KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Energia- ja ympäristötekniikan koulutus

Jere Räty
Teemu Keikkonen

Paineistetun biokaasun käytön pilotointi lämmitysjärjestelmässä

Opinnäytetyö
17.03.2020

OPINNÄYTETYÖ
Maaliskuu 2020
Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma
Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
Puh. 013 260 600

Tekijät
Jere Räty ja Teemu Keikkonen

Nimeke
Paineistetun biokaasun käytön pilotointi lämmitysjärjestelmässä

Toimeksiantaja
Handiheat

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä opastetaan biokaasun käyttömahdollisuuksista ja pilotointihankkeelle suunnitellaan vertailupohjaa rakennussuunnitelman yleisohjeistusten ja laskelmien kanssa. Hanketta varten tiedon keruuta tehtiin eri tahoilta puhelin keskustelujen ja sähköpostien välityksellä. Biokaasun käytön opastuksista ja biokaasun mahdollisuuksista pyrittiin luomaan laaja kuva biokaasua käyttäville tai uusille käyttäjille lämmitys-, sähkö- ja liikennekäytöstä.

Opastukseen mukaan luettiin tarvittavat lupa-asiat ja niiden haku ohjeistusta, biokaasun tankkausasemien toiminnan periaatteet ja biokaasun kuljetuksen mahdollisuuksista tuotiin yleiskuvaa. Opinnäytetyössä sivuttiin myös biokaasun kannattavuuden aihetta ja nykyistä Suomen alueen biokaasu tankkausasemien ja laitosten kattavuutta.

Pilotointi projektista luotiin suunnittelupohjaa rakentamiselle, lupa-asioille, biokaasun kuljetukselle, turvallisuusasioille ja vertailulaskenta laskettiin vanhan- ja uuden polttojärjestelmän kannattavuudelle.

Pilotoinnin suunnitelmaa tehdessä havaittiin lyhyen ajan investointien olevan liian hinnakas vaihtoehto, minkä jälkeen päätimme laitteiston vuokrauksesta pilotoinnin ajaksi. Laskelmia pyritään pilotoinnin osalta käyttämään hyödyksi tulevaisuuden suunnitelmia varten ja vertailukohteena hankkeelle, mutta hanke ei tule toteutumaan kyseisessä kohteessa.

Kieli	Sivuja 58
suomi	Liitteet 8 Liitesivumäärä 8

Asiasanat

Paine, biokaasu, lämpö, järjestelmät, pilottitutkimukset, kannattavuus

THESIS
March 2020
Degree Programme in Energy and Environmental Technology
Karjalankatu 3
FIN 80200 JOENSUU
Tel. 358-013-260 600

Authors
Jere Räty and Teemu Keikkonen

Title
Piloting the Use of Pressurized Biogas in Heating System

Commissioned by
Handiheat

Abstract

The thesis gives guidance on the potential use of biogas, and a pilot project is planned for a reference plan with general guidelines and calculations of the building plan. For the project, telephone surveys and e-mails were conducted to collect data from different sources. The aim was to create a comprehensive picture of the use of biogas for heating, electricity and transport for biogas users or new users.

The guidance included the necessary licence issues and their search for guidance, the principles of biogas filling stations, and an overview of the potential for transporting biogas. The thesis also touched upon the topic of biogas profitability and the current coverage of biogas filling stations and plants in Finland.

The pilot project created a planning basis for construction, licensing, biogas transportation, safety and benchmarking for the profitability between old and new combustion system.

During the piloting process, a short-term investment was found to be too costly, and after that we decided to rent the equipment for the pilot. The calculations are intended to be used as useful source for future planning purposes and as a benchmark for the project, but the project will not be implemented at that site.

Language	Pages 58 Appendices 8 Pages of Appendices 8
Finnish	

Keywords

Pressure, biogas, heat, systems, pilot studies, profitability

Sisältö

1 Johdanto 7
2 Keskeiset käsitteet 8
3 Biokaasu 9
3.1 Biokaasun käyttökohteet 11
3.2 Biokaasun käyttö lämmityskäytössä 11
3.3 Biokaasu yhdistetyssä lämmön- ja sähkön tuotannossa 14
3.4 Biokaasun soihtupoltto 16
3.5 Biokaasu liikenteessä 17
3.6 Biokaasu tankkausasemat 20
3.7 Biokaasun kuljetus ja jakelu mahdollisuudet 21
3.8 Putkisto 23
3.9 Biokaasun kuljetus paineistettuna ja nesteytettynä 23
3.10 Biokaasun varastointi kiinteistökohteissa 24
3.11 Biokaasun asetukset ja lait 26
3.12 Lyhyesti standardeista 27
3.13 Huollot ja asennukset 28
3.14 Saatavilla olevat tukiratkaisut 29
4 Biokaasun kannattavuus ja hyödyntämisen ongelmat 31
4.1 Biokaasun liikennekäytön kannattavuus 31
4.2 Biokaasun kannattavuus energiatuotannossa 33
5 Biokaasun kattavuus ja kehitys Suomessa 35
5.1 Biokaasu verkoston laajuus 35
6 Työn tarkoitus, tavoitteet ja tutkimustehtävä 41
6.1 Tarkoitus ja tavoitteet 41
6.2 Pilottiprojektin koealue 42
7 Aineisto ja menetelmät 44
7.1 Rakennusluvalliset - ja turvallisuusasiat 44
7.2 Polttojärjestelmä ja tankkausasema 45
7.3 Biokaasun kuljetus 48
7.4 Turvalaitteisto 49
7.5 Hankkeen laskennat ja tiedonkeruu 50
7.6 Aineiston käsittely ja analyysi 50
8 Tulokset 53
9 Tulosten tarkastelu 54
10 Johtopäätökset ja pohdintaa 55
Lähteet 56

Liitteet

Liite 1 Tankkausaseman mahdollisen tuoton taulukkolaskenta.
Liite 2 Tankkausasemalle tarvittavan biokaasun laskennat.
Liite 3 Biokaasu polttojärjestelmän ja tankkausaseman yhteenlaskettu investointilaskelma.
Liite 4 Uuden biokaasujärjestelmän kulutus laskennat vanhan järjestelmän pohjalta.
Liite 5 Tuoton laskenta biokaasujärjestelmän ja tankkausaseman yhteiskäytölle.
Liite 6 Putkien rosoisuuden mitat eri materiaaleille (Pressure Drop Online-Calculator, 2019.)
Liite 7 Biokaasu putkiston painehäviöiden laskenta 100 metrin putkelle kokoa D100
(Pressure Drop Online-Calculator, 2019.)
Liite 8 Biokaasu putkiston painehäviön laskenta 200 metrille putkea kokoluokassa D100.
(Pressure Drop Online-Calculator, 2019.)

