnälle 23 g CO₂ ekv./MJ). Ohran tapauksessa tyypillistä arvoa ei ole esitetty, joten sen osalta erillinen laskenta joudutaan toimittamaan kokonaisarvioinnin yhteydessä joka tapauksessa. MTT:n raportin mukainen ohran viljelyn päästö Länsi-Suomessa on 25,6 g CO₂ ekv./MJ ja kuivaus sekä kalkitus huomioiden 34,5 g CO₂ ekv./MJ. Viljelyn eri vaiheiden päästöjä vertailtaessa on hyvä huomioida, että suurin osa päästöistä johtuu



Etelä-Pohjanmaan liitto

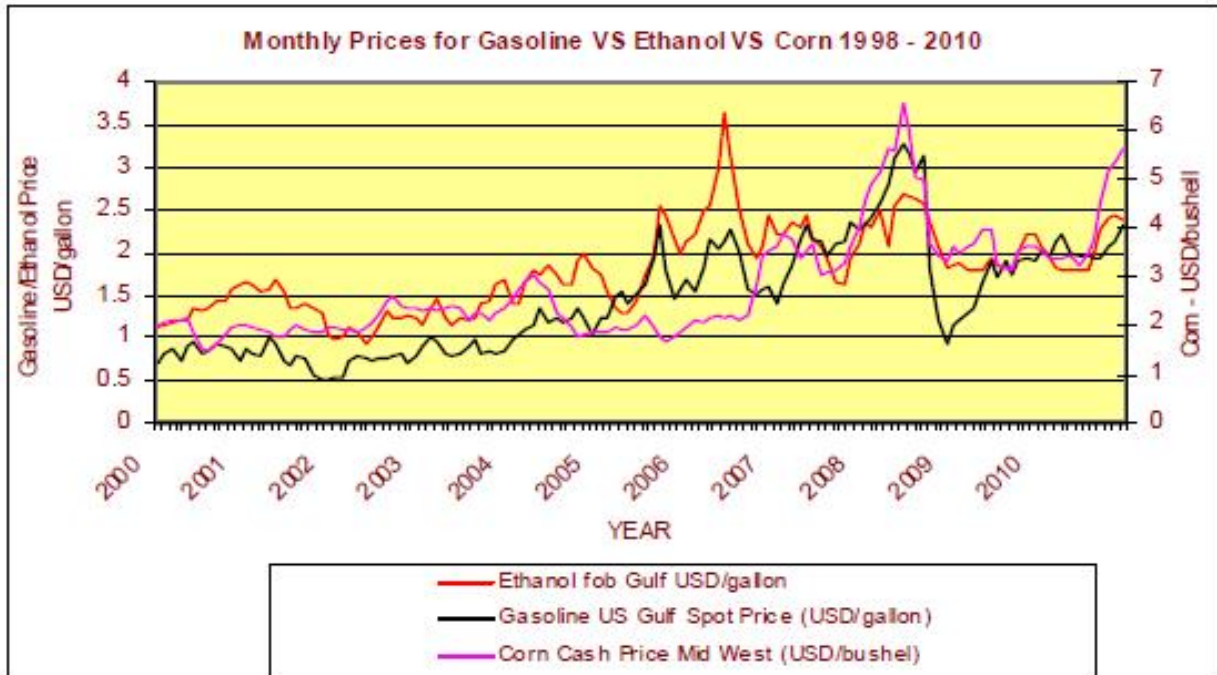
maaperän N₂O-päästöistä. N₂O-päästö lasketaan 296-kertaisena hiilidioksidiin verrattuna ja kyseisen päästön määrittämiseen kohdistuu myös huomattavat virhemarginaalit olosuhteista riippuen (mm. maan ominaisuudet, sääolosuhteet, viljelykasvi ja -käytännöt)

Kokonaispäästöä laskettaessa energiapitoisten tuotteiden kuljetuksilla on kohtalaisen pieni vaikutus yhteistulokseen. Jos lasketaan, että vilja hankitaan 200 km säteeltä ja etanoli kuljetetaan rautateitse jalostettavaksi 370 km päähän, saadaan kuljetusten päästöiksi noin 2 g CO₂ ekv/MJ,¹⁵ mikä on myös RES-direktiivin oletusarvo kuljetukselle ja jakelulle.

Taulukko 1. Ohraetanolin kasvihuonekaasupäästöt Länsi-Suomessa. Jalostuksen maksimipäästö on laskettu niin, että 50% päästötavoite yhä saavutetaan. * Arvot MTT-raportin mukaan.¹³

Vaihe	päästö (g CO ₂ ekv./MJ)
Lannoitteiden valmistus	5,98*
Torjunta-aineiden valmistus	0,24*
Siemenet	2,26*
Kuljetukset	0,24*
Työkoneet	4,82*
Suorat N ₂ O-päästöt	10,48*
Epäsuorat N ₂ O-päästöt	1,57*
YHTEENSÄ	25,6*
maankäytön muutoksista johtuvat hiilivarannon muutokset	0
Jalostus	max. 14
kuljetukset ja jakelu	2
Käyttö	0
YHTEENSÄ	42

Laskettaessa esitetyt päästöt yhteen ja verrattaessa sitä 50% tavoitteeseen 42 g CO₂ ekv./MJ, jää jalostusvaiheelle vielä ”päästövaraa” 14 g CO₂ ekv./MJ. Mikäli kalkitus ja kuivaus huomioitaisiin laskennassa, jäisi varaa 5 CO₂ ekv./MJ. Jos esimerkiksi 40 MW voimalaitos toimisi turpeella, olisi kokonaispäästö yli kaksinkertainen sallittuun nähden (noin 80 g CO₂ ekv./MJ), mutta CHP-laitoksessa tuotetulla uusiutuvalla energialla jalostuksen päästö jää alle 1 g CO₂ ekv./MJ (pieni päästö tulee käytetyistä kemikaaleista yms.). Päästövähennystavoite 50% saavutetaan siis käyttämällä tuotantolaitoksessa uusiutuvilla polttoaineilla tuotettua energiaa (hake, olki, ruokohelpi). Taulukon 1 lukujen valossa polttoaineesta voisi olla turvetta max. 10-20%.



Kuva 3. Etanolin, maissin ja bensiinin markkinahinnat USA:ssa 2000-2010.¹⁹

Etanolin tuotantokustannus ja markkinahinta USA:ssa ja Brasiliassa on yleensä 100-200 €/m³ Eurooppaa alhaisempi. Ero markkinahinnassa johtuu osittain USA:ssa vielä tämän vuoden loppuun saakka maksettavasta VEETC-tuesta (0,45 c/gal) sekä EU:n oman tuotannon tukemiseksi asettamasta tuontitullista (100-200 €/m³ laadusta riippuen). USA:n tuotantotuen päättymisellä saattaa olla vaikutuksia etanolin markkinahintoihin laajemminkin, sillä nykyisessä kannattavuustilanteessa tuen päättymistä ei voida ottaa tuotantokustannuksista vaan se on siirrettävä hintoihin. Tuontitullia on viime vuosina kierretty tuomalla etanoli EU:n alueelle E90 polttoaineena, eikä 100% etanoliksi luokiteltuna. Brasiliassa tuotantokustannuksia alentaa sokeriruo'on suuri hehtaarisato, ruo'on helppo prosessoitavuus käymiskelpoiseksi sokeriksi, sivutuotteena saatavan bagassin polttaminen prosessienergiaksi ja edullinen työvoima. USA:ssa kustannusetua saadaan suurien tuotantoyksiköiden, maissin korkean tärkkelyspitoisuuden ja GMO-lajikkeiden mahdollistamien korkeiden satojen myötä. Suurimmat laitokset USA:ssa tuottavat 500-1000 milj. litraa etanolia vuodessa. Merkittävimpiä tuottajia USA:ssa ovat Poet, ADM (Archer Daniels Midland) ja Valero Renewable Fuels.

Nykyisillä tuotantomäärillä USA:n etanolin tuotantomäärä on jo ylittänyt 10% sekoitusvelvoitteen ja täyttänyt kotimaan markkinan. Tästä syystä 10% sekoitusvelvoitteesta on käytetty termiä "blend wall", ja tilanteeseen on saatu helpotusta vasta viime aikoina hyväksytyn E15 luokitus myötä. Myös etanolin valmistuksen sivutuotteena valmistettavan DDGS rehun määrä ylittää USA:n oman kysynnän ja vuonna 2010 USA:n 33 milj. tonnin DDGS tuotannosta vietiin 9 milj. tonnia mm. Meksikoon ja Kiinaan.²⁰ Tuotannon kasvattaminen vastaamaan 15% sekoitusvelvoitetta kasvattaa



Etelä-Pohjanmaan liitto

DDGS tuotantoa niin, että on vaarana myös "feed wall" mikäli rehulle ei ole toimivia vientimarkkinoita.

Vaikka tuotantomäärät Brasiliassa ja USA:ssa ovat valtavia ja niille ennustetaan merkittävää kasvua, on myös kyseisten alueiden etanolin käyttö suurta. USA:ssa on juuri siirrytty E10 sekoitusvelvoitteen jälkeen jakelemaan myös E15 bensiniä ja Brasiliassa on käytetty jo pitkään E25, E85 ja E100 etanolipolttoaineita. Eli vaikka Brasilian bioetanolin tuotanto on erittäin kustannustehokasta ja kasvihuonekaasutaseiden puolesta erinomaista, pystytään myös suurin osa tuotetusta etanolista hyödyntämään kotimaassa. Brasilian etanolituotannon ennustetaan kasvavan 2020 mennessä yli kaksinkertaiseksi 73 mrd. litraan, mutta vienti kasvaa saman aikana vain 5 mrd. litraa (taulukko 2). Näin merkittävän tuotannon kasvattamisen arvioidaan vaativan 250 uutta laitosta ja 80 miljardin dollarin investoinnit, joten alalle vaaditaan uusia toimijoita joilla on runsaasti pääomia. Näistä hyviä esimerkkejä ovat esim. öljy-yhtiöiden Shell ja BP viimeaikaiset huomattavat panostukset etanolituotantoon Brasiliassa.

Taulukko 2. Brasilian sokeriruo'on ja etanolin tuotantoennuste 2020 asti.

