

Samu Viitanen

BIOKAASUN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET
LIIKENNEPOLTTOAINEENA

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2014

BIOKAASUN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET LIIKENNEPOLTTOAINEENA

Viitanen, Samu
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2014
Ohjaaja: Sirén, Pekka
Sivumäärä: 33
Liitteitä: 0

Asiasanat: biokaasu, liikenteen vaihtoehtoiset polttoaineet, biokaasun jalostus

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää biokaasun käyttömahdollisuuksia Biovakka Suomi Oy:n raaka-ainekuljetuksissa. Työssä tutkittiin sekä kaasumuodossa olevan että nesteytetyn biokaasun käyttömahdollisuuksia raskaan liikenteen kalustossa.

Opinnäytetyö koostui kolmesta vaiheesta. Työn ensimmäisessä vaiheessa perehdyttiin biokaasun ominaisuuksiin sekä kaasun rikastukseen ja nesteytykseen tarjolla oleviin laitevalmistajiin ja heidän tuotteisiinsa. Ensimmäinen osa jaettiin kahteen tutkittavaan ratkaisumalliin. Ensimmäisessä vaihtoehdossa biokaasun ominaisuuksia ja jalostusta tutkittiin kaasumuodossa rikastettuna ja paineistettuna. Toisessa vaihtoehdossa selvitettiin nesteytetyn kaasun valmistusmahdollisuuksia ja ominaisuuksia. Näiden vaihtoehtojen pohjalta lähdettiin tutkimaan tarjolla olevia laitosvalmistajia ja heidän ratkaisujaan. Työn tarkoituksena oli tarjota opinnäytetyön tilaajalle kattava selvitys markkinoilla olevien laitteiden tekniikoista ja niiden ominaisuuksista.

Opinnäytetyön toisessa osassa selvitettiin raaka-ainekuljetuksissa käytettävien ajoneuvojen muuttamista biokaasukäyttöiseksi. Työssä pyrittiin selvittämään sekä nesteytetyn, että kaasumuodossa olevan biokaasun käyttömahdollisuudet auton polttoaineena. Ensimmäisen vaiheen tapaan myös tässä vaiheessa pyrittiin tarjoamaan tilaajalle selvitys markkinoilla olevista laitteista ja niiden toiminnasta. Toiseen vaiheeseen sisällytettiin myös tankkausasemia valmistavien yritysten selvittäminen.

Viimeisessä vaiheessa kootusta materiaalista poimittiin tarkempaan tarkasteluun muutamia laitevalmistajia ja heidän tuotteitaan. Tämän pohjalta pyydettiin tarjouksia yrityksiltä ja tehtiin laskuvertailua muun muassa kulutusten ja päästöjen osalta eri tekniikoilla ja laitteilla. Viimeisen vaiheen loppuun kerättiin lisäksi selvitys projektin jatkotoimenpiteistä. Näin saatiin koottua opinnäytetyön tilaajalle kokonaisuus, jonka pohjalta sen on helppo lähteä kehittämään projektia eteenpäin ja mahdollisesti tulevaisuudessa siirtyä käyttämään biokaasua raaka-ainekuljetusten polttoaineena.

THE POTENTIALITY OF USING BIOGAS AS A TRANSPORTATION FUEL

Viitanen, Samu

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

May 2014

Supervisor: Sirén, Pekka

Number of pages: 33

Appendices: 0

Keywords: biogas, alternative fuels for transportation, biogas processing

The purpose of this thesis was to find out the potentiality of using biogas as a transportation fuel in Biovakka Suomi Oy's raw material transportations. The research was made for both gas and liquid forms of biogas and focused on heavy vehicles.

The thesis consisted of three different phases. The first part was to become familiar with characteristics of the biogas and also to find out the manufacturers of the gas purification and liquefaction plants. The first part was divided in two separated solutions. First one was to find out the characteristics and the refinement of the pressured and purified biogas. The second examination was made about the features and benefits of the liquefied biogas. After finding out the possible techniques the examination of the manufacturers started. The purpose of the first part was to offer a wide range of different solutions and manufacturers to the orderer of the thesis.

Second phase of this thesis was to find a way to convert the vehicles used in transportation to run on biogas. The examination was implemented for both gas and liquid forms of biogas. The target was to find out the manufacturers and their techniques and gather an informative collection of possible ones. The second phase also included the exploring of the possible gas station manufacturers.

The final phase was to choose the best solutions from the gathered material. Based on these solutions, some requests for quotations were made. The last part also included some basic calculations about consumptions and emissions between different fuel types and techniques. Last part also included the instructions and suggestions of the further action. This way the orderer received a versatile package from the basis of which they have the readiness to start further refine the project and have the possibility to start using biogas as their transportation fuel.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TILAAJA.....	7
2.1	Biovakka Suomi Oy	7
2.2	Laitokset.....	7
2.2.1	Vehmaan biokaasulaitos	7
2.2.2	Turun biokaasulaitos	8
2.2.3	Laitoshankkeet.....	8
3	BIOKAASU YLEISESTI.....	8
3.1	Biokaasun syntyminen ja ominaisuudet.....	8
3.2	Biokaasuprosessin jälkeiset toimenpiteet	9
3.3	Biokaasun soveltuvuus liikennepolttoaineeksi	9
4	BIOKAASUN RIKASTUS	11
4.1	Rikastuksen tarkoitus	11
4.2	Rikastusmenetelmät	11
4.2.1	Vesipesu (Water scrubbing)	11
4.2.2	Kemikaalipesu (Organic solvent scrubbing)	12
4.2.3	Paineenvaihteluadsorptio (Pressure swing adsorption)	13
4.2.4	Kalvosuodatus (Membrane purification).....	14
5	BIOKAASUN NESTEYTYYS.....	14
6	PROSESSIN KÄYTTÖNOTTOON VAADITTAVA LAITTEISTO.....	15
6.1	Biokaasun rikastukseen markkinoilla olevia laitteistoja.....	16
6.1.1	Metener Oy	16
6.1.2	Malmberg Grubben AB.....	16
6.1.3	Eisenmann AG.....	17
6.1.4	Xebec Inc.	17
6.1.5	Greenlane Biogas AB	18
6.1.6	Cirmac International BV	19
6.2	Biokaasun nesteytykseen markkinoilla olevia laitteistoja	19
6.2.1	Wärtsilä Oyj	20
6.2.2	Stirling Cryogenics BV	21
6.2.3	Cryostar Group SAS.....	21
6.3	Biokaasun tankkausasemat	22
7	AJONEUVOJEN MUUTOS BIOKÄYTTÖISEKSI	23
7.1	Muutossarjoja tarjoavat yritykset.....	24

7.1.1 Terragas Finland Oy	24
7.1.2 Fin Gas Auto Oy.....	25
7.2 Uusia biokäyttöisiä ajoneuvoja.....	25
7.2.1 Volvo FM MethaneDiesel	25
7.2.2 Mercedes-Benz Econic NGT.....	26
8 SUUNNITELMAT TILAAJAN TARPEISIIN.....	27
8.1 Tilaajan vaatimukset laitteille	27
8.2 Tarkasteluun valittu toteutus.....	28
8.3 Laskelmia.....	29
9 JATKOTOIMENPITEET	30
10 LOPPUYHTEENVETO.....	31
LÄHTEET.....	32

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä selvitetään biokaasun käyttömahdollisuuksia liikennepolttoaineena. Tutkimuksen tavoitteena on löytää taloudellisesti kannattava, ympäristöystävällinen vaihtoehto dieselpolttoaineelle. Opinnäytetyön aihe on erittäin ajankohtainen ja tärkeä, sillä viimevuosina fossiiliset polttoaineet ovat herättäneet paljon keskustelua ja niiden tilalle on pyritty etsimään korvaajia. Biokaasu soveltuu liikennepolttoaineeksi hyvin, koska palamisen lopputuotteena syntyy vain vettä ja hiilidioksidia.

Opinnäytetyössä keskitytään lähinnä biokaasun jalostamiseen liikennepolttoaineeksi, ei niinkään itse biokaasun valmistukseen. Työssä tutkitaan kahta ratkaisuvaihtoehtoa. Ensimmäisessä ratkaisussa polttoaineena käytetään kaasumuodossa olevaa paineistettua ja rikastettua biokaasua. Toinen tutkittava ratkaisumalli on biokaasun rikastus ja nesteyttäminen. Opinnäytetyössä tarkastellaan näiden vaihtoehtojen toteutettavuutta, taloudellista kannattavuutta, sekä vertaillaan saatuja tuloksia käytössä olevan dieselpolttoaineen arvoihin.

Suunnitelman mukaisesti työn valmistuessa tilaaja on saanut kattavan selvityksen toimivista ratkaisumalleista, ja niitä toimittavista yrityksistä. Mahdollisuuksien mukaan niitä lähdetään kehittämään siten, että kenties tulevaisuudessa yritys voi siirtyä käyttämään biokaasua raaka-aine kuljetuksissaan.