Kuvat

Kuva 1 Biokaasun elinkaari.
Kuva 2 Biokaasun polttojärjestelmä lämmityksessä.
Kuva 3 Biokaasu dual-fuel poltin järjestelmä Oilon Oy:lta.
Kuva 4 Suomessa biokaasulla tuotettu lämpö ja sähkö vuosina 1994-2017.
Kuva 5 Raakabiokaasun soihtupoltto LABIO:n biokaasulaitoksella 2014.
Kuva 6 Biokaasu tankkausasemien muodot.
Kuva 7 Prosessi kaavio nopeasta tankkausasemasta (Hinterberger 2009, 201).
Kuva 8 Maakaasuverkosto Suomessa ja sen lähialueilla.
Kuva 9 Tytärkontteja kaasupulloineen.
Kuva 10 Biokaasun varastoinnin raja-arvot.
Kuva 11 Investointituki kaavio (Motiva 2019).
Kuva 12 Suomen tämän hetkinen tankkausverkoston kattavuus maakuntan alueittain.
Kuva 13 Kuntien tankkausverkoston kattavuus Suomessa.
Kuva 14 Suomen biokaasulaitokset 2018.
Kuva 15 Kaavio paineistetun biokaasun hinnan kehityksestä (CBG 100).
Kuva 16 Ortokuva hankekohteesta Kiteellä.
Kuva 17 500kW biokaasu ja öljykattila Oilonin dual-fuel polttimella Bio-Kymppi Oy:n käytössä.
Kuva 18 Luonnos mahdollisista konttien sijainneista kohdealueella.

Kuviot

Kuvio 1 Polttoaineiden hinnat keskiarvoltaan huhtikuussa 2019.
Kuvio 2 Polttoaineiden hiilidioksidi päästöjen vertailu.
Kuvio 3 Polttoaineiden kuluttaja hinnat keskiarvoiltaan (Tilastokeskus 2019).
Kuvio 4 Yhdistetyn polttojärjestelmän ja tankkausaseman laitehinnasto prosentuaalisesti.

Taulukot

Taulukko 1 Tyypilliset päästövähenemät siirryttäessä bensiini- tai dieselpolttoaineista biokaasun käyttöön (Lampinen 2015; Ahonen 2010).
Taulukko 2 Vastuuhenkilöiden pätevyysalue luokat.
Taulukko 3 Hintavertailua bensiiniin, biokaasun, dieseliin ja dual-fuel järjestelmän kanssa.
Taulukko 4 Vanhan 500 kW öljypolttimen vaihdon säästöt biokaasuun ja maakaasuun verrattavissa.

1 Johdanto

Opinnäytetyössä luodaan suunnitteluohjeistusta biokaasulaitoksen perustamiseksi ja selvitetään biokaasun lämmityskäyttöä ja mahdollisesti biokaasutankkausta asuinrakennuskohteessa vuonna 2018–2020 Itä-Suomen alueella. Työ perustuu testiprojektiin biokaasun käytöstä lämmityksessä ja alustavasti myös biokaasun tankkaukseen liittyen. Toimeksiantajana on Handiheat ja hankkeen yhteistyötekijä Karelia AMK. Hanke on osa EU:n Northern Periphery and Artic Programme -ohjelmaa, joka toimii yhteistyössä pohjoismaiden välillä. Ohjelman tarkoitus on auttaa luomaan elinvoimaisia, kilpailukykyisiä ja kestäviä yhteisöjä mahdollisimman resurssitehokkaasti innovaatioiden avulla. (Northern Periphery and Arctic Programme 2007,13.)

Testikokeilun päätarkoituksena on todeta biokaasun hyödyllisyys ja markkinaarvo lämmityskäytössä pyrkien saamaan mahdollisimman hyvää tietoa sen kannattavuudesta nykymarkkinoilla. Samanaikaisesti luodaan perustaa biokaasun käytölle Itä-Suomen alueelle. Työssä tutkitaan myös ohessa liikennekäytön mahdollisuuksia lämmityskäytön rinnakkaiskäytössä. Projekti sijoittuu Joensuun kunnan alueelle.

Biokaasun käyttö on ollut Suomessa hyvin vähäistä, liikennekäyttöä lukuun ottamatta. Biokaasun mahdollisuudet ovat vielä tutkinnan alla, mutta kasvua odotetaan lähitulevaisuudessa tekniikan kehittymisen ja fossiilisten polttoaineiden käytön vähenemisen myötä.

2 Keskeiset käsitteet

Absorptio on kemiallinen tai fysikaalinen ilmiö, jossa nesteen tai kaasun imeytyy kiinteään aineeseen tai nesteeseen (Tieteen Termipankki 2014.)

Adsorptio on atomien, molekyylien, hiukkasten tms. Kiinnittyminen aineen pintaan. (Tieteen termipankki 2014.)

Adsorbeni on aine, joka vastaan ottaa imeytyvän aineen eli absorbaatin (Cambridge Dictionary 2020.)

Biokaasu on kaasuseos, jota syntyy eloperäisen materiaalin mädäntyessä ja hajotessa anaerobisten bakteerien avulla. Sisältää noin 60–65% metaania (CH4) ja loput hiilidioksidia (CO2). Lisäksi biokaasussa on vettä, typpeä, happea, vetyä, ammoniakkia ja rikkivetyä riippuen mistä biokaasu muodostuu (Bioste Oy 2014.)

BGV eli Biogas vehicle on biokaasulla toimiva ajoneuvo (Biokaasuauto 2013.)

CBG eli Compressed biogas on paineistettua biokaasua (Biokaasuauto 2013.)

Jalostettu kaasu on kaasu, jonka energia sisältöä on kasvatettu vähentämällä inerttien kaasujen määrää (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 134-136.)

LBG eli Liquefied biogas on nesteytettyä biokaasua (Biokaasuauto 2013)

MGV eli Methane gas vehicles on metaanipolttoaineella toimiva ajoneuvo. (Tekniikka Elämää Palvelemaan ry 2015, 119.)

Nm3 eli normaalikuutio, joka tarkoittaa yhtä kuutiota normaalissa ilmanpaineessa 101,3 kPa ja 0 °C lämpötilassa (Bioste Oy 2014.)

Oktaaniluku on polttoaineen puristuskestävyyttä kuvaava luku. Mitä suurempi luku, sitä paremmin polttoaine-ilmaseos kestää puristusta sylinterissä syttymättä liian aikaisin. Aikainen syttyminen voi kuluttaa moottoria (Neste 2015, 20.)

Puhdistettu kaasu on kaasu, jota on tuotettu, joko sähkön- tai lämmityskäytön tarkoitukseen. Kaasusta on poistettu mahdolliset laitteistoa haittaavat epäpuhtaudet. (Gasum Oy 2019.)