Brazil: Long-term Projections for Ethanol												
	Unit	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Change (%)
Sugarcane area	mln ha	8.0	8.4	8.8	9.2	9.7	10.1	10.6	11.2	11.9	12.6	57.5
for ethanol	mln ha	4.4	4.8	5.2	5.6	6.1	6.6	7.1	7.7	8.4	9.1	106.8
for sugar	mln ha	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	-2.8
Sugarcane yields	tonnes/ha	78.0	79.2	80.4	81.6	82.8	84.0	85.3	86.6	87.9	89.2	14.4
Sugarcane production	mln tonnes	626.0	664.5	705.9	748.3	799.8	851.8	906.7	971.7	1046.9	1123.9	79.5
for ethanol	mln tonnes	343.0	380.2	418.1	457.0	505.1	554.4	605.6	666.8	738.4	811.7	136.7
for sugar	mln tonnes	283.0	284.3	287.8	291.3	294.8	297.4	301.1	304.8	308.5	312.2	10.3
Total ethanol consumption (incl. exports)	bln litres	28.2	32.5	36.8	42.3	47.5	52.4	57.6	62.6	68.0	73.3	159.9
Total domestic ethanol consumption	bln litres	26.4	30.5	34.3	39.1	43.6	47.8	52.4	56.9	61.8	66.5	151.9
Domestic fuel ethanol consumption	bln litres	23.7	27.8	31.5	36.2	40.8	45.0	49.6	54.0	58.4	63.1	166.2
Non-fuel	bln litres	2.7	2.7	2.8	2.9	2.8	2.8	2.8	2.9	3.4	3.4	25.9
Ethanol exports	bln litres	1.8	2.0	2.5	3.2	3.9	4.6	5.2	5.7	6.2	6.8	277.8

Source: EPE 2011, F.O. Licht

Vaikka Brasilian sokeriruo'on laajennusmäärä on suuri, on maassa myös pinta-alaa valtavasti. FAO:n tilastojen²¹ mukaan Brasilian 850 milj. hehtaarin pinta-alasta noin puolet on sademetsää ja 60 milj. ha on viljelyksessä (20 milj. ha soijaa, 20 milj. ha viljoja ja 8 milj. ha sokeriruokoa). Teoriassa viljelyyn kelpollista aluetta arvioidaan olevan 350 milj. hehtaaria ja tästä 60 milj. hehtaaria sokeriruo'on tuotantoon soveltuvaa.²²



4. Etanolin hinta Suomessa

Ennusteiden mukaan Suomen etanolin menekki v. 2020 olisi 10% sekoitusvelvoitteella noin 200 milj. litraa. Vuoden 2011 alussa voimaan tulleen lain mukaan¹⁰ polttoaineita verotetaan niiden energiasisällön mukaan, jolloin esimerkiksi bensiinin verosta on 50,36 snt/l energiasisältöveroa, 11,66 snt/l hiilidioksidiveroa ja 0,68 snt/l huoltovarmuusmaksua. Etanolin vastaavat verot ovat 33,05 snt/l, 7,65 snt/l ja 0,68 snt/l. Mikäli etanoli toteuttaa kestävyyskriteerit, laskee hiilidioksidivero 3,83 snt/l:aan ja toisen sukupolven etanolilla nollaan. Suurin osa uusiutuvien polttoaineiden verotuksesta kohdistuu siis energiasisältöveroon ja hiilidioksidiveron helpotus jää polttoaineen kokonaishintaan nähden marginaaliseksi, mutta on jalostajan kannalta erittäin merkittävä (jalostuksen nettotulos on muutamia senttejä/litra). Kevyemmästä hiilidioksidiverosta huolimatta etanoli on bensiiniä kalliimpi komponentti sekoitusvelvoitetta täytettäessä. Taulukossa 3 on hahmoteltu etanolille valmistuskustannusta, joka vastaisi bensiinin hintaa kun öljyn hinta on 120 \$/barreli. Laskelman mukaan etanoli pitäisi pystyä valmistamaan 0,4 €/l hintaan (ja kannattavuuslaskelmien mukaan tämä edellyttäisi viljalle noin 70 €/t hintaa).

Taulukko 3. Arvio etanolin valmistuskustannuksesta, joka kilpailisi bensiinin hinnan kanssa.

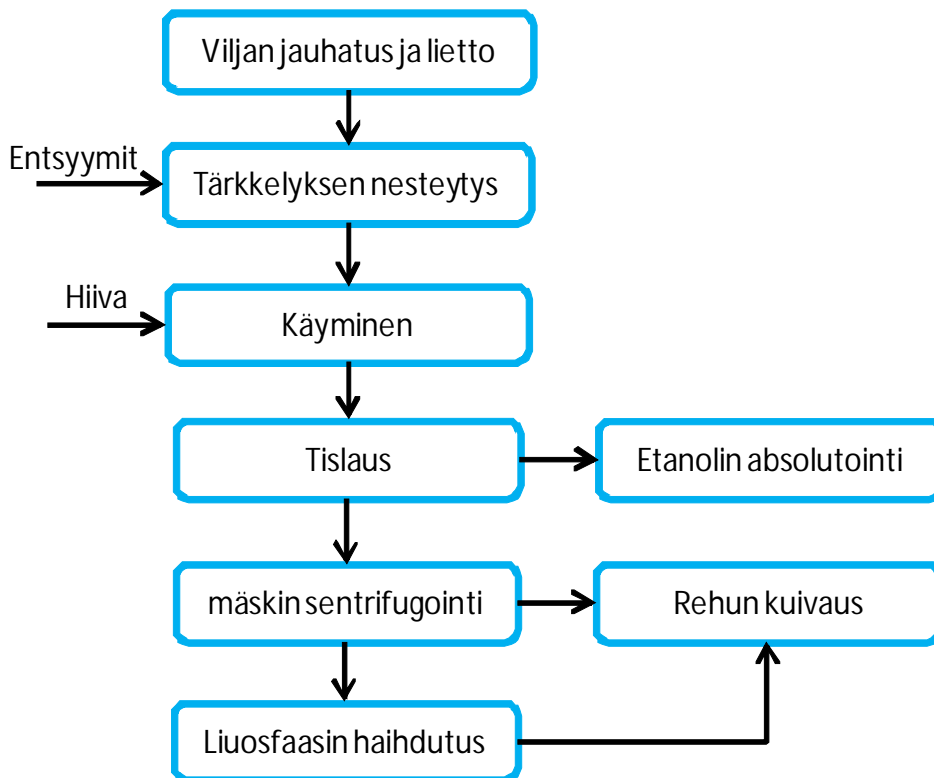
Etanolin markkinahinta bensiinistä laskettuna		ETANOLI	
BENSIINI			
Raakaöljyn hinta (\$/tynnyri)	120		
€/ \$ suhde	1,4		
Raakaöljyn hinta (€/l)	0,54		
Bensiinin tuotantokustannus (€/l)	0,65	Etanolin tuotantokustannus	0,40
Energiasisältövero (€/l)	0,5036	Energiasisältövero (€/l)	0,3305
Hiilidioksidivero (€/l)	0,1166	Hiilidioksidivero (€/l)	0,0383
Huoltovarmuusmaksu (€/l)	0,0068	Huoltovarmuusmaksu (€/l)	0,0068
Alv. (€/l)	0,29	Alv. (€/l)	0,19
Jakelu (€/l)	0,05	Sekoitus + Jakelu (€/l)	0,05
Hinta kuluttajille (€/l)	1,62	Hinta kuluttajille (€/l)	1,018645
		(bensiinistä energiasisällön mukaan laskettuna)	

Suomen etanolimarkkinoita ajatellessa ostajakenttä on varsin keskittynyt. Etanolin kuljettaminen Suomesta Euroopan markkinoille ei ole järkevää, vaan käyttö pitää tapahtua kotimaassa. Vaikka päästöjen kannalta kuljetukset eivät juuri vaikuta kokonaistulokseen pitemmilläkään kuljetusetäisyyksillä, on rahtikulujen taloudellinen vaikutus merkittävä. Tässä selvityksessä etanolin arvona on käytetty Euroopan markkinahintaa, mikä tarkoittaa että kotimainen etanolin käyttäjä maksaisi myös rahdin jalostamolle. Kotimaan rahtikustannus Etelä-Pohjanmaalta Porvooseen on noin 12-15 €/t, mikä tekisi tuotteesta ostajalle hieman edullisempaa kuin tuonti Euroopasta.



5. Etanolin jalostusprosessi ja kehittyminen

Etanolia on valmistettu käymisen kautta tärkkelyksestä jo kymmeniä vuosia ja tuotannon lisääntymisen myötä entsyymit, prosessilaitteet ja laitoskonseptit ovat kehittyneet huomattavasti. Tuotantotehokkuuden, energiatalouden ja korkeampien etanolisaantojen myötä tuotantokustannukset litraa kohden ovat vähentyneet merkittävästi. Tyypillinen viljapohjainen etanoliprosessi on varsin suoraviivainen (kuva 4) ja laitostoimittajat ovat hioneet ratkaisut valmiiksi paketiksi niin, että toiminta ja tehokkuus (saannot, käyttökustannukset, jne.) voidaan taata jo toimitusvaiheessa. Toinen tapa viljan esikäsitteilyyn on märkäerotteluun perustuva teknologia (wet mill), jossa jyvät lietetään ja jyvän kuitu, valkuainen ja tärkkelys erotetaan märkänä. Tarkempia selvityksiä prosessivaiheista löytyy aikaisempien etanolitehdashankkeiden selvityksistä ja alan kirjallisuudesta.



Kuva 4. Kuivajauhatukseen (dry mill) perustuva bioetanolitehtaan tuotantoprosessi.

USA:ssa maissietanolin tuotantoa on perinteisesti tehostettu mittakaavaa kasvattamalla ja suurimmat laitokset valmistavat 500-1000 miljoonaa litraa etanolia vuodessa. Laitoskokoa rajaa kuitenkin tarvittavan viljan hankinta-alue, eikä mittakaavaa voi enää nykyisestä kasvattaa. Viime aikoina muutamissa laitoksissa on ryhdytty erottamaan maissiöljyä DDGS rehusta kannattavuuden kohentamiseksi. Maissin jyvä sisältää vain 3% öljyä, mutta käymisprosessin jälkeisessä DDGS rehussa öljyä on 10-12%, jolloin erottelu saadaan kannattavaksi. Mikäli öljy saataisiin erotettua



Etelä-Pohjanmaan liitto

ennen käymisprosessia, voisi sitä hyödyntää elintarvikkeena, mutta DDGS rehusta eroteltuna yleisin käyttökohde on biodieselin raaka-aine. Kaupallisia teknologioita öljyn erotteluun on saatavilla ja niitä asennetaan parhaillaan moniin maissietanolilaitoksiin.²³

Märkäjauhatukseen perustuvassa prosessissa vilja voidaan luokitella kuitu-, valkuais- ja tärkkelysfraktioihin, ja sivutuotekajakeita voidaan myydä elintarvikkeiden raaka-aineiksi tai laadukkaina rehuina. Esimerkiksi vehnäetanolilaitoksessa jyvän gluteiini voidaan erottaa märkäprosessissa jo ennen käymistä ja näin saada huomattava liikevaihto myös elintarviketeollisuudesta. Märkäprosessien haittana on kuivajauhatusprosessia korkeampi investointikustannus, runsas veden käyttö ja korkea energiankulutus mm. eri tuotteiden kuivauksessa.

