

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Teknillinen tiedekunta

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0200 Energiatekniikan kandidaatintyö ja seminaari

Tieliikenteen biopolttoaineet Suomessa

Road Traffic's Biofuels in Finland

Työn tarkastaja: Aija Kivistö

Työn ohjaaja: Aija Kivistö

Hamina 31.10.2013

Vesa Korjula

TIIVISTELMÄ

Tekijän nimi: Vesa Korjula

Opinnäytteen nimi: Tieliikenteen biopolttoaineet Suomessa

Teknillinen tiedekunta

Energiatekniikan koulutusohjelma

Kandidaatintyö 2013

Numeroituja sivuja 45, kuvia 8 ja taulukoita 5

Hakusanat: biodiesel, bioetanoli, biokaasu, biopolttoaine, Suomi, tieliikenne

Tässä kandidaatintyössä käydään läpi kolme yleistä tieliikenteen käyttöön tarjolla olevaa biopolttoainetta Suomessa. Nämä ovat biodiesel, biokaasu ja etanoli. Polttoaineiden tuotantoketjut selostetaan raaka-aineista jakeluun asti. Biopolttoaineille soveltuvaa ajoneuvokalustoa selvitetään. Muutamien ajoneuvovalmistajien eri moottoritekniikkaan perustuvien mallien vuosittaisia polttoainekustannuksia verrataan keskenään.

SISÄLLYSLUETTELO

LYHENNYSLUETTELO	2
1 JOHDANTO	4
2 BIOPOLTTOAINEIDEN KEHITTÄMISEN LÄHTÖKOHTIA	6
2.1 Tavoitteet, direktiivit ja lainsäädäntö	8
2.2 Tilanne maailmalla ja Suomessa	9
2.3 Biopolttoaineille soveltuva ajoneuvokalusto.....	13
2.4 Investoinnit – tuotantolaitokset	14
3 BIOPOLTTOAINEITA SUOMEN MARKKINOILLA	16
3.1 Biodiesel.....	17
3.2 E85 eli 85 % etanolin ja 15 % bensiinin seos.....	18
3.3 Biokaasu	18
4 RAAKA-AINEET, TUOTANTO JA JAKELU	19
4.1 Raaka-aineet	19
4.1.1 Biodiesel – jätevirrat sekä palmuöljy.....	20
4.1.2 Bioetanoli – jätevirrat ja kasvit	20
4.1.3 Biokaasu – erilaiset jätteet sekä kasvit.....	21
4.2 Tuotanto.....	22
4.2.1 Biodiesel – HVO / BTL -valmistusprosessi.....	22
4.2.2 Bioetanoli – fermentointi ja tislaus	23
4.2.3 Biokaasu – mädättäminen	25
4.3 Biopolttoaineiden jakelukanavat	26
5 AJONEUVOKANTA	29
5.1 95E10-bensiinilaadun soveltuvuus.....	30
5.2 Vanhan tekniikan muokkaus biopolttoaineelle soveltuvaksi	31
5.3 E85-laadulle soveltuva FFV-ajoneuvo.....	32
5.4 Kaasuajoneuvot	32
6 BIOPOLTTOAINEIDEN HINTA JA KILPAILUKYKY	35
6.1 Polttoaineen hinta	35
6.2 Ajoneuvon vuosittaiset polttoainekustannukset	36
7 YHTEENVETO JA TULEVAISUUS	38
LÄHDELUETTELO	39

LYHENNYSLUETTELO

BioVerno	UPM:n HVO/BTL-tyyppinen biodiesel
Bio-SNG	synteettinen selluloosapohjainen kaasutettu maakaasu (synthetic natural gas)
BTL	prosessi, jolla tuotetaan biomassapohjaista nestemäistä biopolttoainetta (biomass to liquied)
CBG	paineistettu biokaasu (compressed biogas)
CH ₄	metaanikaasu
CNG	paineistettu maakaasu (compressed natural gas)
CO ₂	hiilidioksidi (carbon dioxide)
E85	etanolipolttoaine FFV-ajoneuvoille (80-85 % etanolia, 15-20 % bensiiniä)
ED95	raskaan kaluston etanolipolttoaine (95 % etanolia, 5 % syttymistä helpottavaa ainetta)
FAME	rasvapohjainen metyyliesteri (fatty acid methyl ester)
FFV	monipolttoaineajoneuvo (flexible fuel vehicle)
HD	raskas ajoneuvo (high duty)
HVO	vetykäsitelty kasviöljy (hydrotreated vegetable oil)
IEA	Kansainvälinen energiajärjestö (International Energy Agency)

LBG	nestemäinen biokaasu (liquefied biogas)
LD	kevyt ajoneuvo (light duty)
LNG	nestemäinen maakaasu (liquefied natural gas)
LPG	nestemäinen propaanikaasu (liquefied propane gas)
NExBTL	Nesteen HVO/BTL-tyyppinen biodiesel
NGC	paineistettu maakaasu (natural gas compressed)
NGV	metaanikaasuajoneuvo (natural gas vehicle)
RE85	St1:n E85-polttoaine (80-85 % etanolia, 15-20 % bensiiniä)
RED95	St1:n ED95-polttoaine (95 % etanolia, 5 % syttymistä helpottavaa ainetta)
RFA	Uusituvien polttoaineiden järjestö (Renewable Fuels Association)
VTT	Teknologian tutkimuskeskus
2W	kaksipyöräiset (2 wheel)

1 JOHDANTO

Öljyn pitkällä aikavälillä jatkuvasti nouseva markkinahinta, öljyesiintymien ehtyminen, haitallisten kasviuonekaasupäästöjen vähentäminen sekä ihmisten kasvava halu olla jatkossa fossiilisista polttoaineista mahdollisimman vähän riippuvaisia lienevät suurimpia vaikuttavia tekijöitä biopolttoaineiden kehittämiseksi. Koko maailman energiankulutuksesta noin kolmannes on öljypohjaista energiaa, josta tieliikenne kuluttaa valtaosan. Ihmisten halu, kuten myös tarve, liikkua paikasta toiseen on nykyään kohtuullisen tärkeä asia, niin ihmisille kuin yhteiskunnalle. Tulevaisuudessa tämä tuskin tulee merkittävästi vähentymään, tosin taloudelliset tekijät tulevat vaikuttamaan ihmisten sekä tavaroiden liikkumiseen entistä enemmän. Suomessa erityisesti liikenne on todella merkittävä asia yhteiskunnan toimivuuden kannalta. Tavarat, elintarvikkeet sekä ihmiset kulkevat pääasiassa nimenomaan henkilöautoilla ja kuorma-autoilla. Suomi on pinta-alaltaan laaja, ja useimmat ihmiset asuvat haja-asutusalueilla. Tämän takia on hyvin suotavaa, että maassamme jatkossa olisi taloudellisesti kohtuullisen edullinen tieliikenne. Suomen hallitus on tiedostanut tulevaisuudessa syntyvän ongelman ja on asettanut jopa EU:ta tiukemmat tavoitteet tieliikenteessä käytettäville polttoaineille. Metsäteollisuus on ollut Suomelle vahva työllistäjä sekä verotulojen lähde. Ala on viimeisen kymmenen vuoden ajan ollut vahvassa rakennemuutoksessa, ja metsäteollisuudelle ennustetaan uutta menestystä biopolttoaineiden kehittäjänä sekä tuottajana.

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on selvittää, minkälaisia biopolttoaineita Suomessa on tarjolla tieliikennekäyttöön sekä minkälaisia teknisiä muutoksia ajoneuvokantaan ja polttoaineiden jakelusta varten infrastruktuuriin tarvitsee tehdä. Biopolttoaineiden jakelukanavat varsinkin Etelä-Suomessa ovat jo kohtalaisen kattavat, mutta tällä hetkellä esimerkiksi ”Flexible Fuel Vehicle” eli FFV-ajoneuvoja (monipolttoaineajoneuvoja) ei vielä Suomessa ole liikenteessä kovinkaan paljon. Polttoaineista keskitytään kolmeen yleisempään tarjolla olevaan laatuun. Kyseiset

laadut ovat Neste Oilin NExBTL-biodiesel, St1:n tuottama RE85 sekä Gasumin biokaasu. Näistä jokaisesta käydään läpi koko elinkaaren ketju, raaka-aineista lähtien, tuotanto- ja jakeluketjun kautta ajoneuvoon asti. Ajoneuvokantaa käsittelevässä luvussa selvitetään, millaisiin ajoneuvoihin kyseiset polttoaineet on tarkoitettu sekä miten ne soveltuvat jo nykyisiin liikenteessä käytössä oleviin ajoneuvoihin. Biopolttoaineet käydään pääpiirteissään läpi niin ominaisuuksiltaan, tuotantoketjuiltaan kuin myös käyttömahdollisuuksiltaan. Raaka-aineet, niiden saatavuus sekä hinta ovat merkittävä osa biopolttoaineiden kehitystä sekä yleistymistä Suomessa. Lisäksi yleistymiseen vaikuttaa vahvasti ajoneuvokannan hidas uusiutumistahti. (British Petrol 2012)

Vuonna 2011 kotimaisen liikenteen kasvihuonekaasupäästöt olivat 13,2 miljoonaa tonnia. Tieliikenteestä syntyy 90 % kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöistä. Euroopan unionin sekä Suomen valtion tavoitteena on vähentää tieliikenteen tuottamia kasvihuonekaasupäästöjä. Tehokkain ja nopein keino tähän on tuoda markkinoille erilaatuisia biopolttoaineita, joilla voidaan korvata fossiilisten polttoaineiden käyttöä. (Öljyalan keskusliitto 2013)

Tässä työssä keskitytään lähinnä tällä hetkellä henkilöautoliikenteessä käytettäviin etanoliin ja biokaasuun sekä myös raskaalle kalustolle soveltuvaan biodieseliin. Lisäksi selvitetään millaisia raaka-aineita kyseisten biopolttoaineiden tuotannossa käytetään, millaisia niiden tuotantoprosessit pääpiirteissään ovat sekä millaisen infrastruktuuri biopolttoaineiden jakeleminen vaatii ja millaisissa ajoneuvoissa niitä voidaan käyttää.

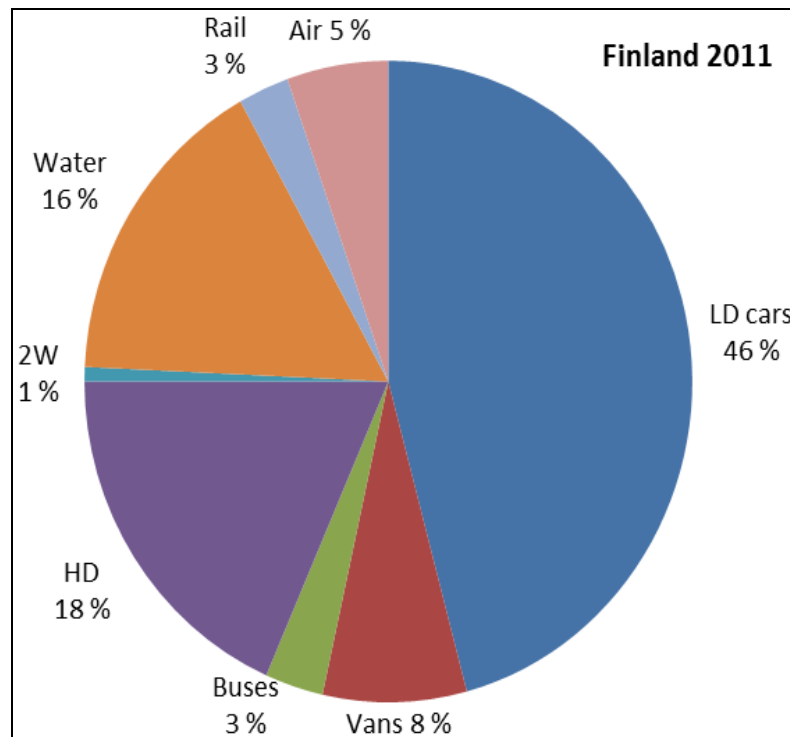
2 BIOPOLTTOAINEIDEN KEHITTÄMISEN LÄHTÖKOHTIA

Ensimmäiset ajatukset ja suunnitelmat biopolttoaineiden kehittämiseksi saivat alkunsa jo 1970-luvulla energiakriisin takia. Brasilia ja Yhdysvallat aloittivat bioetanolin tuotannon jo 1970-luvulla. Täten näillä mailla on kehitystyössä hieman etumatkaa verrattuna Eurooppaan. Brasilia tuottaa bioetanolia sokeriruo'osta ja Yhdysvallat maissista. Merkittävä etu näissä raaka-aineissa on se, että kotimaista työvoimaa voidaan tukea. Toisaalta polttoaine-etanolituotanto kilpailee osaltaan ruoka-ainetuotannon kanssa. (Iowa State University 2009, EIA 2012)

Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden raaka-aineina ovat sokeri-, tärkkelys- sekä öljypitoiset kasvit. Toisen sukupolven biopolttoaineiden raaka-aineina ovat kasvi- ja puupohjainen selluloosa sekä jätteet. Jätepohjaista raaka-ainetta käytettäessä toisen sukupolven biopolttoaineet eivät käytännössä kilpaile ollenkaan ruoantuotannon kanssa. Kolmannen sukupolven biopolttoaineet ovat kehitteillä olevia polttoaineita, jotka eivät lähivuosina ole tulossa kaupalliseen tuotantoon. Näitä valmistetaan täysin uusista raaka-aineista, kuten levistä. (Motiva 2013)

Kaikesta maailman kuluttamasta energiasta jopa kolmasosa on öljyä. Tästä suurin osa käytetään liikenteessä. Öljyn markkinahinnan vaihtelu sekä öljyn saatavuus vaikuttavat täten merkittävästi varsinkin länsimaisten ihmisten liikkumiseen. Maailmantalouden kasvu on pitkään ollut kytköksissä nimenomaan raakaöljyn markkinahintaan. (British Petrol 2012)

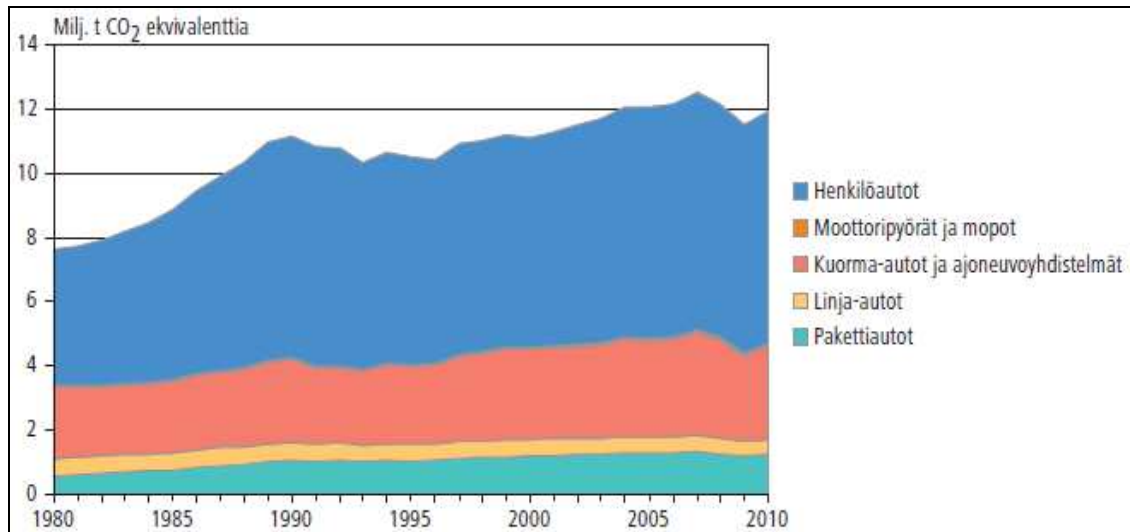
Suomessa liikenteen energiankulutus vuonna 2011 oli 222 PJ eli noin 62 GWh ja kokonaisenergiankulutuksesta sen osuus oli 16 %. Kuvassa 1 on diagrammi, jossa on eri ajoneuvotyyppien osuudet liikenteen energiankulutuksesta vuonna 2011. Tieliikenteen osuus on noin 74 % liikenteen kokonaisenergiankulutuksesta. (IEA 2012)



Kuva 1. Energiankulutus liikenteen eri sektoreilla vuonna 2011. (IEA 2012)

Tieliikenteen osuus energiankulutuksesta on noin 75 % eli muun liikenteen osuus on ainoastaan neljännes. Henkilöautojen sekä pakettiautojen osuus on yli puolet koko liikenteen energiankulutuksesta. (IEA 2012)

Suomen kasvihuonekaasupäästöistä liikenne tuottaa noin 20 %. Tämä on pysynyt jotakuinkin samana viime vuosikymmenen ajan. Vuonna 2011 kotimaisen liikenteen kasvihuonekaasupäästöt olivat 13,2 miljoonaa tonnia. Vuoteen 2020 mennessä päästöjä pyritään pienentämään 15 % verrattuna vuoden 2005 päästötasoon. Tieliikenteestä syntyy 90 % kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöistä. Henkilöautojen osuus on noin 60 %, paketti- ja kuorma-autojen noin 36 %, bussien ja moottoripyörien noin 4 % ja viimeisenä juna-, lento- sekä vesiliikenteen osuus on ainoastaan noin 7 %. Kuvassa 2 on Suomen tieliikenteen CO₂-päästöt vuosina 1980–2010. (Tilastokeskus 2012, Öljyalan keskusliitto 2013)



Kuva 2. Tieliikenteen CO₂-päästöt ajoneuvotyypeittäin Suomessa vuosina 1980-2010. (Tilastokeskus 2012)

Kokonaisuudessaan vuoteen 2010 mennessä CO₂-päästöt ovat lisääntyneet 50 % verrattuna vuoden 1980 tasoon. Henkilöautojen päästöt ovat kasvaneet kaikkein eniten. Samalla tosin ajoneuvojen määrät sekä vuosittain kuljettujen matkojen kilometrimäärät ovat lisääntyneet, toisaalta taas ajoneuvojen energiatehokkuus on parantunut eli käytetty polttoainemäärä per kilometri on pienentynyt. Suomalaiset ajavat keskimäärin noin 19 000 kilometriä vuodessa. (Tilastokeskus 2012, Tulli 2013)

2.1 Tavoitteet, direktiivit ja lainsäädäntö

Eurooppa-neuvoston vuonna 2007 asettaman pakollisen tavoitteen mukaan kaikissa jäsenvaltioissa liikenteen polttoaineiden kulutuksesta vähintään 10 % on oltava uusiutuvista lähteistä peräisin vuoteen 2020 mennessä. Toisen sukupolven biopolttoaineiden kaupallinen kannattavuus sekä kestävä kehitys huomioiden tavoite on

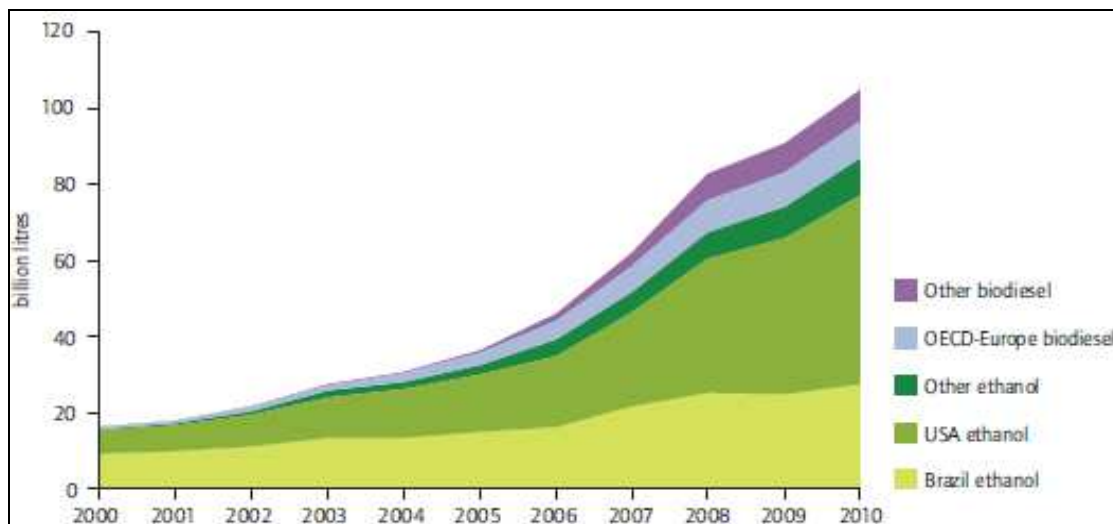
perusteltu. Suomi on asettanut omaksi tavoitteekseen, että vuonna 2020 tieliikenteen polttoaineista biopolttoaineita olisi vähintään 20 %. (EU:n direktiivi 2009/28/EY, TEM 2013)

Suomen hallituksen tavoitteena on henkilöautokannan uudistumisen kautta vaikuttaa kasvihuonekaasupäästöihin. Tarkoituksena on, että uusien autojen keskimääräiset hiilidioksidipäästöt vuonna 2020 olisivat 95 g/km, kun vuonna 2012 ne olivat 164 g/km. Verotusta käytetään ohjauksena vaikuttamalla ajoneuvon hintaan sekä käyttöön. Ajoneuvon rekisteröinnin yhteydessä maksettava autovero on henkilöautoilla vuodesta 2009 ja pakettiautoilla vuodesta 2008 asti perustunut CO₂-päästöihin. Vuosittain ajoneuvon käytöstä maksettava ajoneuvovero on perustunut autovalmistajien ilmoittamiin CO₂-päästötietoihin 1.3.2011 lähtien. Henkilöautoilla tämä on käytössä vuosimallista 2001 lähtien ja pakettiautoilla 2008 lähtien. Muilla henkilö- ja pakettiautoilla ajoneuvovero määräytyy kokonaisuudessaan mukaan. (Finlex 2012, Trafi 2013, Öljyalan keskusliitto 2012)

2.2 Tilanne maailmalla ja Suomessa

Pohjois- ja Keski-Amerikassa tuotettiin vuonna 2012 eniten etanolipolttoainetta maailmassa, noin 52 miljardia litraa, josta lähes kaiken tuotti Yhdysvallat. Brasilia tuotti toiseksi eniten, noin 21 miljardia litraa. Yhteensä Amerikan mantereilla tuotettiin noin 90 % koko maailman tuotannosta. Euroopassa vastaavana aikana tuotettiin 4,3 miljardia litraa, joka oli noin 5 % koko maailman tuotannosta. Vuodesta 2000 vuoteen 2007 maailman liikennekäyttöön tuotetun etanolin määrä on kolminkertaistunut 17 miljardista 52 miljardiin litraan. Maailman liikenne-etanolintuotanto oli vuonna 2007 noin 50 miljardia litraa ja vuonna 2012 noin 82,5 miljardia litraa, joten tuotanto on alle

viidessä vuodessa kasvanut noin 65 %. Kuvassa 3 on koko maailman biopolttoainetuotanto vuosina 2000 – 2010. (IEA 2011, RFA 2013)



Kuva 3. Maailman biopolttoainetuotanto vuosina 2000-2010. (IEA 2011)

Brasilian ja Yhdysvaltojen tuottaman etanolin osuus on merkittävän suuri ja Yhdysvaltojen osuus on vuodesta 2006 asti kasvanut huomattavasti. Etanolin osuus kokonaistuotannosta on noin 80 % ja biodieselin osuus noin 20 %. Biokaasun osuus on todella alhainen. (IEA 2011)

Liikennekäyttöön Suomessa etanolia tuottaa lähinnä St1. Raaka-aineina ovat lähinnä elintarviketeollisuuden sekä kotitalouksien jätteet. Nämä jalostetaan ensin 85 % etanolivesi-seokseksi ja väkevöidään 99,7 % vahvaiseksi etanoliksi. Huoltoasemalla myytävä E85-polttoainelaatu sisältää noin 85 % etanolia ja noin 15 % bensiiniä. Bensiinin käytön tarkoituksena on parantaa käytettävyyttä talviolosuhteissa. (St1 2013)

Suomessa ison mittakaavan biodieselin tuottaja on Neste Oil. Sen raaka-aineina ovat palmuöljy sekä erilaiset elintarviketeollisuuden jätevirrat. Kaksi isoa tuotantolaitosta on Singaporessa ja Rotterdamissa, joiden tuotantokapasiteetit ovat 800 kt/a/laitos.

