



MAATALOUDEN SIVUTUOTTEIDEN JALOSTAMINEN BIOPOLTTOAINEIKSI -ESISELVITYS

Jouko Mannonen

PYHÄJÄRVEN KEHITYS OY



MAATALOUDEN SIVUTUOTTEIDEN JALOSTAMINEN BIOPOLTTOAINEIKSI -ESISELVITYS

JOHDANTO

Pyhäjärven Kehitys Oy käynnisti vuoden mittaisen esiselvityksen Maatalouden sivutuotteiden jalostaminen biopolttoaineiksi 4.8.2003. Hankkeelle haettiin rahoitusta Pohjois-Pohjanmaan Työvoima- ja Elinkeinokeskukselta. Hankkeen arvioidut kokonaiskustannukset olivat 82200 euroa. Rahoituspäätös TE-keskukselta saatiin 15.9.2003. Rahoitus jakautui siten, että Pyhäjärven Kehitys Oy:n osuus rahoituksesta oli 13 %, Pyhäjärven kaupungin osuus 15 % ja TE-keskuksen osuus yhteensä 72 %. TE-keskuksen osuus jakautui siten, että valtion osuus oli 22 % ja Euroopan Unionin (EMOTR) rahoitusosuus 50 %. Hankkeen projektipäälliköksi palkattiin Jouko Mannonen. Projektille haettiin kahden kuukauden jatkoaika siten, että projekti päättyi 30.9.2004.

Projektin ohjausryhmään kuuluivat Pyhäjärven edustajana kaupunginjohtaja Tero Nissinen, Pyhäjärven Kehitys Oy:n edustajana hallituksen varajäsen maanviljelijä Ilpo Karvonen, MTK – Pyhäjärvi ry:n edustajana maanviljelijä Kaija Tikanmäki, asiantuntijajäsenenä tohtori Ville Niutanen Joensuun yliopistosta, Pohjois-Pohjanmaan TE-keskuksen edustajana yritystutkija Kalevi Hiivala sekä Maatilatalouden työohjelmakoordinaattori Veikko Kallio Oulun ammattikorkeakoulusta. Ohjausryhmän puheenjohtajana toimi kaupunginjohtaja Tero Nissinen ja varapuheenjohtajana maanviljelijä Ilpo Karvonen. Ohjausryhmän sihteerinä ja esittelijänä toimi projektipäällikkö Jouko Mannonen. Projektin ohjausryhmä kokoontui kaikkiaan seitsemän kertaa.

TAUSTAA

Lainsäädäntö

Euroopan parlamentin ja Neuvoston yhteinen direktiivi liikenteen biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä (2003/30/EY)

Direktiivin mukaan tulisi vuoden 2005 lopussa kaiken myyntiin saatetun bensiinin ja diesel-öljyn energiasisällöstä 2 prosenttia olla bioperäistä. Bioperäisten polttoaineiden osuuden tulisi kasvaa tästä siten, että vuoden 2010 lopussa bioperäisten polttoaineiden osuus liikenne-polttoaineiden energiasisällöstä olisi 5,75 prosenttia. Tasaisena kasvuna tämä edellyttää bio-polttoaineiden kasvua 0,75 prosentilla vuosittain.

Liikenteen biopolttoaineiksi lasketaan direktiivin mukaan bioetanoli, biodiesel, biometanoli, biokaasu, biodimetyylieetteri, bioETBE, bioMTBE, synteettiset biopolttoaineet, biovety ja puhdas kasviöljy. BioETBE:n kohdalla lasketaan biopolttoaineeksi vain yhdisteen bioetanoliosuus eli 47 tilavuusprosenttia ja bioMTBE:n kohdalla vain biometanolin osuus eli 36 tilavuus-prosenttia.

Jäsenvaltioiden on vuosittain heinäkuun 1. päivään mennessä toimitettava komissiolle kertomus, jossa käsitellään toteutettuja toimenpiteitä bensiinin ja dieselöljyn korvaamiseksi biopolttoaineilla tai muilla uusiutuvilla polttoaineilla. Kertomuksessa on myös käsiteltävä niitä kansallisia voimavaroja, jotka on osoitettu biomassan tuotantoon muuta kuin liikennepolttoainetta varten. Kertomuksessa on esitettävä määrät liikennepolttoaineiden kokonaismyynnistä sekä markkinoille saatettujen puhtaiden tai sekoitettujen biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden osuudesta edellisen vuoden aikana.

Jäsenvaltioiden on saatettava tämän direktiivin noudattamisen edellyttämät lait ja asetukset ja hallinnolliset määräykset voimaan viimeistään 31 päivään joulukuuta 2004 mennessä. Niiden on ilmoitettava tästä komissiolle viipymättä. Jäsenvaltioiden on toimitettava komissiolle tässä direktiivissä tarkoitetuista kysymyksistä antamansa kansalliset säädökset.

Neuvoston direktiivi (2003/96/EY) energiatuotteiden ja sähkön verotusta koskevan yhteisön kehyksen uudistamisesta

Direktiivissä määritellään eri energiatuotteiden ja polttoaineiden alimmat verotaset.

Suomen kohdalla mainitaan direktiivin liitteessä poikkeus verotukseen siten, että biokaasu ja maakaasu ovat verovapaita.

Laki Polttoainemaksusta 1280/2003

Lain mukaan ajoneuvosta, jossa käytetään moottoribensiiniä tai dieselöljyä lievemmin verotettua polttoainetta, on suoritettava valtiolle polttoainemaksua.

Polttoainemaksusta ovat kuitenkin vapaita eräät ajoneuvot. Tällaisia ajoneuvoja ovat mm. metaania polttoaineena käyttävät henkilö- ja pakettiautot, jos ne täyttävät seuraavaksi voimaantulevat päästötasot, kuitenkin vähintään EURO-4-tason.

Ajoneuvoverolaki 1281/2003

Lain mukaan on Suomessa rekisteröidystä tai Suomessa käytettävästä ajoneuvosta suoritettava valtiolle ajoneuvoveroa ja ulkomailla rekisteröidyistä Suomessa tilapäisesti käytettävistä ajoneuvoista ajoneuvoverona kannettavaa kiinteää veroa ja kulutusveroa.

Ajoneuvoverosta vapaita ovat kuitenkin eräät ajoneuvot. Tällaisia ajoneuvoja ovat mm. sellaiset, jotka käyttävät polttoaineenaan pääasiallisesti puu tai turveperusteista polttoainetta tai metaania

LIIKENNEBIOPOLTTOAINEIDEN TUOTANTO JA KÄYTTÖ MUUALLA

Euroopan ulkopuoliset maat kuten Brasilia, Yhdysvallat, Kanada ja Kiina

Maailman suurin liikenteen biopolttoaineiden käyttäjä ja tuottaja on Brasilia. Brasilia tuottaa sokeriruo'osta noin 17 miljardia litraa etanolia vuodessa. Tästä määrästä käytetään liikennepolttoaineena noin 13 – 14 miljardia litraa joko sellaisenaan tai bensiiniin sekoitettuna. Etanolisekoitteen bensiinin etanolipitoisuus on noin 22 – 25 prosenttia. Brasilian valtio on tehnyt Euroopan autonvalmistajien kanssa sopimuksen, jonka mukaan autonvalmistajat tuottavat Brasilian markkinoita varten FFV -moottoritekniikalla varustettuja autoja.

Maailman toinen suuri liikenteen biopolttoaineiden käyttäjä on Yhdysvallat. Liikennepolttoaineena käytettävän etanolin tuotantokapasiteetti vuoden 2004 lopussa on julkisuudessa esitettyjen tietojen mukaan runsaat 15 miljardia litraa vuodessa ja tuotanto on jatkuvassa voimakkaassa kasvussa. Raaka-aineina näillä tehtailla on pääasiassa vilja, mutta myös muita raaka-aineita kuten perunajätettä ja olkea käytetään. Kanadassa polttoaine-etanolin tuotanto on vasta alussa. Kanada kuitenkin katsoo, että polttoaine-etanolin tuotanto on Kanadalle taloudellinen mahdollisuus.

Suuria etanolintuottajia ovat Kiina ja Intia. Kiinassa on suuria etanolitehtaita ja Ruotsista saadun tiedon mukaan siellä on etanolitehdas, jonka vuosikapasiteetti on peräti 700 miljoonaa litraa. Kiinassa aiotaan korvata liikennepolttoaineista etanolilla ensin 10 % ja muutaman vuoden kuluttua nostaa etanolin osuus 20 – 30 prosenttiin. Intiassa on käynnistetty pilotti-projekteja selvittämään etanolin sekoittamista bensiiniin. Thaimaassa hallitus on käynnistänyt kokeiluhankkeen etanolisekoitteen bensiinin valmistamiseksi. Thaimaassa on tuotettavaksi etanolin määräksi suunniteltu 800 000 litraa päivässä.