3 Biokaasu

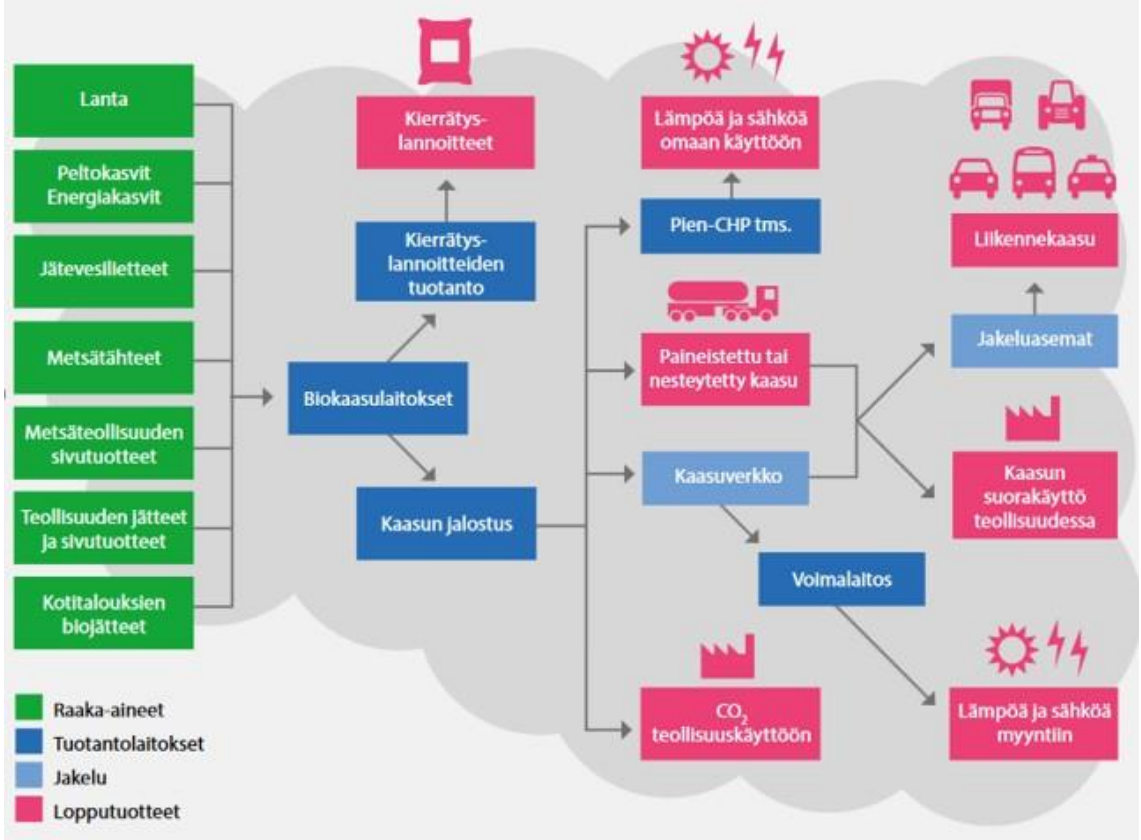
Biokaasu on kaasuseos, jota syntyy eloperäisen aineen mädäntyessä ja hajotessa anaerobisten bakteerien avulla. Raaka-aineina toimivat helposti hajoavat orgaaniset yhdistelmät, kuten esimerkiksi lannat, biojätteet, teurastusjätteet, erilaiset lietteet, kasvibiomassat (lehdet, naatit, kuoret, kokonaiset energiakasvit jne.). Puu ei käy mädätykseen sen sisältämän hitaasti hajoavan ligniinin vuoksi. Paperit, joista ligniini on poistettu soveltuvat muun jätteen seassa raaka-aineeksi. Suomessa eniten käytetty raaka-aine on lanta. (Bioste Oy 2019.)

Biokaasu voidaan jakaa kolmeen ryhmään sen raaka-aineen perusteella: jätepohjainen biokaasu, peltopohjainen biokaasu ja puupohjainen biokaasu (Kuva1) Näistä raaka-aineeltaan jäte- ja peltopohjaisiin muodostetaan mädätysprosessi, mikä on ohjattua. Mikrobit hajottavat orgaanisen aineen muodostaen metaania ja hiilidioksidia. Kaasuttamalla kiinteää biomassaa saadaan puupohjaista biokaasua, joka voidaan käsitellä vastaamaan maakaasun koostumusta, jolloin metaanipitoisuudeksi voidaan saada 95 %. (Gaia Consulting 2015.)

Biokaasu voidaan tuottaa reaktorissa mädättämällä (reaktorikaasu) tai spontaanisti kaatopaikalla (kaatopaikkakaasu). Mädätys tapahtuu märkämädätyksellä tai kuivamädätyksellä. (Gaia Consulting 2015.)

Märkämädätyksessä kiinteiden aineiden syötön voi tehdä kahdella tavalla: lanta ja kiinteä massa voidaan sekoittaa keskenään sekoitussäiliössä, josta materiaali pumpataan mädätyssäiliöön tai kiinteä aine voidaan siirtää siirtoruuvien avulla suoraan mädätykseen. Märkämädätys koostuu jatkuvatoimivista prosesseista.

Mädätysjäännös pumpataan lopuksi pois. Kuivamädätyksessä kuiva-aine pitoisuus on yleensä 30 %, mutta voi vaihdella jopa 60 %: iin. (Motiva 2013, 15.) Kuiva-aine mädätyksessä käytettävät kuivamädätyslaitokset ovat erilaisia. Yleisin käytettävän laitoksen toimintaperiaate on, että mädätettävän materiaalin päälle pumpataan kierrätettävää nestettä mädätyskammiossa. Neste ja sen liuottamat aineet valuvat syötekerrosten läpi, minkä jälkeen suodattunut neste kootaan ja pumpataan takaisin materiaalin päälle. Materiaalin siirtoon käytetään pyöräkuormaajia. Kun prosessi on käynyt läpi oman kiertoaikansa, materiaali vaihdetaan, mutta osa vanhasta mädätysjätteestä jätetään uuteen syötteeseen riittävän hajoamisen käynnistämiseksi. (Motiva 2013, 17.) Kummankin prosessin riittämättömästi mädäntynyttä materiaalia viedään usein jatkomädätykseen (Motiva Oy 2013, 17).



Kuva 1. Biokaasun elinkaari.

3.1 Biokaasun käyttökohteet

Biokaasua voidaan polttaa lämmöksi ja sähköksi tai pelkästään lämmöksi. Poltto tapahtuu usein kaasupolttimella, jolla voidaan saavuttaa jopa 95 %:n hyötysuhde biokaasun sisältämästä energiasta (Latvala 2009, 45). Pelkästään lämmöntuotannon hyötysuhde kattilapoltossa on 75–85 %. Lämpöenergialla voidaan tuottaa lämmintä vettä asuinrakennuksille, joiden yhteydessä on biokaasulaitos. Lämpö voidaan siirtää pienissä biokaasuvoimalaitos kohteissa kaasupolttimelta teräsputkia, tai joissakin tapauksissa biokaasulle tarkoitettuja teräs- ja muoviputkia, pitkin 80–90 °C lämpötilassa ja alle 10 mbar paineessa käyttökohteelle. (Latvala 2009, 45).