Uusimpina erotteluteknologioina on kehitetty jauhatukseen, luokitteluun ja seulontaan perustuvaa kuivaerottelua, jossa maissista erotellaan tärkkelysjauho, öljypitoinen ydinosa ja kuitufraktio ennen käymistä. Tällöin ydinosan öljystä saadaan elintarvikelaatuista, käymisprosessiin saadaan lisää kapasiteettia ja DDGS rehun hyödynnettävyys paranee kuitupitoisuuden vähentyessä (voidaan käyttää myös broilereiden ja sikojen ruokinnassa). Kuitufraktio voidaan myydä rehuksi, käyttää laitoksen energian tuotantoon voimalaitoksessa tai tulevaisuudessa myös 2. sukupolven etanolin raaka-aineena. Kuivafraktioinnin energian kulutus on huomattavasti märkäprosesseja alhaisempi, mutta investointikustannus korkeampi. Lisäksi erottelu on onnistuttava erittäin tarkasti, tai prosessin edut menetetään esim. kuitufraktioon päätyneen tärkkelyksen hävikkinä. Erotteluun soveltuvia teknologioita on kaupallisesti saatavilla²⁴ ja ainakin yhteen teollisen mittakaavan (440 milj. litran) laitokseen asennettuna.²⁵

Etanolituotannon tehostamista voidaan tehdä myös viljelyn tai kasvinjalostuksen kautta. Perinteisesti GMO-maissin jalostus on perustunut satotasojen kasvattamiseen ja tärkkelyspitoisuuden kohottamiseen. Uusimpana innovaationa maissin jyvään on lisätty tärkkelyksen nesteyttämiseen tarvittava Alfa-amylaasi-entsyymi, joka aktivoituu etanoliprosessissa. Valmistajan mukaan jyvässä oleva entsyymi on huomattavasti erikseen lisättyä tehokkaampi ja säästää laitoksen entsyymi, energia ja vesi kustannuksia.²⁶ Eräs viljelytekniikkaa liittyvä kehityshanke on ollut maissinviljelyalueen ulkopuolelle kehitetty ohra-lajike etanolin raaka-aineeksi. Tarkoituksena on viljellä ohraa soijan tuotannon yhteydessä siten, että kahden vuoden kierrossa voidaan tuottaa kolme satoa.²⁷ Samalta alalta saatava ylimääräinen sato välttäisi myös keskustelun korvaavan maankäytön vaikutuksista. Ensimmäinen ohraetanolia valmistava laitos (260 milj. litraa/v) valmistui 2008, mutta taloudelliset tappiot ovat ajaneet tehtaan toiminnan alas ja laitos on myynnissä.²⁸

Gevo (USA) on kehittänyt teknologiaa, jolla esimerkiksi viljaetanolitehtaan prosessi voidaan muuttaa isobutanolin tuotantoon²⁹. Teknologiaa asennetaan 2011-2012 ensimmäisiin teollisen mittakaavan laitoksiin (100-200 milj. litraa). Isobutanoli on etanolia energiatehokkaampi polttoaine,



Etelä-Pohjanmaan liitto

sillä on huomattavasti etanolia korkeampi energiasisältö ja sitä voidaan käyttää etanolia korkeampina pitoisuuksina bensiinin joukossa. Alkuvaiheessa tosin kannattavimmat sovellutukset isobutanolille löytynevät kemikaalikäytöstä esim. kumin ja muovien raaka-aineena.

6. Energia

Etanolituotannon kokonaisuutta suunniteltaessa ja arvioitaessa on syytä kiinnittää erityistä huomiota energian käyttöön ja hintaan. Taulukkoon 4 on koottu muutamien raaka-aineiden energiasisältöjä ja hintatietoja. Etanolin jalostuksen suurin energiankulutus tapahtuu tislauksessa ja rehun kuivauksessa. Tislauksen energiankulutusta pyritään minimoimaan teknisillä ratkaisulla sekä pitämällä tislaukseen tulevan mäskin etanolipitoisuus mahdollisimman korkeana. Rehujen kuivaus voi kuluttaa yli puolet laitoksen energiantarpeesta ja aiheuttaa miljoonien eurojen kustannukset vuositasolla. Veden poistaminen kuivaamalla vaatii huomattavan määrän energiaa (1-2 MWh/t H₂O) ja mäskiä pyritäänkin väkevöimään mahdollisuuksien mukaan sentrifugeilla ja haihduttimilla, jotka kuluttavat huomattavasti vähemmän energiaa veden erottamiseen. Ruotsalaisen Agroetanolin vehnäetanolitehtaassa energiankulutus on 2,9 kWh/kg EtOH lämpöenergiaa ja sähköä 0,43 kWh/kg EtOH.³⁰ Tuotetusta lämpöenergiasta n. 45% kuluu tislaukseen ja 45% rehujen kuivaukseen, mikä viittaa siihen että osa rehuista myydään märkärehuna.

Taulukko 4. Energiasisältöjä ja hintoja (09/2011). HUOM. Kiinteiden polttoaineiden energiasisällöt esitetty kuiva-ainetta kohden, mutta lämpöarvo saapumistilassa voi olla korkean kosteuspitoisuuden vuoksi vain puolet kuiva-aineen energiasisällöstä. Energian hinnat poimittu tilastokeskuksen sivuilta, etanolin hinta arvioitu Euroopan markkinahinnasta (600 €/m³) ja taulukon 3 mukaisista kustannuksista.

Energialähde	Tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa MJ/kg ³¹	Energian hinta (€/MWh) ³²
Raakaöljy (120 \$/bbl)	42	60
Bensiini	43	170 (kuluttajille)
Kevyt polttoaine	42,5	109,1 (kuluttajille)
Etanoli	27	102 (veroton hinta) 215 (kuluttajille)
Jyrsinturve	20,9	12,5 (alv.0%)
Hake	18,5-20	18,5 (alv. 0%)
Vilja	17-18	33 (160 €/t)



Etelä-Pohjanmaan liitto



7. Voimalaitos

Bioetanolilaitoksen vaatiman energian tuottamiseen tarvitaan mittava voimalaitos. Mikäli tehdas tuottaisi rehua noin 80 milj. kg 30% kiintoainepitoisuudella ja kaikki rehu kuivattaisiin, kuluu tislaukseen ja kuivaukseen lämpöenergiaa yli 300 GWh/vuosi. Aikaisemmissa selvityksissä onkin varauduttu noin 40 MW tehontarpeeseen.² Kestävyysskriteerien mukaan voimalaitoksen energian on oltava uusiutuvaa, joten käytännössä ainoa mahdollinen energiaratkaisu on hakkeella toimiva kiinteän polttoaineen laitos, jossa rinnakkaispolttoaineena voisi polttaa viljan kuoret, olkea ja ruokohelpeä. Läpi vuoden energiaa tarvitseva laitos toimii erinomaisesti yhdistetyn sähköntuotannon (CHP) kanssa, jolloin generaattoria pyörittävä höyry voidaan hyödyntää kaikkina vuodenaikoina. Samalla myös etanolilaitoksen käyttämä sähköenergia voitaisiin helposti osoittaa uusiutuvaksi (muutoin RES-laskennassa on käytettävä esim. Pohjoismaisia keskiarvoja sähköntuotannon päästöistä).

CHP-laitoksen investointikustannus on huomattavasti (2-3 kertaa) pelkkää höyryvoimalaitosta korkeampi (turbiini, generaattori, korkeammat höyrynpaineet, turvallisuusvaatimukset, jne.), mutta toisaalta tuotettu sähkö saadaan edullisesti laitoksen omaan käyttöön ja ylimääräisestä tuotannosta myyntituloja. Suomeen viime aikoina rakennettujen CHP-laitosten investointikustannus on ollut lähes miljoona euroa/MW. Mitä haastavampi polttoainevalikoima voimalaitokseen halutaan, sitä kalliimmaksi investointi tulee. Esimerkiksi jätteenpolttolaitoksissa investointikustannus saattaa kohota yli kaksinkertaiseksi puu/turvevoimalaitokseen verrattuna. Taulukossa 5 esitetty karkea arvio CHP-laitoksessa tuotetun energian kustannuksista (käyntiaika 8400 h/v, sähköntuotannon tuki huomioitu).



Etelä-Pohjanmaan liitto

Taulukko 5. Arvio oman CHP-laitoksen energiakustannuksesta.

Laitoksen teho (MW)	40
Sähkön tuotanto 20% (MWh)	8
Sähkön hinta (€/MWh)	64
Lämmön osuus	32
Lämpöenergian hinta (€/MWh)	35
Laitoksen hyötysuhde	90 %
RAAKA-AINE KUSTANNUKSET	
Raaka-aineen hinta portilla (€/MWh)	18
Vuodessa (€)	6048000
Palkat	750000
Kiinteät kulut 5% inv. (kunnossapito, vesi)	1440000
INVESTOINTI	
Laitoksen kustannusarvio (milj. €), 0,9 M€/MWh	36000000
Korko (%)	7 %
Aika (v)	20
Lyhennys+korko tasaerissä (€)	3 398 145 €
Lyhennys+korko tasaerissä / MWh	11
Tulot	
Sähkön myynti (€)	3870720
Lämpöenergian myynti (€)	8467200
TULOS	
ROI, sijoitetun pääoman tuotto	6 %

Etelä-Pohjanmaan energiaomavaraisuuden kehittämisstrategian³³ mukaan E-P:n alueella hyödynnettävä metsäenergiapotentiaali 2020 mennessä on noin 1500-2000 GWh/v., josta vuonna 2005 käytettiin noin 1000 GWh/v. Potentiaalista suurin osa kohdistuu mekaanisen metsäteollisuuden sivutuotteisiin ja hakkuutähteisiin. Lisäksi turpeen tuotantoa on noin 4000 GWh/v., josta reilu kolmannes käytetään Etelä-Pohjanmaalla. Alustava tiedustelu puupolttoainetoimittajilta (Vapo, L&T Biowatti) antoi vaikutelman, että raaka-aineen toimittaminen voimalaitoksen tarpeisiin Etelä-Pohjanmaalta onnistuisi. Tosin näin merkittävä käyttö voisi korottaa hieman nykyistä hintatasoa, varsinkin kun Vaskiluodon voima on rakentamassa 140 MW kaasutinta uusiutuvien polttoaineiden hyödyntämiseksi Vaasan voimalaitoksessa. Eri toimijoiden kanssa käytyjen keskustelujen myötä on käynyt myös ilmi, että investointihalukkuutta voimalaitokseen ja energian toimittamiseen kokonaisratkaisunakin löytyisi energia-alan toimijoilta.