Porvoossa on myös kaksi hieman pienemmän kokoluokan tuotantolaitosta, ja niiden tuotantokapasiteetit ovat 190 kt/a/laitos. Neste Oilin NExBTL on vetykäsitelty kasviöljy-pohjainen (HVO) uusiutuva diesel eli se toimii sellaisenaan nykyisissä dieselajoneuvoissa. Vuonna 2012 Neste Oilin koko biodieseltuotannon raaka-aineiden käyttömäärä oli 2,1 Mt. (Neste Oil 2013)

Biokaasua Suomessa myy ja jakelee lähinnä Gasum. Syyskuussa 2013 noin 2 miljoonaa suomalaista asuu alueella, jonka maakaasuverkoston pohjalle rakennettu maa-/biokaasunjakeluverkosto ulottuu. Pääosin biokaasu kerätään vedenpuhdistuslaitoksien biokaasulaitoksissa sekä mädättämällä erinäisistä kasviperäisistä aineista, mutta myös kaatopaikoilta kerätään metaania talteen ja maatilojen yhteydessä on biokaasureaktorilaitoksia. (Bioenergiatieto 2013, Biokaasuyhdistys 2013, Gasum 2013)

Maailman laajuisesti julkisten metaanitankkausasemien määrä ylitti 20 000 kappaaleen rajan vuonna 2011. Vuosikasvua on globaalisti hieman yli 20 %. Kaakkois-Aasiassa kasvu on ollut nopeinta, lähes 40 % vuodessa. (Liikennebiokaasu vuosikirja 2012)

Vuonna 2012 lopussa Saksassa oli noin 900 metaanitankkausasemaa (joista 38 on biokaasuasemia) sekä lähes 9000 biokaasulaitosta. Italiassa on myös noin 900 metaanitankkausasemaa, muutama enemmän kuin Saksassa. Italia on myös Euroopan johtava maa metaaniautojen määrässä, niitä on lähes 800 000 kappaletta (4500 raskasta ajoneuvoa). Koko Euroopassa oli kaupallisia maa- ja biokaasuasemia yhteensä yli 4000 kappaletta vuoden 2012 lopussa. Näiden lisäksi yksityisiä pientankkausasemia lähinnä omakotitaloissa oli melkein 1900 kappaletta. (Liikennebiokaasu vuosikirja 2012)

Ukraina on maailman johtava maa metaanikäyttöisten kuorma-autojen määrässä. Toukokuussa 2012 niitä oli 136 000 kappaletta. Metaanikäyttöisissä linja-autoissa Kiina on johtava maa, vuonna 2012 niitä oli liikenteessä 300 000 kappaletta. (Liikennebiokaasu vuosikirja 2012)

Taulukossa 1 on tieliikenteen eri polttoaineiden kulutusmäärät Suomessa. Bensiinin sekä dieselin kulutus kattaa lähes kokonaisuudessaan tieliikenteen energiankulutuksen.

Biopolttoaineiden osuudet ovat vielä suhteellisen pienet, mutta tulevaisuudessa niiden osuudet tulevat uskottavasti kasvamaan. Vaihtoehtoisten polttoaineiden yleistymistä on hidastanut Suomen hitaasti uusiutuva autokanta sekä uusien ajoneuvojen suhteellisen korkea hankintahinta. Etanolille ja biokaasulle soveltuvia ajoneuvomalleja on alkanut tulla Suomen markkinoille muutamia vasta vuodesta 2011 lähtien. Merkittävä yleistymistä hidastava tekijä on ollut myös jakeluverkon riittämätön kattavuus. Vuonna 2013 biopolttoaineiden jakeluverkko varsinkin eteläisessä osassa Suomea on jo kiitettävän kattava. (ABC-ketju 2013, Gasum 2013, IEA 2012, Motiva 2013, St1 2013)

Taulukko 1. Tieliikenteen polttoaineiden kulutus Suomessa. (IEA 2012)

Poltto- aine	Bensiini	Diesel	Bioetanol & eetterit (yhteensä/ bio-osuus)	Biodiesel (w/o non- road)	Maa- kaasu	Bio- kaasu	Yhteensä	Yksikkö
Vuosi	2012	2012	2011	2011	2011	2011		
Määrä	1600	2400	205 / 196	127 / 124	4,26	0,230	4004	[kt]
	1680	2424	131 / 90	109 / 107	5,0	0,27	4109	[ktoe]
Osuus	40,9	59,0	3,19 / 2,19	2,65 / 2,60	0,122	0,00657	100	[%]

Vuonna 2011 biopolttoaineiden osuus oli vielä alle 6 % kokonaiskulutuksesta. Biokaasun osuus erityisesti on vielä erittäin pieni, mutta biokaasun liikennekäyttö on vuosina 2008 – 2012 lisääntynyt 160 % vuositahdilla. Valtion edestakaisin muuttunut maakaasun verokohtelu on hieman hidastanut kehitystä. Tulevaisuuden kehitykseen jo päätetyt sekä tulevat veronkorotukset vaikuttavat merkittävästi. Vuosina 2011 – 2012 maakaasun polttoainevero oli 9,024 €/MWh ja vuodesta 2015 lähtien 16,64 €/MWh. Myös etanolin sekä biodieselin käyttö on entistä enemmän lisääntymään päin. Tulevaisuudessa biopolttoaineiden käyttö uskottavasti tulee kasvamaan merkittävästi. (Biokaasuyhdistys 2013, Tulli 2010)

2.3 Biopolttoaineille soveltuva ajoneuvokalusto

Etanolin käyttöä varten suositellaan erityistä FFV-ajoneuvoa eli Flexible Fuel Vehicleä, jossa voi käyttää polttoaineena niin bensiiniä kuin myös etanolia sekä näiden sekoituksia. Brasiliassa sekä Yhdysvalloissa tämä ajoneuvotekniikka on ollut jo 1990-luvun lopulta lähtien suhteellisen yleisessä käytössä. Ruotsissa ja Saksassa 2000-luvun loppupuolella nämä ajoneuvot ovat lisääntyneet kohtuullisen nopeasti. Suomessa FFV-ajoneuvot ovat vielä hieman harvinaisia, mutta niiden määrä on kokoajan lisääntymään päin. Kohtalaisen monella autonvalmistajalla sekä maahantuojalla on Suomeen tarjolla FFV-malleja. Vuonna 2013 FFV-autojen hankintahinnat eivät paljoakaan eroa muunlaisen moottoritekniikan omaavista ajoneuvoista. Tietyissä vanhoissa, erityisesti ruotsalaisvalmisteisissa ajoneuvoissa etanolia saattaa voida käyttää ongelmitta ja markkinoilla on myynnissä E85-muunnossarjoja. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi ei tosin suosittele näitä, moottorinvaurioitumisriskin sekä mahdollisen laittomuuden takia. Muutostarkastuksissa muunnossarjoja on kuitenkin hyväksytty käyttöön. VTT sekä St1 ovat käynnistäneet näihin liittyen tutkimuksen. (Aamulehti 2013, EIA 2013, Motiva 2013, Trafi 2013, VTT 2013)

FAME-tyyppistä (esteripitoinen) biodieseliä ei voi sekoittaa fossiilisen dieselin joukkoon kuin maksimissaan 7 %, jotta moottorin rikkoontumisriski vältettäisiin. HVO-tyyppistä (vetykäsitelty kasviöljy) biopolttoainetta, kuten Nesteen NExBTL-biodieseliä taas voidaan käyttää sellaisenaan dieselkäyttöisissä ajoneuvoissa. Moottorin toiminnan kannalta toisen sukupolven HVO-tyyppinen biodiesel on jopa puhtaampaa ja parempaa moottoreiden kestävyuden kannalta kuin fossiilinen diesel. (Motiva 2013, Neste Oil 2013)

Biokaasun käyttämiseen liikenteessä tulee olla kaasukäyttöinen auto tai erikseen kaasukäyttöön muutettu ajoneuvo. Maakaasu sekä puhdistettu biokaasu ovat molemmat samankaltaista ainetta eli metaanikaasua. Täten maakaasuverkostoa voidaan käyttää

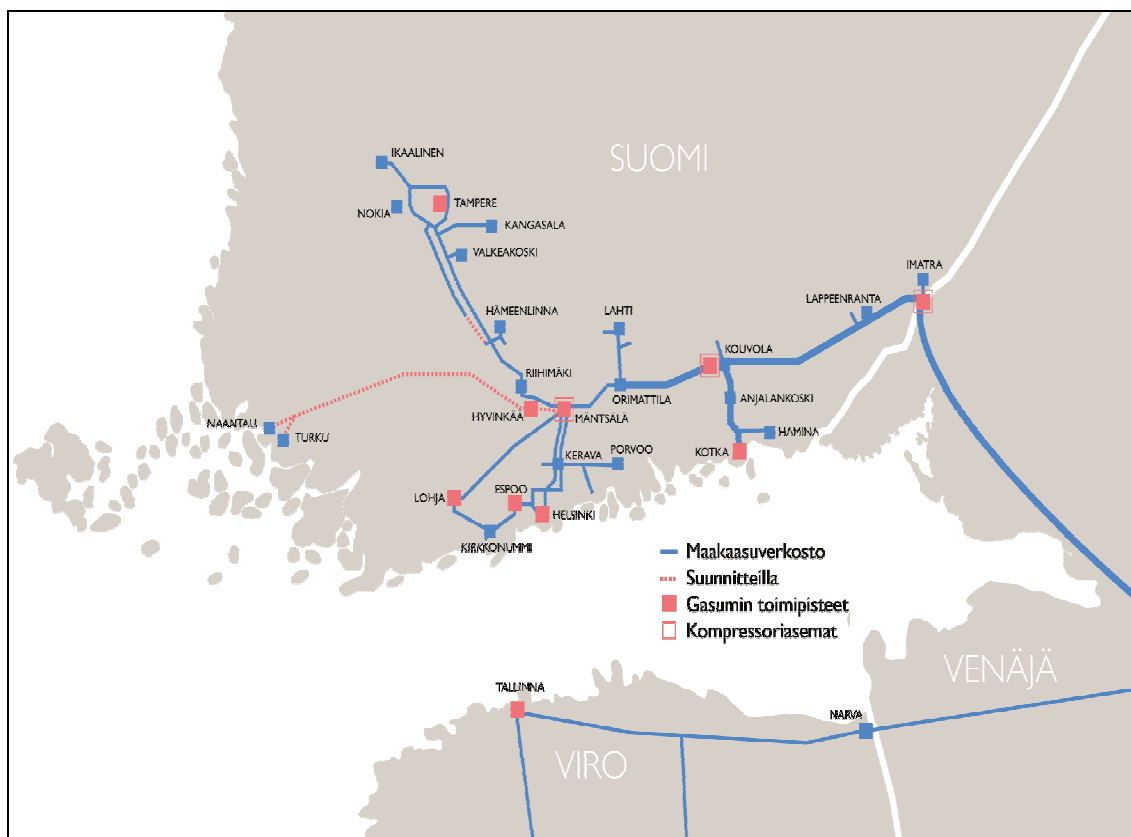
biokaasun jakeluun. Maakaasuajoneuvoja ei vielä kovin monella autovalmistajalla tai Suomen maahantuojalla ole tarjolla. Hankintahinta ei useimmilla kaasuautomalleilla eroa merkittävästi toisenlaisen polttoaineteknologian omaaviin malleihin. (Gasum 2013, Motiva 2013)

2.4 Investoinnit – tuotantolaitokset

UPM alkoi rakentaa vuonna 2012 maailman ensimmäistä puupohjaisia biopolttoaineita valmistavaa biojalostamo Lappeenrantaan. Tuotanto jalostamolla on tarkoitus aloittaa vuonna 2014. Tuotantokapasiteetti tällä jalostamalla on 100 000 tonnia vuodessa ja se vastaa 120 miljoonaa litraa biopolttoainetta. Raaka-aineen aiotaan käyttää selluntuotannon sivutuotetta mäntyöljyä. Suurin osa tästä tulee UPM:n Suomen sellutehtailta. Lopputuote on BioVerno-niminen uusiutuva diesel-polttoaine, joka on käyttöominaisuuksiltaan samanlainen kuin tavallinen diesel-polttoaine. Neste Oil:n Porvoon jalostamolla on kaksi samansuuruista NExBTL-biodieseltuotantoyksikköä, jotka on avattu vuosina 2007 ja 2009. Yhteensä niiden tuotantokapasiteetti on 380 kilotonnia vuodessa. Kokonaisuudessaan Neste Oilin biodieselin tuotantokapasiteetti on lähes 2 miljoonaa tonnia vuodessa. (Neste Oil 2013, UPM 2013)

St1 on rakentanut 85 % bioetanolia jätteistä tuottavia yksiköitään lähinnä elintarviketeollisuuden tehtaiden oheen sekä absoluotintilaitoksen, jonka avulla 85 %:n vahvuinen bioetanoli väkevöidään 99,7 %:n vahvuuteen. Raaka-aineen eli 85 % etanolivesi-seoksen St1 saa elintarviketeollisuuden jätevirtojen lähelle perustamiltaan Etanolix-yksiköiltä. Vuonna 2020 St1 suunnittelee tuottavansa 300 miljoonaa litraa bioetanolia liikennekäyttöön vuodessa. (St1 2013, VTT 2013)

Suomessa biokaasua tuotetaan tällä hetkellä kaupunkien sekä teollisuuden jätevedenpuhdistamojen biokaasulaitoksilla, kiinteän yhdyskuntajätteen biokaasulaitoksilla ja maatilojen biokaasulaitoksilla. Myös kaatopaikoilta kerätään biokaasua pumppaamoilla. Suunnitteilla on muutamia kaatopaikkojen metaanikaasunkeräyslaitoksia ja Gasum suunnittelee laajentavansa maakaasuverkostoa. Biokaasun liikennekäyttö on kasvanut vuodesta 2007 vuoteen 2012 keskimäärin 160 % vuosivauhdilla. Syyskuussa 2013 bio- ja maakaasun tankkausasemat kattavat 2 miljoonan suomalaisen asuinalueen. Kuvassa 4 on nykyinen sekä suunnitteilla oleva maakaasuverkosto. (Bioenergiatieto 2013, Biokaasuyhdistys 2013, Gasum 2013, Motiva 2013)