CHP tuotannossa biokaasua voidaan käyttää mikroturbiinien tai kaasumoottorien polttoaineena. Biokaasun käyttö on kannattavinta paikallisessa energiatuotannossa. (Riihimäki ym. 2014. 23–25). Usein biokaasun hyödyntämistä kuitenkin vaikeuttaa laitoksen sijainti, sillä biokaasua ei välttämättä voida hyödyntää välimatkojen ja pienen energiatarpeen vuoksi. Tämän vuoksi on hyvä suunnitella laitosratkaisut tarpeeksi hyvin, jotta tuotettua biokaasua voidaan käyttää sekä välittää hyödyllisesti tai jos ostaa biokaasua, niin sen käyttö maksaisi itsensä takaisin ennen laitoksen investointien uusimista.

Biokaasua voidaan käyttää jalostetussa muodossa myös liikenteessä polttoaineena. Puhutaankin CBG:stä, joka on metaanipitoisuuksiltaan maakaasun kaltainen polttoaine.

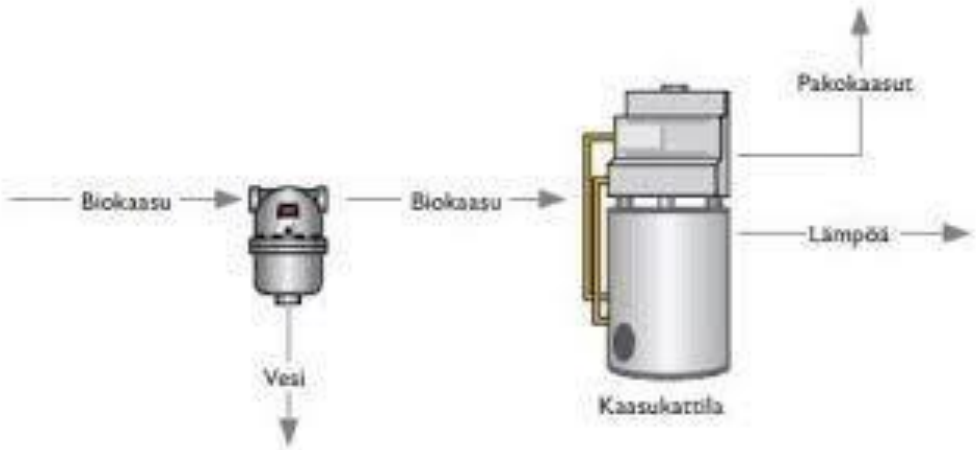
3.2 Biokaasun käyttö lämmityskäytössä

Yksinkertainen sekä halpa tapa hyödyntää biokaasua on polttaa se lämpimän veden tuotantoon lämmitystarkoituksiin siihen tarkoitetulla kaasunpolttojärjestelmällä. Biokaasuvaraston rakentaminen vaaditaan, mikäli lähellä ei ole kaasuputkistoa / kaasuverkkoa, mistä kaasu voidaan toimittaa suoraan rakennukseen. Kaasua voidaan siirtää varastolta polttimolle kaasun paineenalennusyksikön ja putkiston avulla.

”Biokaasun hyödyntämiskeinona se on investoinneiltaan pieni ja vain vähän valvontaa ja huoltoa tarvitseva ratkaisu. Erityisesti maatilalaitoksilla tuotetaan lämmintä vettä asuinrakennuksien ja eläinsuojien käyttöön”. (Motiva 2013, 18)

Kokoluokka vaihtelee usein 1 kW_{th}~100 MW_{th}. Lämmöntuotannon hyötysuhde voi olla jopa 95 %. Tämä tarkoittaa, että biokaasun energiasisällöstä jää hyödyntämättä vain 5 %. Biokaasun palamisreaktio on hyvin samanlainen kuin maakaasun. Biokaasulla on korkeampi hiilidioksidipitoisuus ja matalampi energiasisältö eli eroavuudet ovat hyvin pienet. Metaanin palamisreaktio voidaan yksinkertaistaa reaktioon:

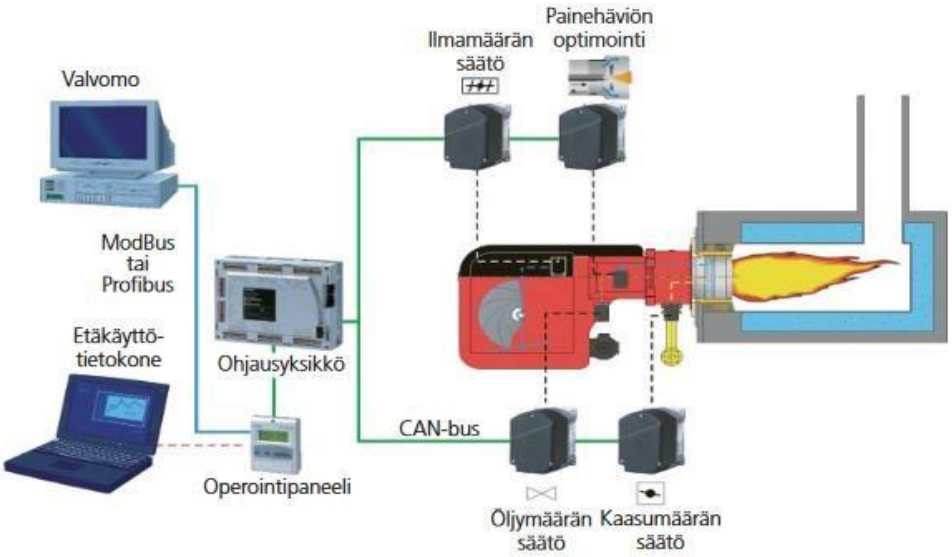
$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ (Motiva 2013, 18.)



Kuva 2. Biokaasun polttojärjestelmä lämmityksessä (Suomen ympäristökeskus).

Biokaasun käyttö lämmityksessä toteutetaan joko laitekohtaisella tai keskitetyllä järjestelmällä. Keskitetyllä järjestelmällä lämpöä tuotetaan kattilassa ja siirretään väliaineiden avulla kuluttajalle. Väliaineina käytetään vettä, höyryä, ilmaa tai lämmönsiirtonesteitä (toimivat parhaiten). Keskitetty järjestelmä on toiminnassa teollisuusmaissa. Laitekohtaisessa järjestelmässä biokaasu siirretään suoraan laitteen kulutukseen lämmön sijasta. Laitekohtainen järjestelmä on käytössä suurimmaksi osaksi kehitysmaissa. (Latvala 2009; Lampinen & Rautio 2015, 150.)