Australia on käynnistänyt infrastruktuurin rakentamisen, jonka tarkoituksena on lisätä etanolin käyttöä liikennepolttoaineena noin 350 miljoonalla litralla vuosittain seitsemän vuoden aikana. Etanoli on tarkoitus sekoittaa bensiiniin 10 % seokseksi. Meksikossa on tehty suunnitelmat kehittää etanolin käyttöä liikennepolttoaineena.

Eurooppa

Useimmissa Euroopan Yhteisöjen maissa tuotetaan ja käytetään liikenteen biopolttoaineita. Laajimmin liikenteen biopolttoaineet ovat käytössä Ruotsissa, Saksassa ja Ranskassa.

Japanin kauppaja- ja teollisuusministeriön F.O.Lichtillä teettämän selvityksen mukaan Euroopan alueella tulee polttoaine-etanolin käyttö kasvamaan erittäin voimakkaasti seuraavien vuosien aikana. Selvityksessä on keskitytty lähes pelkästään sokerista (sokeriruoko ja sokerijuurikas) ja viljasta valmistettavaan etanoliin.

Ruotsi

Ruotsissa suositaan yhteiskunnan taholta biopolttoaineiden liikennekäyttöä. Biopolttoaineiden käytön edistämiseksi pidetään sekä biokaasun metaanin että E85 bensiinin hinta alempana kuin normaalibensiinin hinta. Eri liikennepolttoaineiden jakeluyhtiöillä bio-polttoaineiden hinnat ovat suunnilleen samat ja selkeästi alhaisemmat kuin bensiinin hinta. Esimerkiksi Statoilin 22.10.2004

alkaen voimassa olevassa polttoainehinnastossa normaalin 95 oktaanisen bensiinin hinta on 10,48 SEK/litra kun biokaasun vastaava hinta on 9,48 SEK/kuutio ja E85 bensiinin hinta 7,70 SEK/litra, dieselpolttoaineen hinta on 9,71 SEK/litra ja biodieselin (RME) hinta 9,64 SEK/litra.

Ruotsiin on parisen vuotta sitten valmistunut polttoaine-etanolin tuotantolaitos. Laitos saa voimassaolevan ympäristöluvan mukaan tuottaa 50 000 000 litraa etanolia vuodessa. Koska polttoaine-etanolin tarve on Ruotsissa paljon laitoksen tuotantomäärää suurempi, laitos joutuu myös tuomaan etanolia ja myy sen edelleen bensiinin jakelua harjoittaville yhtiöille. Etanolia voidaan käyttää liikennepolttoaineena joko sellaisenaan tai bensiiniin ja dieselpolttoaineeseen sekoitettuna tai bensiinin komponentiksi (ETBE) jalostettuna.

Etanoli käytetään pääasiassa sekoittamalla se bensiiniin. Näin valmistetaan jakeluun bensiiniä, jossa on joko 5 % tai 85 % etanolia. Mikäli etanolipitoisuus on vain 5 % ei sitä tarvitse erikseen jakeluasemalla merkitä. Koska 85 % etanolia sisältävä bensiini (E85) vaatii autoon erikoismoottorin, merkitään se jakeluasemilla. Liikennepolttoaineena käytettävän etanolin määrä on niin suuri, että sillä voitaisiin sekoittaa kaikkeen Ruotsissa myytävään 95 oktaaniseen bensiiniin 1 % etanolia. Pelkästään sellaisia tankkausasemia, joilla voi tankata E85 bensiiniä, on Ruotsissa toiminnassa jo lähes 100 ja ne ovat jakautuneet koko maan alueelle. E85 polttoaineen käyttö lisääntyy Ruotsissa jakeluyhtiöiden käytännön seurauksena. Ainakin joillakin jakeluyhtiöillä on periaate, jonka mukaan jakelupumppu E85 bensiinille lisätään jakeluasemalle, mikäli kyseisen polttoaineen käyttäjiä on aseman asiakkaita 10 kappaletta. Ruotsissa on jo nyt noin 7000 FFV moottorilla varustettua autoa, jotka käyttävät E85 bensiiniä.

Biokaasun metaania käytetään myös laajasti liikenteen polttoaineena. Ruotsin länsirannikolla, jossa kulkee maakaasuputki, biokaasun metaani pumpataan maakaasuverkkoon ja jaetaan liikennepolttoaineeksi kaasuntankkausasemilla. Niillä alueilla, joissa ei ole maakaasuverkkoa, biokaasu kuljetetaan tankkiautoilla jakeluasemille.

Ruotsin biokaasuautoyhdistyksen tietojen mukaan biokaasun tankkauspaikkoja on Ruotsissa 26 ja saman verran uusia tankkausasemia on suunnitteilla tai rakenteilla. Biokaasun käyttö on pääosin keskittynyt Tukholma - Göteborg –linjan etäpuolelle, jossa myös valta-osa autokannasta on.

Ruotsissa uusiutuvia liikennepolttoaineita selvittänyt työryhmä esittää ympäristöministeri Lena Sommestadille jättämässään mietinnössä, että uusiutuvien polttoaineiden osuus ruotsissa olisi 5,75 % vuonna 2010.

Ranska

Ranskassa käytettiin vuonna 2001 noin 110 miljoonaa litraa etanolia polttoaineena. Tämä vastaa noin 0,7 % maan liikennepolttoaineiden kulutuksesta. Ranskassa etanoli käytetään pääasiassa ETBE:n valmistukseen. Etanolin raaka-aineena on käytetty pääasiassa sokeria. Ranskassa toimii ainakin yksi sokeritehtaan jäteliemestä etanolia valmistava laitos. Vuonna 2001 tuotettiin Ranskassa noin 310 000 tonnia biodieselä. Biodieselistä on valmistettu yleiseen myyntiin polttoainetta, jossa biodieselin osuus on 5 % ja tämän lisäksi erityisajoneuvoja varten on valmistettu polttoainetta, jossa biodieselin osuus on 30 %. Ranskan pääministeri on hiljattain ilmoittanut, että Ranska kaksinkertaistaa polttoaine-etanolin tuotantonsa lähivuosien aikana. Osa tuotettavasta polttoaine-etanolista on tarkoitus käyttää sellaisenaan bensiinin seosaineena ja osa jalostetaan edelleen ETBE:ksi.

Saksa

Saksa on maailman johtavia biodieselin tuottajia ja käyttäjiä. Biodieselin tuotanto vuonna 2000 oli 340 000 tonnia ja vuonna 2001 se nousi 500 000 tonniin. Arvioiden mukaan tuotanto olisi vuonna 2002 ollut peräti 900 000 tonnia. Biodiesel käytetään sellaisenaan polttoaineena eikä sitä sekoiteta tavanomaiseen dieselpolttoaineeseen. Tähän liittyen on Saksassa jo useita vuosia mainittu uuden dieselhenkilöauton mainonnan yhteydessä, että se pystyy käyttämään biodieseliä polttoaineena. Saksa on panostamassa voimakkaasti liikenteen biopolttoaineisiin ja aikoo olla siinä EU:n johtava maa yhdessä Ranskan ja Ruotsin kanssa.

Espanja

Espanja tuotti vuonna 2000 noin 100 miljoonaa litraa etanolia. Tuotanto on lisääntynyt vuonna 2002, jolloin uusi tislamo otettiin käyttöön. Sen tuotantokapasiteetti on noin 127 miljoonaa litraa etanolia vuodessa. Kaikki etanoli käytetään ETBE:n valmistukseen. Maassa on lisäksi suunnitelmia uusien etanolin tuotantolaitosten rakentamiseksi. Näiden laitosten tuotanto on tarkoitus käyttää etanolisekoitteen bensiinin valmistukseen. Etanolia sekoitetaan bensiiniin 5 %.

Italia

Italia tuottaa noin 125 000 tonnia biodieseliä vuodessa. Se on käytetty tähän asti lähinnä lämmitykseen. Italiassa on suunnitelmia ETBE:n tuotannon aloittamiseksi. Italia voi myös käyttää ylimääväniistä saatavaa etanolia joko suoraan bensiiniin sekoitettavana liikennepolttoaineena tai ETBE:n raaka-aineena.

Britannia

Britanniassa tuotetaan biodieseliä, jota käytetään liikennepolttoaineena sekä sellaisenaan että sekoitettuna normaalidieselpolttoaineeseen. Seosdieselissä biodieselin osuus on 5 %. Laadituissa selvityksissä on todettu, että Britanniassa on runsaasti biopolttoaineiden tuotantoon soveltuvaa maata.