2 TILAAJA

2.1 Biovakka Suomi Oy

Opinnäytetyön tilaajana toimii Biovakka Suomi Oy. Yritys perustettiin vuonna 2002 yrityksen toimitusjohtaja Jyrki Heilän ja 21 varsinaissuomalaisen maanviljelijän toimesta. Alussa yrityksen tarkoitus oli jalostaa sian lantaa, mutta nopeasti raaka-ainevalikoima laajentui myös teollisuuden lietteisiin. Vuonna 2004 yritys perusti Vehmaalle Suomen ensimmäisen suuren mittaluokan biokaasulaitoksen. Toinen tuotantolaitos valmistui joulukuussa 2008 Turkuun. Huhtikuussa 2009 Biovakka Suomi Oy:n osakkuusyhtiöksi tuli Gasum Oy. Biovakka Suomi Oy:n liikevaihto vuonna 2013 oli 8,1 miljoonaa euroa. Yritys työllistää suoraan 10 henkilöä. (Biovakka Suomi Oy:n www-sivut. 2014)

2.2 Laitokset

Biovakka Suomi Oy:n laitokset tuottavat lannoitteita ja biokaasua materiaaleista, joiden hyötykäyttö Suomessa on muuten vähäistä. Biokaasulaitos on yhdistelmä jätteenkäsittelystä, ravinteiden kierrätyksestä ja biokaasun tuottamisesta. Laitoksilla käytettäviä raaka-aineita ovat muun muassa yhdyskuntapuhdistamoliete, suurkeittiöiden ruuantähteet, elintarviketeollisuuden sivutuotteet sekä eläintilojen lanta. Näistä biohajoavista jätteistä jalostetaan lannoitteita, sekä sähkö- ja lämpöenergiaa. Tulevaisuuden tavoitteena on myös jalostaa tässä opinnäytetyössä käsiteltävää biokaasua liikennekäyttöön. (Biovakka Suomi Oy:n www-sivut. 2014)

2.2.1 Vehmaan biokaasulaitos

Vehmaan biokaasulaitos otettiin käyttöön maaliskuussa 2005. Vehmaan laitoksen käsittelykapasiteetti on 120 000 tn/v ja energiateho 4 megawattia. Laitoksessa sianlietteistä sekä elintarviketeollisuuden sivuvirroista jalostetaan biokaasua, jota polttamalla tuotetaan sähköä ja lämpöä omaan ja naapuruston yritysten käyttöön. (Biovakka Suomi Oy:n www-sivut. 2014)

2.2.2 Turun biokaasulaitos

Turun biokaasulaitos otettiin käyttöön tammikuussa 2009. Laitoksessa tuotetaan muun muassa Turun seudullisen jätevedenpuhdistamon jätevesilietteistä biokaasua, jota polttamalla tuotetaan sähköä ja lämpöä kaukolämpöverkkoon. Turun biokaasulaitoksen käsittelykapasiteetti on tällä hetkellä 75 000 tn/v ja energiateho 4 megawattia. Turun laitokselle on suunniteltu laajennushanketta käsittelykapasiteetille 240 000 – 360 000 tn/v, jotta se pystyisi vastaamaan paremmin jätehuollon ja energiantuotannon tarpeisiin. (Biovakka Suomi Oy:n www-sivut. 2014)

2.2.3 Laitoshankkeet

Biovakka Suomi Oy:n tavoitteena on luoda Suomeen biokaasulaitosten verkosto. Toiminnassa olevien Vehmaan ja Turun laitosten lisäksi Biovakka Suomi Oy on saanut ympäristöluvut monelle uudelle laitokselle. Yritykselle on myönnetty ympäristöluvut Lapualla 120 000 tn/v, Jämsään 240 000 tn/v ja Nastolaan 120 000 tn/v. Lisäksi Hyvinkäällä on tehty ympäristövaikutusten arviointimenettely. (Biovakka Suomi Oy:n www-sivut. 2014)

3 BIOKAASU YLEISESTI

3.1 Biokaasun syntyminen ja ominaisuudet

Biokaasua syntyy, kun eloperäinen aines hajoaa hapettomissa olosuhteissa. Anaerobiset bakteerit hajottavat aineksia nelivaiheisella hajotusketjulla. Biokaasu sisältää metaania ja hiilidioksidia, sekä pieniä määriä vettä, typpeä, happea, vetyä, ammoniakkia ja rikkivetyä. Metaanipitoisuus vaihtelee 55 ja 70 prosentin ja hiilidioksidipitoisuus 30 ja 45 prosentin välillä. Biokaasun energiasisältö on noin 30 MJ/kg, kun metaanin osuus on 60 %. Puhtaan metaanin energiasisältö on 50 MJ/kg. (Lehtomäki, Paavola, Luostarinen & Rintala 2007, 3, 39)

3.2 Biokaasuprosessin jälkeiset toimenpiteet

Biokaasua ei voi suoraan käyttää liikenteen polttoaineena, vaan se pitää puhdistaa ja rikastaa. Rikastuksessa biokaasusta pyritään poistamaan kaikki epäpuhtaudet, jolloin metaanin osuus kaasussa lisääntyy. Biokaasun rikastukseen on olemassa useita eri tapoja, joihin perehdytään tarkemmin tulevilla sivuilla.

Pienemmissä autoissa, kuten henkilöautoissa ja pakettiautoissa, käytetään yleensä polttoaineena kaasumuodossa olevaa biokaasua. Tällöin rikastuksen jälkeen kaasu paineistetaan useimmiten noin 200 baariin ja on sen jälkeen valmis käyttöön. Suuremmissa autoissa, esimerkiksi rekoissa, kaasua tarvitaan niin paljon, että sen varastointi veisi huomattavan paljon tilaa. Tästä syystä suurin osa olemassa olevista raskaan kaluston sovelluksista on toteutettu nesteytettyllä biokaasulla eli LBG:llä. Tällä hetkellä tekniikkaa on käytössä isossa mittakaavassa esimerkiksi Ruotsissa linja-autoliikenteessä ja muutamissa junissa. Nesteytykseen on periaatteessa kaksi mahdollisuutta. Kaasu nesteytyy, kun sen lämpötila lasketaan tarpeeksi alas tai kun sen paine nostetaan tarpeeksi ylös. Monet tekniikat yhdistelevät näitä kahta menetelmää. (Gasum Oy:n www-sivut 2014)

3.3 Biokaasun soveltuvuus liikennepolttoaineeksi

Biokaasun ehdoton etu verrattuna dieseliin tai bensiiniin on sen ympäristöystävällisyys. Biokaasulla kasvihuonepäästöjä voidaan vähentää jopa 95 prosenttia. Biokaasun täydellisessä palamisessa syntyy vain hiilidioksidia ja vesihöyryä. Palaminen ei kuitenkaan yleensä ole aivan täydellistä, joten sen yhteydessä syntyy myös pieniä määriä erilaisia orgaanisia yhdisteitä, kuten typen oksideja, hiilimonoksidia, rikkioksidia ja hiukkasia. Määrät ovat erittäin pieniä vertailtaessa vastaavia dieselauton päästöjä. Rikkioksidipäästöt vähenevät biokaasuun siirryttäessä jopa 98 prosenttia ja typen oksidit 39 prosenttia. Pienhiukkasten (2,5 ppm) määrä vähenee jopa 94 prosenttia. (Lampinen 2009, 235)

Biokaasun etuna on myös melutason aleneminen. Biokaasulla toimivan monofuel – moottorin meluintensiteetti voi laskea jopa 50 prosenttia dieselkäyttöisestä mootto-

rista. Suurin osa tällä hetkellä käytössä olevista tekniikoista on kuitenkin toteutettu niin sanotulla dualfuel – tai bifuel – tekniikalla, jossa moottori saa energiansa sekä kaasusta, että dieselistä tai bensiinistä. Dualfuel – moottorilla viitataan dieselkäyttöiseen ja bifuel – moottorilla bensiinikäyttöiseen moottoriin. Yleensä dieseliä käytetään moottorin käynnistysvaiheessa antamaan tarvittava alkusytytys. Joissakin tapauksissa dieseliä käytetään myös lisäämään auton toimintasädettä. Kaasun mahdollisesti loppuessa, dualfuel – autot toimivat myös pelkällä dieselillä. (Lampinen 2009, 237)

Esimerkiksi Romaniassa on tehty tutkimusprojekti, jossa 30 dieselkäyttöistä linja-autoa muunnettiin kaasukäyttöiseksi. Vuonna 2008 Euroopan komission rahoittama projekti hankki 30 dieselkäyttöistä käytettyä linja-autoa ja muutti ne biokaasukäyttöiseksi. Yhden linja-auton muuttaminen kaasukäyttöiseksi maksoi noin 28 000 euroa. Vuoteen 2011 mennessä kaikki 30 linja-autoa oli saatu muutettua kaasukäyttöiseksi ja jokainen niistä ajoi omaa määrättyä reittiään. Autoista kerättiin tietoja ja niitä vertailtiin dieselautojen tietoihin. Tutkimuksen tuloksena todettiin, että linja-autojen hiilivety päästöt olivat laskeneet 80 %, hiilimonoksidipäästöt 90 %, typen oksidit 55 % ja hiilidioksidipäästöt 4 % verrattuna dieselkäyttöisiin linja-autoihin. Lisäksi moottorin käyttöikä piteni, sekä melusaasteet laskivat huomattavasti. Tutkimuksessa selvisi, että linja-autojen käyttökustannukset laskivat merkittävästi. (European Local Transport Information Service 2014)

Biokaasu on myös turvallinen vaihtoehto. Biokaasun aiheuttama riski tulipalotilanteessa on pienempi kuin dieselillä tai bensiinillä. Metaanin syttymislämpötila on n. 650 °C, joka on huomattavasti korkeampi, kuin dieselin ja bensiinin n. 250 °C. Lisäksi tulipalon sattuessa, biokaasun palaessa ei synny savua ja muitakin terveydelle haitallisia yhdisteitä syntyy huomattavasti vähemmän. Tulipalotilanteen lisäksi biokaasu on turvallisempi vaihtoehto vuototilanteessa. Vuototilanteessa ilmaan pääsee metaania ja hiilidioksidia, jotka ovat molemmat hajuttomia ja myrkyttömiä yhdisteitä. Diesel ja bensiini sen sijaan sisältävät paljon ympäristölle haitallisia aineita, jotka vuodon sattuessa valuvat maahan. (Liikennebiokaasun www-sivut 2014)

4 BIOKAASUN RIKASTUS

4.1 Rikastuksen tarkoitus

Biokaasun rikastuksella pyritään kasvattamaan kaasun energiatiheyttä. Lyhyesti ilmaistuna rikastuksella tarkoitetaan kaasun puhdistusta. Rikastuksella saadaan kaasusta poistettua kosteus, jonka mukana poistuu suurin osa rikkivedystä. Lisäksi kaasusta saadaan rikastuksella poistettua hiilidioksidi, sekä muut epäpuhtaudet. Kaasua rikastamalla sen metaanipitoisuus saadaan jopa yli 95 %:n. Rikastuksesta saatavaa kaasua nimitetään usein biometaaniksi.