Poltinjärjestelmä voi olla yksinkertaisesti kaasu tai dual-fuel-poltin, sekä polttokattila. Dual-fuel-järjestelmän etuna on, että biokaasun kanssa voidaan tarvittaessa polttaa jotain muuta polttoainetta. Tämä järjestelmä vaatii kuitenkin sille sopivan polttokattilan, missä molemmille polttoaineille on oma palotila. Pelkkä biokaasupoltin on yksinkertaisesti helpompi toteuttaa laiteratkaisuna ja on edullisempi investointi.



Kuva 3. Biokaasu dual-fuel-poltin järjestelmä Oilon Oy:lta.

3.3 Biokaasu yhdistetyssä lämmön- ja sähkön tuotannossa

Biokaasua voidaan käyttää myös yhdistetyssä energiantuotannossa. Esimerkkinä on CHP-tuotanto, jossa tuotetaan sähköä ja lämpöä yhtä aikaa. Yhdistetylle sähkön ja lämmöntuotannolle on useita erilaisia teknisiä ratkaisumahdollisuuksia. Yleisin käyttöperiaate perustuu biokaasun polttamiseen ottomoottorissa, taikka kaasukäyttöiseksi muunnetussa dieselmoottorissa. Itse moottori pyörittää sähköverkkoon tahdistettua generaattoria. (Motiva 2013, 18.)

Kaasumoottorissa kaasuseos sytytetään sytytystulpalla, toisin kuin diesel moottorissa, jossa kaasuseos sytytetään pienellä määrällä diesel polttoainetta (Motiva 2013, 18).

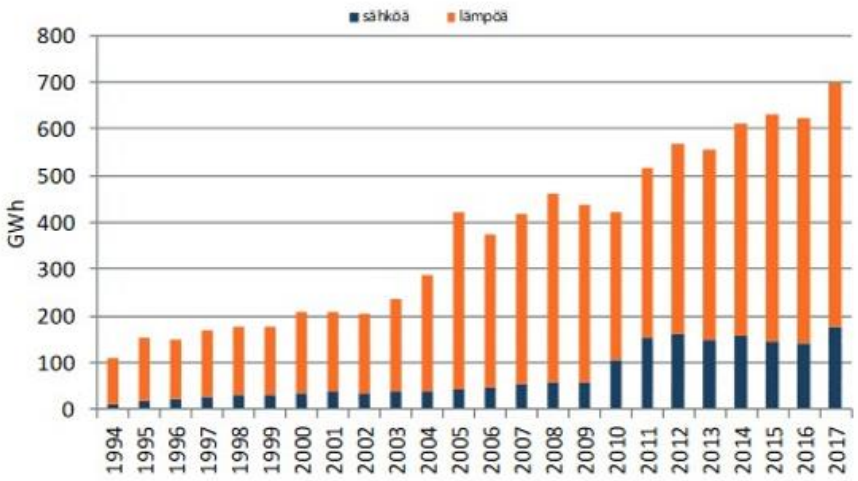
Ottomoottoreita käytetään suurimmissa laitoksissa ja pienimmissä laitoksissa käytetään biokaasumoottoria. (Motiva 2013, 18.)

Sähkön ja lämmön tuotannon ratkaisuksi voidaan käyttää myös stirlingmoottoreita tai mikroturbiineita. Stirlingmoottoreissa palaminen tapahtuu moottorin ulkopuolella, ja niiden tulisi toimia vähemmällä huollolla ja pitempään, kuin moottorit, joissa palaminen tapahtuu sisäpuolella. Stirlingmoottoreiden tämän hetkinen vähäinen käyttö perustuu niiden tarvitsemaan suureen tilaan ja kalliiseen hintaan. Biokaasulaitoksilla mikroturbiineita on käytetty harvemmin. Suomessa mikroturbiineita käytetään enimmäkseen muutamilla kaatopaikoilla. (Motiva 2013, 18.)

Kaasuturbiinit ovat pitkäikäisiä ja vaativat vähän huoltoa, mutta ne ovat kalliimpia kuin vastaavat mäntämoottorit, ja niiden hyötysuhde on jonkin verran huonompi kuin mäntämoottorien. Tämän vuoksi ne eivät ole yleisiä. Hyvän mekaanisen hyötysuhteen ja alhaisen hinnan vuoksi mäntämoottorit ovat useimmiten käytössä pienimuotoisissa sähkön- ja lämmöntuotannoissa. Mäntämoottorit kuitenkin tarvitsevat säännöllistä huoltoa ja niiden jatkuva käyttö 5–10 vuoteen vaatii moottorin vaihtoa. (Motiva 2013, 18.)

Pieni polttomoottori, joka toimii biokaasulla, pystyy muuttamaan noin 30 % biokaasun energiasisällöstä sähköenergiaksi ja loput lämmöksi. Suuret kaasumoottorit toimivat jopa yli 40 % hyötysuhteella. (Motiva 2013, 18.)

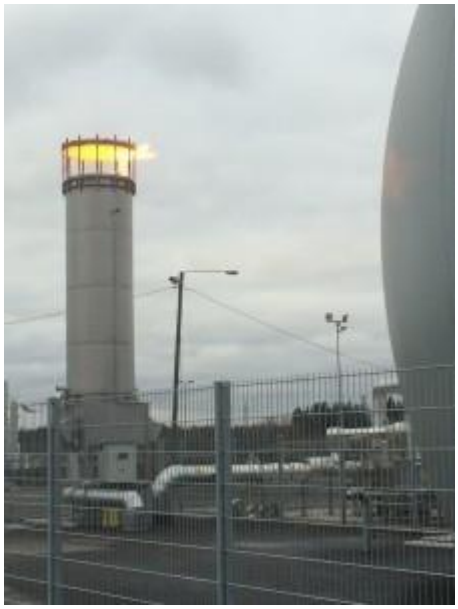
Sähkön- ja lämmöntuotannon laitoksien sijoituspaikkaa mietittäessä kannattaa huomioida se, että tuotetulla lämmöllä saataisiin hyvä ja tasainen käyttö. Mikäli lämmölle ei ole käyttöä biokaasulaitoksen yhteydessä, kannattaa etsiä mahdollisuuksia sen hyödyntämiseksi jossain muualla. Yleisesti ottaen voidaan olettaa, että suunnilleen yhtä monta kWh lämpöä kuin sähköäkin voidaan hyötykäyttää laitoksen ulkopuolella. (Motiva 2013, 18.)



Kuvio 4. Suomessa biokaasulla tuotettu lämpö ja sähkö vuosina 1994–2017. (Motiva 2013)

3.4 Biokaasun soihtupoltto

Biokaasua poltetaan soihtupolttona ainoastaan, jos sen hyödyntäminen muuten ei ole mahdollista. Soihtupoltto on kuitenkin vähentynyt biokaasun yleistyessä polttoaineena ja muissa sen energian hyödyntämismahdollisuuksissa. Usein biokaasulaitokset polttavat biokaasua myös, mikäli ensisijainen hyödyntämislaitteisto rikkoontuu tai biokaasua on ylimääräistä. Tämä on yleistä varsinkin kaatopaikoilla, joissa biokaasua kerätään. Muillakin suurimmilla laitoksilla se on vararatkaisuna, mutta pienimmillä se ei ole yleinen vaihtoehto. Yksinkertainen lämpökattila käy pienimmille laitoksille investoinnin kannalta katsoen paremmin. (Latvala 2009.)