Kuva 4. Suomen nykyinen ja suunnitteilla oleva maakaasuverkosto. (Gasum 2013)

3 BIOPOLTTOAINEITA SUOMEN MARKKINOILLA

Vielä muutama vuosi sitten Suomessa ei ollut tarjolla minkäänlaisia biopolttoaineita liikennekäyttöön. Useimmat yhtiöt alkoivat testausmielessä sekä täyttääkseen EU:n ja Suomen asettamat tavoitteet lisätä etanolia bensiinin sekaan sekä myös alkoivat lisätä biodieseliä tavallisen fossiilisen dieselin sekaan. Neste Oil lähti ensimmäisenä kehittämään ja tutkimaan biopolttoaineita isommassa mittakaavassa. Neste Oilin pääpaino on ollut palmuöljystä sekä muista mahdollisista materiaaleista tuotettava biodiesel. St1:n idea on tuottaa elintarviketeollisuuden jätevirroista etanolia ja myydä asemillaan RE85-polttoainetta. Gasum on tuonut markkinoille maakaasun kaltaisen biokaasun. Tämä biokaasu kerätään pääosin kaatopaikoilta metaanina sekä peltobiomassoista ja myydään maakaasun tankkausasemilla. (Gasum 2013, Motiva 2013, Neste Oil 2013, St1 2013)

Ennen vuotta 2011 95- ja 98-oktaanisten bensiinilaatujen sekaan oli alettu lisätä maksimissaan 5 % etanolia. Näin pienen määrän vuoksi ajoneuvoteknologiaan ei vielä tarvitse tehdä minkäänlaisia muutoksia. Vuoden 2011 alusta Suomessa otettiin käyttöön 95E10-bensiinilaatu, joka sisältää maksimissaan 10 % etanolia. Tästä syntyi kansallisesti paljon keskustelua ja heräsi jonkin verran epäilyjä uuden polttoainelaadun soveltuvuudesta käytössä oleviin ajoneuvoihin. Suomen kohtuullisen vanhan autokannan perusteella arvioitiin, että noin 70 %:iin henkilöautoista uusi 95E10-laatu soveltuu. UPM aikoo tuoda markkinoille BioVerno-nimisen biodieselin. Sen raaka-aineena on sellutehtailla syntyvä mäntyöljy, joka ainakin toistaiseksi luokitellaan jätteeksi. Lappeenrantaan valmistuva laitos aloittaa tuotantonsa vuonna 2014. Taulukossa 2 on biopolttoaineiden tehollisia lämpöarvoja, energiasisältöjä ja tiheyksiä. (Motiva 2013, UPM 2013)

Taulukko 2. Polttoaineiden lämpöarvoja, energiasisältöjä sekä tiheyksiä. (Motiva 2013)

Polttoaine	Tehollinen lämpöarvo		Energiasisältö		Tiheys
	MJ/kg	MJ/dm ³	kWh/kg	kWh/dm ³	kg/m ³
Bensiini	47,0	33,8	13,1	9,4	720
95 E10	45,3	32,9	12,6	9,1	727
98 E5	46,1	33,4	12,8	9,3	723
Diesel	44,8	37,3	12,4	10,4	832
Biodiesel	44,8	37,3	12,4	10,4	832
Etanoli	29,7	23,4	8,3	6,5	789
E85	32,3	25,1	9,0	7,0	779
ED95	30,5	24,1	8,5	6,7	791
Maakaasu	49,2	0,036	13,7	0,010	0,723
Biokaasu	49,2	0,036	13,7	0,010	0,723

3.1 Biodiesel

Ensimmäisen sukupolven FAME-tyyppinen biodiesel on eläin- ja kasvipööräisistä öljyistä transesteröintiprosessilla valmistettu biodiesel, jossa on käytetty metanolia esterin muodostamisessa. Metanoli tuotetaan maakaasusta, joten metyyliesterit eivät aivan täysin ole biopolttoaineita. FAME-tyypistä biodieseliä voidaan sekoittaa myytävän dieselin sekaan, maksimissaan 7 %, jotta vältetään moottorin rikkoutumisriskit. Suomessa FAME-tyypistä biodieseliä tuotetaan erittäin vähän. (Motiva 2013)

Neste Oilin NexBTL-biodiesel, HVO-tyyppinen eli vetykäsittely kasviöljy, on tavallisen dieselin kaltainen polttoaine. Sitä voidaan sekoittaa tavallisen dieselin sekaan vapaasti sekä käyttää sellaisenaan nykyisissä dieselkäyttöisissä ajoneuvoissa. Kemialliselta koostumukseltaan NExBTL vastaa puhtaimpia mineraaliöljypohjaisia dieseltuotteita. Valmistusmenetelmä on samantyyppinen korkeassa lämpötilassa sekä paineessa tapahtuva katalyyttinen vetykäsittelyprosessi kuten perinteisen fossiilisen dieselin valmistusprosessi. (Neste Oil 2013, Ympäristöhallinto 2008)

3.2 E85 eli 85 % etanolin ja 15 % bensiinin seos

E85-polttoainelaatu on sekoitus, jossa on 80 – 85 % etanolia ja 15 – 20 % bensiinin erikoiskomponentteja Bensiiniä laitetaan sekaan muun muassa parantamaan moottorin käyntiominaisuuksia kylmissä oloissa. Toinen syy bensiinin lisäämiseen on, jotta estettäisiin polttoaine-etanolin käyttö juomistarkoituksessa. Lähinnä Brasiliassa on käytössä E100-laatua eli 100 % etanolia. Siellä ulkolämpötilaolosuhteet ovatkin hyvin erilaiset kuin Suomessa, ulkolämpötila on lähes aina 10 Celsius-asteen yläpuolella ja pakkasta on erittäin harvoin. Jätepohjaisen E85-etanolipolttoaineen käyttö henkilöautossa laskee keskimäärin autoilun CO₂-päästöjä noin 80 % verrattuna käytettäessä fossiilisia polttoainelaatuja. VTT on testannut E85-laadun kestävyyttä laboratoriossa -25 Celsius-asteen otilassa ja -15 Celsius-astetta on tavallisen E85-laadun hyvän toimivuuden alaraja. (Motiva 2013, St1 2013, VTT 2013)

3.3 Biokaasu

Jalostettu biokaasu ja korkean metaanipitoisuuden omaava siperialainen maakaasu ovat kemialliselta koostumukseltaan samaa ainetta, lähes 100 % metaania (CH₄). Bioraakakaasu on kaasuseos, joka sisältää 40 – 70 % metaania ja 30 – 60 % hiilidioksidia tuotantotavasta riippuen. Biokaasu tuotetaan erinäisistä biomassoista, tällöin hiilidioksidi vapautuu ilmakehään. Biokaasun käyttö energialähteenä on näin ympäristöystävällisempi vaihtoehto kuin maakaasu. Metaani on hiilidioksidia 20 - 70 kertaa voimakkaampi kasvihuonekaasu. Näin ollen energiaksi hyödynnettynä erinäiset biokaasut ovat ympäristön kannalta parempi vaihtoehto kuin suoraan ilmakehään päästettyinä kaatopaikoilla sekä maatiloilla. (Gasum 2013, Motiva 2013)

4 RAAKA-AINEET, TUOTANTO JA JAKELU

Suomessa yleisimmät tarjolla olevat liikenteen biopolttoaineet ovat sekä ensimmäisen että toisen sukupolven biopolttoaineita. St1:n bioetanoli sekä Gasumin biokaasu ovat toisen sukupolven biopolttoaineita, koska ne tuotetaan jätevirroista. Neste Oilin NExBTL on näiden välimaastossa, vaihtelevien raaka-ainelähteidensä, palmuöljyn sekä erilaisten jätevirtojen, takia. Raaka-aineina kaikki käyttävät jätteitä jossain muodossa. NExBTL:n raaka-aineena käytetään myös palmuöljyä. Biokaasun jakelemiseen hyödynnetään maakaasuverkostoa, jonka yhteyteen on rakennettu maakaasun jakeluasemia. (Gasum 2013, Neste Oil 2013, St1 2013)

4.1 Raaka-aineet

Biopolttoaineiden raaka-ainelähteitä ovat erinäiset jätteet ja biodieselillä merkittävä lähde on myös palmuöljy. Tuontietanolin raaka-aineena on useimmiten käytetty jotakin ruoaksi kelpaavaa peltokasvia, mutta myös jäteaineita käytetään. Suomessa tuotettu bioetanoli on käytännössä kokonaan tuotettu erilaisista jätteistä. Biokaasun raaka-aineiksi soveltuvat erilaiset orgaaniset aineet, paitsi puu. Erityisesti erilaisia jätevesiä hyödynnetään. (Bioenergiatieto 2013, Motiva 2013, Öljyalankeskusliitto 2013)

4.1.1 Biodiesel – jätevirrat sekä palmuöljy

Biodieselin raaka-aineina käytetään kasviöljyjä, muun muassa rypsi-, rapsi-, soija- ja palmuöljyjä sekä eläinrasvoja. Yhteensä niitä käytetään 385 kt/a, maksimikapasiteetti on 560 kt/a. Palmuöljy oli vuonna 2012 suurin raaka-ainelähde. Neste Oil on vuonna 2013 ainoa suuren mittakaavan biodieselin tuottaja Suomessa. Vuonna 2012 lähes kaksi kolmannesta sen käyttämistä raaka-aineista oli palmuöljyä 1,36 Mt (64,5 %) ja lähes kaikki muu erinäisistä jätevirroista 0,74 Mt (35,1 %). Vuonna 2011 vastaavat määrät olivat palmuöljyä 0,44 Mt (53,0 %) ja jätevirroista 0,33 Mt (40,3 %), sekä pieni määrä, 0,055 Mt (6,7 %) tuli kasviöljyistä. (Neste Oil 2013, Ympäristöhallinto 2008)

4.1.2 Bioetanoli – jätevirrat ja kasvit

Bioetanolia tuotetaan lähinnä teollisuuden, ruokateollisuuden sekä kotitalouksien jätteistä. Tuontietanolin raaka-aineena Amerikan mantereella on yleisimmin maissi ja sokeriruoko, Euroopassa käytetään pääasiassa ohraa, perunaa ja ylijäämäviiniä, mutta myös rypsiä, rapsia, soijaa ja pienessä määrin jatrofa-kasvia käytetään. St1 käyttää raaka-aineinaan teollisuuden, kaupan sekä kotitalouksien jätteitä. Elintarviketeollisuuden ylijäämä- ja hylkyerät hyödynnetään eli suurleipomoiden taikinat, jauhot, paistamattomat ja paistetut leivät sekä jauho-vesiseokset. Huomioitavaa St1:n tuotantoketjussa on hajautettu tuotanto. Tuotannon ensimmäinen vaihe eli jätteiden muuttaminen 85 % etanoli/vesi-seokseksi tapahtuu lähellä syntyviä jätevirtoja. Etanolix-yksiköt on lähes aina integroitu jätevirtoja tuottavien laitosten yhteyteen. (Motiva 2013, St1 2013, Ympäristöhallinto 2007, Öljyalan keskusliitto 2013)

4.1.3 Biokaasu – erilaiset jätteet sekä kasvit

Biokaasun raaka-aine metaani syntyy mätänemisprosessin yhteydessä kaatopaikoilla, jätevedenpuhdistamoilla ja maataloudessa. Raaka-ainelähteinä ovat muun muassa maatalouden monet tuotteet: lanta, olki, metsäjätteet ja energiakasvit. Erilaisten raaka-aineiden pohjalta biokaasu voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään: jättepohjainen biokaasu, peltopohjainen biokaasu ja puupohjainen Bio-SNG. (Gasum 2013, Motiva 2013)

Peltoa Suomessa on noin 2 miljoonaa hehtaaria. Siitä voitaisiin neljäsosa käyttää energiantuotannossa vaarantamatta elintarvikehuoltoa. Määrällisestä tämä olisi 12 – 22 TWh vuodessa eli saman verran kuin nykyinen metsähakkeentuotanto. Tällä hetkellä potentiaalista on käytössä ainoastaan noin 0,5 TWh. Yhdyskuntien jätevesien energiapotentiaalista merkittävä osa hyödynnetään jo nyt, sillä metaania on otettu talteen jo noin 30 vuoden ajan. Lietteiden määrän raaka-aineena arvioidaan kasvavan vielä entisestään. Lanta toimii hyvänä perusraaka-aineena parantaen biokaasuprosessin toimintavarmuutta. Sen metaanintuotantopotentiaali on heikompi kuin kasvi- tai eläinaineksen. Elintarviketeollisuudessa syntyy erilaisia jätevirtoja. Jätevirran koostumus, kuten sokeripitoisuus, vaikuttaa siihen soveltuuko jätteen käsittelyksi mädätys biokaasuksi vai käyttäminen etanoliksi. (Bioenergiatieto 2013, Biokaasuyhdistys 2013)