4.2 Rikastusmenetelmät

Biokaasun rikastukseen on saatavilla useita menetelmiä. Tässä työssä keskitytään yleisimpiin markkinoilla oleviin menetelmiin, jotka soveltuvat parhaiten tilaajan tarkoitukseen. Näitä menetelmiä ovat: vesipesu, kemikaalipesu, painenvaihteluadsorptio sekä kalvosuodatus.

4.2.1 Vesipesu (Water scrubbing)

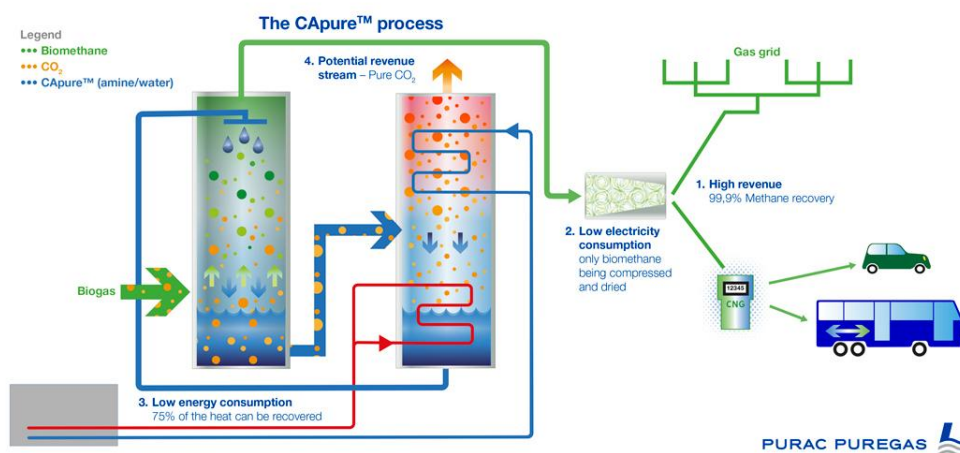
Vesipesussa kaasusta poistetaan hiilidioksidia ja rikkivetyä. Menetelmä perustuu puhtaasti fysikaaliseen ilmiöön. Biokaasu johdetaan vesisuihkun läpi 6 – 10 baarin paineella noin 40 °C lämpötilassa, jolloin metaania helpommin veteen liukenevat hiilidioksidi ja rikkivety absorboituvat veteen. Yleensä menetelmä on toteutettu siten, että kaasu syötetään sylinterin mallisen säiliön pohjasta sisään ja säiliön päältä syötetään vettä. Tällöin absorptioprosessi tapahtuu vastavirtaan. Vesipesun jälkeen kaasu kuivataan esimerkiksi jäädyttämällä tai painetta nostamalla. Vesipesu on rikastusmenetelmistä yleisin käytössä oleva tekniikka. (Bauer, Persson, Hultheberg & Tamm 2010, 501)



Kuva 1. Greenlane biogasin vesipesu – järjestelmä (Greenlane Biogas Ab:n www-sivut 2014)

4.2.2 Kemikaalipesu (Organic solvent scrubbing)

Kemikaalipesu eli kemikaaliabsorptio on vesipesun kaltainen puhdistusmenetelmä, jolla biokaasusta poistetaan hiilidioksidia ja rikkivetyä. Hiilidioksidi ja rikkivety absorboituvat nesteeseen kuten myös vesipesussa. Kaasun paine kemikaalipesussa on noin 6 – 8 baaria. Kemikaalipesussa käytetään liuottimena kemikaaleja, kuten alkoholiamineita tai polyetyleeniglykolia. Pesussa käytettävä liuotin jäähdytetään ennen säiliöön ajoa noin 20 °C lämpötilaan. Vesipesusta poiketen kemikaalipesu poistaa kaasusta myös siloksaanit, typen, halogenoidut hiilivedyt ja veden. Kemikaalipesua ennen kaasusta tulisi poistaa rikki esimerkiksi aktiivihilisuodattimella.



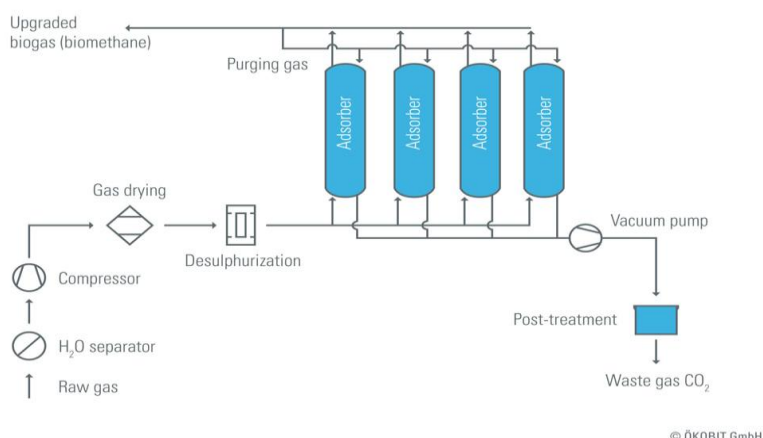
Kuva 2. Purac Puergas kemikaali/amiinipesu – järjestelmä (Purac Puregas Ab:n www-sivut 2014)

Kemikaalien käyttö pienentää prosessinesteen käyttöä ja prosessin energiankulutusta. Prosessissa käytettävät liottimet ovat usein sellaisia, että ne eivät aiheuta korroosiota putkistoissa. Tämä vähentää myös kustannuksia, koska tällöin putkiston ei tarvitse olla ruostumatonta terästä. (Bauer ym. 2010, 501 - 502)

4.2.3 Paineenvaihteluadsorptio (Pressure swing adsorption)

Tässä menetelmässä puhdistusyksikkö koostuu useista eri vaiheissa olevista pilarin mallisista säiliöistä. Adsorptiomateriaalina voidaan käyttää esimerkiksi aktiivihiiltä. Paineenvaihteluadsorptiotekniikassa käytetään yleensä kahta tai neljää säiliötä. Säiliöön luodaan noin 4 – 10 baarin paine, jolla kaasu ajetaan adsorptiopinnan läpi. Kaasun sisältämä metaani pääsee adsorptiokalvon läpi, mutta kaasun sisältämät haitta-aineet kiinnittyvät kalvoon. Tämän jälkeen adsorptiomateriaali regeneroidaan eli puhdistetaan, laskemalla paine alas, vallitsevaan ilman paineeseen tai jopa sen alle. Menetelmä toimii siten, että yleensä yksi säiliö on adsorptiovaiheessa ja loput ovat adsorptiomateriaalin eri puhdistusvaiheissa. Prosessin varjopuolena on, että sen aikana syntyy pieniä metaanihäviöitä. Metaanihäviöt pyritään minimoimaan sillä, että edellisessä vaiheessa kaasusta irronnutta metaania käytetään uudelleen kaasun paineistuksessa. Tämä tapa myös vähentää prosessin energiankulutusta. (Bauer ym. 2010, 503 - 504)

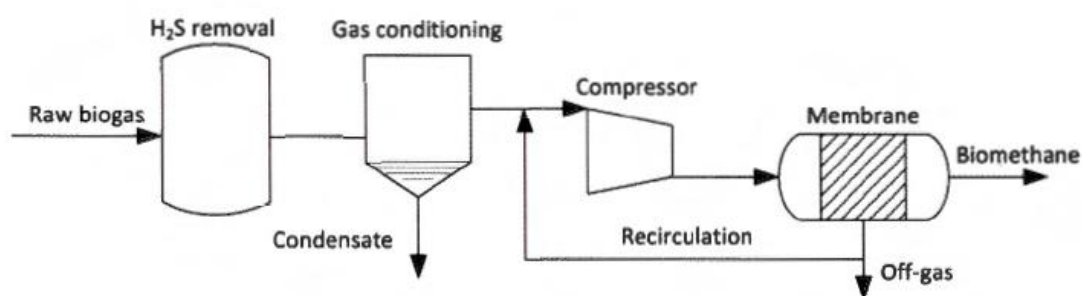
Exemplary illustration
Pressure swing adsorption (PSA)



Kuva 3. Ökobit GmbH:n paineenvaihteluadsorptio – järjestelmä (Ökobit GmbH:n www-sivut 2014)

4.2.4 Kalvosuodatus (Membrane purification)

Kalvosuodatus perustuu kaasun sisältämien molekyylien erilaiseen kokoon. Kalvosuodatusta on käytetty vuosikymmeniä maakaasun puhdistuksessa, joten tekniikka on hyvin tunnettu. Kalvosuodatuksessa kaasussa olevat hiilidioksidi ja rikkivety erotellaan kaasusta molekyylikalvon avulla. Prosessia tehostetaan paineistamalla kaasu noin 5 – 20 baariin. Kalvosuodatus on yleisesti melko vähän käytetty menetelmä, koska molekyylikalvot ovat melko kalliita. Toinen syy menetelmän vähäiseen käyttöön on, että kalvosuodatuksessa syntyy myös metaanihäviöitä noin 5 – 15 prosenttia. (Bauer ym. 2010, 504 - 505)



Kuva 4. Membraanisuiodatus – tekniikka (Bauer, yms. 2010, 504)

5 BIOKAASUN NESTEYTYYS

Biokaasun nesteytyksessä kaasu muutetaan paineen ja alhaisen lämpötilan avulla nestemäiseksi. Nesteytetystä biokaasusta käytetään usein nimitystä LBG (Liquefied biogas). Nestemäisen biokaasun käyttö on yleisempää raskaan liikenteen kalustossa kuten rekoissa, linja-autoissa ja laivoissa.