Energiakustannusten noustessa myös kiinteiden polttoaineiden hinnat ovat nousseet viime vuosina (tosin huomattavasti fossiilisia polttoaineita maltillisemmin).³⁴ Viime aikoihin saakka turve on ollut kustannustehokkain polttoaine; jyrshinturpe 10 €/MWh + energiavero 0 €/MWh + CO₂ päästöoikeuden hinta 15 €/t CO₂ (5,7 €/MWh). Lähivuosina toteutuvat energiaveron korotukset (2011-2015 aikana 1,9 => 3,9 €/MWh) ja päästöoikeuksien hinnannousu nostavat turpeen kustannuksen puupolttoaineiden tasolle (>18 €/MWh). Uusiutuvan energian lisäystavoitteiden



Etelä-Pohjanmaan liitto

myötä lisääntynyt puupolttoaineiden kysyntä nostanee hintatasoa entisestään. Koska kestävyyskriteerien kannalta turve ei voi merkittävässä määrin kuulua bioetanolilaitoksen energiatuotannon polttoainevalikoimaan, voi hintojen nousu aiheuttaa kustannuspaineita myös etanolin jalostuksessa. Rinnakkaispolttoaineena viljan olki voisi olla pieni osa kokonaisuutta, mutta oljen hyödyntämisen haasteena ovat korjuun ja keruun kustannustehokas järjestäminen sekä muita polttoaineita haastavammat ominaisuudet poltossa. Lähietäisyydeltä hankittuna olki voisi olla puupolttoainetta edullisempaa, mutta yksistään oljen varaan ei voimalaitoksen raaka-aine hankintaa voi jättää.

8. Rehu

Etanolin tuotannossa viljan tärkkelys käytetään etanoliksi ja valkuainen konsentroiduu eläimille soveltuvaksi rehuksi. Maa- ja metsätalousministeriön 2010 laatiman rehustrategian mukaan Suomen tulisi tavoitella huomattavasti korkeampaa valkuaisomavaraisuutta.³⁵ Strategian mukaan mahdollisella bioetanolituotannolla olisi merkittävä vaikutus valkuaisomavaraisuuden lisäämisessä, hygieniariskin pienentämisessä ja GMO-vapaan rehun tuottajana. GMO-vapaan soijan saatavuus voi vaihdella vuodenaikojen mukaan ja siitä maksetaan GMO-soijaa korkeampaa hintaa.

Kuivajauhatukseen perustuvassa bioetanolitehtaan prosessissa kaikki vilja kulkee käymisprosessin läpi ja tislauksen jälkeinen mäski erotellaan sentrifugeilla kiinteään kuitufraktioon ja liuosfraktioon (kuva 4). Vettä haihduttamalla liuosfraktiosta konsentroiduu valkuaispitoista ”siirappia”. Yleensä siirappi yhdistetään ennen kuivausta kuitufraktioon ja tuote myydään pelletöitynä DDGS-rehuna. Tislaus- ja kuivausprosessin korkeat lämpötilat heikentävät helposti valkuaisen sulavuutta ja yhdistetyn rehun korkea kuitupitoisuus rajoittaa käyttöä yksimahaisten ruokinnassa. Parhaiten hyödynnettävä rehu saataisiin erottamalla kuitu ja valkuainen ennen käymisprosessia, mutta tästä aiheutuu yleensä korkeammat kustannukset. Rehun monipuolinen hyödyntäminen lähialueella toisi säästöä myös rahtikustannuksiin. Ohrarehujen soveltuvuutta eläinten ruokintaan on tutkittu Suomessa varsin perusteellisesti ja ohran valkuainen soveltuu hyvin osaksi sikojen ja nautakarjan ruokintaa.³⁶ Tyypillisesti valkuaisrehua voidaan käyttää noin kolmannes sikojen ruokinnasta, kunhan aminohappokoostumus täydennetään lysiinin, treoniinin ja metioniinin osalta. Tutkimusten mukaan lihasioilla voidaan käyttää myös ennen käymistä erotettua kuiturehua osana ruokintaa.³⁷

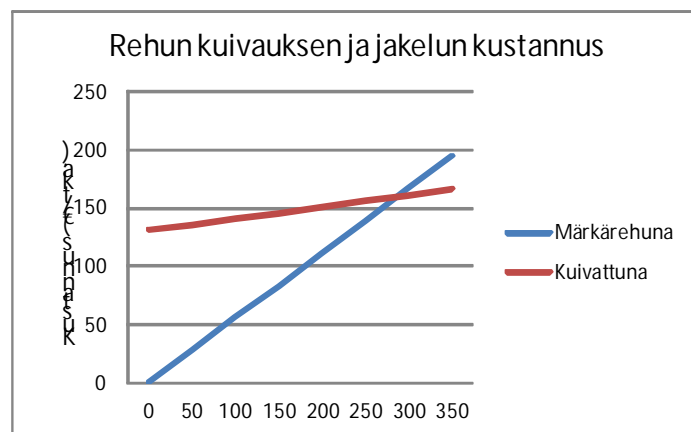
Koska liemirehun käyttö vaatii pitkän sitoutumisen, ylimääräistä käsittelyä ja suunnittelua kuivarehuihin verrattuna, täytyy liemirehun olla aina kilpailukykyisesti hinnoiteltu muihin valkuaislähteisiin verrattuna. Rehun hinta määräytyy yleensä viljan, valkuaiskasvien ja täydennykseen tarvittavien aminohappojen markkinahintojen mukaan. Tässä selvityksessä rehun keskimääräisenä hintana on käytetty viljan hintaa. Kuidusta erotettu valkuaisrehu on soijaa korvaavana selvästi viljaa arvokkaampaa, mutta kuiturehun arvo jää alle viljan hinnan. Tyypillisesti maissi- ja vehnäetanolilaitosten DDGS-rehu on 10-20% viljaa edullisempaa.



Etelä-Pohjanmaan liitto

Märkärehun myynti säästää huomattavasti kuivauskustannuksia. 75 milj. litran etanolitehtaassa rehun kuivaukseen kuluu useita miljoonia euroja vuodessa. Toisaalta märkärehun alhainen kiintoainepitoisuus (noin 20%) aiheuttaa huomattavat rahtikustannukset, jos rehua ei pystytä hyödyntämään lähialueella. Kuvassa 5 on esitetty kuljetusetäisyyden vaikutus rehun jakeluun märkänä ja kuivattuna. Kuvaajasta nähdään, että kuivauksen vaatima energiakustannus saadaan takaisin vasta kun kuljetusetäisyys ylittää 290 km. Toisaalta voidaan myös havaita, että kuljetuksen ja kuivauksen kustannus on tällöin noin 160 €/t, mikä saattaa jo ylittää rehun arvon.

Rehujen rahtikustannus, kuiva vs. märkä	
Kuljetusetäisyys (km)	290
Rahti (€/ t / km)	0,1
MÄRKÄREHU	
Märkärehun ka. (%)	18 %
Kuivan rehun rahti (€/t)	29
Märkärehun rahtikustannus (€/t ka.)	161
KUIVAREHU	
Kuiva-ainepit. ennen kuivausta	30 %
kuivauksen energian kulutus (MWh/t H ₂ O)	1,5
Kuivauskustannus (€/t H ₂ O)	52,5
Kuivauskustannus rehulle (€/t ka.)	131
Kuivan rehun kustannukset yht.	160



Kuva 5. Kuivauksen vaikutus kuljetuskustannukseen.

Eräs näkökohta kotimaisen rehun arvostukseen löytyy valkuaiskasvien tukipolitiikasta. Mikäli ohran valkuaisen jalostamista etanolituotannon yhteydessä tuettaisiin samassa suhteessa kuin rypsin ja valkuaiskasvien tuotantoa tuetaan viljan viljelyyn verrattuna, tarkoittaisi se miljoonien eurojen tukea ohran prosessointiin. Samalla summalla tehdas siis tuottaisi vastaavan määrän kotimaista valkuaista rehuteollisuuteen. Nykyään ainakin Raision ylimääräinen rypsiöljy päätyy Nesteelle biodieselin raaka-aineeksi³⁸, joten vertaus ei liene aivan perusteeton. Todellisuudessa tuotanto toki pitää saada rakenteeltaan sellaiseksi, että toiminta ei ole pelkästään tukien varassa.

9. Kannattavuus

Ulkomaisten etanolivalmistajien joukosta löytyy maataloustaustaisia tuottajien yhteenliittymiä, rehuteollisuutta sekä energiayhtiöitä ja öljyn jalostajia. Pienemmillä toimijoilla viljan hankintaa tai lopputuotteiden myyntiä sekä näiden riskienhallintaa on myös ulkoistettu markkinoiden ammattilaisille toiminnan selkeyttämiseksi.