Muut Euroopan Unionin maat

Hollannilla on suunnitelmat käyttää vuosittain noin 30 miljoonaa litraa etanolia ETBE:n tuotantoon.

Itävalta tuottaa Saksan tavoin biodieseliä. Tuotantomäärä on tosin vain noin 25 000 tonnia vuodessa.

Tshekin ja Slovakian tasavallat tuottavat yhdessä noin 100 000 tonnia biodieseliä vuodessa. Tshekin tasavaltaan on myös joidenkin tietojen mukaan rakennettu suuri biokaasusta liikennepolttoainetta valmistava laitos.

Puolan hallitus on suunnitellut, että etanolin osuus bensiinin lisäaineena olisi 4,5 % vuonna 2003 ja nousisi 5 %:iin vuonna 2006. Puola uskoo tuottavansa vuosittain 660 000 tonnia biodieseliä, 260 000 tonnia bioetanolia ja noin 400 000 tonnia ETBE:tä vuoteen 2010 mennessä.

Useilla muillakin Euroopan Yhteisöön 1.5.2004 liittyvillä Itä-Euroopan mailla on suunnitelmia lisätä voimakkaasti biopolttoaineiden tuotantoa osana maataloutensa kehittämistä.

Suomessa Fortum valmistaa tuontietanolista ETBE:tä, jonka se toimittaa Saksan markkinoille.

POLTTOAINE-ETANOLIN TUOTANTOMENETELMISTÄ

Bioetanol

Bioetanolia voidaan tuottaa periaatteellisesti kahdella eri menetelmällä. Valtaosa nykyisin toimivista polttoaine-etanolista tuottavista laitoksista käyttää etanolin raaka-aineena tärkkelystä tai sokeria. Polttoainetarkoituksiin tarvittavan etanolin määrän voimakas kasvu-odotus lähitulevaisuudessa on nostanut voimakkaasti esille selluloosan käytön etanolin raaka-aineena. Selluloosan prosessointia etanoliksi voidaan kutsua moderniksi tuotantotekniikaksi, vaikka menetelmät perustuvat jo kauan tiedossa olleisiin seikkoihin.

Sokeria käytetään etanolin raaka-aineena erityisesti Brasiliassa, jossa etanolin tuotannon pääasiallinen raaka-aine on sokeriruoko. Myös suuret sokerijuurikkaan tuotantoa harjoittavat maat valmistavat liikennekäyttöön etanolista joko suoraan sokerijuurikkaasta tai sokeritehtaiden jätteistä.

Selluloosaa etanolin raaka-aineena käyttäviä tuotantomenetelmiä on kehitetty voimakkaasti U.S.A:ssa, Kanadassa ja Ruotsissa. Selluloosan raaka-ainekäytöllä on pyritty siihen, että halvalla raaka-aineella pystytään tuottamaan suuria määriä polttoaine-etanolista.

Tärkkelystä hyödyntävistä etanolin tuotantomenetelmistä

Suomen kannalta merkittävä perinteiseen etanolintuotantoon soveltuva raaka-aine on vilja. Perinteisessä menetelmässä raaka-aineen tärkkelys hydrolysoidaan ja käytetään näin saatu sokeri etanoliksi. Yhden etanolilitran valmistamiseen tarvitaan noin 2,64 kiloa viljaa. Tuotannon sivutuotteina saadaan valkuaisrehua ja hiilidioksidia. Tuotanto vaatii ulkopuolista energiaa tärkkelyksen hydrolyysiin ja etanolin tislaukseen. Mikäli laitos valmistaa kuivaa valkuaisrehua, tarvitaan rehun kuivaamiseen runsaasti energiaa.

Tuotantoprosessi on hyvin tunnettu ja siten myös hyvin toimiva. Erilaiset raaka-aineen mukana tulevat homeet ja sienet saattavat aiheuttaa vaikeuksia tuotannossa. Joillakin tehtailla on myös valkuaisrehun kuivaus aiheuttanut ongelmia muodostuneen hajun takia. Alkoholiuomia valmistavilla laitoksilla on ajoittain esiintynyt ongelmia myös jätevesien käsittelyssä.

Sokeriruoko ja sokerijuurikas ovat etanolin raaka-aineina Brasiliassa ja Ranskassa. Ranskassa sokerijuurikasta käytetään valtaosin välillisesti etanolin raaka-aineena hyödyntämällä sokerin valmistuksessa syntyvien jätevesien sokeri etanolin tuotannossa.

Tärkkelystä ja sokeria raaka-aineina käytettäessä muodostavat raaka-ainekustannukset merkittävimmän tuotantoon vaikuttavan menoerän Suomessa ja muuallakin Euroopassa. Hyvinä puolina näissä menetelmissä on tunnettu ja varma teknologia ja suhteellisen alhaiset tuotantolaitoksen investointikustannukset. Suurimpia haittoja raaka-aineen hinnan lisäksi ovat useilla laitoksilla jätevesien käsittelystä johtuvat ongelmat ja sivutuotteena syntyvän valkuais-ainepitoisen, yleensä

rehuna käytettävän massan, hyödyntäminen. Pienillä paikkakunnilla, jossa raaka-ainetta olisi helposti saatavilla tehtaan ympäristöstä laitoksen jätevedet saattavat aiheuttaa toimintahäiriöitä kunnallisella jätevedenpuhdistamolla, mikäli tehtaan jätevedet johdetaan sinne käsiteltäväksi. Valkuaisrehu on sinänsä karjan ja sikojen rehuna hyödynnettävä materiaali. Mikäli se kuivataan säilymisen ja kuljetuksen helpottamiseksi aiheuttaa kuivaus helposti laitoksen ympärille hajuhaittoja. Rehun kuivaus myös vaatii paljon energiaa, jota laitos ei itse tuotantomenetelmästä johtuen pysty tuottamaan.

Selluloosaan pohjautuvista etanolin tuotantomenetelmistä

Öljyn kulutuksen kasvu ja hinnan voimakas kohoaminen on nostanut bensiinin hintaa maailmanmarkkinoilla. Nykyisten bensiinin lisäaineiden aiheuttamat pohjavesihaitat ovat lisänneet erityisesti U.S.A:ssa ja Kanadassa kiinnostusta etanolin käyttöön bensiinin happipitoisena lisäaineena. Bensiinin kulutuksen jatkuva kasvu ja etanolin tuotantoon käytettävissä olevan viljan rajallinen määrä ja suhteellisen korkea hinta ovat edistäneet etanolin tuotannon kehittämistä selluloosa-raaka-aineesta.

Vanhimmat selluloosaa raaka-aineena käyttävät etanolin tuotantolaitokset olivat sulfiittiselluloosatehtaiden yhteydessä. Ne käyttivät raaka-aineenaan sulfiittikeitossa syntyvää sokeripitoista jäteliöntä. Suomessa ei sulfiittiselluloosatehtaita enää ole käytössä, mutta Ruotsissa toimii vielä yksi. Sen jäteliemestä tuotetaan noin 10 miljoonaa litraa etanolia vuodessa.

Etanolin laajamittaista tuotantoa varten on kehitetty menetelmiä, joilla selluloosa voidaan mahdollisimman tehokkaasti hydrolysoida sokereiksi ja muuttaa edelleen käymisreaktiolla etanoliksi ja hiilidioksidiksi. menetelmien kehittäjien ilmoitusten mukaan eri menetelmien kehittämiseen on kulunut suunnilleen sama aika, noin 20 vuotta.

Yhteenveto eri polttoaine-etanolin tuotantomenetelmistä

Tärkkelystä hyödyntävät menetelmät	Selluloosaa käyttävät menetelmät		
Entsyympöittista hydrolyysiä käyttävät menetelmät	Laimeaa happoa ja entsyymiä käyttävä menetelmät		Väkevää happoa käyttävä menetelmä
Raaka-aineena tärkkelys (vilja tai peruna)	Raaka-aineena puu	Raaka-aineena olki	Raaka-aineena puu ja/tai olki
Sivutuotteena yleensä valkuaisrehu ja hiilidioksidi	Sivutuotteena ligniini ja hiilidioksidi	Sivutuotteena lämpö ja sähkö (ligniini) ja hiilidioksidi	Sivutuotteena ligniini ja hiilidioksidi
Korkea raaka-aineen hinta	Alhainen raaka-aineen hinta	Alhainen raaka-aineen hinta	Alhainen raaka-aineen hinta
Laitosinvestointi suhteellisen halpa	Laitosinvestointi kallis	Laitosinvestointi kallis	Laitosinvestointi kallis
Tarvitsee ulkopuolista energiaa	Energian suhteen omavarainen	Energian suhteen omavarainen	Energian suhteen omavarainen

Selluloosaetanolin valmistuksen sivutuotteet

Ligniini

Käytettäessä puuta etanolin valmistuksen raaka-aineena saadaan tuotannon sivutuotteena ligniiniä. Ligniinin määrä vaihtelee hieman käytettävän puun laadun mukaan, mutta keskimääräisenä arvona voidaan pitää noin 40 % :n määrää puuraaka-aineen kuivapainosta. Ligniiniä saadaan hydrolyysiprosessissa sivutuotteena myös käytettäessä raaka-aineena olkea. Kiinteänä se voidaan kuivata haluttuun kosteuteen ja käyttää joko itse tuotantolaitoksella tai toimittaa edelleen muualle poltettavaksi. Ligniinin lämpöarvo on selkeästi parempi kuin puun. Näin ollen raaka-aineena käytettävän puun hyödyntäminen lämmön tuottamisessa ei etanolin valmistuksen vuoksi juurikaan vähene.