Biokaasun nesteytyksessä käytetään lähes poikkeuksetta menetelmää, jossa kaasun lämpötilaa lasketaan ja painetta lisätään. Tämä nesteytystekniikka tunnetaan myös nimellä kryotekniikka. Kryotekniikan nimi on peräisin sanasta kryogeniikka, joka tarkoittaa tieteen alaa, joka tutkii aineiden käyttäytymistä alle -150°C lämpötilassa. Kryotekniikan avulla kaasu jäähdytetään alle -160°C lämpötilaan, jonka jälkeen se

paineistetaan kompressorilla ja lopuksi vielä jäähdytetään. (Swedish Gas Association 2014)

Kryotekniikka on monivaiheinen prosessi, jossa biokaasu puhdistetaan vaiheittain. Kaasun sisältämät poistettavat yhdisteet nesteytyvät eri lämpötiloissa kuin metaani. Prosessin monimutkaisuutta lisää se, että kaasusta tulee poistaa vesi ja rikkivety ennen varsinaista prosessia. Tämä tehdään jäätyksen estämisen vuoksi. Markkinoilla on olemassa nesteytyslaitteita, jotka puhdistavat kaasun, sekä laitteita, jotka tarvitsevat lisäksi erillisen kaasun rikastusyksikön.

Kryotekniikka on erinomainen tapa nesteyttää kaasua, koska sillä saadaan erinomainen puhdistustulos. Sen varjopuolena on kuitenkin investoinnin hinta. Nykytekniikka maksaa melko paljon ja vaatii paljon energiaa.

6 PROSESSIN KÄYTTÖNOTTOON VAADITTAVA LAITTEISTO

Biokaasun jalostamiseksi vaaditaan merkittäviä investointeja. Työn tilaajalla on kaasun tekemiseen vaadittava laitos, sekä siihen liittyvät laitteet jo olemassa, joten niitä ei tässä työssä käsitellä tarkemmin. Yksinkertaistettuna tilaajan tarvitsema laitteisto koostuu kaasun rikastukseen tarvittavasta laitteistosta, sekä mahdollisesti nesteyttämiseen vaadittavasta laitteistosta. Lisäksi yritys tarvitsee tankkausaseman.

Prosessin luomisen lisäksi tarvitaan käytössä olevien ajoneuvojen muutoksia. Tähän toteutukseen on kaksi mahdollisuutta. Monet yritykset tarjoavat muutossarjoja käytössä oleviin autoihin. Tämä tarkoittaa käytännössä auton moottorin osien ja bensa-tankin vaihtamista kaasu- tai nestepolttoaineelle sopiviksi. Muutostyö voi tulla edullisemmaksi lyhyellä aikavälillä tarkastellessa, mutta pitkällä aikavälillä kannattavaksi vaihtoehdoksi voisi tulla myös kokonaan uusien, biokaasua tai nesteytettyä biokaasua käyttävien autojen hankkiminen. Seuraavilla sivuilla on käsitelty laitteiden valmistajia, maahantuojia ja potentiaalisia vaihtoehtoja tilaajan tarpeisiin.

6.1 Biokaasun rikastukseen markkinoilla olevia laitteistoja

Biokaasun rikastukseen on saatavilla useita eri vaihtoehtoja. Yleisin käytössä oleva menetelmä on vesipesu. Suomessa kiinnostus biokaasun jalostukseen on ollut melko vähäistä verrattuna esimerkiksi naapurimaa Ruotsiin. Tästä syystä suurin osa varteenotettavista laitteiden valmistajista onkin ulkomaalaisia. Lisäksi lähes kaikki laitevalmistajat toimittavat usein tilaajalle räätälöityjä, yksilökohtaisia ratkaisuja, joten hintatiedot ja laitteistojen tiedot ovat suuntaa antavia käytännön toteutuksen kanssa.

6.1.1 Metener Oy

Metener Oy on suomalainen yritys, joka on erikoistunut biokaasun tuotantolaitosten valmistukseen, laitosten kunnossapitoon sekä biokaasun jatkojalostukseen liikennekäyttöön. Metener Oy:n kaasunpuhdistustekniikkana toimii vesipesu eri painealueilla. Yrityksen valmistama konttityyppinen puhdistusasema on suunniteltu pienen tuotantokapasiteetin tarvitseville. Asema on saatavilla tilaajan tarpeiden mukaan kokoluokissa 10 – 100 m³/h. Yritys lupaa puhdistuskontin tuottavan kaasua, jonka metaanipitoisuus on noin 92 – 98 %, riippuen raakakaasun ominaisuuksista. Laitteisto sisältää myös veden kierrätyksen sekä käsittelyn. Lisäksi laitteistoon kuuluu lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät. Puhdistuskontin lisäksi yritys tarjoaa myös tankkausasemia ja siihen liittyviä laitteistoja, kuten kaasun varastointiin tarkoitettuja painesäiliöitä. (Metener Oy:n www-sivut 2014)

6.1.2 Malmberg Grubben AB

Malmberg Grubben on ruotsalainen yritys, joka valmistaa biokaasun rikastukseen soveltuvia laitteita. Yrityksen COMPACT® -laitteisto poistaa vesipesutekniikalla kaasusta hiilidioksidin ja rikkivedyn. Yritys lupaa prosessin lopputuotteeksi yli 97 prosenttia metaania sisältävän kaasun. Lisäksi prosessin metaanihäviöt jäävät alle prosentin. Laitteiston etuja ovat pieni tilantarve sekä kemikaalittomuus. Lisäksi laitteisto ei tarvitse lisälämmitystä, vaan se käyttää prosessissa syntyvää ylijäämälämpöä lämmitykseen. Kompessoreina käytetään sellaisia laitteita, jotka eivät tarvitse öljyä. Tämä estää prosessiveden öljyyntymisen. COMPACT® -laitteistoa on saatavilla

monia eri variaatioita, riippuen tilaajan tarpeesta. Verrattuna edellä esiteltyyn Metener Oy:n laitteistoon, Malmbergin laitteisto on selvästi suurempiin volyymeihin tarkoitettu. Biometaanin tuotantokapasiteetti vaihtelee 100 – 3000 m³_n/h, riippuen mallista. (Malmberg Grubben Ab:n www-sivut 2014)

Malmbergin laitteita Suomessa edustaa Höyrytys Oy. Yritys tarjoaa monia energia-tekniisiä palveluita, aina varaosista kokonaisiin voimalaitoksiin. Höyrytys Oy tarjoaa muiden tapaan avaimet käteen – periaatteella paikalleen asennettuja tuotteita. (Höyrytys Oy:n www-sivut 2014)

6.1.3 Eisenmann AG

Eisenmann AG on saksalainen yritys, jonka toimialoja ovat ympäristötekniikka, kuljetinjärjestelmät, prosessitekniikka sekä laitostekniikka. Yritys tarjoaa sekä biokaasulaitoksia että biokaasun rikastustekniikkaa. Edellisistä poiketen Eisenmann AG käyttää kaasun rikastamiseen kalvosuodatusta eli membraanipuhdistusta. Yritys lupaa tekniikallaan lopputuotteeksi jopa yli 98 prosenttista biometaanina. Prosessin metaanihäviöt ovat alle puoli prosenttia. Tekniikan muita hyviä puolia ovat korkea energiatehokkuus sekä nopea ylös- ja alasajo.

Eisenmann AG:n kotisivuilla ei ole yksityiskohtaista tietoa laitteiden ominaisuuksista, mutta yritys käyttää mainonnassaan esimerkkinä 5,3 MW:n biovoimalaitosta, joka tuottaa sähköä ja lämpöä Sveitsin Prattelniin. Laitokseen on toimitettu Eisenmannin valmistama kaasun rikastusyksikkö. Rikastuksesta saatavan biokaasun metaanipitoisuus on noin 98 prosenttia. Laitoksen biometaanin tuotantokapasiteetti on noin 125 m³_n/h. (Eisenmann AG:n www-sivut 2014)

6.1.4 Xebec Inc.

Kanadan Québecissä pääkonttoriaan pitävä Xebec on erikoistunut erilaisten kaasujen jalostamiseen. Yritys muun muassa valmistaa laitteita, jotka puhdistavat ja kuivaavat maakaasua. Biokaasun puhdistuksessa yritys käyttää painevaihteluadsorptiotekniikkaa. Yrityksen patentoima menetelmä tunnetaan nimellä rotaatioventtiilitekniik-

ka. Tämä eroaa yleisesti käytetystä menetelmästä siten, että normaalin kahden tai neljän adsorptiosäiliön sijaan käytössä on kuusi tai yhdeksän säiliötä. Tämä mahdollistaa sen, että säiliöiden toimintasyklit ovat vain noin minuutin kestäviä, kun ne normaalisti kestävät kolmesta viiteen minuuttiin. Yrityksen mukaan tämä patentoitu tekniikka vie tilaa vain murto-osan verrattuna perinteisiin paineenvaihteluadsorptiotekniikoihin.