Kuva 5. Raakabiokaasun soihtupoltto LABIO:n biokaasulaitoksella 2014.

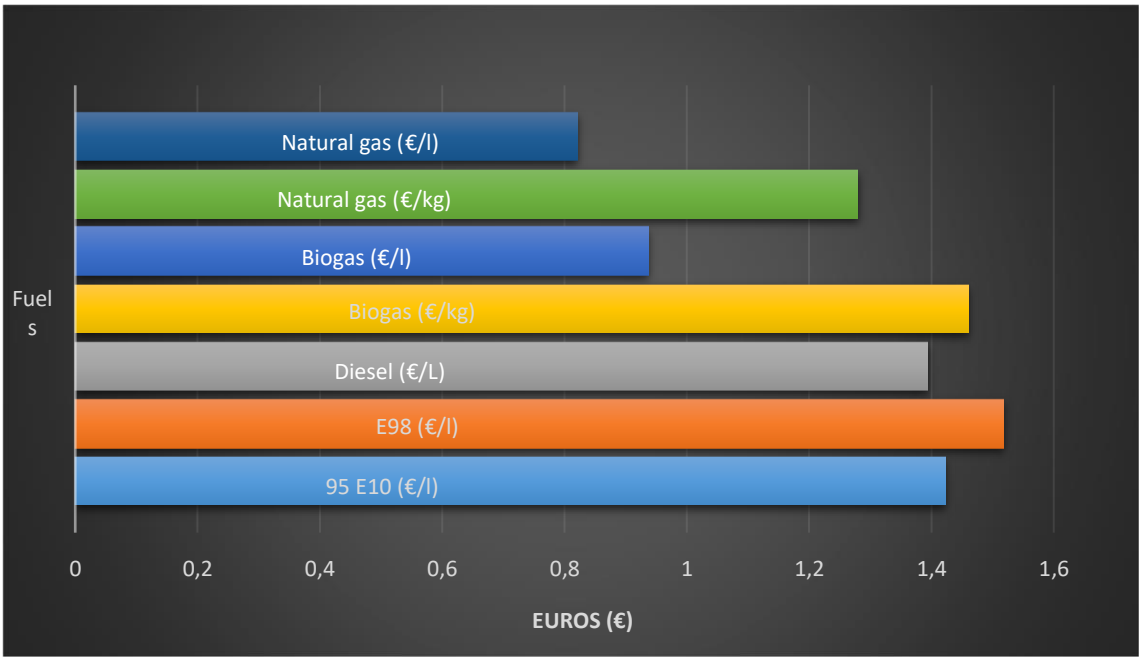
3.5 Biokaasu liikenteessä

Biokaasun liikennekäyttö voidaan toteuttaa monella eri tavalla. Sitä voidaan käyttää pelkästään puhdistettuna, mikäli ajoneuvo on muunneltu sitä varten. Näissä ajoneuvoissa hyödynnetään sähköntuotannon kaltaisia moottoreita. Puhdistetun biokaasun käyttö polttoaineena on harvassa, sen tarvitseman polttoainetankin ollessa huomattavasti suurempi kuin jalostettuun biokaasuun tarvittavan. Jalostetun biokaasun energiatiheys on myös suurempi. (Motiva 2013, 21)

Biokaasun liikennekäyttö vaatii kaasun puhdistuksen ja jalostuksen biometaaniksi, joka on hyvin samankaltainen koostumukseltaan kuin maakaasu. Biokaasun jalostuksessa kaasusta erotetaan hiilidioksidi ja mahdolliset rikkiyhdisteet, sekä vesi. Biokaasupuhdistuksessa valmistettavaan biometaanin laatuun voidaan vaikuttaa erilaisilla tekniikoilla. Yleisimmät tekniikat ovat vesipesu eli PWS, kemiallinen absorptio, paineenvaihteluadsorptio, kalvoerotus ja kryojalostus. (Motiva 2013, 21)

Jalostetulle biokaasulle ajoneuvokäytössä ei ole Suomessa annettu laatumäärityksiä, mutta verkkoon syötetylle biokaasulle on omat laatumääräykset eurooppalaisen standardin EN 16723-1 mukaisten vaatimusten perusteella. Erilaisia sertifikaatteja on haettavissa paineistetulle biokaasulle, jotka vastaavat biokaasun laatumääräyksistä ja usein nämä sertifikaatit eivät ole vaadittu pakollisiksi. Kuitenkin paineistetun biokaasun tulee sisältää 80–90 % metaania, jotta se voidaan luokitella jalostetuksi biokaasuksi ajoneuvokäyttöön. (Motiva 2013, 21)

Usein laitosten ”matka” biokaasun hyödyntämisestä liikennebiokaasuksi katkeaa liian harvaan ajoneuvokantaan ja asiakaskunnan harvalukuisuuteen, jotta investoinnit maksaisivat itsensä takaisin. (Motiva 2013, 21)



Kuvio 1. Polttoaineiden hinnat keskiarvoltaan huhtikuussa 2019 (Tilastokeskus).

Liikennekäytteinen kaasu sisältää vähintään 96 % metaania. Puhutaankin biometaanista eli CBG. Biokaasun vähäiset kasvihuonepäästöt tekevät siitä loistavan korvikkeen bensiinille. Metaanin lämpöarvo normaalikuutioina on noin 9,97 kWh. Liikennekaasu, jonka metaanipitoisuus on n.97 % sisältää energiaa 9,67 kWh. Biokaasun energiasisältö muihin polttoaineisiin verrattuna:

- 1 Nm^3 biometaania 9,7 kWh
- 1 Nm^3 maakaasua 10,0 kWh
- 1 litra bensaa 8,9 kWh
- 1 litra dieseliä 9,8 kWh
- 1 litra E85 6,6 kWh
- 1 kg maakaasua 13,7 kWh
- 1 kg biometaania Gastorilta 13,5 kWh.

(Stormossen 2018.)

Kaikki MGV ajoneuvot ovat myös suunniteltu muillekin kaasuille käytettäviksi. Metaani on ainut polttoaine, joka sopii kaikkiin moottorityyppeihin liikennekäytössä ja sen oktaani luku voi olla jopa 140. Yleisimmin biokaasu varastoidaan ajoneuvoissa paineistetussa muodossa. Varastoinnin paineet vaihtelevat 200–250 baarin välillä ja suurempi paine on tarkoitettu raskaille ajoneuvoille. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 160.)