Muut sivutuotteet

Sokerien käymisprosessissa syntyy sivutuotteena hiilidioksidia. Syntyvän hiilidioksidin määrä on noin 95 % saatavan etanolin määrästä. Suurissa alkoholijuomatehtaissa hiilidioksidi otetaan yleensä talteen ja se käytetään virvoitusjuomateollisuudessa tai muussa elintarviketeollisuudessa. Polttoaine-etanolia valmistavassa laitoksessa Ruotsissa hiilidioksidia ei oteta talteen. CFC-aineiden käytön vähentäminen tulee lisäämään merkittävästi hiilidioksidin kysyntää. Samoin ylikriittisen uuton ja muiden uusien puhdistus- ja tuotantomenetelmien mukana hiilidioksidin asema teollisuuden tarveaineena tulee lähivuosina edelleen kasvamaan.

Etanolin tuotannossa syntyy yleensä etanolin lisäksi myös aldehydiä. Se voidaan toimittaa edelleen muualla käytettäväksi sellaisenaan tai jalostaa edelleen etikkahapoksi. Varsinaisesti nämä aineet eivät aiheuta tuotannolle lisäkustannuksia. Etanolia voidaan tarvittaessa jalostaa myös muiksi tuotteiksi teollisuutta varten.

Etanolin käyttö liikenteessä

Etanolia voidaan käyttää liikennepolttoaineena kolmella eri tavalla. Yleisin tapa on sekoittaa etanolia tavalliseen bensiiniin. Käytettyjä etanolisekoituksia ovat EU:ssa suosittu 5 tilavuusprosenttia ja U.S.A:n 10 tilavuusprosenttia. Brasiliassa etanolin määrä bensiinissä on yleisesti 22 –25 prosenttia.

Lähes kaikki nykyiset autonmoottorit pystyvät ilman häiriöitä käyttämään sellaista bensiiniä, jossa on 5 prosenttia etanolia. useat autonvalmistajat ilmoittavat lisäksi, että heidän autoissaan voidaan käyttää 10 tai jopa 15 prosenttia etanolia sisältävää bensiiniä.

Polttoaineen etanolipitoisuus voidaan nostaa jopa 85, mikäli auton moottori on suunniteltu tällaiselle polttoaineelle. Useat autonvalmistajat valmistavat jo nykyisin tällaisilla FFV -moottoreilla varustettuja autoja. Ruotsiin on toimitettu Fordin valmistamia Taurus ja Focus-merkkisiä FFV-moottorilla varustettuja autoja. Sellaisia jakeluasemia, joista voi ostaa 85 % etanolia sisältävää E85 –polttoainetta on Ruotsissa jo yli sata. Ne ovat jakautuneet koko maan alueelle.

U.S.A:ssa pääosa FFV –moottoreilla varustetuista autoista on pienehköjä avopakettiautoja, mutta myös henkilöautomalleja on saatavilla. E85 –polttoaineen jakelupisteiden määrä on voimakkaassa kasvussa ja lähes viikoittain avataan uusia jakelupisteitä eri puolilla U.S.A:ta.

Etanolia voidaan käyttää myös sellaisenaan raskaan liikenteen polttoaineena korvaamaan dieselpolttoainetta. Käyttö edellyttää moottorin vaihtamista ajoneuvoon. Ainakin Ruotsissa on saatavana tehdasvalmisteisena etanolikäyttöisiä raskaita ajoneuvoja, busseja ja kuorma-autoja.

Etanolia voidaan sekoittaa lisäaineiden kanssa dieselpolttoaineeseen. Ruotsissa on tehty kokeiluja tämän polttoaineen käytöstä. Etanolin lisäämisellä dieselpolttoaineeseen pystytään vähentämään ajoneuvojen päästöjä.

Etanoli on absolutoitava ennen bensiiniin tai dieselöljyyn sekoittamista. Käytettäessä etanolia sellaisenaan esimerkiksi dieseliä korvaavana polttoaineena sitä ei tarvitse absolutoida.

Biokaasu

Biokaasua voidaan valmistaa hyvin monenlaisista eri raaka-aineista. Maailmalla useat biokaasulaitokset käyttävät raaka-aineenaan karja- ja sikatilojen lantaa. Linköpingissä toimiva suuri biokaasulaitos käyttää ensisijaisena raaka-aineenaan paikkakunnan elintarviketeollisuuden jätteitä ja sen lisäksi myös läheisten maatilojen lantaa. Myös jätevedenpuhdistuslaitosten liettä käytetään biokaasun tuotannon raaka-aineena. Esimerkiksi Tukholmassa tuotetaan pääosa liikennepolttoaineeksi jalostettavasta biokaasusta jätevedenpuhdistamon lietteestä.

Taulukko eri raaka-aineista kirjallisuuden perusteella saatavasta biokaasun määrästä ja saatavan biokaasun metaanipitoisuus.

RAAKA-AINE	SYNTYVÄN KAASUN MÄÄRÄ NTP (m³/tonni kuiva-ainetta)	KAASUN METAANIPITOISUUS (%)
sianlanta	340 – 550	65 – 70
naudanlanta	90 – 310	65
kananlanta	310 – 620	60
hevosenlanta	200 – 300	
lampaanlanta	90 – 310	
olki	200 – 460	50 – 60
heinä	280 – 550	70
vihannesjätteet	330 – 360	
perunanvarret	280 – 490	
maatalousjäte	310 – 430	60 – 70
pudonneet lehdet	210 – 290	58
vesihyasintti	375	
levä	420 - 500	63
puhdistamoliete	310 - 750	

Biokaasutuksella pystytään hävittämään lopputuotteena saatavan lietteen haju. Tällä on merkitystä etenkin sellaisilla alueilla, missä lanta joudutaan levittämään hyvin lähellä asutusta oleville pelloille. Paitsi hajun poistoa biokaasutuksella pystytään parantamaan lietteen käsiteltävyyttä ja saadaan samalla lannan ammoniakki säilymään lietteessä.

Biokaasun käsittely liikennepolttoaineeksi

Liikennekäyttöä varten biokaasu on rikastettava metaanin suhteen 95-98 prosenttiseksi. Myös biokaasun mahdollisesti sisältämät haitalliset epäpuhtaudet on poistettava. Kaupallisesti on saatavilla ainakin kolme eri menetelmää biokaasun käsittelemiseksi liikennepolttoaineeksi. Yksinkertaisin menetelmä on pestä biokaasu vedellä, jolloin biokaasussa oleva hiilidioksidi liukenee veteen. Vesipesulla pystytään poistamaan myös osa kaasun käytön kannalta haitallisista muista yhdisteistä kuten klorideista ja osasta rikkiyhdisteitä. Menetelmä on taloudellinen ja helposti toteutettavissa. Haittapuolena on se, ettei vesipesun jälkeen ole mahdollista kerätä talteen biokaasun sisältämää hiilidioksidia.

Toinen yleinen biokaasun rikastustapa on käyttää kiinteää adsorbenttia. Hiilidioksidi imeytyy adsorbenttiin ja metaani kulkee puhdistuskolonniin läpi. Menetelmän etuna on se, että hiilidioksidi voidaan kerätä talteen hyödynnettäväksi. Tässä menetelmässä biokaasun haitalliset epäpuhtaudet yleensä poistetaan ennen kaasun rikastusta.

Kolmas kaupallinen biokaasun rikastusmenetelmä perustuu läpäisevän membraanin käyttöön. Hiilidioksidi kulkeutuu puhdistusprosessissa membraanin läpi ja metaani saadaan rikastettua. Menetelmä kehitettiin alun perin kaatopaikkakaasun käsittelemiseksi liikennepolttoaineeksi.