Xebecin tuotevalikoimasta löytyy kolme erilaista versiota. Pieneen tuotantokapasiteettiin suunniteltu yksikkö tuottaa noin 100 - 300 m³_n/h ja sen toimintapaine on 6 - 14 baaria. Keskisuurta tuotantokapasiteettia varten yrityksellä on tarjottavana 300 – 3000 m³_n/h tuottava yksikkö, jonka toimintapaine on 6 – 16 baaria. Tuotevalikoiman suurin yksikkö pystyy tuottamaan 3000 – 10 000 m³_n/h ja se toimii samalla 6 – 16 baarin paineella.

Edellä mainittujen yksiköiden lisäksi yritys toimittaa avaimet käteen – periaatteella täysin käyttövalmiita biokaasun puhdistuslaitoksia. Laitosten tuotantokapasiteetti optimoidaan tilaajan tarpeen mukaan, kuitenkin kapasiteetin rajoittuen 150 – 5000 m³_n/h. (Xebec Inc. www-sivut 2014)

6.1.5 Greenlane Biogas AB

Uusiseelantilainen Greenlane Biogas, joka toimii osana Flotech Groupia, suunnittelee ja toteuttaa maa- ja biokaasun jalostukseen laitteita, joilla kaasu saadaan liikennekäyttöön soveltuvaksi. Yrityksellä on pitkä historia alalla, heidän ensimmäinen biokaasun jalostuslaitos valmistui vuonna 1992. Vuonna 1994 yritys avasi ensimmäisen Euroopan toimistonsa Tukholmaan. Monien Euroopassa sijaitsevien tytäryhtiöiden lisäksi Greenlanella on tytäryhtiöitä myös Kanadassa ja Australiassa. Kaasun jalostamisen lisäksi yrityksen toimintaan kuuluu muun muassa lämmönvaihtimien ja painelaitteiden valmistus.

Yrityksen patentoima Greenlane® CSFR (Compression-Scrubbing-Flash-Recovery) – järjestelmä toimii vesipesuun perustuvalla tekniikalla, jossa paineistetulla vedellä puhdistetaan raakakaasusta hiilidioksidi ja rikkivety. Yritys lupaa puhdistetun kaasun

metaanipitoisuudeksi jopa 99 %, riippuen raakakaasun ominaisuuksista. Yrityksen mukaan prosessin hyviä puolia ovat pieni energiankulutus sekä vakioyksiköiden helppo asennettavuus. Järjestelmän koko ja siihen kuuluva laitteisto riippuu tilaajan tarpeista, mutta vakioyksiköitä on saatavana aina tuotantokapasiteetille $2500 \text{ m}^3_{\text{n}}/\text{h}$. (Greenlane Biogas Ab:n www-sivut 2014)

Greenlane Biogas AB:n tuotteista Suomessa vastaa Sarlin Oy Ab. Yritys on erikoistunut suunnittelemaan ja toteuttamaan asiakkailleen kaasulaitoksia ja niiden laitteistoa, sekä paineilmaratkaisuja ja automaatiotekniikkaa. Sarlin Oy Ab tarjoaa valmiita avaimet käteen – ratkaisuja tilaajalle, ja haluttaessa myös hoitaa kunnossapidon, käytön ja raportoinnin. Kaasun puhdistuksen lisäksi yritys tarjoaa myös kaasun tankkausasemia. (Sarlin Oy Ab:n www-sivut 2014)

6.1.6 Cirmac International BV

Vuonna 1979 perustettu Cirmac on hollantilainen yritys, jonka toimialoja ovat teollisuuden kaasusysteemit sekä biokaasun jalostus. Cirmac tarjoaa useita eri tekniikkaan perustuvia kaasun rikastuslaitteita.

Yritys tarjoaa asiakkaan tarpeiden mukaan vaihtoehtoina vesi- tai kemikaalipesusysteemeitä tai paineenvaihteluadsorptioon perustuvia systeemeitä. Kaikki tekniikat ovat käytössä laitoksissa joiden tuotantokapasiteetti on $60 - 3500 \text{ m}^3_{\text{n}}/\text{h}$, mutta yrityksen tuotemallistosta löytyy laitteita myös suuremmille kapasiteeteille aina $5000 \text{ m}^3_{\text{n}}/\text{h}$ asti. (Cirmac International Bv:n www-sivut 2014)

6.2 Biokaasun nesteytykseen markkinoilla olevia laitteistoja

Suurin osa tällä hetkellä liikennekäyttöön jalostetusta biokaasusta menee henkilöautoihin paineistettuna biometaanina. Raskaan liikenteen moottoreissa energian tarve on kuitenkin huomattavasti suurempi, mikä aiheuttaa sen, että kaasumaisessa muodossa olevaa biometaania tarvittaisiin niin paljon, että sen varastointi ei enää olisi mahdollista tai järkevää. Nesteytetyn biokaasun tiheys on noin $400 \text{ kg}/\text{m}^3$, joka on noin 2,8 – kertainen verrattuna 200 baarissa olevaan kaasuun, jonka tiheys on noin

hittämättömänä. Lisäksi yritys lupaa lyhyen toimitusajan ja helpon kuljetuksen. Esimerkkilaitoksena Wärtsilä käyttää Osloon toimitettua laitosta, joka vihittiin käyttöön 12. helmikuuta 2014. Laitos nesteyttää Oslon kotitalouksien orgaanisista jätteistä tuotettavan kaasun. Laitoksen tuotantokapasiteetti on 11 tonnia LBG:tä päivässä. Nesteytettyä biokaasua käytetään kaupungin linja-autoliikenteessä. Laitos toimitettiin avaimet käteen – periaatteella, eli se sisälsi kaiken aina kaasun esikäsitteystä nesteytykseen ja säilöntään. (Wärtsilä Oyj:n www-sivut 2014)

6.2.2 Stirling Cryogenics BV

Hollantilainen Stirling Cryogenics valmistaa useita kryotekniikkaan perustuvia laitteita ja laitoksia. Yritys tarjoaa asiakkaalle räätälöityjä tuotteita niin pieneen tuotantoon, kuin suurempiinkin tarpeisiin. Stirlingin käyttämä tekniikka perustuu heliumin puristukseen ja laajentumiseen suljetussa kierrossa. Kaasu johdetaan yhden lämmönvaihtimen läpi paineistettuna. Yrityksellä on kaksi standardikokoista nesteytyslaitetta, joista molemmat vaativat raakakaasun puhdistuksen ennen nesteytysprosessia. Pienempi, StirLNG-1 – laite on tarkoitettu erittäin pieniin tuotantomääriin. Sen tuotantokapasiteetti on noin 200 kg/päivä. Tuotantokapasiteetti vaihtelee kaasun paineen ja ominaisuuksien myötä. Astetta suurempaan tuotantoon yrityksellä on tarjolla StirLNG-4 – tyyppin laite, joka tuottaa nesteytettyä biokaasua noin tonnin päivässä. (Stirling Cryogenics Bv:n www-sivut 2014)

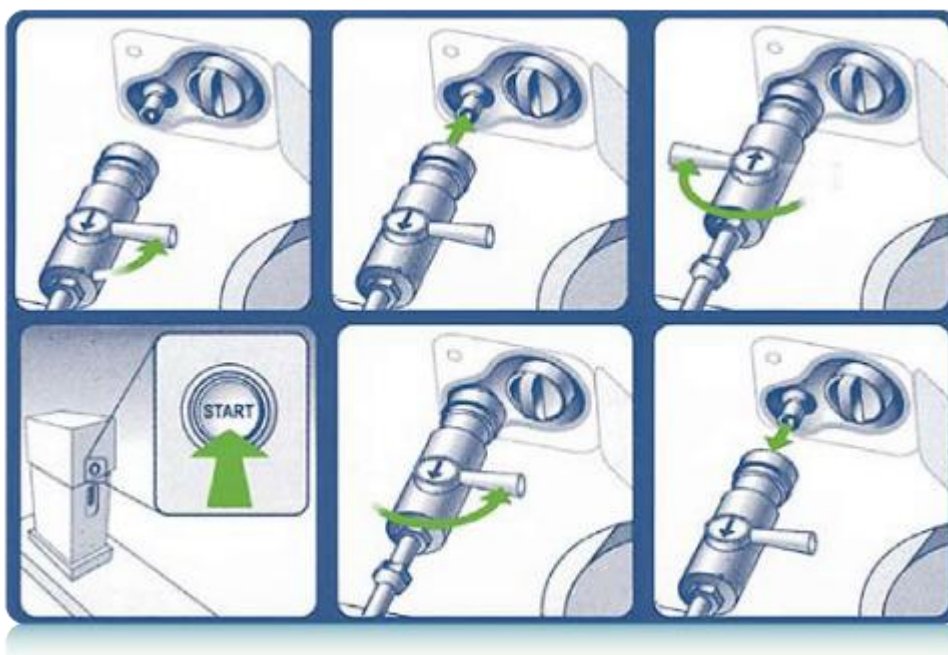
6.2.3 Cryostar Group SAS

Ranskalainen yritys on erikoistunut teollisuuskaasuihin, maakaasuun ja puhtaan energian tuotantoon. Yritys valmistaa kryotekniikkaan perustuvaa nesteytyslaitosta, jonka tuotantokapasiteetti rajoittuu välille 5 – 400 tonnia LNG/LBG:tä päivässä. Yrityksen laitokseen on mahdollista saada myös tankkausasema. Muiden tapaan Cryostarinkaan nettisivuilta ei löydy valmiita tietoja tai hinnastoja laitteille, vaan ne räätälöidään asiakkaan tarpeille sopivaksi. (Cryostar Groupin www-sivut 2014)