Tämänhetkisen tiedon valossa 75 milj. litran viljaetanolilaitoksen investointikustannus on noin 60 milj. euroa. Mikäli prosessiin lisätään erotteluvaiheita (esim. gluteiinin erotus tai märkäerottelu) nousee investointikustannus 10-20 milj. euroa. USA:ssa vuoden 2007 viljan hinnannousun

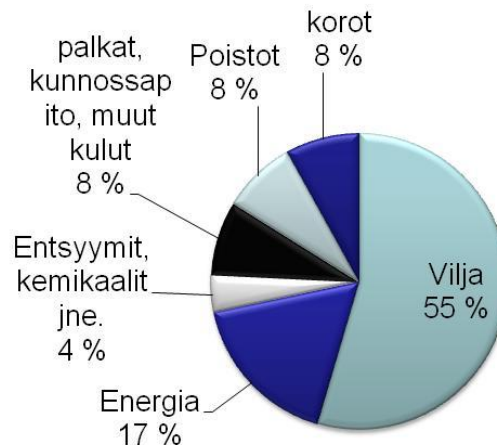


Etelä-Pohjanmaan liitto

yhteydessä etanoliteollisuuden kannattavuus meni tappiolle ja useita toimijoita päätyi konkurssiin. Taloudellisten ongelmien vuoksi jopa 200 milj. litran laitoksia on seisonut vuosia käyttämättöminä. Pysähtyneitä tehtaita on myyty noin 1 \$ /gallona kapasiteettia hinnalla, mikä on alle puolet alkuperäisestä investointikustannuksesta ja jopa neljäsosa Suomeen suunniteltujen laitosten hinnasta.

Etanolilaitoksen liikevaihdosta noin 80% tulee etanolista ja 20% rehuista. Etanolin korkeammasta arvosta johtuen tuotannon optimointi tapahtuu useimmiten etanolisaannon ehdoilla, eikä esimerkiksi muutokset rehun laadun parantamiseksi voi heikentää merkittävästi tärkkelyksen saantoa. Tuotantokustannuksista suurimman osan aiheuttavat raaka-aine vilja (50-60%) ja energia (15-20%), sekä investoinnin poisto- ja korkokulut (kuva 6).

Valmistuskustannukset



Kuva 6. Ohraetanolin valmistuskustannusten jakautuminen.

Markkinahinnoista riippuen 75 milj. litran etanolitehtaan liikevaihto on 40-60 miljoonaa euroa vuodessa, ja nettotulos voi ääriolosuhteissa vaihdella -5 ja 10 milj. euron välissä. Seuraavissa kuvaajissa on esitetty etanolituotannon kannattavuutta kuvan 1 hinnoilla vuosina 2007-2010 seuraavilla oletuksilla:

- Etanolituotanto 75 milj. litraa, rehua 80 000 t
- Ohran hinta Suomen keskimääräinen ostohinta
- Etanolin markkinahinta Euroopassa
- Energia omasta voimalaitoksesta
 - o Sähkön hinta 50 €/MWh
 - o Höyryenergia hakkeen markkinahinta + 15 €/MWh voimalaitoksen kustannuksia
- Investointi 60 milj. €, investointituki vastaa rakennusvaiheen ja ylösajon kustannuksista
- Poistot 15 v., korkokulu 10% ja lyhennys jaettu tasaeriin 15 vuodelle
- Rehun arvo viljan arvo, 50% rehuista kuivataan



Etelä-Pohjanmaan liitto

- Viljan kuoret (2%) polttoon, arvo lämpöarvon mukaan
- Muut kustannukset (kemikaalit, vesi, palkat) kuten taulukossa 6.

Taulukko 6. Arvio bioetanolilaitoksen kannattavuudesta.

TULOT	Määrä	Hinta €/yksikkö)	Yhteensä (€)	€/m3 EtOH	
Etanoli (1000 L)	74980	625	46862500	625	
Rehu (t)	79861	170	13576389	181	22,5 %
Hiilidioksidi (t)	64400	0	0		
Kuori (t)	4600	391000	391000	5	
Tulot yhteensä			60829889		
MENOT					
Ohra (t)	230000	170	39100000	521	64,1 %
sähkö (MWh)	34500	50	1725000	23	2,8 %
Höyry (MWh)	161000	35	5635000	75	9,2 %
Liemirehun osuus (ei kuivausta)	50 %				
Entsyymit, kemikaalit	920000	1	920000	12	1,5 %
Vesi + jätevesikäsitely (m3)	598000	2	1196000	16	2,0 %
Kunnossapito	1500000	1	1500000	20	2,5 %
Palkat	40	50000	2000000	27	3,3 %
muut (vakuutukset, tarv.)	1000000	1	1000000	13	1,6 %
Tuotantokustannus yhteensä			53076000	708	87,1 %
1000 Litraa EtOH kohti			708		
Investointi		60000000			
Investointituki		0			
korko (%)		10,0 %			
aika (v)		15			
Lyhennys+korko tasaerissä			-7888427	-105	
- lyhennys/poisto keskimäärin			-4000000	-53	-6,6 %
- korko keskimäärin			-3888427	-52	-6,4 %
käyttökate %, käyttökate		12,7 %	7753889		
Liiketulos %, liiketulos		6,2 %	3753889		
Nettotulos (ennen veroja)		-0,2 %	-134538	-2	
ROI, sijoitetun pääoman tuotto			6,3 %		

Edellä olevien tietojen pohjalta laskettu sijoitetun pääoman vaihtelu vuosina 2007-2010 on esitetty kuvassa 7. Kuvasta nähdään, että kannattavuus vaihtelee huomattavasti olosuhteista riippuen. Tällaisen vaihtelun kestämisestä tulee alalle toimivalla olla vahva taloudellinen tausta, jotta tehtaan käynnistyminen mahdollisena heikkona vuonna ei aiheuta ylitsepääsemättömiä vaikeuksia.



Etelä-Pohjanmaan liitto



Kuva 7. Sijoitetun pääoman tuoton vaihtelu 2007-2010 hetkellisistä markkinahinnoista laskettuna.

Taulukkoon 7 on koottu vuosien 2007-2010 keskimääräiset taloudelliset luvut kuvan 7 tapauksessa, sekä seuraavien muutosten mukaisesti:

- RES-sertifioidun etanolin hinta nousee kysynnän lisääntyessä 30 €/m³ markkinahintaa korkeammaksi
- Investointivaiheessa saadaan merkittäviä säästöjä tai tukea ja sijoitettavan pääoman tarve laskee 60 => 40 milj. euroon
- Poistot ja lyhennys 10v. aikana
- Märkärehulle ei löydy markkinoita tarpeeksi läheltä ja kaikki rehu joudutaan kuivaamaan
- Lisääntyvä kysyntä nostaa viljan hinnan Eurooppalaiselle tasolle +30 €/t

Eri variaatioista voidaan todeta, että kannattavuus alalla on haasteellista ja hyvän tuloksen saavuttamiseksi tulee suunnitteluvaiheessa miettiä kaikki mahdolliset keinot tuotteiden arvon maksimoimiseksi, energian kulutuksen vähentämiseksi ja investointikustannusten minimoimiseksi.



Etelä-Pohjanmaan liitto

Taulukko 7. Eri muuttujien vaikutus bioetanoli-investoinnin kannattavuuteen. Luvuissa keskimääräinen vuosittainen arvo vuosille 2007-2010.

Muutos	Käyttökate EBITDA (%)	Liikevoitto EBIT (%)	Tulos ennen veroja (%)	Sijoitetun pääoman tuotto ROI (%)
lähtökohtatilanne (kuva 7)	15%	8%	-0,1%	6,4%
Etanolille RES-lisä +30 €m ³	22	15	8,0	13,9%
20 milj. €säästö investoinnissa	15	10	5,1	12,9%
Poistot ja lyhennus 10v. aikana (5 vuotta lyhempi)	15	4	-3,8	3,1%
Kaikki rehu kuivataan	11	3	-4,2	2,9%
Viljan hinta nousee 30 €/t	6	-1	-8,5	-1,1%

10. (Kauran) kuivafraktiointi

Eräs keino lisätä tuotannon kannattavuutta on jalostaa viljaa samalla myös elintarviketeollisuuden tarpeisiin. Hyvä esimerkki tästä on gluteiinin erotus vehnästä leipomoiden raaka-aineeksi. Viljan osien erottelun etuja ja rehun kuivauksen aiheuttamia kustannuksia on käsitelty myös aikaisemmissa kappaleissa.

Viljan luokittelua ja seulontaa kuidun ja tärkkelyksen erottamiseksi on tutkittu aktiivisesti vuosia.³⁹ VTT:llä on kehitetty kuivajauhatus ja luokitteluun perustuvia menetelmiä, joilla voidaan konsentroida kauran liukoinen kuitu beetaglukaaniksi omaksi fraktiokseen. Beetaglukaanilla voidaan lisätä elintarvikkeiden kuitupitoisuutta ja riittävästi kuitua sisältävät tuotteet ovat oikeutettuja käyttämään ”kolesterolia alentavan elintarvikkeen” terveystieteellistä. Kauran jyvän β -glukaanipitoisuus on 3-5% ja 20% beetaglukaanikonsentraatin hinta on jopa 10-12 €/kg. Elintarvikkeiden lisäksi korkeamman β -glukaanipitoisuuden omaavia fraktioita tai kauraöljyä voidaan käyttää esimerkiksi kosmetiikkateollisuudessa ja näiden tuotteiden hinnat ovat kymmeniä euroja/kg. Erinomainen selvitys kauran fraktiointilaitoksesta, markkinoista, alan toimijoista sekä teknologioista löytyy Englantilaisen Oatec-projektin sivuilta.⁴⁰ Projektissa on selvitetty mahdollisuuksia kauraöljyn ja beetaglukaanin valmistukseen erikoistuvan laitoksen (n. 115 milj. kg kauraa/v.) toimintaedellytyksiä.