Yhdyskuntien biojätteen muuntaminen biokaasuksi on haasteellista taloudellisesti sekä materiaalien laadun vuoksi. Kotitalouksien lajittelu on yleensä puutteellista, mutta suurissa yksiköissä laatu on helpommin valvottavissa ja taloudellisesti kerättävissä. Kaikesta orgaanisesta jätteestä, paitsi puusta ja muusta paljon ligniiniä sisältävästä aineksesta, voidaan tuottaa mädättämällä biokaasua. Puusta erotettu selluloosa voidaan kuitenkin mädättää. (Bioenergiatieto 2013, Biokaasuyhdistys 2013)

4.2 Tuotanto

Tarkasteltavana olevien kolmen biopolttoaineen tuotantoprosessit eroavat suhteellisen paljon toisistaan. Raaka-aineet ovat kuitenkin kaikilla valmistajilla lähes samoja, varsinkin jätteitä ja erilaisia kasveja hyödyntävät kaikki tuottajat. Lopputuotteet ovat kuitenkin hyvinkin erilaisia keskenään. Neste Oil käyttää biomass-to-liquid -prosessia biodieselin valmistamisessa. Biodiesel on ominaisuuksiltaan hyvin fossiilisen dieselin kaltainen, moottorin kestävyuden kannalta jopa parempi. St1 tuottaa bioetanolia fermentoinnilla sekä tislauksella. Biokaasu on erilaisista jäte- ja kasvipohjaisista raaka-aineista yleisimmin mädättämällä tuotettua metaanikaasua. Polttotekniikaltaan biokaasu on bensiinin kaltainen. (Bioenergiatieto 2013, Motiva 2013, Neste Oil 2013, St1 2013)

4.2.1 Biodiesel – HVO / BTL -valmistusprosessi

Neste Oil avasi Porvooseen ensimmäisen NExBTL-laitoksen kesällä 2007 ja toisen vuonna 2009. Näiden tuotantokapasiteetti on yhteensä 380 000 tonnia vuodessa. Singaporessa ja Rotterdamissa Hollannissa Nesteellä on maailman suurimmat uusiutuvan dieselin laitokset, joiden yhteenlaskettu tuotantokapasiteetti on 1 600 000 tonnia vuodessa. Kaiken kaikkiaan Neste Oilin uusiutuvan dieselin tuotantokapasiteetti on melkein 2 miljoonaa tonnia vuodessa. (Neste Oil 2013)

Neste Oilin BTL-valmistusprosessi on samankaltainen kuin mineraaliöljypohjaisen dieselin valmistusprosessi eli korkeassa lämpötilassa (300 – 350 Celsius-astetta) sekä paineessa (35 – 50 baria) tapahtuva katalyyttinen vetykäsittelyprosessi. Prosessin ensimmäisessä vetykäsittelyvaiheessa kasviöljyjen ja eläinrasvojen triglyseridit muunnetaan suoraketjuisiksi tyydyttyneiksi hiilivedyiksi ja propaniksi. Tuoresyötön

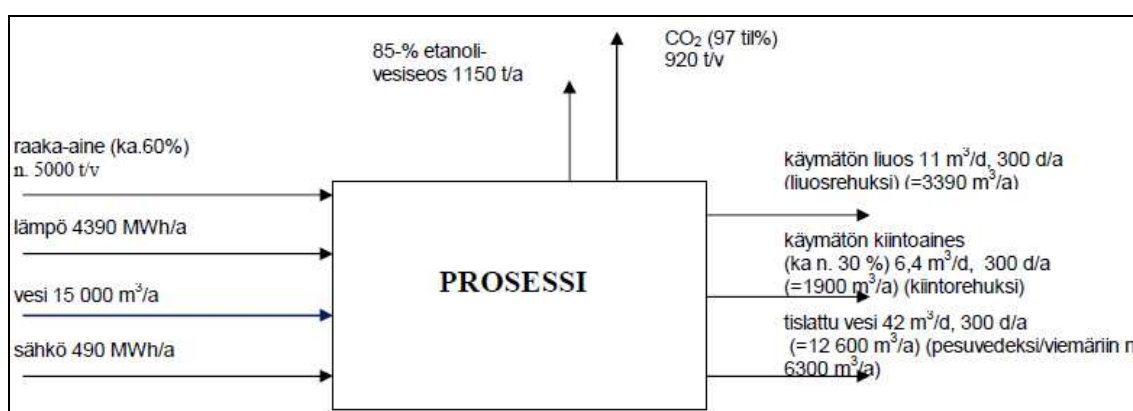
muunto dieselalueen hiilivedyiksi on käytännössä täydellinen. Vetykäsittelyreaktorissa on sarjassa kolme nikkeli-molybdeeni-katalyytipatjaa. Vetykäsittelyssä katalyytin säilyttämiseksi aktiivisessa sulfidimuodossa syötön tulee olla rikkipitoista. Normaalitylanteessa operointipaine on 50 baria ja -lämpötila 300 – 350 Celsius-astetta. Reaktorista hiilivetyjake (noin 24 t/h) käsitellään katalyyttisesti toisessa vetyreaktorissa lopputuotteen kylmäominaisuuksien parantamiseksi. Toisen reaktorin normaali käyttöpainne on 35 – 40 baria ja lämpötila 300 – 350 Celsius-astetta. Katalyytin deaktivoitumisen estämiseksi reaktoriin syötetään vetyä. Tämän reaktorin pohjalta tuotevirta kuljetetaan stabilointikolonneihin, jossa höyrystrippauksella hiilivetyjakeesta erotetaan polttokaasu- ja bensiinijakeet. Stabilointikolonin pohjalta lopputuote ohjataan vedenpisaraerottimella kuivauksen kautta jatkojalostukseen tai varastosäiliöihin. (Ympäristöhallinto 2008)

UPM aikoo avata Lappeenrantaan vuonna 2014 noin 100 000 tonnia toisen sukupolven uusiutuvaa biodieseliä tuottavan biojalostamon. Pääraaka-aineena käytetään selluntuotannon tähteenä syntyvää raakamäntyöljyä. Lopputuote on BioVerno-niminen biodiesel. UPM aloitti VTT:n kanssa koeajotestit alkukesästä 2013. Ainakin vielä toistaiseksi EU määrittelee mäntyöljyn jätteeksi, mutta tulevaisuudessa tulkinta saattaa muuttua. Myös UPM aikoo hyödyntää myös vetykäsittelyprosessia uusiutuvan biodieselin tuotannossa. Neste Oililla ja UPM:llä on käynnissä biodieselin valmistukseen liittyvä patenttikiista. (UPM 2013, VTT 2013, YLE 2013)

4.2.2 Bioetanoli – fermentointi ja tislauk

St1:n ideana on tuottaa maatalouden sekä teollisuuden jätevirroista etanolia ja myydä se liikenteen polttoaineeksi RE85-laatussa sekä sekoittaa etanolia 95E10 ja 98E5 -laatuun. Se kerää elintarviketeollisuuden ja kaupan asiakkailtaan biojätteen talteen Etanolix-

yksiköihin. Nämä yksiköt ovat integroitu asiakkaan jätevirtojen syntymispaikan yhteyteen tai sijoitettu kohtuullisen lähelle niitä. Bioetanolin valmistuskapasiteetti Etanolix-yksiköillä on maksimissaan 5000 t/a raaka-ainetta, tällöin voidaan 85 % etanolia tuottaa maksimissaan 1150 t/a. Näistä yksiköistä saatava tuote on 80 – 90 % vahvuinen etanoli/vesiliuos. Kuvassa 5 on Etanolix-yksikön prosessikaavio. (St1 2013, Ympäristöhallinto 2007)



Kuva 5. St1:n Etanolix-prosessikaavio. (Ympäristöhallinto 2007)

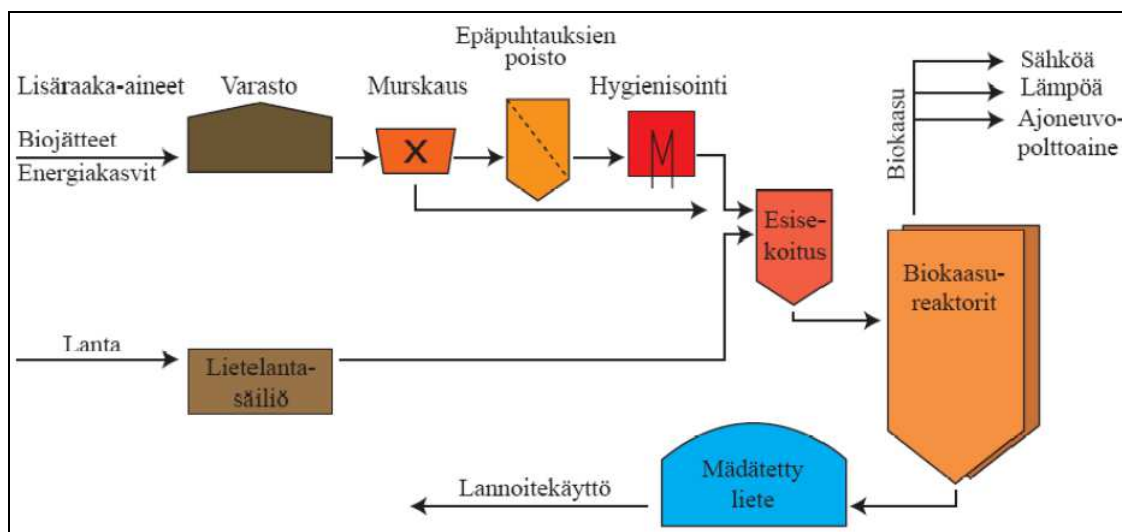
Etanolix-prosessissa raaka-aine nesteytetään entsyymien avulla hydrolyysisäiliössä. Seuraavaksi se laimennetaan vedellä haluttuun kuiva-ainepitoisuuteen ja fermentoidaan. Prosessin sivutuotteita ovat tislattu vesi ja käymätön liuos sekä kiintoainekä, jotka voidaan hyödyntää eläinten rehuna. Yksiköstä saatava 85 % etanoli/vesiliuos syötetään absolutointilaitokseen ja väkevöidään 99,7 % vahvuiseksi etanoliksi, vettä saa olla maksimissaan 0,3 %. Absolutointilaitos on etanolin vedenpoistoyksikkö, jonka pääosat ovat: membraani (höyrypermeaatioyksikkö), päänhöyrystin, tislauskolonni (sisältäen kiehuittimen) sekä mekaaninen höyryn kompressoriyksikkö. 99,7 % etanolia sekoitetaan lopputuotteina oleviin RE85-, 95E10- ja 98E5-polttoainelaatuihin. (Ympäristöhallinto 2007, St1 2013)

St1 on TransEco-ohjelman puitteissa myös kehitelty raskaalle ajoneuvokalustolle soveltuvaa RED95-etanolidieselpolttoainetta. Raaka-aineina myös siinä käytetään kotimaisia jätteitä. RED95-laatu sisältää 95 % jäteperäistä etanolia ja 5 % syttymistä helpottavaa ainetta. (St1 2013, Transeco 2013)

4.2.3 Biokaasu – mädättäminen

Biokaasun tuotantotapoja on kolme erilaista, biokaasureaktorissa mädättämällä, kiinteistä raaka-aineista kaasuttamalla sekä kaatopaikkojen tuottaman metaanin talteenotolla. Suomessa yleisin tuotantotapa on jatkuvatoiminen mesofiilinen märkäprosessi. Se soveltuu hyvin jätevesien käsittelyyn sekä on varmatoiminen ja tunnettu menetelmä. Raaka-aineen perusteella voidaan jakaa seuraavasti: lanta- ja kasvimassapohjainen materiaali maatilakokoluokan laitoksissa, jätevesilietteen biokaasu jäteveden puhdistamoiden laitoksissa ja erinäiset raaka-aineet lannasta elintarviketeollisuuden sivujakeisiin yhteiskäsittelylaitoksissa. Myös kaatopaikkojen biokaasun talteenottojärjestelmä on yksi tuotantotapa. (Bioenergiatieto 2013, Motiva 2013)

Biokaasun jalostamisessa raakabiokaasun metaanipitoisuutta nostetaan ja inerttien kaasujen osuutta lasketaan. Yleensä se tarkoittaa hiilidioksidin poistamista, mutta myös typpikaasun poistamista. Samalla kaasua myös puhdistetaan, jotta moottoreille sekä polttoainejärjestelmille haitallisia yhdisteitä poistetaan. Kuvassa 6 on biokaasun tuotannon prosessikuva. (Bioenergiatieto 2013, Motiva 2013)



Kuva 6. Biokaasun tuotanto. (Bioenergiatieto 2013)