6.3 Biokaasun tankkausasemat

Vuoden 2013 lopussa Suomessa oli 20 julkista kaasun tankkausasemaa. 17 näistä on Gasum Oy:n omistuksessa. Gasumin tankkauspisteiltä voi tankata sekä bio-, että maakaasua. Gasumin asemien lisäksi tankkausasemia on Laukaassa (Kalmarin tila), Haminassa (Hamina Energia Oy ja St1) ja Mäntsälässä (Mäntsälän Sähkö Oy ja St1). Kahdelta ensimmäiseltä asemalta voi tankata vain biokaasua ja Mäntsälässä vain maakaasua. Euroopan komissio on asettanut tavoitteeksi, että vuonna 2020 kaasun tankkausasemia olisi 150 kilometrin välein. (Gasumin www-sivut 2014)

Tankkausasemia valmistaa ja toimittaa pääasiassa samat yritykset, jotka toimittavat kaasun jalostuslaitoksia ja autojen muutostöitä. Esimerkiksi Fin Gas Auto Oy toimittaa sekä autojen muutossarjoja, että tankkausasemia. Auton tankkaus tapahtuu lähes samalla tavalla kuin diesel- tai bensiiniautonkin. Tankkausletku kiinnitetään autossa olevaan liittimeen, joka lukkiutuu estäen näin kaasun vuotamisen ilmakehään. (Fin Gas Auto Oy:n www-sivut 2014)

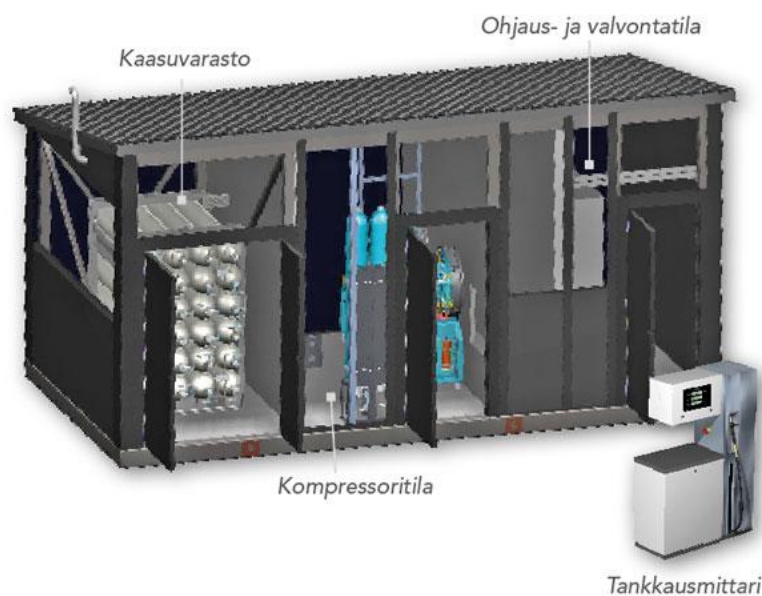


Kuva 6. Tankkausletkun kiinnityslitin (Terragas Finland Oy:n www-sivut 2014)

Yksi suurimpia kaasun tankkausasemien valmistajia on Schwelm Anlagentechnik GmbH, joka valmistaa myös kaasun puhdistuslaitteita. Yritys on toimittanut jo yli 600 jakeluasemaa maailmanlaajuisesti. Tankkausasemia valmistetaan asiakkaan tar-

peiden mukaan. Yritys tarjoaa tankkausasemia syöttönopeuksille 15 – 3000 m³_n/h. Tankkausletkun liittimet on saatavilla sekä henkilöautojen (NGV1), että raskaiden ajoneuvojen (NGV2) tankkaamiseen soveltuvilla liittimillä. Suomessa Schwelm Anlagentechnikiä edustaa Metener Oy. (Schwelm Anlagentechnik GmbH:n [www-sivut 2014](#))

Suomessa kaasun tankkausasemia valmistaa Sarlin Oy Ab. Yritys on toimittanut jo 18 tankkausasemaa Suomeen. Näistä 15 on toimitettu Gasum Oy:lle. Kaasuntankkausasemien lisäksi yrityksellä on valmius toimittaa myös nesteytetyn maa- ja bio- kaasun tankkausasemia. (Sarlin Oy Ab:n [www-sivut 2014](#))



Kuva 7. Biokaasun tankkausasema (Sarlin Oy Ab:n [www-sivut 2014](#))

7 AJONEUVOJEN MUUTOS BIOKÄYTTÖISEKSI

Suomessa on muutamia yrityksiä, jotka tarjoavat muutossarjoja, joilla ajoneuvo muunnetaan toimimaan kaasulla. Ajoneuvon muutos biokaasukäyttöiseksi tapahtuu käytännössä vaihtamalla tai lisäämällä moottorin komponentteja kaasulle soveltuvaksi. Yleensä muutostyöt tehdään siten, että myös bensa- tai dieselkäyttö jää mahdolliseksi. Muutostyössä lisättävät pääkomponentit ovat kaasusäiliö, tankkausventtiili, injektorikisko sekä kaasujärjestelmän ohjausyksikkö. Injektorikisko ja ohjausyksikkö

huolehtivat kaasun jakelun sylintereille. Lisäksi järjestelmään kuuluu paineenalennin, joka laskee paineen moottorin suihkutukseen sopivaksi. Ohjaamon puolelle asennetaan lisäksi kaasumittari sekä polttoaineen valintakytkin. Seuraavassa on esitelty joidakin markkinoilla olevia muutossarjoja tarjoavia sekä uusia kaasukäyttöisiä autoja valmistavia yrityksiä. (Terragas Finland Oy:n www-sivut 2014)

7.1 Muutossarjoja tarjoavat yritykset

Muutossarjoja tarjoavia yrityksiä löytyy Suomesta melko vähän. Suomessa suurin osa muutostöitä tekevästä yrityksistä tarjoaa kaasukäyttöön soveltuvia tekniikoita. Nesteytetyn kaasun käyttö on huomattavasti vähäisempää, mutta kuitenkin yleistymässä.

7.1.1 Terragas Finland Oy

Terragas on suomalainen yritys, joka tarjoaa muutostöitä kaiken kokoisiin autoihin. Terragasin laitteet suunnitellaan asiakkaan ajoneuvoihin yksilökohtaisesti. Yrityksen konversiot ovat aina joko bifuel- tai dualfueltekniikoita. Tällöin auto käyttää vähän dieseliä tai bensiiniä, sekä maa- tai biokaasua. Raskaan kaluston ajoneuvoihin yritys tarjoaa pääasiassa kaasumuodossa olevan biokaasun polttoainejärjestelmiä. Tällä hetkellä on selvityksen alla, onko mahdollista saada jälkiasennuksena myös nesteytetyn biokaasun järjestelmiä. Yritys lupaa tekniikkansa käyvän lähes kaikkiin diesel- tai bensiinikäyttöisiin ajoneuvoihin. Terragas lupaa dieselkäyttöisiin ajoneuvoihin säästöä noin 20 – 30 % ja tehonlisäystä noin 10 – 20 %.

Kustannukset muutostöille ovat asiakaskohtaisia, riippuen ajoneuvosta. Jokainen muutostyö suunnitellaan erikseen muutettavan ajoneuvon ominaisuuksien mukaan. Yrityksen kotisivuilla on esimerkkihinnasto, joka antaa suuntaa tehtäville hankinnoille. Henkilöautojen muutostyön kustannukset vaihtelevat kahdesta kolmeen tuhanteen euroon, ja kuorma-autojen noin neljästä tuhannesta eurosta ylöspäin. (Terragas Finland Oy:n www-sivut 2014)

7.1.2 Fin Gas Auto Oy

Fin Gas Auto Oy on toinen suomalainen yritys, joka tarjoaa muutostöitä autoihin. Fin Gas Auton palvelut vastaavat suurin piirtein edellä mainittua Terragasia. Tuotevalikoima koostuu bifuel ja dualfuel konversioista, jotka käyttävät biokaasua kaasumuodossa. Konversion polttoainekoostumus on 30 % dieseliä ja 70 % kaasua.

Fin Gas Auton nettisivuilta löytyy myös esimerkkihinnasto, joka on kuitenkin vain suuntaa antava, sillä jokainen muutos tehdään asiakkaalle räätälöitynä. Fin Gas Auto tarjoaa muutostöitä pääosin henkilöautoihin, mutta tekniikoita voidaan myös käyttää ainakin kuorma-autoissa. (Fin Gas Auto Oy:n www-sivut 2014)

7.2 Uusia biokäyttöisiä ajoneuvoja

Uuden auton hankinta on iso investointi yritykselle. Pitkällä aikavälillä se voi kuitenkin tulla kannattavaksi vaihtoehdoksi. Uusia henkilöautoja on melko runsaasti saatavilla kaasukäyttöisinä, mutta tällä hetkellä on vain muutamia yrityksiä, joiden mallistosta löytyy kaasukäyttöisiä raskaan liikenteen ajoneuvoja. Näistä lähes kaikki on nesteytettyä bio- tai maakaasua käyttäviä malleja. Seuraavissa kappaleissa on käsitelty muutama potentiaalinen vaihtoehto tilaajan tarpeisiin soveltuvaksi.