Rikastuksen lisäksi biokaasun metaani on puristettava noin 200 barin paineeseen auton tankkiin. Paineistus voidaan suorittaa joko etukäteen siten, että paineistettu kaasu johdetaan auton säiliöön tai niin, että kaasu paineistetaan vasta auton säiliöön pumpattaessa. Niillä jakeluasemilla, joiden käyttäjät ovat yksityisautoilijoita, käytetään yleisesti valmiiksi paineistettua metaania. Tällöin tankkaus kestää vain muutamia minuutteja. Raskaan kaluston tankkauksessa käytetään myös ns. hidasta tankkausta. Tällöin esimerkiksi bussi on kiinni tankkauslaitteessa varikolla ollessaan ja kaasutankkaus suoritetaan yön aikana. Biokaasukäyttöisen henkilöauton tankkiin mahtuu noin 21 m³ kaasua NTP. Vastaavasti raskaan ajoneuvon tankkiin mahtuu noin 120 m³ kaasua NTP. Kuutio biokaasun metaania (NTP) vastaa noin litraa bensiiniä tai dieselpolttoainetta.

Biokaasutuksessa syntyvän lietteen käsittely

Biokaasutuksessa jää yleisesti eräitä erityismenetelmiä ja ratkaisuja, Biorek ja UASB, lukuun ottamatta lietemäinen materiaali, joka koostuu pääosin biokaasua tuottavista bakteereista ja käsiteltävän materiaalin hajoamattomasta osasta. Lietteen vesipitoisuus vaihtelee jonkin verran käytettävän menetelmän mukaan, mutta sen voidaan olettaa olevan noin 95 %. Vaikka jäljelle jäävän lietteen vesipitoisuus on suuri, on liete kuitenkin helpommin käsiteltävää moniin muihin lietteisiin verrattuna.

Lietteen saaminen tehokkaasti hyötykäyttöön edellyttää sen saamista kiinteään muotoon. Perinteisesti Suomessa on lietteet kompostoitu joko aumassa tai jollakin mekaanisella kompostorilla. Kompostoitaessa lietteeseen joudutaan sekoittamaan tukiainetta liian kosteuden sitomiseksi ja lietteen saamiseksi sellaiseksi, että sen läpi pääsee kulkemaan ilmaa. Tämä aiheuttaa sen, että käsittelyn jälkeen saatava massa on määrältään lähes sama kuin alkuperäinen materiaali ennen biokaasutusta. Kompostointiprosessin toimiminen edellyttää lisäksi, että käsiteltävässä massassa olevasta tyyppistä valtaosa muuttuu ammoniakiksi ja poistuu ilmastusilman mukana. Kompostoinnissa saatavalla mullalla ei Suomessa ole laajoja markkinoita. Suomessa toimii muutama kukkamultaa valmistava yritys, jotka käyttävät raaka-aineenaan kompostimultaa. Kukkamultamarkkinat ovat kuitenkin varsin pienet ja uusien yrittäjien pääsy

markkinoille erittäin vaikeaa. Valtaosa kompostoimalla saatavasta mullasta päätyykin nykyisellään kaatopaikkojen peitemateriaaliksi.

Lietteiden kuivaamiseen on kehitetty joukko hieman eri periaatteilla toimivia kuivureita. Yleensä esikuivattu liete johdetaan pyörivään rumpuun, jossa se kuivuu ja samalla rakeistuu. Kuivaus voidaan suorittaa joko suoraan lämpökattilan savukaasuilla tai sitten epäsuorasti joko johtamalla rummun läpi kuumennettua ilmaa tai lämmittämällä rummun seinämiä. kuivattavan lietteen viipymää rummussa säätelemällä yhdessä kuivatuslämpötilan kanssa saadaan liete kuivattua haluttuun kosteuteen. Laitevalmistajien ilmoittamat kuivatun lietteen kosteuspitoisuudet vaihtelevat 20 % aina 98 %:iin asti. Lopputuotteen tasalaatuisuutta ja kuivausprosessin nopeutta voidaan säädellä myös kierrättämällä kuivattua lietettä uudelleen kuivausrumpuun yhdessä tuoreen märän lietteen kanssa.

Eräät biokaasun valmistusta kehittäneet yritykset ovat kehittäneet menetelmän, jossa biokaasutukseen menevän materiaalin ravinteet saadaan talteen nestemäisinä. Tällöin prosessista jää jätteeksi puhdasta vettä.

ESISELVITYS

Tietojen keruu

Etanolin raaka-aineeksi sopivien selluloosapitoisten maatalouden epäkuranttien rehujen kertymä taloudellisesti kannattavalla kuljetusetäisyydellä selvitettiin maataloille suunnatulla kyselyllä. Kyselyt toteutettiin kolmessa eri vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa otettiin yhteyttä niihin yksittäisiin tiloihin, joiden osoitetiedot ja tuotantosuunta pystyttiin kyselemällä selvittämään. Kyselyt aloitettiin Pyhäjärveltä ja niitä laajennettiin myöhemmin myös naapurikuntien alueelle. Toisessa vaiheessa tietoa hankkeesta levitettiin tiloille pitämällä kyläkohtaisia informaatio- ja keskustelutilaisuuksia eri puolilla Pyhäjärveä. Kolmannessa vaiheessa tiloille postitettiin kyselylomakkeet yhdessä maatalouden tukipäästösten kanssa. Eri kunnista saadut tiedot peltobiomassoista ja lannasta on kerätty jäljempänä esitettäviin taulukoihin.

Metsänhoitotoimissa ja päätehakkuissa metsään jäävän ja etanolin raaka-aineeksi sopivan puuaineksen määrä kartoitettiin keskustelemalla asiasta paikallisen metsänhoitoyhdistyksen edustajan kanssa. Keskustelussa kävi ilmi, että vaikka päätehakkuut saattavat jonkin verran vähentää metsävero-uudistuksen vaikutuksesta tulevat taimikonhoito- ja harvennushakkuut vastaavasti lisääntymään. Tämän vuoksi voidaan saatua arviota puuaineksen kokonaismäärästä pitää varsin luotettavina myös tulevaisuudessa.

Pyhäjärvi

Etanolin tuotantoon soveltuvien raaka-aineiden lisäksi selvitettiin kyselyllä myös tilojen tarvetta saada syntyvä lanta käsitellyksi. Halukkuutta lannan toimittamisesta käsiteltäväksi biopoltto-aineen valmistuslaitokselle ei pääsään-töisesti kysely naapurikuntien viljelijöiltä kuljetusmatkan pitenemisen vuoksi. Mikäli tila keskustelun yhteydessä ilmoitti halukkuutensa myös lannan toimittamiseen muualla käsiteltäväksi, tiedot kirjattiin.

Kyselyssä käytettiin erikseen laadittua kyselylomaketta, jotta eri tiloilta saatavat tiedot olisivat keskenään verrannollisia. Kyselylomakkeet laadittiin erikseen peltobiomassoille ja lannalle. Osa kyselyistä tehtiin puhelimella, jolloin tilan omistaja ei täyttänyt varsinaista kyselylomaketta, vaan lomakkeen tiedot pyrittiin mahdollisimman hyvin saamaan pelkän suullisen ilmoituksen perusteella.

Kyselyn toisessa vaiheessa järjestettiin kaikkiaan viisi yleisötilaisuutta, joissa kerrottiin hankkeen taustaa ja jaettiin osallistujille kyselylomakkeet ja pyydettiin täyttämään ne joko paikanpäällä tai myöhemmin. Tiedotustilaisuudet järjestettiin Kuusenmäellä 15.9.03, Rannankylällä 22.9.03, Lamminaholla 24.9.03, Jokikylällä 29.9.03 ja Pyhäsalmissa 28.10.03.

Tutustuminen Ruotsin liikennebiopolttoainetilanteeseen

Osa ohjausryhmän jäsenistä teki yhdessä projektipäällikön kanssa tutustumismatkan Ruotsiin 10. – 12.12.2003. Matkalle osallistuivat ohjausryhmän puheenjohtaja Tero Nissinen, varapuheenjohtaja Ilpo Karvonen ja jäsen Veikko Kallio sekä projektipäällikkö Jouko Mannonen. Matka suuntautui Tukholmaan, Norrköpingiin ja Linköpingiin.

Tukholmassa tutustuttiin Stockholm Vattenin biokaasulaitokseen Brommassa. Laitoksella käsitellään jätevedenpuhdistamolta saatava biokaasu liikennekäyttöön sopivaksi. Laitoksen yhteydessä on biokaasun tankkauspiste yksityis-autoilijoille sekä biokaasun kuljetukseen käytettävien säiliöiden tankkauspiste. Laitos tuottaa noin 1,5 miljoonaa kuutiometriä liikennekäyttöön sopivaa bio-kaasun metaania vuodessa. Tukholmassa biokaasun liikennekäyttö on suunnattu erityisesti yksityisautoilijoille. Tämän vuoksi biokaasun metaania kuljetetaan paineistettuna eri puolilla kaupunkia oleville jakeluasemille, joissa yksityisautoilijat voivat käydä tankkaamassa.