Eloperäisestä aineksesta muodostuu hapettomissa olosuhteissa biokaasua. Biokaasulaitoksessa tätä reaktiota hyödynnetään mahdollisimman kontrolloidusti. Biokaasu syntyy reaktorissa, jonka olosuhteita säädellään suoraan hapellisuuden ja lämpötilan osalta sekä välillisesti syötteen kautta. Prosessin toimivuuden kannalta on tärkeää, että syötteen koostumus tiedetään, lämpötila on oikea ja muutokset hitaita. Syötteen ominaisuudet määräävät sen esikäsittelytarpeen. (Bioenergiatieto 2013)

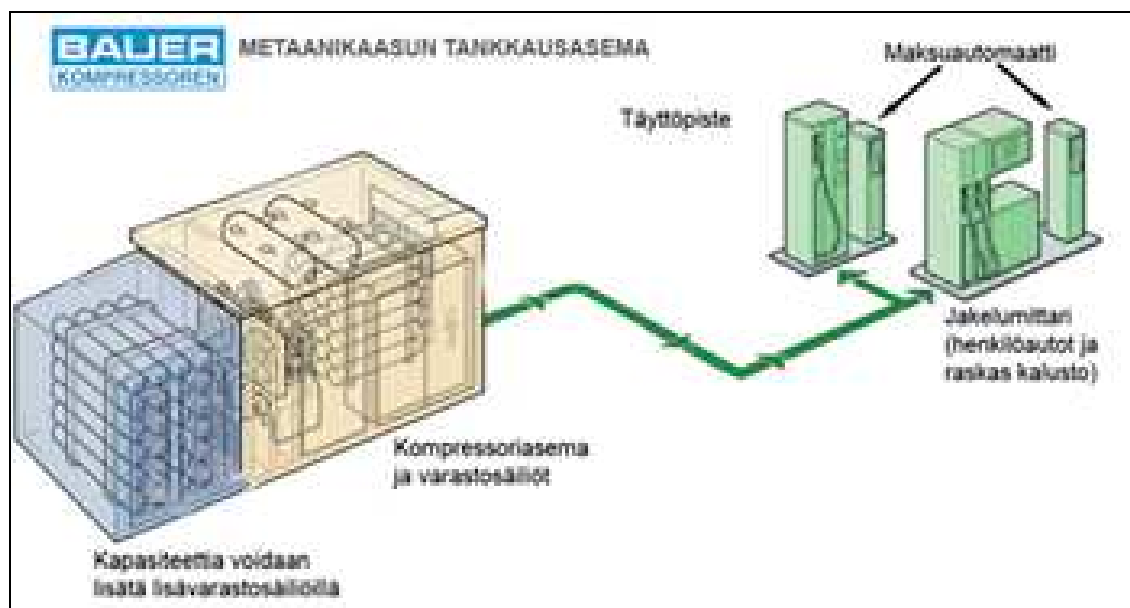
4.3 Biopolttoaineiden jakelukanavat

Biopolttoaineiden käytön edistämiseksi on niiden saatavuus erittäin tärkeää. Biodieselin jakeleminen onnistuu helposti nykyisen polttoainemasema-infrastruktuurin puitteissa. Ainoa rajoitus on että FAME-tyyppistä biodieseliä saa olla maksimissaan 7 % sekoitettuna myytävään tuotteeseen. Myytävä tuote saa sisältää HVO-tyyppistä

biodieseliä 100 % asti. Neste pystyy jakelemaan biodieseliään nykyisillä dieselin jakeluasemilla. (Motiva 2013)

Bioetanolia (E85) voidaan jakaa nykyisellä bensiinin ja dieselin jakeluun tarkoitettujen huoltoasemien kautta. Tietysti E85-polttoainelaatua varten tulee olla oma säiliönsä. St1 on ostanut Suomessa Esson sekä Shellin asemat. St1 myy asemillaan tuottamaansa RE85-laatuaan sekä ABC-ketju jakelee EkoFlex-nimistä E85-polttoainetta. EkoFlex on St1:n RE85:n tapaan tehty kotimaisista elintarviketeollisuuden biojätteistä. Syyskuussa 2013 Suomessa oli jo E85-polttoaineita jakelevia asemia 79 kappaletta. (ABC-ketju 2013, St1 2013)

Biokaasun jakeleminen on vahvasti sidoksissa maakaasuverkoston. Maakaasuverkossa biokaasu sekä maakaasu ovat samaa ainetta. Gasum rajoittaa myymänsä biokaasun tasehallinnan avulla, se myy ainoastaan saman määrän kaasusta biokaasuna kuin maakaasuverkoston on syötetty. Vuoden 2012 lopussa Suomessa oli yhteensä 19 biokaasun (CBG100) julkista tankkauspaikkaa, joista yksi on maakaasuverkon ulkopuolella Laukaassa maatilalla toimiva biokaasun tankkausasema. Suomessa ei vielä ole nesteytetyn biokaasun (LBG) eikä myöskään nesteytetyn maakaasun (LNG) tankkausasemia. LNG-terminaaleja suunnitellaan rakennettavaksi, mutta ne on ensisijaisesti ajateltu laivaliikennettä varten. Kuvassa 7 on metaanikaasun tankkausaseman havaintokuva. (Gasum 2013, Liikennebiokaasu 2013, Motiva 2013)



Kuva 7. Metaanikaasun tankkausasema. (Liikennebiokaasu 2013)

5 AJONEUVOKANTA

Osa biopolttoaineista soveltuu lähes kaikkiin nykypäivänä Suomessa käytössä oleviin ajoneuvoihin, varsinkin henkilöautoihin. Neste Oilin tuottama NExBTL on lähestulkoon samankaltainen fossiilisen dieselin kanssa, nimenomaan käyttöominaisuuksiltaan. Biokaasua varten tulee olla metaanikaasuauto. E85-etanolilaatua varten tulee olla FFV-tyyppinen monipolttoaineajoneuvo. 95E10-bensiinilaatu, joka sisältää 5-10 % etanolia, soveltuu noin 70 %:iin Suomen nykyisestä ajoneuvokannasta. Veneisiin, moottoripyöriin, pieniin sekä kaksitahtisiin koneisiin moottorivalmistajat suosittelevat vain tiettyihin malleihin. Osoitteeseen e10benssiini.fi on kerätty hyvin kattavat listat moottorivalmistajien suosituksista. (E10-bensiini.fi-sivusto 2013, Motiva 2013)

Suurimman osan liikenteessä olevien diesel-autojen tekniikka kestää toisen sukupolven HVO-tyyppisen biodieselin käytön sellaisenaan. Varsinkin ensimmäisen sukupolven, lähinnä FAME-tyyppinen biodiesel, voi aiheuttaa käyntihäiriöitä vanhemmissa autoissa. FAME-tyyppinen biodiesel on metanoli- sekä maakaasupohjainen, joten se ei ole täysin biopolttoainetta. FAME-tyyppistä biodieseliä ei EU-määräysten mukaan saa sekoittaa fossiilisen dieselin sekaan kun maksimissaan 7 %, koska suuremmalla suhteella moottorin voi rikkoutua. (Motiva 2013, Neste Oil 2013)

Biokaasuautoja on Suomessa rekisteröity hyvin vähän. Suurin vaikuttaja lienee jakeluverkoston aikaisempi puuttuminen sekä sen nykyään suhteellisen etelään painottuva sijainti. Kaasuautojen yleistyminen riippuu merkittävästi valtion veropäätöksistä sekä tulevista biokaasutuotantolaitosten ja -jakeluverkoston investoinneista. (Gasum 2013, Liikennebiokaasu 2013, Motiva 2013)

Taulukossa 3 on Suomessa vuonna 2011 olevien ajoneuvotyyppien määrät ja erilaisten monipolttoaineajoneuvojen sekä sähköajoneuvojen määrä. Vielä vuonna 2011 vaihtoehtoisten polttoaineiden ajoneuvokanta oli erittäin vähäinen. Tulevaisuudessa niiden määrä uskottavasti tulee lisääntymään. Tekniikan kehittyminen sekä luotettavuus

ja valtion vero-ohjauksen kautta ajoneuvojen hinta sekä käyttökustannukset vaikuttavat erittäin paljon lisääntymistähtiin. Suurimmat vaikuttavat tekijät lienevät ajoneuvon hankintahinta, vuosittaiset verokustannukset sekä polttoaineiden hinnat. (IEA 2012)

Taulukko 3. Eri ajoneuvotyyppeiden määrät Suomessa vuonna 2011. (IEA 2012)

Passenger Cars	Vans	Trucks	Buses	Two-Wheelers	Other Vehicles	Non-road
2,978,729	365,568	123,371	14,226	515,517	12,463	561,440
~2500 FFV passenger cars ~850 NGVs, of which 100 are buses and the rest are cars and vans ~131 electric vehicles ~550 passenger cars per 1000 inhabitants						

5.1 95E10-bensiinilaadun soveltuvuus

Bensiiniin sekoitettuna, maksimissaan 5 % etanolimäärä lopputuotteessa, ei aiheuta ongelmia valtaosassa ajoneuvoja. Bensiinin seassa vähintään 5 % ja enintään 10 % olevan etanolin osuus on joillekin autoille vahingollista. Kyseistä bensiinin sekä etanolin sekoitusta, eli 95E10-laatua, suositellaan vene-, moottoripyörä-, pienkonekäyttöön ja kaksitahtisiin moottoreihin vain muutamiin tiettyihin malleihin. 95E10-bensiinilaatu tuotiin markkinoille Suomessa vuoden 2011 alussa eli kohtuullisen kylmään talviaikaan. Tämä ei ollut välttämättä paras mahdollinen ajankohta. Kylmä talvi ja varsinkin yleisesti ajoneuvoilla ajettavat lyhyet matkat nostavat ajoneuvon kulutusta verrattuna normaalisti kesällä hieman pitempiin ajettuihin matkoihin. Moottori ei ehdi talvella, nimenomaan lyhyellä matkalla välttämättä lämmitä normaaliin käyttölämpötilaan, joten polttoaineen kulutus on selkeästi normaalia korkeampi. Lähes kaikki autovalmistajat ovat koonneet taulukkoja henkilöautomalleista joihin 95E10-bensiinilaatu soveltuu. Vaikka Suomen autokanta on EU:n vanhimpia, vuonna 2012

liikennekäytössä olevien henkilöautojen keski-ikä oli noin 11 vuotta, on arvioitu, että noin 70 %:iin henkilöautoista 95E10-bensiinilaatu sopii. Tosin muutamalta autonvalmistajalta löytyy jopa uusiakin malleja, joihin 95E10-bensiinilaatua ei suositella. (E10-bensiini.fi-sivusto 2013, Tilastokeskus 2013, Motiva 2013)

5.2 Vanhan tekniikan muokkaus biopolttoaineelle soveltuvaksi

Erityisesti autonvirittelijät ovat ottaneet mielellään etanolipohjaisen polttoaineen käytettäväksi. Bensiinin oktaanilukuina ovat 95 sekä 98, mutta etanolin on 110 ja E85:n 106. Korkeampi oktaaniluku sallii moottorille korkeamman puristussuhteen, ja täten koneesta on mahdollista saada enemmän tehoa irti. Muutostöitä tehtäessä autoon tulee vähintään vaihtaa isommat polttoainesuuttimet sekä etanolia kestävä polttoainepumppu. Polttoaineensyöttöohjelma erityisesti uudehkoissa autoissa tulee päivittää. Markkinoilla on saatavilla reilun sadan euron hintaisia muunnossarjoja, joiden avulla tavallisen bensiiniauton saa toimimaan E85-polttoaineella. Liikenneturvallisuusvirasto Trafín mukaan muuntaminen saattaa olla laitonta, koska päästövaatimuksia ei välttämättä pystytä muuntamisen jälkeen noudattamaan. Muutostöissä näitä muunnossarjoja on kuitenkin hyväksytty käyttöön. ST1 ja VTT ovat käynnistäneet E85-muunnossarjojen tutkimusprojektin. Polttoaineen suihkutusta tulee säätää etanolille sopivaksi. Varsinkin Suomen keski-ikä vanhemmissa autoissa kuluneet muoviosat, kuten myös polttoainejärjestelmässä oleva vesi saattavat olla haitaksi. Kumi- ja muoviosien kestävyys saattaa olla ongelma, mutta 1990-luvun alun jälkeen valmistetuissa autoissa syöpymisongelmat eivät muunnossarjojen myyjien mukaan ole merkittäviä. Myös kaasukäyttöiseksi ajoneuvon muuttavia muunnossarjoja on tarjolla. Kyseisessä operaatiossa auton tavaratilaan lisätään kaasusäiliöt ja kaasupoltin. (Aamulehti 2013, Fingasauto 2013, Keski-suomalainen 2013, RE85-muunnos 2013)