Suomen viljavan Kokemäen myllyssä on käytössä VTT:n patentiin (2001)⁴¹ perustuva kuivaerotteluprosessi, jolla voidaan valmistaa noin 15%:sta β -glukaanikonsentraattia. VTT:n uusimmassa erotteluprosessissa (2009)⁴² kuoritun kauran rasva uutetaan ylikriittisellä hiilidioksidilla kauraöljyksi, jonka jälkeen jauhamalla sekä luokittelemalla saadaan 40-50% β -glukaania sisältävä kuitukonsentraatti, tärkkelysfraktio (>80% tärkkelystä) ja valkuaisfraktio (>70%

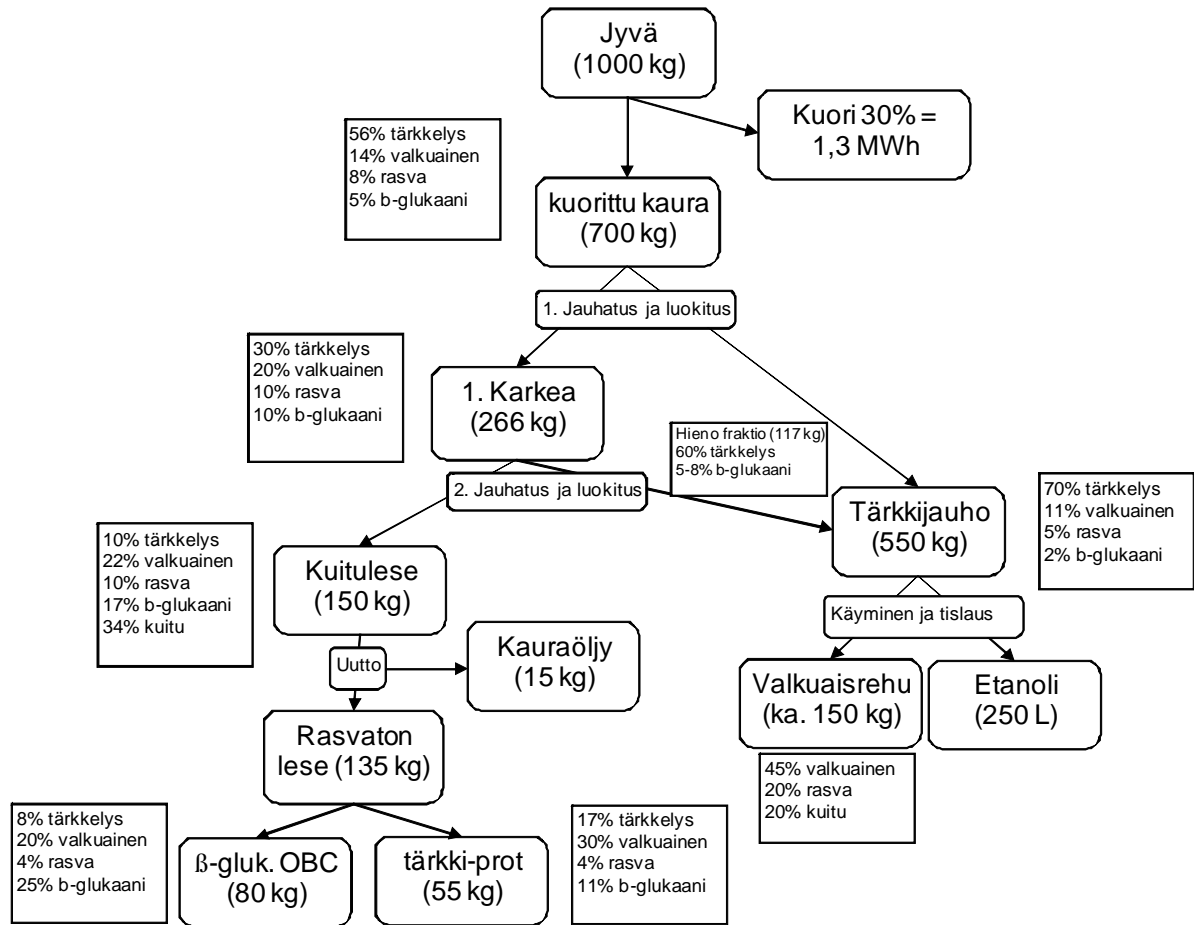


Etelä-Pohjanmaan liitto

pitoisuus). Korkean tärkkelyspitoisuuden saavuttaminen kuivafraktiointina olisi houkutteleva lähtökohta myös etanolin valmistukseen, mutta prosessin vaatima CO₂ uutto on todennäköisesti liian kallis prosessi (eri arvioiden mukaan 1-10 €/öljylitraa kohden). Lisäksi etanolin valmistuksen kannattavuus vaatii niin suuren mittakaavan, että vastaavalle määrälle öljy-, kuitu- ja proteiinifraktioita on vaikea löytää markkinoita vaikka valmistuskustannus olisi selvästi nykyisiä markkinahintoja edullisempi. Kuvassa 8 on hahmoteltu VTT:n ja ruotsalaisen Creanutrition^{42,43} prosessien pohjalta ratkaisua, jossa alustava erottelu tehtäisiin jauhatuksen ja luokituksen pohjalta ja öljyn uutto vasta kuitukonsentraatista. Prosessissa tarvittava uuttokapasiteetti pienenesi, uuttamatonta kuitufraktiota voitaisiin käyttää tarpeen mukaan rehuna ja vain markkinoiden tarvitsema määrä kuitukonsentraattia jalostettaisiin pitemmälle uuton läpi. Rasvattoman jakeen erottelulla päästään huomattavasti korkeampaan β -glukaanipitoisuuteen. Kuvan ”kuitulese” vastaa Viljavan lämpökäsittämätöntä tuotetta ja uuton jälkeinen prosessi on pelkästään pitoisuuksien ja Creanutritionin tuotteen pohjalta arvioitu (ei siis kokeellista näyttöä koostumuksen jakautumisesta tällä tavoin). Päähuomioita prosessista:

- Mikäli kuidulle olisi riittävät markkinat, voitaisiin sitä valmistaa selvästi nykyistä (10-12 €/kg) markkinahintaa edullisemmin
- Korkeamman investointikustannuksen ja kauran matalamman tärkkelyspitoisuuden korvaamiseksi kuitufraktiosta pitäisi saada vähintään 10 milj. euron tulos (miljoonia kiloja)
- Prosessin valkuaisrehu ja etanoli löytävät varmasti markkinansa, mutta kuidun ja kauraöljyn markkinoiden kasvattaminen huomattavasti on haasteellista. Uuton jälkeiselle tärkkelysproteiini jauholle voisi löytyä jotain käyttöä elintarviketeollisuudestakin, mutta pääosin se päätyisi rehuksi.
- Kuori on arvioitu lämpöarvonsa mukaan polttoaineena, mutta selluetanoliteknologioiden kehittyessä kuori olisi myös hyvä raaka-aine esimerkiksi olkietanoliprosessiin
- Ohralle voitaisiin rakentaa samantyyppinen prosessi, mutta ohrakuituun jää enemmän tärkkelystä (jopa 20%) ja kuitufraktion β -glukaanipitoisuus jää alhaisemmaksi (toisaalta kauraöljyn erottamiseen tarvittavaa uuttovaihetta ei tarvita). Vaikka ohran β -glukaanin on saanut saman terveystavallisuuden yhdessä kauran kanssa, on kauran maine elintarvikkeena ja terveystavallisuudessa ohraa parempi.

Kaurakonsentraatteja tai vastaavia tuotteita myyvät mm. Creanutrition, Quaker Oats, Ceapro, Biovelop, Raisio ja ohran β -glukaanipitoisia tuotteita mm. Cargill (Barliv), Polycell Tech. (Barley balance), Natraceutical Canada (Viscofiber), Danisco (Glucagel).



Kuva 8. Hahmotelma kauran kuivaluokitusprosessista ja sen mahdollisista tuotteista (uuton jälkeinen erotteluvaihe vain teoreettinen arvio).

11. Olki

Maatalouden biomassoista olki on yksi merkittävimmistä potentiaaleista viljan oljella. E-P:n omavaraisuuden kehittämisstrategiassa on laskettu, että 2005 vuoden 40 GWh/v käytön lisäksi alueen peltoenergiapotentiaali on 1630 GWh ja tästä voitaisiin hyödyntää 400-800 GWh/v. Runsaan potentiaalın hyödyntämisen haasteena ovat korjuun, varastoinnin ja kuljetuksen järjestäminen kustannustehokkaasti, tuhkan matala sulamispiste ja syövyttävät savukaasut poltossa, sekä Suomen olosuhteissa varsin lyhyt syksyinen korjuukausi. VTT ja MTT ovat tehneet kattavat selvitykset oljen ominaisuuksista ja korjuuketjusta olkietanolin tuotantoon⁴⁴ sekä ruokohelven energiakäytöstä.⁴⁵ Tutkimusten mukaan korjuun ja kuljetuksen kustannukset nousevat helposti niin korkeiksi, että varsinaista arvoa ei itse oljelle jää. Tällöin oljen korjuu houkuttelee vain, jos oljesta on haittaa viljelylle esim. suorakylvön yhteydessä tai korjuulle olisi saatavissa tukea ruokohelven tapaan. Kuljetuksen kustannuksia nostaa oljen alhainen tiheys (paalattunakin 130-150 kg/m³),



Etelä-Pohjanmaan liitto

jolloin autot kulkevat vajaina kuormina. Pienemmissä lämpölaitoksissa ja rinnakkaispolttoaineena läheltä hankittu olki voisi olla kilpailukykyinen, mutta rahtikulujen kasvaessa (esimerkiksi ison laitoksen pääraaka-aineena) kokonaishinta lähestyy hakkeen markkinahintaa. Taulukossa 8 on esitetty VTT:n laskelma oljen korjuun kustannuksista (Oljen energiasisältö 4 MWh/t ka. = noin 1 MWh/paali). Tyypillisesti oljen osuus seospolttoaineena on 5-10% voimalaitoksen polttoaineesta, mutta huomioimalla polttoainevalikoima jo suunnitteluvaiheessa oljen osuus voidaan nostaa 30%:iin. Tanskassa toimii myös 100% oljella toimivia voimalaitoksia, mutta Suomen olosuhteissa tällainen valinta aiheuttaisi melkoisen riskin raaka-aineen hankinnalle korjuuolosuhteiden epäonnistuessa.

Taulukko 8. Oljen kustannus raaka-aineena.⁴⁴ *Oljen silppuamisen kustannus ruokohelpiselvityksistä.^{45, 46}

Vaihe	€t ka.	€MWh
Karhottaminen	2,8	0,7
Paalaus	17,1	4,3
Siirto pellon reunaan	3,2	0,8
Peittäminen	6,4	1,6
Lannoitearvon mukainen korvaus viljelijälle	6,7	1,7
Kuljetus käyttöpaikalle 25-100 km	12-23,5	3-5,9
Oljen silppuaminen tehtaalla		4*
YHTEENSÄ		16,1-19

Olkietanolin valmistus tarjoaisi erinomaisen mahdollisuuden hyödyntää peltobiomassaa nestemäisten polttoaineiden valmistuksessa ja samalla vältettäisiin polttoon liittyvät haasteet. Lisäksi olkietanolin kasvihuonekaasupäästöt ovat huomattavasti alhaisemmat kuin viljaetanolin. Esimerkiksi RES-direktiivin oletuspäästö olkietanolille on vain 11 g CO₂ ekv./MJ. Selluloosaetanoliin liittyviä teknologioita kehitetään tällä hetkellä erittäin aktiivisesti ympäri maailmaa sokeriruohon bagassin, maissin jätteen (corn cobs) ja vehnän oljen prosessoimiseksi etanoliksi. Aiheen parissa toimii maailman johtavat energia- ja prosessiteollisuuden yritykset sekä entsyymien valmistajat⁴⁷, ja myös Suomessa toimiva Chempolis⁴⁸ on kehittänyt olkisellutuotantoon perustuvan teknologian oljen prosessointiin.