Linköpingissä biokaasua tehdään paikkakunnan elintarviketeollisuuden orgaanisesta jätteestä ja läheisten maatilojen toimittamasta lannasta. Biokaasutuksessa jäävä liete toimitetaan maatalolle orgaaniseksi lannoitteeksi. Käsitelty biokaasu käytetään lähes kokonaan paikallisen bussiyhtiön paikallisbussissa. Lähes koko Linköpingin paikallisliikenne toimii biokaasulla. Bussiyhtiön varikolla on tällä hetkellä tankkauspisteet 61 bussille. Varikko on käynyt ahtaaksi ja tarkoitus on lähitulevaisuudessa rakentaa uusi varikko nykyisen varikon naapuriin. Varikolle on suunniteltu ensi vaiheessa tankkaus-paikat 100 bussille. Tilavarauksessa on lisäksi varauduttu laajentamaan tankkauspaikkoja vielä 50 paikalla. Linköpingin käyttämässä mallissa on biokaasu käytetty ensisijaisesti julkisen liikenteen (paikallisbussien) ja teknisen viraston omien autojen polttoaineena. Vasta jonkin aikaa on paikkakunnalla ollut yksityisautoilijoille tarkoitettu tankkauspiste.

Norrköpingissä toimii etanolipolttoaineen valmistukseen rakennettu Agroetanol Ab:n etanolintuotantolaitos. Laitos tuottaa etanolia 50 miljoonaa litraa vuodessa. Etanoli käytetään liikennepolttoaineena pääasiallisesti sekoittamalla sitä 5 % normaaliin 95 oktaaniseen bensiiniin. Sekoitus tapahtuu laitoksen naapurissa olevilla eri öljy-yhtiöiden sekoitusasemilla, joista sekoitettu bensiini kuljetetaan jakeluasemille. Raaka-aineenaan Agroetanol Ab:n tehdas käyttää viljaa, pääasiassa vehnää ja ohraa. Etanolin lisäksi laitos tuottaa kiinteää valkuaisrehua.

Tuotettavissa olevien biopolttoaineiden määrän arvioinnissa käytetyt periaatteet

Peltobiomassasta tuotettavissa olevan etanolin määrän arvioimiseksi teetettiin Åbo Akademin kemiallisen puunjalostuksen laitoksella hiilihydraattianalyysit ohra- ja kaurasta, ohran oljesta sekä timotei-heinän korresta. Edellä esitetyissä taulukoissa ilmoitettu peltobiomassoista saatavan etanolin määrä pohjautuu näiden analyysien perusteella tehtyyn arvioon. Kemiallisella hydrolyysillä kasveista saatavan hiili-hydraatin määrä näyttää olevan vähintään selkeästi suurempi kuin perinteisillä etanolin valmistuksessa käytetyillä menetelmillä saatu hiilihydraatin määrä. Hiili-hydraattien määrä näyttäisi olevan kemiallisen hydrolyysin eduksi jopa 20 % suurempi kasvin kuiva-ainemäärästä laskettuna.

Puumateriaalista saatava etanolin määrää arvioitiin sekä väkevähappohydrolyysillä että heikkohappohydrolyysillä saatavien etanolin saantomäärien perusteella. Väkevähappohydrolyysiä käytettäessä saadaan yleensä jonkin verran parempi etanolin tuotto kuin laimeahappohydrolyysiä käytettäessä. Menetelmien keskinäistä paremmuutta ei kuitenkaan voi perustaa pelkästään tähän yleisesti tunnettuun tietoon.

Yhteenveto kyselyn tuloksista

Pyhäjärvellä jää metsänhoitoyhdistykseltä saatujen tietojen mukaan käyttämättä melkoinen määrä puuainesta. Metsänhoitoyhdistyksen antaman arvion mukaan päätehakkuita tehdään noin 550 hehtaarilla vuodessa ja harvennushakkuita noin 1800 hehtaarilla vuodessa. Päätehakkuisa metsään jää noin 40–70 m³ puuta ja harvennushakkuissa noin 20–30 m³ puuta. Olettamalla, että puukuutio painaa noin 700 kg ja että sen kuiva-ainepitoisuus on noin 50 %, saadaan Metsänhoitoyhdistykseltä saatujen tietojen perusteella nyt Pyhäjärvellä metsään jäävästä puumateriaalista tuotettavissa olevaksi etanolin määräksi 5,3–8,5 miljoonaa litraa.

Pelkästään Pyhäjärveltä saatujen alustavien tietojen perusteella voitaisiin tuottaa etanolia 6,8–9,5 miljoonaa litraa vuodessa. Kun otetaan vielä huomioon, että lähitulevaisuudessa tapahtuu viljelyrakenteessa voimakasta siirtymistä karjankasvatuksesta kasvinviljelyyn sukupolvenvaihdosten myötä kasvavat etanolin tuotantomahdollisuudet pelkästään Pyhäjärviseen raaka-aineeseen perustuen merkittävästi. Oletettavaa on, että Pyhäjärveltä saatavista pellolla viljeltävistä raaka-aineista, voitaisiin tapahtuneiden sukupolvenvaihdosten jälkeen tuottaa ainakin kaksinkertainen määrä etanolia nyt saatuihin tietoihin verrattuna. Kun otetaan lisäksi huomioon se, että merkittävä osa tiloista on jättänyt ilmoittamatta kesantopeltojen pinta-alan ja melkoinen osa tiloista on halukas lisäämään peltopinta-alansa, mikäli tuotteille vain on markkinat, kasvaa tuotettavissa olevan etanolin määrä entisestään. Lisäksi Pyhäjärvellä on suuri määrä tiloja, joiden omistajat asuvat muulla paikkakunnalla ja joiden kaikkia peltoja ei ole vuokrattu aktiiviviljelijöille. Myös nämä pellot on mahdollista saada etanolin raaka-ainetuotantoon tuotantolaitoksen rakentamisen myötä.

Kaikki kyselyyn joko lomakkeella tai puhelimesta vastanneet tilat suhtautuvat erittäin positiivisesti raaka-aineen toimittamiseen. Osa tiloista on halukkaita jopa laajentamaan toimintaansa liikenteen biopolttoaineiden raaka-aineen tuottamiseksi.

Taulukossa esitettyjen tuotettavissa olevien etanolimäärien lisäksi on etanolia tuotettavissa siitä puumateriaalista, mikä muutoin jää hyödyntämättä. Laskemalla mukaan vaikkapa vain Pyhäjärvellä metsään nykyisellään jäävä puuaines, voidaan etanolin tuotantomäärä nostaa noin 10 miljoonaan litraan vuodessa.

Taulukko tehdyn alustavan kyselyn vastausten perusteella biopolttoaineen tuotantoon saatavat raaka-aineet ja arvio niistä tuotettavissa olevista liikennebiopolttoaineiden määristä

Raaka-aine	Raaka-aineen määrä tai tuotantoala	Arvio tuotettavissa olevasta määrästä	Polttoaineen laatu
Sian lietelanta	2140 m ³	11100 m ³	metaania NTP
Naudan lietelanta	19110 m ³	64600 m ³	metaania NTP
Kuivalanta	2600 m ³	42375 m ³	metaania NTP
Kananlanta	130 m ³	9300 m ³	metaania NTP
Viljan olki	2098 ha	1748 m ³	etanolia
Viljan jyvät	411 ha	513 m ³	etanolia
Heinäkasvit	818 ha	1531 m ³	etanolia
Ruokohelpi	300 ha	1125 m ³	etanolia
peruna	100 t	10 m ³	etanolia
Puu	58000-92500 k- m ³	5300-8500 m ³	etanolia
YHTEENSÄ		10227-13427 m ³	etanolia
		127375 m ³	metaania NTP

Naapurikunnista saatujen alustavien arvioiden mukaan kaikissa on tiloja, jotka ovat halukkaita myymään viljanviljelyalalta oljen etanolin tuotannon raaka-aineeksi. Mikäli sama kehitys, minkä eri viljelijät ovat arvioineet tapahtuvan Pyhäjärvellä, tapahtuu myös naapurikunnissa, kasvaa kasvinviljelyn osuus merkittävästi muutaman lähivuoden aikana.

Vaikkei tämän projektin puitteissa ole tarkoitus muuttaa tilojen kasvivalikoimaa millään tavalla, näyttää käytyjen keskustelujen perusteella siltä, että osa esimerkiksi karjasta luopuvista viljelijöistä on valmiita siirtymään ruokohelpin viljelyyn. Useat viljelijät ovat tiedustelleet ruokohelpin käyttökelpoisuutta liikenteen biopolttoaineiden raaka-aineena ja kertoneet harkitsevansa ruokohelpin kasvatuksen aloittamista.