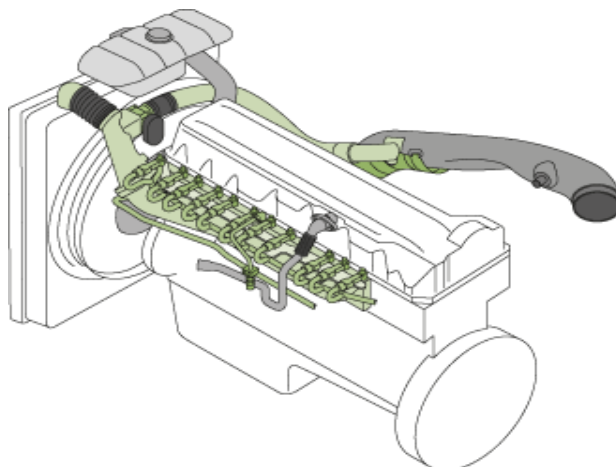
7.2.1 Volvo FM MethaneDiesel

Volvon valmistama dualfuel – tekniikalla toimiva rekka on yksi työn tilaajan tarpeisiin soveltuva vaihtoehto. Auton moottori käyttää nesteytettyä kaasua dieselprosessissa. Normaali polttoainekoostumus moottorille on noin 25 % dieseliä ja 75 % nesteytettyä kaasua. Kaasun loppuessa auto toimii täysin normaalisti myös pelkällä dieselillä. Yrityksen mukaan tekniikka mahdollistaa pidemmät ja raskaammat kuljetukset, kuin normaalilla dieselrekalla. Voimanlähteenä autossa toimii 13 – litrainen, kuusisylinterinen, 460 – hevosvoimainen moottori. Autossa on 280 litran LNG/LBG – tankki (Kuva 8), joka on eristetty niin, että se pitää polttoaineen nestemäisessä muodossa (-161°C). Dieseltankki on saatavilla 150, 240 tai 330 litran koossa.



Kuva 8. 280 litran LNG/LBG – tankki (Volvo Trucks Global www-sivut 2014)

Volvo lupaa jopa 25 – 40 % suuremman energiatehokkuuden, sekä noin neljäsosan pienemmän polttoaineen kulutuksen, kuin muilla kaasukäyttöisillä rekoilla. CO₂ päästöt laskevat dieselmoottoriin verrattuna noin 70 %. Volvon mukaan hankinta tulee kannattavaksi jo 3 – 5 vuoden jälkeen. (Volvo Trucks Global www-sivut 2014)



Kuva 9. Volvon dualfuel – moottori (Volvo Trucks Global www-sivut 2014)

7.2.2 Mercedes-Benz Econic NGT

Volvon tavoin myös Mercedes pyrkii kehittämään moottoreitaan ympäristöystävällisempään suuntaan. Econic NGT – tekniikka on ollut käytössä jo vuodesta 2002. Tekniikkaa on käytetty niin fossiilisella maakaasulla kuin biokaasullakin. Yrityksen mukaan tekniikalla saadaan jopa puolitettyä polttoaineen kulutus sekä lisäksi alennettua melupäästöjä puoleen.



Kuva 10. Mercedes Benz Econic NGT (Mercedes-Benz Special Trucks www-sivut 2014)

Econic NGT – tekniikasta on saatavana joko kaasua käyttävä tai nesteytettyä kaasua käyttävä vaihtoehto. Nesteytetty kaasua vaatii vain noin puolet kaasun tilavuudesta, joten nesteytetyn kaasun avulla toimintasäde voi jopa tuplaantua suhteessa kaasuun. Kaasua käyttävissä ajoneuvoissa tankin koko on normaalisti 640 litraa, mutta valikoimasta löytyy tilavuuksia aina 560:stä 1120 litraan. (Mercedes-Benz Special Trucks www-sivut 2014)

8 SUUNNITELMAT TILAAJAN TARPEISIIN

Varsinaisessa työssä tarkoituksena oli selvittää Biovakka Suomi Oy:n mahdollisuudet käyttää biokaasua yrityksen rekkaliikenteessä. Edellä lueteltujen laitteiden ja tekniikoiden pohjalta lähdettiin haarukoimaan laitteita ja laitoksia, jotka soveltuvat parhaiten yrityksen käyttötarpeisiin.

8.1 Tilaaajan vaatimukset laitteille

Laitteiden ja laitosten valinnassa tulee ottaa huomioon useita seikkoja, jotka vaikuttavat lopulliseen valintaan. Ajoneuvojen toimintasäde on ensimmäinen valintaan vaikuttava tekijä. Lyhyen matkan kuljetuksiin soveltuu kaasumuodossa oleva polttoaine kun taas toimintasäteen kasvaessa tulee valita nesteytetty kaasua. Tämän pohjalta saadaan haarukoitua ajoneuvoihin soveltuvat tekniikat. Ajoneuvojen tekniikan valinnan

yhteydessä tulee myös tehdä päätös, hankitaanko uusia ajoneuvoja, vai lähdetäänkö nykyistä kalustoa konvertoimaan kaasukäyttöiseksi. Halutun kaasun olomuodon vallinnan jälkeen tulee miettiä tuotantokapasiteetteja. Kun tarvittava tuotantokapasiteetti on selvillä, voidaan ruveta miettimään potentiaalisia laitetoimittajia, joiden kanssa aletaan suunnitella käytännön toteutusta. Laitteet suunnitellaan tuotantokapasiteetin ja raakakaasun ominaisuuksien perusteella.

Laitteita valittaessa selvitettiin myös yrityksen tämänhetkiset polttoainekulut ja kilometrimäärät vuodessa. Tilaajan kuljetukset koostuvat pääosin maantieajosta, jonka matkan pituus vaihtelee 10 – 300 km/suunta. Lisäksi kuormakoot vaihtelevat kuudesta tonnista aina neljäänkymmeneen tonniin. Tästä johtuen yrityksen raakaainekuljetukset tehdään pääasiassa täysperä- tai puoliperävaunurekoilla. Suuret kuormat ja pitkät matkat vaativat paljon energiaa, joten tästä syystä järkeväksi vaihtoehdoksi valikoitui kaasun nesteytys. Tällöin kaasu on mahdollista varastoida järkevän kokoiseen säiliöön. Nesteytetty kaasu on myös mahdollista muuttaa takaisin kaasumuotoon, jolloin sen myyminen muille käyttäjille on myös tulevaisuudessa mahdollista.

Biovakka Suomi Oy:n laitosten tuottaman biokaasun metaanipitoisuus on noin 67 %. Se on hyvä pitoisuus, josta saadaan menetelmästä riippuen jopa 98 % biometaania. Laitoksen tuottamasta kaasusta on mahdollista valmistaa noin 4000 tonnia nesteytettyä biokaasua vuodessa.

8.2 Tarkasteluun valittu toteutus

Yritys oli jo aikaisemmin selvittänyt biokaasun rikastusteknologioiden kustannuksia, mutta koska raskaaseen liikenteeseen soveltuu selvästi paremmin nesteytys, valittiin jatkotarkasteluun nesteytysteknologia. Biokaasun nesteytykseen suunniteltu laitos maksaa noin 7- 9 miljoonaa euroa paikalleen asennettuna. Tämä laitos sisältää kaiken kaasun rikastuksesta aina tankkausasemaan asti.

8.3 Laskelmia

Laskelmat aloitettiin selvittämällä yrityksen kuljetusten tämän hetkinen polttoaineen kulutus ja siten energiankulutus ja kustannukset. Lisäksi laskettiin yrityksen raskaan liikenteen aiheuttamat CO₂ – päästöt. Alla olevassa taulukossa on kuvattu Vehmaan ja Turun laitosten kuljetusten yhteenlasketut keskimääräiset arvot. Laskut on tehty VTT:n lipasto – sivustolta saatujen dieselpolttoainekulutusten ja päästöjen arvojen pohjalta. Keskimääräisten laskelmien taustalla on tarkempi yksityiskohtainen laskenta, jossa on selvitetty ajoneuvokohtaisesti kilometrimäärät, diesel ja LBG – kulutukset, energian kulutus, päästöt ja polttoainehinnat vuodessa. Yksityiskohtaisia tietoja ei kuitenkaan voida tässä julkaista.

Taulukko 1. Biovakan Vehmaan ja Turun laitosten raaka-ainekuljetusten kilometrit, polttoaineen ja energian kulutus, polttoainekustannukset ja kuljetusten aiheuttamat hiilidioksidipäästöt sekä kuljetuksien kulutus LBG:nä. (Samu Viitanen Biovakan antamien tietojen perusteella)

	km/v	l/v	e/v	CO ₂ (g/v)	energiankulutus (MJ/v)	LBG kulutus (kg/v)
Vehmaa	550 000	220 000	330 000	550 000 000	8 000 000	329897
Turku	350 000	150 000	220 000	350 000 000	5 000 000	206186
Yhteensä	900 000	370 000	550 000	900 000 000	13 000 000	536082