Yleisimmin olkietanolin valmistuksessa olki pilkotaan, esikäsitellään, sellukuitu hydrolysoidaan sokereiksi, fermentoidaan, tislataan ja sivutuotteet (ligniini ja hemiselluloosa) poltetaan energiaksi. Esikäsiteltyssä selluloosakuitu erotetaan ligniinistä useimmiten höyryräjäytyksellä, jonka jälkeen erotettu kuitu hydrolysoidaan entsyymeillä tai happohydrolyysillä käymiskelpoisiksi sokereiksi. C6-sokereiden fermentointi tapahtuu hiivan avulla kuten perinteisissäkin teknologioissa. Hemiselluloosasta muodostuva huomattava määrä C5-hiiliketjuja voidaan jalostaa melassirehuksi tai polttaa. Parhaillaan kehitetään entsyymiteknologiaa myös näiden sokereiden käyttämiseksi



Etelä-Pohjanmaan liitto

etanoliksi. Tyypillisesti etanolin saanto on noin 20% raaka-aineesta, mutta mikäli C5-hiilien fermentoinnissa onnistutaan, nousee saanto lähemmäs 30%:a.

Prosessin haastavimpiin vaiheisiin, esikäsitteilyyn ja hydrolyysiin, etsitään koko ajan tehokkaampia ja taloudellisempia ratkaisuja, ja useita noin miljoonan litran koelaitoksia on käynnissä. Inbiconilla⁴⁹ on Tanskassa tällä hetkellä maailman suurin demo-laitos (5 milj. litraa/v.) ja Italialainen Mossi & Ghisolfi⁵⁰ on aloittanut ensimmäisen kaupallisen mittakaavan (50 milj. litraa/v.) laitoksen rakentamisen. Chempolixen teknologia perustuu paperiteollisuuden olkisellun valmistusprosessiin (organosolv pulping), jossa kuitu erotellaan muurahapon katalysoimassa prosessissa ja sivutuotteina eristetään furfuraalia ja etikkahappoa. Furfuraali on selvästi etanolia arvokkaampaa ja etikkahappokin miltei etanolin arvoista ja tuovat siten erinomaisen lisän biojalostamon tuotteisiin.

Suurimmat kustannukset selluetanolin valmistuksessa aiheutuvat raaka-aineesta, investoinnin koroista ja poistoista sekä entsyymeistä.⁴⁴ Aikaisemmin selluloosaetanolin kaupallistumista esti selluloosaa pilkkovien entsyymien korkea hinta, mutta viimeaikaisen kehityksen myötä entsyymikustannus on saatu siedettävälle tasolle.⁵¹ Jalostusprosessin kehittyessä myös tuotantokonseptit vakiintuvat ja investointikustannus alenee tunnetun teknologian myötä. Myös hemiselluloosasta tai ligniinistä jalostettavat sivutuotteet voisivat parantaa kannattavuutta. Näistäkin huolimatta perinteinen etanolin hinta (Euroopassa 400-500 €/m³, USA:ssa jopa 300 €/m³) ei riitä kannattavuuden saavuttamiseen ja edellytyksenä olisikin, että nykyinen korkea hintataso säilyy. Alla vielä joitakin pohdintoja olkietanolitoteutusta ajatellen:

- Oljen kannalta paras aika olisi kerätä vasta keväällä (kuivaa, puhtaampaa), mutta ei oikein sovellu nykyiseen syyskynä käytäntöön.
- Raaka-aineen turvaamiseksi laitoksella pitäisi olla myös toinen vaihtoehto ja tarvittaessa esim. erillinen esikäsitteilyprosessi puuhakkeelle, sahanpurulle, viljan kuorelle, tms.
- Oljen hinta ei nouse, vaikka viljapohjaisten raaka-aineiden hinnat nousisivat. Toisaalta etanolin hinnan laskiessa oljen hinnassa ei ole juurikaan varaa joustaa alaspäin.
- Raaka-aineen toimittamisesta on oltava riittävä määrä sitovia sopimuksia viljelijöiltä. Toisaalta myös toimijan on sitouduttava hoitamaan paalien korjuu ajallaan.
- Kehittäjillä on vahvat patenttisuojat ja teknologian lisensointi voi tulla hintavaksi.
- Selluetanolilaitoksen investointikustannukset ovat yli kaksinkertaiset viljaetanolitehtaaseen verrattuna ja etanolisaanto alhaisempi => Etu saatava raaka-aineen edullisuudesta.



Etelä-Pohjanmaan liitto



12. Yhteenveto

Teoreettisessa optimitilanteessa etanolituotanto tarjoaisi viljelijälle hyvän hinnan tuotetusta viljasta, edullisen valkuaisrehun kotieläintuotantoon ja kotimaisen hinnaltaan kilpailukykyinen biopolttoaineen sekoitusvelvoitetta toteuttamaan. Samalla laitos aiheuttaisi merkittävät aluetaloudelliset hyödyt kotimaassa viljan viennin ja etanolin sekä rehun tuonnin sijaan. Käytännössä biopolttoaineiden tuotanto on kuitenkin investointeja ja resursseja vaativaa tuotantoa, jossa kilpailu fossiilisten verrokkien kustannustehokkuuden kanssa on varsin haastavaa. Tällä hetkellä tuotteiden kysynnän takeena toimivat yhteiset päätökset biopolttoaineiden käytön lisäämisestä. Tehty selvitys osoittaa, että bioetanolin tuotanto on ison mittakaavan tuotantoa pienillä katteilla ja maltillisella tuotto-odotuksella. Mikäli tuotantokonseptiin ei saada merkittävää kustannusetua tai uutta lisäarvoa tuottavia sivutuotteita, ei kannattavuudelle markkinoiden nykytilanteessa ole edellytyksiä. Myös muutokset toimintaympäristössä esim. uusiutuvan energian tai maatalouden tukijärjestelmien osalta voivat muuttaa tilannetta.

Mahdollisuudet

- Raaka-aineille ja tuotteille on valmiit markkinat ja kustannustehokkaassa kokonaisuudessa voidaan tehdä hyvääkin tulosta
- Viljan hinta Suomessa on selvästi Eurooppalaista tasoa alhaisempi
- Etelä-Pohjanmaalla on pitkä kokemus sivutuoterehujen logistiikasta sekä käytöstä eläinten ravintona
- Tiivis yhteistyö Altian etanolituotannon kanssa toisi synergiaetuja ainakin energiantuotannossa ja investointikustannuksissa (valmis teollisuusympäristö, veden otto, jätevesien käsittely)

Riskit

- Viljan hinnan nouseminen kysynnän myötä Eurooppalaiselle tasolle veisi sijoitetun pääoman tuoton tappiolle
- E-P:n alueen runsas viljan käyttö ja rehun tuotanto aiheuttavat paineita kannattavuudelle etäisyyksien tuomien kuljetuskustannusten tai rehun kuivauksen energiakulutuksen myötä
- Kasvihuonekaasupäästöjen laskentaan vaikuttavaa EU:n päätöstä korvaavan maankäytön muutoksen huomioimisesta ei ole vielä tehty. Myös esimerkiksi puupolttoaineen luokituksen muuttaminen 100% uusiutuvasta muuttaisi laskentaa huomattavasti.
- Voiko tehtyihin (poliittisiin) sitoumuksiin luottaa? Ennakkotietojen mukaan ILUC-päätöksen myötä ainakin biodieselin valmistus öljykasveista on joutumassa vaikeaan asemaan. Lisäksi aikaisemmin sovittuja uusiutuvan energian tukia on viime aikoina leikattu myös Suomessa.



Etelä-Pohjanmaan liitto

13. Linkkejä

Bioenergiauutiset Suomessa:

<http://www.finbioenergy.fi/default.asp?kieliID=1>

Viljan hinnat Suomessa:

<http://www.yrma.net/v%C3%A4liaikaiset/vilja.htm>

<http://www.vyr.fi/www/fi/viljamarkkinat/kotimaan hinnat.php>

Suomen maatalouden tilastot (sadot, viljelyalat, käyttö):

<http://www.maataloustilastot.fi/>

Maailman maataloustilastot:

<http://www.fao.org/>

Euroopan biopolttoaineuutisia:

<http://www.agra-net.com/portal2/home.jsp?template=productpage&pubid=ag072>

USA:n etanoliuutiset:

<http://www.ethanolproducer.com/>

Euroopan etanolifutuurihintojen hintoja:

<http://cmegroup.barchart.com/ethanol/>

http://www.barchart.com/commodityfutures/Ethanol_T2_FOB_inD_Futures/D2

14. Viitteet

1

http://portal.hamk.fi/portal/page/portal/HAMK/Tutkimus_ja_kehitys/Osaamiskeskittymat/Bioketju/Biokaasu_tehdas

² Pöyry 27.9.2006 Altian YVA-selostus, <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=271030&lan=FI>;
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=213168&lan=FI>

³ Pöyry 12/2006 Suomen bioetanolin YVA-selostus,
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=229191&lan=FI>
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=249843&lan=FI>

⁴ Agricultural marketing resource center, verkkosivusto
http://www.agmrc.org/renewable_energy/ethanol/ethanol.cfm

⁵ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY, 23.4.2009 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:fi:PDF>

⁶ Suomen säädöskokoelma, Vihko 191, N:o 1420, 31.12.2010
<http://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2010/20100191.pdf>



⁷ Euroopan komissio 2010/C 160/02, 19.6.2010 *Komission tiedonanto EU:n biopolttoaineiden ja bionesteiden kestävyysjärjestelmän täytäntöönpanosta käytännössä sekä biopolttoaineiden laskentasäännöistä*; Euroopan komissio 2010/C 160/01, 19.6.2010 *Komission tiedonanto vapaaehtoisista järjestelmistä ja oletusarvoista EU:n biopolttoaineiden ja bionesteiden EU:n kestävyysjärjestelmässä*; Euroopan komissio (tiedoksiannettu numerolla K(2010) 3751), (2010/335/EU), 19.6.2010 *Komission päätös maaperän hiilivarantojen laskentaa koskevista ohjeista direktiivin 2009/28/EY liitteen V soveltamista varten*.