Raaka-aineiden kuljetus

Tuotantomittakaavan liikennebiopolttoaineiden tuotantolaitos käyttää 400 000 – 500 000 tonnia raaka-ainetta vuodessa. Tällaisen raaka-ainemäärän kasvattaminen ei ole kovin pienellä alueella mahdollista. Tämän vuoksi raaka-aineiden kuljetuksen logistiikka ja kustannukset nousevat merkittävään asemaan.

Kuljetusetäisyys tulee ensimmäisenä rajoittavaksi tekijäksi maatilojen lannan käsittelyssä. Koska biokaasun tuotanto ja siten lannan käsittely ei ole biopolttoaineita tuottavan laitoksen ensisijainen tuotantomuoto, ei lietalannan kuljetusetäisyyksillä ole tuotantolaitoksen kannattavuuden kannalta oleellista merkitystä. Olettamalla lantakuorman kooksi 8 m³ ja lannan kuiva-ainepitoisuudeksi 5 % on lannasta saatavan biokaasun metaanin määrä noin 60 kuutiota. Jotta lannan biokaasutuksesta olisi taloudellista hyötyä biopolttoaineiden tuotantolaitokselle, olisi kuljetusmatkat rajattava noin 10 kilometriin. kannattava kuljetusmatka saattaa kuitenkin kasvaa

tästä merkittävästikin jopa 2-2,5 kertaiseksi, mikäli lanta kaasutuksen jälkeen pystytään edullisesti kuivaamaan ja rakeistamaan. Kuiva, rakeinen lannoite on tilalla helposti varastoitavissa ja levitettävissä pelloille myös märkänä keväänä. Kuivasta lannoitteesta ei myöskään haihdu siinä olevaa typpeä siinä määrin kuin lietelannasta.

Peltobiomassat muodostavat kuljetusten suhteen oman vaikeasti hallittavan kokonaisuutensa. Korjuuaikana useimmat peltobiomassat ovat jo hyvin kuivia ja niiden pakkaaminen tiiviisti erittäin vaikeaa. Tämän johdosta, kun peltobiomassat ovat toinen pääraaka-aine puun lisäksi, tulevat kuljetuskustannukset olemaan merkittävä tekijä raaka-aineen hinnassa. Kuljetus on mahdollista suorittaa joko irtokuljetuksena, jolloin viljelijän sadonkorjuukulut jäisivät mahdollisimman pieniksi, tai paalattuna. Kanttipaaleissa samaan kuormaan saadaan mahtumaan paljon enemmän peltobiomassaa kuin irtotavaran kuljetuksessa. Paalaus kuitenkin nostaa viljelijällä sadonkorjuun kustannuksia. Kaikkiaan peltobiomassan taloudellinen kuljetusetäisyys jäänee suhteellisen lyhyeksi. Näin peltobiomassaa ei pystyttäne hankkimaan biopolttoaineiden tuotantolaitokselle Pyhäjärveä ja sen naapurikuntia kauempaa.

Puuaines on kuljetuksen suhteen ongelmattomampaa. Puuta pystytään kuljettamaan sekä rankoina että hakkeena pitkiäkin matkoja suhteellisen edullisesti. Puuraaka-aineen kohdalla suurimman kustannuksen aiheuttaneekin itse puun kerääminen maastosta ellei keräyskohde ole avohakkuualue. Toisaalta erilaisten metsäkoneiden nopea kehitys voi nopeasti johtaa siihen, että puun korjuun yhteydessä saadaan samalla talteen myös teollisuudelle sopimaton puuaines.

Alustavat kannattavuusselvitykset

energiatalous

Liikenteen biopolttoaineiden tuotantoa on pitkään pidetty sekä taloudellisesti että energiataloudellisesti kannattamattomana Suomessa. Varsinkin 1990 –luvun alkupuolen selvityksissä todettiin, ettei etanolin tuotannossa tuotteesta saada edes sitä määrää energiaa, mikä kuluu raaka-aineen kasvatukseen ja etanolin valmistukseen. Viimeaikaisten biopolttoaineiden tuotantoon ja kauppaan erikoistuneiden yritysten tekemien ja teettämien selvitysten mukaan saadaan esimerkiksi U.S.A:ssa viljasta etanolia tuotettaessa huonoimmassakin tapauksessa etanolista noin 1,3 kertaisesti se energia, mikä tarvitaan raaka-aineen kasvatukseen ja etanolin valmistukseen. Uusimmissa tuotantolaitoksissa saatava energiahyöty on noin 1,5 kertainen tuotantoon tarvittavaan energiamäärään nähden.

Tohtori Christoph Bergin F.O.Lichtillä Japanin talous- kauppa- ja teollisuusministeriölle tekemän selvityksen mukaan energiataloudellisesti edullisinta on tuottaa etanolia sokeriruo'osta. tällöin tuotantoon sijoitettu energia saadaan takaisin jopa 8 kertaisesti. Seuraavaksi edullisinta on tuottaa etanolia selluloosasta, jossa saatava energiahyöty sijoitettuun energiamäärään nähden on noin kuusinkertainen. Seuraavina energiataloudellisen hyödyn suhteen tulevat biodiesel, hyöty noin 3,5 kertainen sekä etanolin valmistaminen sokerijuurikkaasta, jossa energiahyöty on noin kaksinkertainen.

taloudellinen kannattavuus

Liikenteen biopolttoaineiden hintoja pidetään yleisesti korkeampina kuin raaka-öljystä valmistettujen polttoaineiden hinnat. Tätä on pidetty eräänä syynä siihen, etteivät bioperäiset polttoaineet ole saavuttaneet merkittävämpää asemaa liikennepolttoaineiden markkinoilla. Monissa maissa autoilijoita rohkaistaan biopolttoaineiden käyttöön myöntämällä biopolttoaineille verohelpotuksia. Raakaöljyn voimakas hinnannousu on myös parantanut bioperäisten liikennepolttoaineiden kilpailukykyä.

Euroopassa tuotetun bioetanolin hinta on maa- ja metsätalousministeriön työryhmän tekemän selvityksen mukaan noin 50 euroa hehtolitralla. Samaisen työryhmän selvityksen mukaan etanolin hinta Brasiliassa on 16,37 \$/hl. Euroopan yhteisö on lisäksi perinyt tuodusta etanolista tullia, mikä on nostanut tuontietanolin hinnan noin 40 euroon hehtolitralla. Etanolin hinta Brasiliassa vaihtelee kuitenkin paljon. Tämän selvityksen hankkimien F.O.Lichtin laatimien raporttien mukaan vedettömän polttoaine-etanolin hinta Sao Paulossa Brasiliassa oli 16.8.2004 – 20.8.2004 välisenä aikana keskimäärin 25,196 \$/hl. U.S.A:ssa etanoligallonan hinta oli noin 0,988 dollaria. F.O.Lichtin raporttien mukaan vedettömän polttoaine-etanolin hinta on Brasiliassa ollut kesän ja syksyn ajan jatkuvasti nousussa. Hehtolitralla hinta Sao Paulossa oli 4.-8.10.2004 välisenä aikana jo 31,214 \$.

Selluloosasta tuotetavan etanolin hinta-arvio vaihtelee jonkin verran käytettävän tekniikan ja hinta-arvion tekijän mukaan. Ruotsissa polttoaine-etanolin hinnan arvioidaan asettuvan 40 – 45 euroon hehtolitralla selluloosapohjaisella etanolilla. Eräät selluloosaetanolin valmistusta tutkineet yritykset arvioivat omilla menetelmillään tuotettavan polttoaine-etanolin hinnaksi noin 35 euroa hehtolitralla ja onpa esitetty jopa noin 20 euron hehtolitrarahintojakin. Selluloosasta valmistettavan etanolin kohdalla raaka-aineen hinta ei vaihtele samalla tavoin vuodenaikojen ja satokauden mukaan kuin viljasta tai sokeriruo'osta valmistettavan etanolin kohdalla. Yleisen käsityksen mukaan selluloosapohjaisen etanolin tuotantokustannukset jäävät selvästi muista raaka-aineista tuotetun etanolin tuotantokustannuksia alhaisemmaksi.

Liikennebiopolttoaineiden tuotannon oheisvaikutuksista

Liikennebiopolttoaineiden valmistus selluloosapohjaisista materiaaleista parantaa maatalouden kilpailukykyä, kun muutoin jätteiksi joutuvat viljelyn sivutuotteet voidaan käyttää etanolin raaka-aineina. Useissa maissa liikenteen biopolttoaineiden tuotannon osatekijänä öljyriippuvuuden vähentämisen lisäksi onkin maataloustuotannon tukeminen. Esimerkiksi USA:ssa on maatalouden tukeminen ollut merkittävä tekijä polttoaine-etanolin tuotannon lisäämisessä öljyn tuonnin vähentämisen lisäksi.