Taulukosta nähdään, että yrityksellä kuluu tällä hetkellä dieseliä noin 400 000 litraa vuodessa. Tämä tarkoittaa reilua puolta miljoonaa euroa ja noin 900 tonnia hiilidioksidipäästöjä vuodessa. Tällöin dieselistä siirtyminen biokaasuun tarkoittaisi jopa yli 700 tonnin hiilidioksidipäästöjen vähenemistä vuodessa. Auton todellinen energiankulutus riippuu konversiomootorin hyötysuhteesta sekä lopullisen nesteytetyn biokaasun metaanipitoisuudesta. Taulukossa 1 auton moottorin hyötysuhteena on käytetty 0,5 ja nesteytetyn kaasun metaanipitoisuutena 97 %. Näillä arvoilla saadaan nesteytetyn kaasun kulutukseksi noin 540 tonnia vuodessa. Taulukosta saadut tulokset on laskettu arvoilla, jolloin diesel korvattaisiin kokonaan nesteytetyllä biokaasulla. Kuten aiemmin tässä työssä on mainittu, lähes poikkeuksetta autot ovat dualfuel – tekniikalla toimivia, joten myös dieseliä kuluu. Tämä taas vähentää LBG:n kulutusta ja muuttaa päästöjen määrää jonkin verran. Laitteiston takaisinmaksuaika riippuu muun muassa autojen muutostöihin kuluvista menoista ja lopullisista hankintojen ominaisuuksista, kuten nesteytyslaitoksen sähkönkulutuksesta. Näistä opinnäytetyön

tilaajalla on olemassa jonkin verran tietoja tarjousten muodossa, mutta niiden julkaiseminen tässä yhteydessä ei ole mahdollista. Yrityksen polttoainekulut ovat tällä hetkellä vajaa 600 000 euroa ja laitteistot maksavat noin kuudesta yhdeksään miljoonaa euroa. Dieselin kustannukset laskevat noin neljännekseen nykyisestä, eli tällöin dieselin kulutuksesta syntyvä säästö vuodessa on noin 450 000 euroa. Liikennekäyttöön menevän biokaasun tukia tuotantolaitos voi saada jopa 30 % investoinnin arvosta. Tarkkojen arvojen laskemiseksi tulisi selvittää jokaisen moottorin diesel - LBG -käytösuhde sekä moottorin tarkka hyötysuhde. Lisäksi tulee selvittää kaasun nesteytykseen hankittavien laitteiden sähkönkulutus sekä autojen muutostöistä aiheutuvat kulut. Nämä laskelmat tulevat olemaan ensimmäinen osa niin sanottua toista vaihetta, mikäli yritys päättää jatkaa hanketta tämän opinnäytetyön jälkeen.

9 JATKOTOIMENPITEET

Seuraava vaihe yritykselle tulisi olemaan autojen konvertointiin liittyvät tarkennetut laskelmat, joihin kuuluisi ainakin moottoreiden hyötysuhteiden selvittäminen, dieselin ja nesteytetyn biokaasun suhde palamisprosessissa, sekä moottoreiden muutostöihin kuuluva kokonaishinta. Rikastus- tai nesteyttämislaitoksen sähkönkulutuksista yrityksellä on jonkin verran tietoa, mutta niiden huomioon ottaminen tulevissa selvityksissä on myös tärkeässä asemassa. Lisäksi olisi hyvä ottaa huomioon Suomen ilmastoloosuhteista johtuvat kylmät talvet, jotka muuttavat polttoaineen kulutusta melko merkittävästi. Näiden laskelmien ja selvitysten jälkeen yrityksen olisi mahdollista laskea investointien tarkka hinta, niiden kannattavuus ja takaisinmaksuajat.

Tämän vaiheen jälkeen yrityksellä olisi tarkat laskelmat projektin avainlukuista sekä tämän opinnäytetyön pohjalta saatua tietoa kaasun erilaisista rikastus- ja nesteytystechniikoista. Näin saadaan kokonainen projekti, jonka lopputuloksesta riippuen yrityksellä on mahdollisuus siirtyä käyttämään biokaasua raaka-ainekuljetusten polttoaineena.

10 LOPPUYHTEENVETO

Laskelmien ja selvitysten perusteella voidaan todeta, että yrityksellä on edellytykset valmistaa ja käyttää nesteytettyä biokaasua liikenteen vaihtoehtoisena polttoaineena. Myös kaasumuodossa olevan biokaasun käyttö voi olla mahdollista jossakin määrin. Biokaasun käyttö liikennepolttoaineena tuo säästöjä yritykselle polttoainekustannuksissa ja lisäksi edistää kasvihuonepäästöjen alentamista erittäin hyvin.

Opinnäytetyön aihe oli erittäin mielenkiintoinen ja ajankohtainen. Opinnäytetyön tekeminen tarjosi haasteita, joita ratkaistaessa oppi paljon uutta. Pieniä haasteita aiheutti se, että aihealue oli melko tuntematon ennen työn aloittamista. Tästä syystä työssä lähdettiin liikkeelle perehtymällä biokaasun ominaisuuksien ja valmistuksen perustietoihin. Perustietojen avulla pystyttiin laajentamaan tiedonkeruuta kaasun jalostamiseen ja sen yhteydessä autojen muutostöiden tekniikoihin.

Työ eteni suunnitelman mukaisesti ja se täytti asetetut tavoitteet. Aihe itsessään on erittäin laaja, joten oli tärkeää asettaa selkeät raamit työn toteutukselle. Salassapitovelvollisuudet ja yksilöidyt ratkaisujen hinnoittelut aiheuttivat pieniä haasteita tiedon saamiseen ja sen liittämiseen opinnäytetyöhön. Tästä syystä opinnäytetyön tilaajalle tehtiin opinnäytetyöstä erilliset tarkennetut laskelmat muun muassa dieselin ja biokaasun kulutuksista sekä energiankulutuksesta.

Kaiken kaikkiaan työ onnistui hyvin ja se tarjosi opinnäytetyön tilaajalle sekä tekijälle hyödyllistä tietoa tekniikoista, jotka toistaiseksi ovat Suomessa melko tuntemattomia ja vähäisessä käytössä. Lähitulevaisuudessa tämän tyyppiset ratkaisut ovat kuitenkin nousemassa yhdeksi ratkaisuvaihtoehdoksi alati kasvavien kasvihuonepäästöjen hillitsemiseksi.

LÄHTEET

Bauer, F., Persson, T., Hulteberg, C. & Tamm, D. 2013. Biogas upgrading – technology overview, comparison and perspectives for the future. Teoksessa Biofuels, Bio-products and Biorefining. Volume 7, Issue 5, 499 – 511

Biovakka Suomi Oy:n www-sivut. 2014. Viitattu 26.3.2014. www.biovakka.fi

Cirmac International Bv:n www-sivut. 2014. Viitattu 12.4.2014.
<http://www.cirmac.com/>

Cryostar Groupin www-sivut. 2014. Viitattu 15.4.2014. <http://www.cryostar.com/>

Eisenmann Ag:n www-sivut. 2014. Viitattu 11.4.2014.
<http://www.eisenmann.com/en.html>

European Local Transport Information Service. 2014. Viitattu 5.5.2014.
http://www.eltis.org/index.php?id=13&study_id=3554

Fin Gas Auto Oy:n www-sivut. 2014. Viitattu 14.4.2014.
<http://www.fingasauto.com/fi/>

Gasum Oy:n www-sivut. 2014. Viitattu: 14.4.2014. <http://gasum.fi/>

Greenlane Biogas Ab:n www-sivut. 2014. Viitattu 11.4.2014.
<http://greenlanebiogas.com/>

Höyrytys Oy:n www-sivut. 2014. Viitattu 10.4.2014. <http://www.hoyrytys.fi/>

Lampinen, A. 2009. Uusiutuvan liikenne-energian tiekartta. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun julkaisuja. Viitattu 6.4.2014.
http://www.karelia.fi/julkaisut/sahkoinenjulkaisu/B17_verkkojulkaisu.pdf

Lehtomäki, A., Paavola, T., Luostarinen, S. & Rintala, J. 2007. Biokaasusta energiaa maatalouteen – raaka-aineet, teknologiat ja lopputuotteet. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 85.

Liikennebiokaasun www-sivut. 2014. Viitattu 9.4.2014. <http://liikennebiokaasu.fi/>

Malmberg Gruppen Ab:n www-sivut. 2014. Viitattu 10.4.2014.
http://www.malmberg.se/en/malmberg_biogas_en

Mercedes-Benz Special Trucks www-sivut. 2014. Viitattu 13.4.2014.
http://www.special-trucks.eu/webspecial_econic-ngt/en/

Metener Oy:n www-sivut. 2014. Viitattu 10.4.2014. <http://www.metener.fi/>

Purac Puregas Ab:n www-sivut. 2014. Viitattu 30.4.2014. <http://purac-puregas.com/>

Sarlin Oy Ab:n www-sivut. 2014. Viitattu 11.4.2014.
<http://www.sarlin.com/fi/Etusivu>

Schwelm Anlagentechnik GmbH:n www-sivut. 2014. Viitattu 14.4.2014.
<http://www.schwelm-anlagentechnik.de/en/home.html>

Stirling Cryogenics Bv:n www-sivut. 2014. Viitattu 11.4.2014.
<http://www.stirlingcryogenics.com/>

Suomen Bioauto Oy:n www-sivut. 2014. Viitattu 2.4.2014.
<http://www.suomenbioauto.fi/>

Suomen Biokaasuyhdistys. 2014. Viitattu 24.3.2014.
<http://www.biokaasuyhdistys.net/>

Swedish Gas Association. 2014. Viitattu 1.4.2014. <http://www.energigas.se/>

Terra Gas Finland Oy:n www-sivut. 2014. Viitattu 14.4.2014. <http://www.terragas.fi/>

Volvo Trucks Global www-sivut. 2014. Viitattu 13.4.2014.
<http://www.volvotrucks.com/trucks/global/en-gb/trucks/Pages/trucks.aspx>

VTT:n Lipaston www-sivut. 2014. Viitattu 29.4.2014. <http://lipasto.vtt.fi/index.htm>

Wärtsilä Oyj:n www-sivut. 2014. Viitattu 13.4.2014.
<http://www.wartsila.com/en/Home>

Xebec Inc. www-sivut. 2014. Viitattu 11.4.2014.
<http://www.xebecinc.com/home.php>

Zafar, S. 2013. Biogas Enrichment Methods. Viitattu 9.4.2014.
<http://www.bioenergyconsult.com/biogas-upgradation/>

Ökobit GmbH:n www-sivut. 2014. Viitattu 30.4.2014. <http://www.oekobit-biogas.com/>