Taulukko 1. Tyypilliset päästövähenemät siirryttäessä bensiini- tai dieselpolttoaineista biokaasun käyttöön (Lampinen 2015, Ahonen 2010)

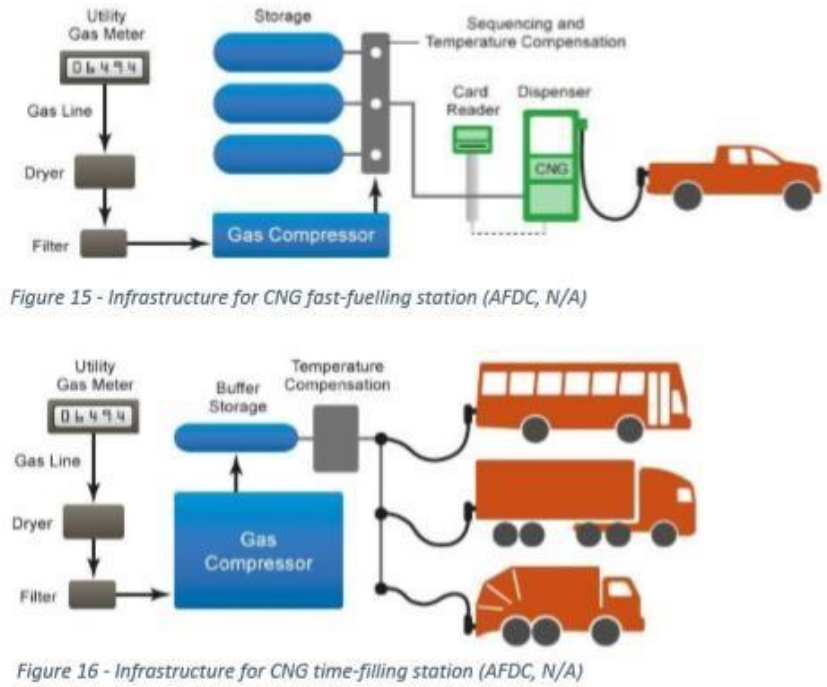
Päästölaji	Bensiinistä biokaasuun	Dieselistä biokaasun
Kasvihuonekaasut %	95	93
Hiilidioksidi %	97	96
Typenoksidit %	67	92
Ei-metaaniset hiilivedyt (NMHC) %	85	78
Hiilimonoksidi (CO) %	71	14
Pienhiukkaset %	60	85

3.6 Biokaasu tankkausasemat

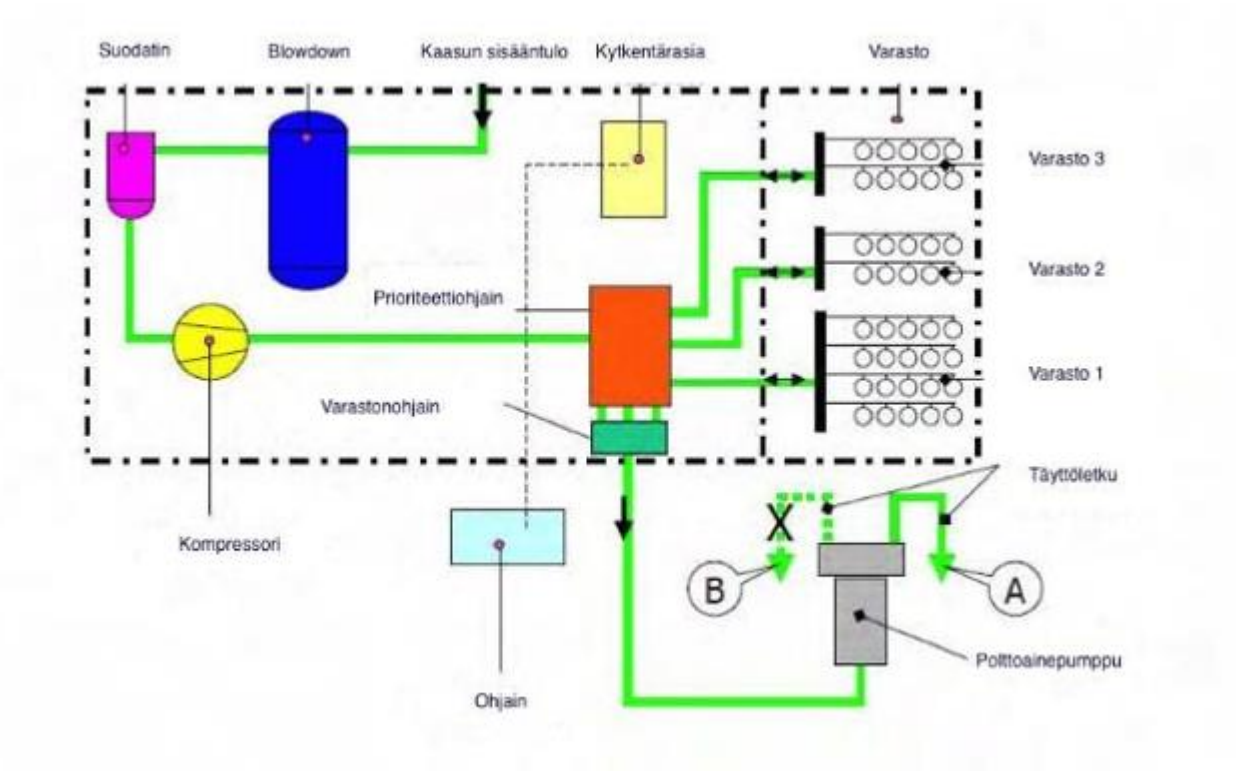
Tankkausasemat ovat yleisesti joko nopea- tai hidastankkausasemia. Nopeatankkausaseman toiminta perustuu paine-erolla toimivaan menetelmään, jossa kaasuvaraston tai -verkon ja tankin välillä saadaan aikaan tarpeeksi suuri paine-ero kompressorilla tai suurella varastomäärällä, jotta kaasu virtaisi ajoneuvo säiliöön. Se on parempi kiinteistökäytössä ja ero tulee hidastankkausasemaan verrattuna tankkauksen keston pituuden ollessa 3–6 minuuttia. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 160.)

Hidastankkausasema perustuu kompressorijärjestelyyn, jossa kaasu siirretään matalapaineisesta kaasuverkosta suoraan auton säiliöön. Hidas tankkaus voi kestää vähintään kuusi tuntia henkilöautoa tankatessa. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 160.)

Itä-Suomen alueella lähimmät tankkausasemat löytyvät Mikkelistä ja Haukivuorelta. Kuopioon on rakenteilla tankkausasema Suomalaisen energiayhtiön Gasumin toimesta.



Kuva 6. Biokaasu tankkausasemien muodot. (Biogas 2020).