Yleisesti voidaan sanoa, että liikenteen biopolttoaineiden tuotanto parantaa merkittävästi työllisyyttä maassa, jossa biopolttoaineiden tuotantoa harjoitetaan. Esimerkiksi Brasilia aikoo luoda miljoona uutta työpaikkaa biodiesel-polttoaineen tuotannon avulla.

Pyhäjärvelle sijoitettavaksi aiottu tehdas vaikuttaa siis merkittävästi alueen, Pyhäjärvi ja sen naapurikunnat, työllisyyteen. Tämän lisäksi sekä kannattavien työpaikkojen tuomien verotulojen lisäksi yhteiskunta hyötyy myös raaka-aineiden toimittajien myyntivoitoistaan maksamista veroista. Tämän lisäksi yhteiskunnan tulopuolelle on laskettava myös säästyneet työttömyyspäivärahat sekä työllisyyden lisääntymisen antamat sosiaalisten menojen säästöt.

YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTELMÄT

Maatalouden sivutuotteiden saanti raaka-aineiksi

lanta

Viljelijöiltä saadun palautteen perusteella voidaan päätellä, että tiloilla on tarve saada sivutuotteet tilan ulkopuolelle hyödynnettäväksi. Varsinkin lannan osalta osa tiloista toivoi, ettei biokaasutuksen jälkeen jäävää lietettä palautettaisi tilalle vaan se markkinoitaisiin edelleen muualla käytettäväksi. Niissä tapauksissa, joissa tila oli halukas ottamaan takaisin biokaasutuksen jälkeen jäävän materiaalin, yli puolet tiloista toivoi, että liete kuivattaisiin ja rakeistettaisiin ennen tilalle toimittamista. Kaikkiaan kaikki tiedusteluihin vastanneet tilat olivat halukkaita toimittamaan tiloilla syntyvän lannan tilan ulkopuolelle käsiteltäväksi, mikäli siitä ei aiheudu tilalle merkittäviä kustannuksia. Valtaosalla tiloista on käytössä lietelantajärjestelmä. Tämän vuoksi lannan kuljettaminen ei ole kovinkaan taloudellista. Jotta kuljetukset eivät muodostaisi lannan käsittelylle kohtuuttomia kustannuksia, rajoittuu kannattava kuljetusetäisyys 10 – 20 kilometriin. Viimekädessä tilan tarve saada lanta tilan ulkopuolelle käsiteltäväksi ratkaisee sen, miten pitkältä matkalta se on kannattavaa toimittaa käsittelyyn.

kasviperäiset sivutuotteet ja ylijäämärehu

Osa kyselyyn vastanneista viljaa joko tilan omaan tarpeeseen tai myyntiin kasvattavista tiloista käytti osan oljista karjan kuivikkeena tai lähinaapuri haki osa oljista kuivikkeena käytettäväksi. Pääosa tiloista kuitenkin silppusi oljet peltoon puinnin aikana. Oljet peltoon silppuavat viljelijät olivat hyvin kiinnostuneita mahdollisuudesta toimittaa oljet biopolttoaineiden valmistuksen raaka-aineeksi. Ne tilat, jotka käyttävät suojaviljaa nurmen perustamisessa olivat erityisen halukkaita löytämään oljelle hyötykäyttökohteen.

Alueella toimivat heinän siemenviljelijät joutuvat järjestämään heinän puinnin jälkeen jäävälle kuivalle korrelle käsittelyn, sillä sitä ei voi jättää peltoon, missä se haittaisi seuraavan vuoden kasvua. Alueella olevat heinän ja viljan siemenviljelijät toimivat maamme olosuhteisiin nähden suurehkoissa yksiköissä, mikä osaltaan helpottaisi heinän ja viljan oljen keruuta kyseisiltä tiloilta.

Heinän ja oljen kuljetus ei ole kovin taloudellista, sillä näitä materiaaleja ei pystytä pakkaamaan kuljetusta varten kovinkaan tiukkaan. Toisaalta se, ettei kuljetettavan materiaalin tarvitse välttämättä olla täysin kuivaa, parantaa pakkausmahdollisuutta ja helpottaa materiaalin keruuta kiireisenä puintiaikana.

Taloudellisesti kannattavan kuljetusmatkan päässä on myös aktiivisia ruokohelpin viljelijöitä. Korjattaessa ruokohelpi syksyllä voidaan hehtaarilta saada 10 – 11 tonnin kuiva-ainesatoja. Polttoon toimitettava sato korjataan keväällä, jolloin hehtaarisato jää noin 5 tonniin hieman talvesta ja sen lumitilanteesta riippuen. Viljelijöille olisi myös edullista, mikäli ruokohelpin sato voitaisiin kuljettaa paalaamattomana jalostuspaikalle.

puumateriaali

Metsien rakenne on muuttumassa yhä enemmän nuorta puuta sisältäväksi. Tämän vuoksi hyvin pienen puuston, risujen, osuus kaikissa metsänhoitotöissä poistettavasta puuaineksesta tulee kasvamaan. Normaaliin polttoon ei juurikaan ole voitu kerätä kovin pieniläpimittaista puuainesta. Puumateriaalin saantia ei kartoitettu vastaavasti kuin maatalojen muiden

sivutuotteiden saanti. Metsänhoitoyhdistykseltä saatujen tietojen perusteella biopolttoaineiden tuotantoon olisi saatavissa riittävästi erilaista puumateriaalia.

Tuotannon kannattavuus

Maailmalla on toiminnassa ainakin kahteen eri menetelmään perustuvia selluloosasta etanolia tuottavia laitoksia. Kummankin laitostyyppin kehittäjät väittävät, että heidän menetelmällään pystytään etanolia tuottamaan selluloosaa sisältävästä materiaalista huomattavasti viljasta tuotettavaa etanolia edullisemmin.

Tuotantomenetelmiä kehittäneiltä yrityksiltä saatujen tietojen perusteella näyttäisi siltä, että Pyhäjärvellä olisi mahdollista tuottaa käytössä olevista raaka-aineista polttoaine-etanolia täysin kilpailukykyiseen hintaan siten, että laitos pystyisi maksa-maan investointikulunsa korkoineen noin kymmenessä vuodessa ja tuottamaan vielä tämän lisäksi kohtuullisen vuosittaisen voiton.

JOHTOPÄÄTELMÄT

Pyhäjärvelle on saatavissa riittävästi raaka-aineita, jotta sinne sijoitettava liikenteen biopolttoaineita tuottavalaitos pystyy tuottamaan 100 - 150 miljoonaa litraa polttoaine-etanolia vuodessa. Koko maassa näyttäisi raaka-ainetta olevan saatavilla riittävästi noin 4 miljardia öljylittraa vastaavan etanolimäärän tuottamiseen siten, ettei se merkittävästi vaikuta elintarviketuotantoon tai aiheuta raaka-aineen saantiongelmia muulle teollisuudelle tai energiantuotannolle.

Tiloilla on tarve hyödyntää kaikki sivutuotteina syntyvät materiaalit. Sivutuotteiden hyödyntäminen paitsi parantaa maatalojen kannattavuutta myös vähentää sivutuotteista aiheutuvia ympäristöön haitallisesti vaikuttavia päästöjä.

Polttoaine-etanolin tuotanto Suomessa näyttää alustavien arvioiden perusteella nykyisin saatavilla olevilla tuotantotekniikoilla taloudellisesti kannattavalta, kun tuotantokustannuksia verrataan muualta tuotavissa olevan vedettömän polttoaine-etanolin hintaan. Etanoli tulee myös olemaan liikenteen polttoaineena siinä vaiheessa, kun nykyisenlaiset polttomoottorit korvautuvat polttokennoihin perustuvilla voimanlähteillä.

Muualla autoistuneessa maailmassa nähdään selluloosaa raaka-aineena käyttävä etanolin valmistus hyvin kannattavana. Jo sillä perusteella ja käyttämällä ruotsalaisten tekemiä arvioita selluloosapohjaisen etanolin tuotantokustannuksista näyttäisi polttoaine-etanolin tuotanto kannattavalta Pyhäjärvellä. Laitoksen lopullisen investointipäätöksen tekemistä varten tarvitaan kuitenkin vielä eri tuotantomenetelmien tarkka keskinäinen kannattavuusvertailu ja valittavaan tuotantomenetelmään perustuvan laitoksen tarkka kannattavuuslaskelma.