⁸ Komission kertomus KOM(2010) 81, 22.12.2010; *biopolttoaineisiin ja bionesteisiin liittyvistä epäsuorista maankäytön muutoksista*

⁹ Reuters: *EU to delay action on biofuels' indirect impact*, <http://www.reuters.com/article/2011/09/08/us-eu-biofuels-idUSTRE7874NP20110908>

¹⁰ Suomen sädöskokoelma, Vihko 188, N:o 1399, 31.12.2010, <http://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2010/20100188.pdf>

¹¹ Uusiutuvan energian velvoitepaketti, 20.4.2010, http://www.tem.fi/files/26643/UE_lo_velvoitepaketti_Kesaranta_200410.pdf

¹² Suomen ympäristökeskuksen raportteja 27/2008, 06/2008, *Energia- ja kasviuonekaasutaseiden laskenta bioenergian elinkaariarvioinnissa*; VTT Tiedotteita 2357, 09/2006, *Liikenteen biopolttoaineiden ja peltoenergian kasviuonekaasutaseet ja uudet liiketoimintakonseptit*; VTT Working papers, 150, 10/2010, *EU:n uusiutuvien energialähteiden edistämisdirektiivin kestävyyskriteeristö*; MTT, 2009, *Peltoenergian tuotantjärjestelmien ympäristövaikutukset*,

http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/maatoulu/5Jl2waBUc/Peltobioenergia_raportti.pdf

¹³ MTT raportti 9, 29.9.2010, <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti9.pdf>

¹⁴ Vehnän ja rapsin kasviuonekaasupäästöt viljeltäessä niitä biopolttoaineiden raaka-aineiksi Suomessa, 12.5.2011,

http://www.mmm.fi/attachments/maatoulu/maatoulu/5qWnE6HyK/Bio_raportti_vehnan_ja_rapsin_kasviuonekaasupaatot_12052011.pdf

¹⁵ LIPASTO, VTT:n Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen laskentasisivusto, <http://lipasto.vtt.fi/index.htm>

¹⁶ Maa- ja metsätalousministeriön ylläpitämä Matilda-maatilastilastopalvelu, www.maataloustilastot.fi

¹⁷ Kingsman, EU ETBE/Ethanol report 08/2009

¹⁸ Kingsman, Claudiu Covrig esitys WBM 2011 kongressissa

¹⁹ Jolly, L., ISO (International Sugar Organization), Global Commodities forum, 31.1.-1.2.2011, *Sugar, fuel ethanol and Crude oil prices*, http://www.unctad.info/upload/GCF2011/doc/A1-A3/gcf2011_A2_Jolly.en.pdf

²⁰ Ethanol producer Magazine, 15.11.2010, <http://www.ethanolproducer.com/articles/7139/hitting-the-feed-wall>

²¹ <http://www.fao.org/economic/ess/ess-publications/ess-yearbook/ess-yearbook2010/yearbook2010-production/en/>

²² Felix Kaup, 7.9.2011, *Nordic Bioenergy 2011, E2025, Brazil's aspirations for a massive worldwide substitution of gasoline by 2025*

²³ <http://www.ashland.com/products/ashland-ptv-m-5309-corn-oil-extraction-aid> ; <http://www.greenshift.com/cornoil.php> ; <http://www.fecsolutions.com/services/corn-oil-extraction/> ; http://www.icminc.com/services/oil_extraction/

²⁴ <http://www.cerealprocess.com/> ; <http://www.appliedmillingsystems.com/fractionation.html> ; http://www.icminc.com/pdf/ProductLines/Dry_Corn_Fractionation.pdf ; <http://www.lai-pro.com/>

²⁵ <http://www.valero.com/OurBusiness/OurLocations/Plants/Pages/Jefferson.aspx>

²⁶ <http://www.syngenta.com/country/us/en/Enogen/EthanolProducers/Pages/Benefits.aspx>



- ²⁷ Nghiem, KB. Hicks, DB. Johnston, G. Senske, M. Kurantz, M. Li, Shetty J., Konieczny-Janda G.; *Biotechnology for Biofuels* (2010) 3:8, *Production of ethanol from winter barley by the EDGE (enhanced dry grind enzymatic) process*
- ²⁸ <http://ethanolproducer.com/articles/7806/osage-officials-break-silence-leave-many-questions-unanswered>, viitattu 16.9.2011
- ²⁹ <http://www.gevo.com/>
- ³⁰ Bernesson, S., Nilsson, D., Hansson, P.E., *Biomass and Bioenergy* 30 (2006) 46-57, *A limited LCA comparing largescale and small-scale production of ethanol for heavy engines under Swedish conditions.*
- ³¹ MOTIVA, polttoaineiden lämpöarvoja http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/biopolttoaineiden_lampoarvoja
- ³² Tilasto: Energian hinnat [verkkajulkaisu], ISSN=1799-7984. 1. vuosineljännes 2011. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 13.9.2011], http://www.stat.fi/til/ehi/2011/01/ehi_2011_01_2011-06-22_tie_001_fi.html
- ³³ HY, Ruralia instituutin raportteja 27, 5.2.2008, *Uusiutuvaa voimaa Etelä-Pohjanmaalle, Etelä-Pohjanmaan energiaomavaraisuuden kehittämisstrategia*, <http://www.epliiitto.fi/upload/files/Energiaomavaraisuusstrategia.pdf>
- ³⁴ Tilasto: Energian hinnat [verkkajulkaisu]. ISSN=1799-7984. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 19.9.2011], <http://www.stat.fi/til/ehi/tie.html>
- ³⁵ MMM rehustrategiatyöryhmän raportti 29.9.2010, http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/tyoryhmamuistiot/2010/5u8Zwr8Vm/Rehustrategiatyoryhman_raportti_final_NEW_220910.pdf
- ³⁶ Valaja, J. (väitöskirja), 1998, *Nutritive value of wet barley by-products from the integrated starch-ethanol process for pigs*; Valaja, J., Partanen, K., Siljander-Rasi, H., Toivonen, V., Jalava T., Järvinmäki, S., Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja (1998) 924, 101-105, *Kotieläintieteen päivät*, Helsinki, 1998, *Kuitulisäyksen vaikutus tärkkelysrankin aminohappojen sulavuuteen siällä*; Valaja, J., Näsi, M. *Agricultural Science in Finland* (1995) 4, 1: 3-9, *Nutritive value of wet distillers' solubles for pigs*
- ³⁷ Siljander-Rasi, H., *Sika* 5, 2006, 42 *Kuitulisän vaikutuksia tähkä-ohravalkuaisrehuun selvitetty*; Siljander-Rasi, H., *Sika*, 1, 2008, 26, *Ruokkisinko lihasiat rankkivalkuaisella?*
- ³⁸ Neste Oil ja Raisio sopivat kotimaisen rypsiöljyn ylijäämän käytöstä uusiutuvan dieselin raaka-aineena, 7.9.2010, <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35:52:88;100:101;13290:15566>
- ³⁹ Wu, Y. V., Doehlert, D. C., *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 35 (2002) 30–33, *Enrichment of b-glucan in Oat Bran by Fine Grinding and Air Classification*; Schutyser, M.A.I.; Goot, A.J. van der, *Trends in Food Science and Technology* 22 (2011) 4, 154-156, *The potential of dry fractionation processes for sustainable plant protein production*; Ferrari, B. Finocchiaro, F., Stanca, A. M., Gianinetti, A., *Journal of Cereal Science* 50 (2009) 152–158, *Optimization of air classification for the production of b-glucan-enriched barley flours*; Stevenson, D. G., Eller F. J., Jane, J.-L., Inglett G. E., *International Journal of Food Science and Technology* (2008) 43, 995–1003 *Structure and physicochemical properties of defatted and pin-milled oat bran concentrate fractions separated by air-classification*; Vasanthan, T., Temelli, F., *Food Research International* 41 (2008) 876–881, *Grain fractionation technologies for cereal beta-glucan concentration*; Wang, R., Koutinas, A. A., Campbell G. M., *Journal of Food Engineering* 82 (2007) 559–567, *Dry processing of oats – Application of dry milling*
- ⁴⁰ Oat Services Ltd., *Oatec – Oats as an industrial crop*, <http://oat.co.uk/services/projects/oatec/>
- ⁴¹ Mälkki, Y., Myllymäki, O., Teinilä, K., Koponen, S., WO 01/26479 A1, 19.4.2001, *A method for preparing an oat product and a foodstuff enriched in the content of β-glucan*
- ⁴² Myllymäki, O., Kaukovirta-Norja, A., Aro, H., Hietaniemi, V., Pihlava, J.-M., FI 120131 B, 15.7.2009, *Menetelmä kauran fraktioimiseksi, näin saadut tuotteet ja käyttö*
- ⁴³ <http://www.creanutrition-sof.com/>



Etelä-Pohjanmaan liitto

⁴⁴ Von Weymarn, N., VTT Tiedotteita 2412, 2007, *Bioetanolia maatalouden selluloosavirroista*

⁴⁵ Paappanen, T., Lindh, T., Kärki, J., Impola R., Rinne, S., *Maataloustieteellisen Seuran tiedotteita* 23, 2008, *Ruokohelven tuotanto- ja toimitusketju ja käyttö polttoaineena voimalaitoksissa*,
http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Page646.htm

⁴⁶ Oulunkaaren kuntayhtymä, Uusiutuvan energian yrityskeskus-hanke, loppuraportti 31.05.2010, *Ruokohelven toimitus- ja vastaanottotapaselvitys Toppilan voimalaitokselle*
http://www.oulunkaari.com/tiedostot/Uusiutuvaenergia/raportit/Ruokohelpiselvitys_1.7.2010.pdf

⁴⁷ <http://www.iogen.ca/> ; <http://www.mascoma.com/pages/index.php> ; <http://www.verenium.com/> ;
<http://www.novozymes.com/en/solutions/bioenergy/cellulosic-ethanol/Pages/default.aspx> ;
http://www.genencor.com/industries/biofuels/fuel_ethanol_from_biomass_cellulosic_biofuels/

⁴⁸ <http://www.chempolis.com/>

⁴⁹ <http://www.inbicon.com/pages/index.aspx>

⁵⁰ <http://www.gruppomg.com/index.php>

⁵¹ <http://www.bloomberg.com/news/2011-02-03/cellulosic-ethanol-to-take-off-from-2013-novozymes-chief-executive-says.html>