5.3 E85-laadulle soveltuva FFV-ajoneuvo

FFV eli ”Flexible Fuel Vehicle” on termi, jota käytetään pääosin henkilöautosta, joka toimii useammalla kuin yhdellä polttoaineella. Autovalmistajien käytössä ovat myös termit bi-fuel sekä multifuel. Mahdolliset käyttöpolttoaineet ovat yleisimmin bensiini sekä etanoli. Täysin etanolilla toimivia ajoneuvoja on lähinnä vain Brasiliassa. Yhdysvalloissa ja Euroopassa FFV-autot on tehty toimimaan pääosin E85-polttoainelaadulla, joka sisältää maksimissaan 85 % etanolia ja vähintään 15 % bensiiniä. Euroopassa FFV-ajoneuvoja on ollut pitemmän aikaa saatavilla Ruotsissa ja myös Saksassa sekä Ranskassa. Nykyään muutamia malleja on saatavilla lähes kaikkialla Länsi-Euroopassa ja EU:n alueella. Suomessa on myynnissä FFV-ajoneuvoja tällä hetkellä autovalmistajista ainakin Fordilla, Mercedes-Benzillä, Volkswagenilla sekä Volvolla. Volvon FFV-tekniikka on saatavilla lähes kaikkiin yrityksen valmistamiin korimalleihin. (Ford 2013, Daimler 2013, VV-Auto Group 2013, Volvo Auto 2013, Motiva 2013)

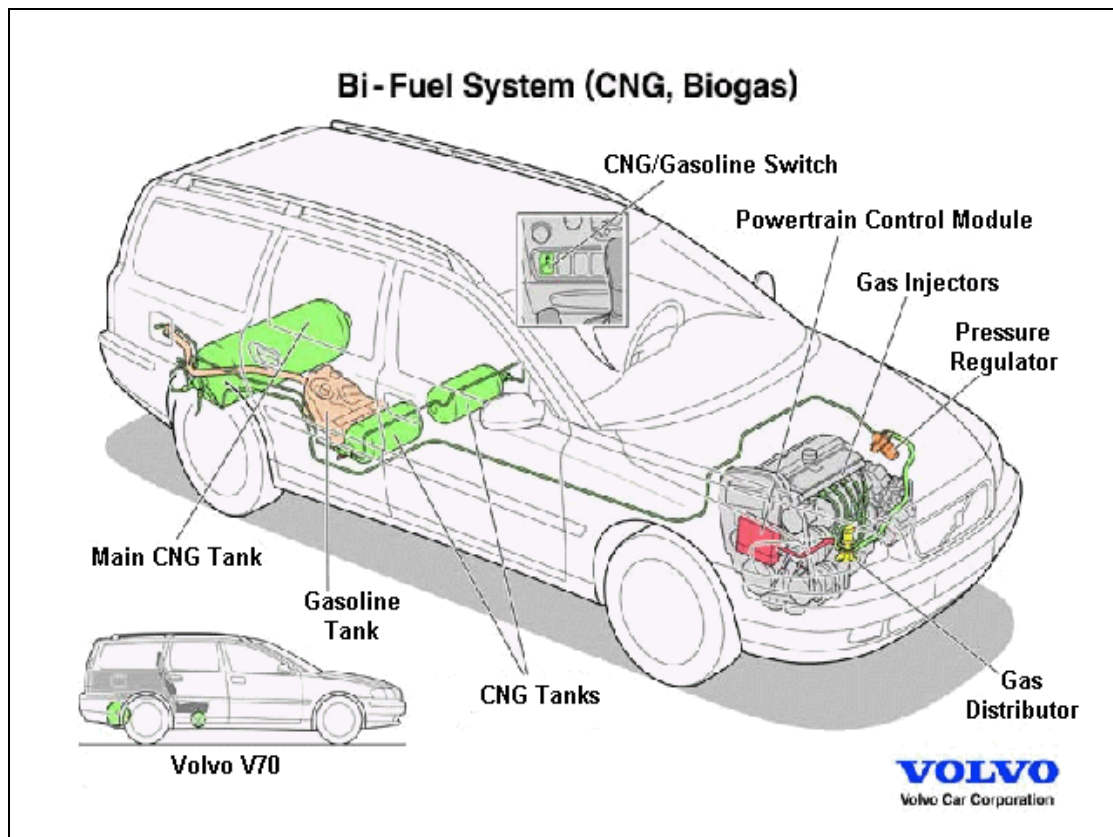
5.4 Kaasujoneuvot

Kaasukäyttöisessä ajoneuvossa on tyypillisesti kaksoispolttoainejärjestelmä, eli käyttövoimana on tällöin metaanikaasu, joko bio- tai maakaasu sekä vaihtoehtoisesti bensiini. Metaanikaasu tankataan paineistettuna maakaasuna, CNG eli Compressed Natural Gas, paineistettuna biokaasuna, CBG eli Compressed Bio Gas tai näiden sekoituksena. Myös nesteytettyä maa- sekä biokaasua (LNG eli Liquefied Natural Gas

ja LBG eli Liquefied Bio Gas) käyttäviä ajoneuvoja on käytössä, mutta lähinnä raskaan kaluston ajoneuvoissa sekä laivoissa. Päällisin puolin kaasuauto ei eroa bensiinikäyttöisestä, pois lukien kaasusäiliöt jotka saattavat viedä enemmän tilaa verrattuna bensiini- tai dieselsäiliöihin. Yleensä säiliöt on sijoitettu istuinpenkkien alle, joten niitä ei välttämättä edes huomaa. Kaasu kestää puristusta syttymättä, joten tarvitaan bensiinimoottorin tapaan kipinäsytytys. Toimintasäde kaasulla on yleensä useita satoja kilometrejä. (Motiva 2013)

Pohjois-Karjalan liikennebiokaasuverkoston kehityshankeen internet-sivuilla on suhteellisen kattava lista erilaisista kaasujoneuvomalleista. Suomessa oli vuonna 2012 tarjolla 40 virallisten maahantuojien kaasukäyttöistä henkilö- ja pakettiajoneuvomallia. (Liikennebiokaasu 2013, Motiva 2013)

Kuvassa 8 on Volvo V70 Bi-Fuel CNG –mallin polttoainejärjestelmän havaintokuva. Kaasu varastoidaan paineistettuna CNG-säiliöissä. Mallin käyttövoimana voi käyttää niin bensiiniä kuin maa- sekä biokaasua.



Kuva 8. Volvo V70 Bi-Fuel CNG -malli. (Economic Pakistan 2008)

Sivuprofiilikuvasta katsottuna CNG-säiliöt on sijoitettu taka-akselin takapuolelle ja tavaratilan alapuolelle sekä taka-akselin etupuolelle ja takaistuimien alapuolelle. Täten ne eivät haittaa ollenkaan normaalia ajoneuvon käyttöä. Samaisesta syystä ajoneuvon mahdollisuutta kaasun käyttämiseen ei helposti erota ulkoapäin. (Economic Pakistan 2008)

6 BIOPOLTTOAINEIDEN HINTA JA KILPAILUKYKY

Yksi erittäin merkittävä biopolttoaineiden yleistymiseen vaikuttava tekijä on lopputuotteen eli polttoaineen hinta, johon valtio voi vaikuttaa verotuksen kautta. Jakeluverkon laajuudella on myös hyvin ratkaiseva merkitys. Fossiilisten bensiinin, dieselin ja maakaasun ennustettu pitkän aikavälin jatkuvasti nouseva hinta ja kasvava kulutus kaventavat biopolttoaineiden hintakilpailua niiden kanssa.

6.1 Polttoaineen hinta

Auton hankinnassa polttoaineen hinta sekä keskimääräinen polttoaineen kulutus ovat hyvin merkittäviä tekijöitä. Polttoainekulut ovat käyttökustannuksista suurimmat. Jo pienetkin erot polttoaineen hinnassa muodostuvat kohtuullisen isoiksi vuositasolla varsinkin suhteellisen paljon ajavilla. Taulukossa 4 on biopolttoaineiden energiasisältöjä sekä hintoja vertailtu keskenään. Vuonna 2013 arvonnäkövero kaikille tieliikenteen polttoaineille on kiinteä 24 % myyntihinnasta. Polttoaineveron sekä kokonaisveron määrän osuus on verrattu polttoaineen myyntihintaan.

Taulukko 4. Polttoaineiden hintoja ja veroja. (Motiva 2013, Tankkaus.com 2013, Tulli 2013)

Polttoaine	Hinta				Polttoainevero 31.12.2014 asti		Pa- vero	Kokonais- vero
	€/dm ³	€/kg	€/MJ	€/kWh	€/dm ³	€/kWh	%	%
Bensiini	-	-	-	-	0,6504	6,919	-	-
95 E10	1,60	2,20	0,049	0,175	0,6191	6,773	38,7	62,7
98 E5	1,70	2,35	0,051	0,183	0,6347	6,846	37,3	61,3
Diesel	1,50	1,80	0,040	0,145	0,4695	4,535	31,3	55,3
Biodiesel	1,50	1,80	0,040	0,145	0,2435	2,352	16,2	40,2
Etanoli	-	-	-	-	0,3373	5,182	-	-
E85	1,10	1,41	0,044	0,157	0,3843	5,501	34,9	58,9
ED95	-	-	-	-	0,3204	4,788	-	-
Maakaasu	0,00065	0,90	0,0183	0,066	0,0001134	0,011464	17,4	41,4
Biokaasu	0,00069	0,96	0,0195	0,070	0,0001134	0,011464	16,3	40,3

Bensiinin hinta, niin litraa kuin myös energiayksikköä kohden, on selkeästi korkein. Biokaasun hinta on hyvin lähellä maakaasun hintaa. Dieselin ja E85:n hinnat ovat suhteellisen lähellä toisiaan, nimenomaan energiasisältöjä verrattaessa. (Motiva 2013, Tankkaus.com 2013)

6.2 Ajoneuvon vuosittaiset polttoainekustannukset

Vuosittaiset käyttökustannukset ovat merkittävä vaikuttava tekijä auton ostopäätöstä tehtäessä. Nyt keskitytään nimenomaan polttoainekustannuksiin sekä ajoneuvoverokustannuksiin, jotka sisältävät käyttövoimaveron. Vakuutus- ja huoltokustannukset eivät merkittävästi ole riippuvaisia siitä mitä polttoainetta ajoneuvossa käytetään. Taulukossa 5 on vertailtu muutaman automallin polttoaineperusteisia käyttökustannuksia vuositasolla moottorin käyttövoiman perusteella. Diesel-ajoneuvolle polttoaineena on käytetty biodieselöljyä, eli biomassapohjaista, tuotannon kestävyyskriteerit täyttävää biodieseliä. FFV-ajoneuvolle polttoaineena on käytetty E85-laatua ja kaasujoneuvolle biokaasua. Diesel- ja kaasuautoista tulee lisäksi maksaa vuosittaista käyttövoimaveroa. Tämä määräytyy

auton kokonaismassan perusteella. 1.1.2013 alkaen käyttövoimavero on dieselkäyttöiselle ajoneuvolle 5,5 senttiä / päivä / alkava 100 kg ja kaasukäyttöiselle 3,1 senttiä / päivä / alkava 100 kg. Vero- ja polttoainekustannuksia on vertailtu erisuuruksilla vuosittaisilla ajokilometrimäärillä. (Motiva 2013, Tankkaus.com 2013, Trafi 2013)

Taulukko 5. Eri biopolttoaineiden polttoainekustannusvertailu. (Ford 2013, Daimler 2013, VV-Auto 2013, Volvo 2013, Tankkaus.com 2013, Trafi 2013)

Automalli	Ford Focus		MB B-sarja		VW Passat Variant		
	Diesel	FFV	Diesel	Kaasu	Diesel	FFV	Kaasu
Polttoaine	Biodiesel	E85	Biodiesel	Biokaasu	Biodiesel	E85	Biokaasu
CO ₂ -päästöt [g/km]	109	136	115	115	113	148	119
Kokonaispaino, max [kg]	1900	1900	2100	2100	2100	2200	2200
Ajoneuvovero [€/a]	514	118	519	335	517	132	350
Yhd. kulutus [dm ³ /100km]	4,2	8,1	4,4	5,8	4,3	9,1	6,1
Yhd. kulutus [kg/100km]	3,5	6,3	3,6	4,2	3,5	7,1	4,4
Pa:en hinta [€/dm ³]	1,50	1,10	1,50	0,00069	1,50	1,10	0,00069
Pa:en hinta [€/kg]	1,80	1,80	1,80	0,96	1,80	1,41	0,96
Pa-kust. [€/km]	0,063	0,089	0,066	0,040	0,065	0,100	0,042
Ajoneuvon hinta [€]	23 771	22 085	32 414	36 500	30 936	35 483	37 191
Vero- ja pa-kust. [€/a]							
10 000 km / a	1144	1009	1179	738	1162	1133	772
20 000 km / a	1774	1900	1839	1141	1807	2134	1194
40 000 km / a	3034	3682	3159	1948	3097	4136	2039

Hankintahintojen perusteella diesel-mallit ovat Fordia lukuun ottamatta halvimmat mallit. Vuosittaiset vero- ja polttoainekustannukset ovat selkeästi kaikkein pienimmät kaasuautoilla ajokilometreistä huolimatta, kuten myös polttoainekustannukset sataa kilometriä kohden. Valtio on nostanut ja laskenut vuosittaista kaasun käyttövoimaveroa edestakaisin, joten tulevaisuudessa erot saattavat olla toisenlaiset. Kun ajokertymä on 10 000 kilometriä vuodessa, dieselin ja FFV:n ero ei ole kovin suuri. Jo 20 000 kilometriä vuodessa ajavalle diesel on FFV:ä edullisempi vaihtoehto. Kaasuauto on aina edullisin, mutta jakeluasemien Etelä-Suomeen painottuvan sijainnin takia biokaasun käyttäminen ei välttämättä onnistu. Erityisesti käytettynä kaasuautoja on saatavilla Suomessa todella vähän vuonna 2013. (Ford 2013, Daimler 2013, VV-auto Group 2013, Volvo Auto 2013, Tankkaus.com 2013, Trafi 2013)

7 YHTEENVETO JA TULEVAISUUS

Suomen markkinoilla olevat ja tulevat biopolttoaineet ovat pääosaltaan tehty jätteistä ja ovat näin lähes kauttaaltaan toisen sukupolven biopolttoaineita. Koko elinkaarta tarkastelemalla ne ovat erittäin kestäväällä pohjalla. Tämän takia suomalaiset biopolttoaineteknologiat ovat erityisen vahvoilla myös kansainvälisessä kilpailussa. Muualla maailmassa, varsinkin suurimmalla tuotantoalueella Amerikan mantereella, biopolttoaine-etanolia valmistetaan ruoaksi kelpaavista raaka-aineista. Erityisesti biodiesel on Neste Oilin investointien sekä nykyiseen ajoneuvokantaan sopivuuden kannalta nykyisistä biopolttoaineista yleistynyt parhaiten vuoteen 2013 mennessä. Bioetanolin sekä biokaasun eivät vielä kovin paljoa ole yleistyneet. Rajoittavina tekijöinä ovat lähinnä niille soveltuvan ajoneuvotekniikan hidas kehittyminen sekä ajoneuvokannan hidas uusiutumistahti. Biokaasun yleistymisen esteinä ovat jakeluverkon rajoittuneisuus maakaasuverkon alueelle sekä valtion verokohtelu tulevaisuudessa. Biopolttoaineiden hinta ajoneuvon käyttäjälle suhteessa fossiilisiin polttoaineisiin on erittäin merkittävässä roolissa biopolttoaineiden käytön yleistymisen kannalta, kuten myös vaihtoehtoisille polttoaineille soveltuvan ajoneuvokannan yleistyminen, sekä erityisesti uuden monipolttoaineajoneuvon hankintahinta. (RFA 2011)

Etelä-Suomessa olisi liikennebiokaasun tuotantoresursseja 100 000 henkilöautolle. Valtion veropäätökset ratkaisevat merkittävästi miten paljon investoidaan biokaasulaitoksiin sekä muuhun biopolttoainetuotantoon. Tuotantopotentiaalia on kiitettävän paljon erinäisissä jätevirroissa. Tuotantokustannuksiin vaikuttaa merkittävästi kuljetusetäisyydet sekä kuluttajamäärät. Yleinen ilmapiiri kuluttajien keskuudessa on entistä enemmän siirtymässä kestäväällä kehityksellä tuotettaviin tuotteisiin samalla vähentäen fossiilisten tuotteiden käyttöä. Tulevaisuudessa biopolttoaineiden osuus liikenteessä tulee uskottavasti kasvamaan vielä merkittävämpään ja näkyvämpään asemaan kuin mitä se jo vuonna 2013 on. (Gasum 2013, Motiva 2013, Neste Oil 2013, St1 2013, Transeco 2013, UPM 2013)

LÄHDELUETTELO

Aamulehti. Katsastus sallii etanolin käytön vanhoissa autoissa. Päivitetty 13.4.2013. [viitattu 9.10.2013]. Saatavissa: <http://www.aamulehti.fi/Kotimaa/1194807419016/artikkeli/katsastus+sallii+etanolin+kaaton+vanhoissa+autoissa.html>

ABC-ketjun verkkosivut. E85-polttoaine. Päivitetty 23.7.2013. [viitattu 27.9.2013]. Saatavissa: <http://www.abcasemat.fi/tankkaa/e-85>

Bioenergiatieto.fi, Bioenergian verkkopalvelu. Päivitetty 26.9.2013. [viitattu 7.10.2013]. Saatavissa: <http://www.bioenergiatieto.fi>

Biokaasuyhdistys. Päivitetty 23.9.2013. [viitattu 8.10.2013]. Saatavissa: <http://www.biokaasuyhdistys.net>

British Petrol Statistical Review of World Energy, June 2012. [viitattu 30.5.2013]. Saatavissa: http://www.bp.com/assets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2012.pdf

Daimler AG. Mercedes-Benz B-sarja. Päivitetty 15.5.2013. [viitattu 2.7.2013]. Saatavissa: <http://www.mercedes->

benz.fi/content/finland/mpc/mpc_finland_website/fi/home_mpc/passengercars/home/new_cars/models/b-class/w246.flash.html

Economic Pakistan. CNG Industry. Rohail B, Mirza. Päivitetty 10.2.2008. [viitattu 4.10.2013]. Saatavissa: <http://economicpakistan.wordpress.com/2008/02/10/cng-industry/>

EIA, U.S. Energy Information Administration. Renewable & Alternative Fuels, Alternative Fuel Vehicle Data, Supplier Data. Päivitetty 4.5.2012. [viitattu 8.10.2013]. Saatavissa: <http://www.eia.gov/renewable/afv/supply.cfm>

Euroopan unionin virallinen lehti. [verkkajulkaisu]. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä. [viitattu 8.8.2013] Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:FI:PDF>

E10-bensiini-ohjesivusto. Päivitetty 12.3.2013. [viitattu 5.6.2013]. Saatavissa: <http://e10bensini.fi/>

Fin Gas Auto Oy. Päivitetty 1.1.2011. [viitattu 3.8.2013]. Saatavissa: <http://www.fingasauto.com>

Finlex, Suomen oikeusministeriö. Autoverolaki 1482/1994. Päivitetty 21.12.2012. [viitattu 30.9.2012]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19941482#L3>

Gasum Oy. Päivitetty 1.8.2013. [viitattu 6.8.2013]. Saatavissa: <http://www.gasum.fi>

International Energy Agency, IEA. Advanced Motor Fuels Annual Report 2012. [viitattu 24.9.2013]. Saatavissa: <http://www.iea-amf.org/app/webroot/files/file/Annual%20Reports/Annual%20Report%202012%20Final.pdf>

International Energy Agency, IEA. Technology Roadmap, Biofuels for Transport 2011. [viitattu 4.10.2013]. Saatavissa: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/name,3976,en.html>

Keskisuomalainen. Trafi varoittaa bensan muutossarjoista. Päivitetty: 12.8.2013. [viitattu 9.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ksml.fi/uutiset/keski-suomi/trafi-varoittaa-bensan-muutossarjoista/1362726>

Iowa State University. Renewable Energy, Ethanol, Industry Analysis. Brazil's ethanol industry. Päivitetty: 1.1.2009 [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.extension.iastate.edu/agdm/articles/hof/hofjan09.html>

Motiva Oy. Bioenergia. Päivitetty 25.6.2013. [viitattu 1.7.2013]. Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia

Neste Oil Oy. Uusiutuvat polttoaineet. Päivitetty: 2.8.2013. [viitattu 4.8.2013].
Saatavissa: <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,11990,11993>

U.S. Department of Energy. Office of Energy Efficiency & Renewable Energy.
Alternative Fuels Data Center. Ethanol Production and Distribution. Päivitetty:
10.1.2013. [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa:
http://www.afdc.energy.gov/fuels/ethanol_production.html

Oy Ford Ab. Ford Focus -malli. Päivitetty 2.5.2013. [viitattu 2.7.2013] Saatavissa
<http://www.ford.fi/Henkiloautot>

Pohjois-Karjalan liikennebiokaasuverkoston kehityshanke -raportti. Lampinen Ari.
Liikennebiokaasuvuosikirja 2012. [viitattu 15.6.2013]. Saatavissa:
http://www.liikennebiokaasu.fi/images/stories/pdf/Raportti_uutiset2012.pdf

Polttoainehintojen seuranta -sivusto. Polttoaineiden keskihinnat. Päivitetty 1.7.2013.
[viitattu 1.7.2013]. Saatavissa: <http://tankkaus.com/>

RE85-muunnos-sivusto. Päivitetty 21.8.2012. [viitattu 3.8.2013]. Saatavissa:
<http://re85-muunnos.wikidot.com/>

RFA, Renewable Fuels Association (Uusiutuvien polttoaineiden yhdistys). World Fuel
Ethanol Production (Maailman polttoaine-etanolin tuotanto). Päivitetty 4.10.2013.

[viitattu 4.10.2013]. Saatavissa: <http://ethanolrfa.org/pages/World-Fuel-Ethanol-Production>

St1 Holding Oy. Päivitetty 6.6.2013. [viitattu 14.6.2013]. Saatavissa: <http://www.st1.fi>

Suomen tullit. Energiaverolakien muutokset 1.1.2011, Maakaasun verotus. Päivitetty 31.12.2010. [viitattu 9.10.2013] Saatavissa: http://www.tulli.fi/fi/suomen_tulli/julkaisut_ja_esitteet/THT/tht_arkisto/THT_2010/tiedotteet_2010/21901010/index.html?bc=425

Suomen tullit. Tullin asiakasohje 21, maaliskuu 2013, Energiaverotus. [viitattu 13.9.2013]. Saatavissa: http://www.tulli.fi/fi/suomen_tulli/julkaisut_ja_esitteet/asiakasohjeet/valmisteverotus/tiedostot/021.pdf

Suomen virallinen tilasto (SVT): Moottoriajoneuvokanta [verkkajulkaisu]. ISSN=1798-856X. Helsinki: Tilastokeskus. [viitattu 7.8.2013]. Saatavissa: <http://www.stat.fi/til/mkan/index.html>

Suomen virallinen tilasto (SVT): Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990-2010. [viitattu 28.9.2013] Saatavissa: http://www.stat.fi/tup/khkinv/suominir_2012.pdf

Trafi, Liikenteen turvallisuusvirasto. Tieliikenne, verotus. Päivitetty 29.7.2013. [viitattu 5.8.2013]. Saatavissa: <http://www.trafi.fi/tieliikenne/verotus>

Transecor-tutkimusohjelma. Päivitetty 1.8.2013. [viitattu 5.10.2013]. Saatavissa: <http://www.transecor.fi>

Työ- ja elinkeinoministeriö. Kansallinen energia- ja ilmastotratagia. Päivitetty 20.3.2013. [viitattu 30.9.2013]. Saatavissa: http://www.tem.fi/energia/energia-_ja_ilmastostrategiat

UPM Oy. Biopolttoaineet. Päivitetty 26.4.2013. [viitattu 17.6.2013]. Saatavissa: <http://www.upm.com/FI/TUOTTEET/Biopolttoaineet/Pages/default.aspx>

Volvo Auto Oy AB. Volvo V70-malli. Päivitetty 1.5.2013. [viitattu 2.7.2013]. Saatavissa: <http://www.volvocars.com/fi/all-cars/volvo-v70/Pages/default.aspx>

VVT Group. High-concentration ethanol fuels for cold driving conditions. [viitattu 7.10.2013]. Saatavissa: http://www.vtt.fi/vtt_show_record.jsp?target=julk&form=sdefe&search=68805

VV-Auto Group Oy. Volkswagen Passat Variant -malli. Päivitetty 5.6.2013. [viitattu 2.7.2013]. Saatavissa: <http://www.volkswagen.fi/VV-Auto/VW5.nsf/0/FB87C8D30B8F756BC225728A003E076C?OpenDocument>

Yle uutiset, UPM:n ja Neste Oil:n patenttikiista. Päivitetty 16.5.2013. [viitattu 9.10.2013]. Saatavilla: http://yle.fi/uutiset/upm_oikeustoimiin_biodiesel-patentista/6641331

Ympäristöhallinto, entinen Länsi-Suomen ympäristölupavirasto. Ympäristölupapäätös LSY-2007-Y-208, Neste Renewable Fuels Oy, NExBTL Porvoo 2 –laitos, Porvoo, joulukuu 2008. [viitattu 8.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B469D88CF-EAF2-460A-8006-798BFE9A689C%7D/83771>

Ympäristöhallinto, entinen Kaakkois-Suomen Ympäristökeskus. Ympäristölupapäätös KAS-2007-Y-203, St1 Biofuels Oy, Biopolttoaineen valmistus, Hamina, lokakuu 2007. [viitattu 7.10.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BDC732090-B5A1-4B65-9A29-8809D6EB49A5%7D/82739>

Öljyalan keskusliitto. Liikenteen päästöt. Päivitetty 1.1.2013. [viitattu 28.9.2013]. Saatavissa: <http://www.oil.fi/fi/ymparisto-paastot-ja-ilmastonmuutos/liikenteen-paastot>