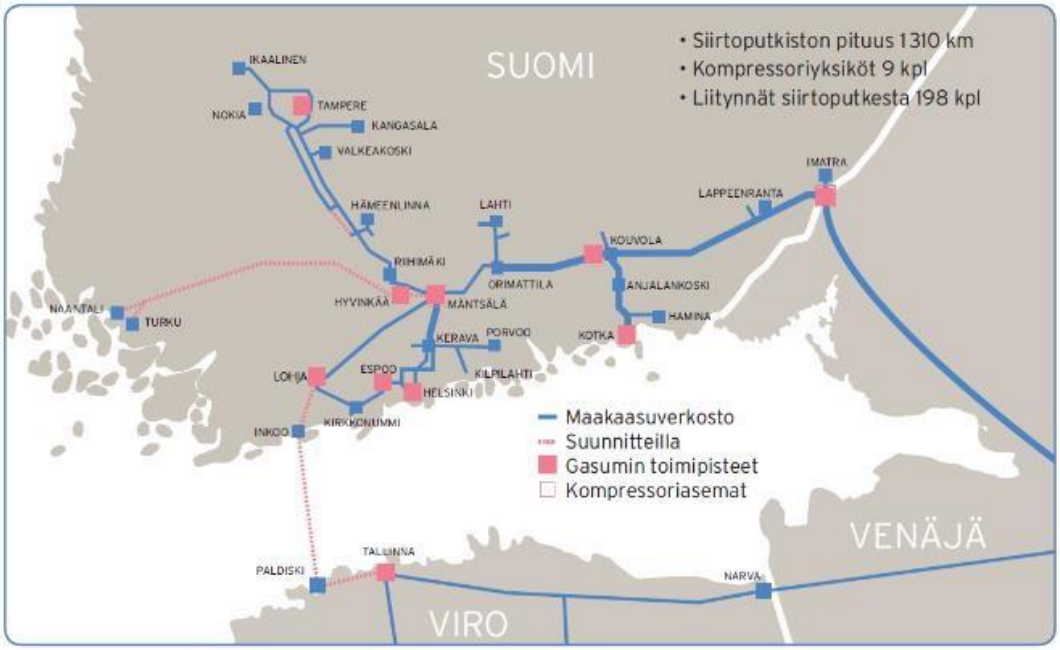


Kuva 7. Prosessikaavio nopeasta tankkausasemasta (Hinterberger 2009, 201).

3.7 Biokaasun kuljetus ja jakelu mahdollisuudet

Suomen kansallinen maakaasuverkko sijaitsee pääosin Etelä-Suomen alueella, minkä vuoksi kaasun jakaminen kansallisella maakaasuverkolla ei onnistu Itä-Suomen ja Pohjois-Suomen alueilla. Muutenkin biokaasun kuljetusmahdollisuudet ovat hyvin rajalliset kaasun syttyvyyden ja biokaasulaitosten sijainnin vuoksi. (Gasum Oy 2019)

Ainoa kuljetus ja jakelu etäaluille toimivat laitosalueella siirtoputkilla tai konttiratkaisumalleilla kauemmaksi kuljetettuna. Yleisesti ottaen helpoimpana biokaasun kuljetusmuotona etäalueilla pidetään vaihtolava ratkaisua. (Gasum Oy 2019)



Kuva 8. Maakaasuverkosto Suomessa ja sen lähialueilla (Gasum).

3.8 Putkisto

Maakaasujärjestelmän putkimateriaalina käytetään kaasun käyttöön sopivaa PE-putkijärjestelmää. Putket peitetään valmistuksessa polypropeenisuojakuorella ja ne ovat suunniteltu kestämään hyvin esimerkiksi paineiskuja ja muita mekaanisia rasitteita. Putket ovat taipuvia, mikä puolestaan helpottaa asennustöitä.

Painelaitelaissa (869/1999) säädetään biokaasun käyttöputkiston ja tankkausaseman putkiston ja niihin liitettyjen laitteiden ja laitteistojen rakennevaatimuksia. Laki on maakaasulaki, mutta sitä sovelletaan biokaasun käytössä. (Finlex. 2009. Luku 4. 3 §)

3.9 Biokaasun kuljetus paineistettuna ja nesteytettynä

Paineistettua biokaasua kuljetetaan jalostettuna, sekä mahdollisesti myös puhdistettuna. CBG kuljetuskontit ovat yleensä standardoituja merikuljetuskontteja (kuva 9). Konttien kuljetuskapasiteetit vaihtelevat paljon, mutta ne ovat suurimmillaan noin 120 MWh. Kevyet pakettiautot sopivat pienempi mittakaavaisiin kuljetuksiin. Kuljetukset pulloina toimivat parhaiten komposiittipainepulloissa, joiden avulla voidaan kuljettaa jopa 8000 kg kaasua. Nesteytettynä kuljetetaan vain jalostettua biokaasua. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 164–170.)

LBG:n suhde paineistettuun biokaasuun on 600 baaria paineistettua biokaasua energiasisällöltään. Nestemäistä biokaasua voidaan kuljettaa suurempina määrinä, mutta sen varastointi pitkäaikaisesti ei ole mahdollista. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 164–170.)

Kun puhutaan biokaasun kuljetuksesta ja käyttö ei ole pitkäaikaista, kannattavinta ei välttämättä ole ostaa itse konttiratkaisua, joissa biokaasu tuodaan, vaan vuokrata niitä yritysten kautta tietynlaisen sopimushinnan mukaan. Tästä esimerkkinä ovat pilotointi jaksot ja erilaiset tutkimukset biokaasuun liittyen.

Tämä johtuu siitä, että lyhyen ajan käytön investointi kustannukset nousevat korkealle pelkästään konttien hintojen ollessa 80000–300000 € riippuen biokaasun määrän tarpeesta (Hinterberger 2009). Pitkäaikaista investointia katsottaen omien konttien omistaminen tuo etuja pitkällä aikavälillä. Investointihinnat laskevat myös, mikäli biokaasu voidaan tuottaa ja käyttää paikallisesti tai jopa valmistuskohteessa.

Kuva 9. Tytärkontteja kaasupulloineen (Biokaasuauton verkkosivut).

3.10 Biokaasun varastointi kiinteistökohteissa

Kiinteistökohteissa on hyvä käyttää siirrettävää lämmitysratkaisua, mikäli biokaasun tarve ei ole jatkuvaa. Tässä tapauksessa on käytettävä välimallia siirrettävän konttiratkaisun ja kiinteän biokaasu lämmityslaitoksen väliltä. Varastointi biokaasulle on järkevämpää kaasumaisessa muodossa, sillä LGB ei sovi pitkäaikaiseen varastointiin. LGB höyrystyy ajan myötä johtuen metaanin alhaisesta kiehumispisteestä. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 170.)

Kaasuvarasto tulee olla katettu ja eritetty kompressoritilasta. Ulkopuolella sijaitsevaa varastoa tulee ympäröidä aita tai kevyt seinä. Varastointi voi tapahtua myös siirrettävillä siirtolavoilla, joista biokaasu voidaan käyttää lämmön- tai sähköntuotantoon ja mahdollisesti myös tankkaukseen. (Maakaasuyhdistys r.y 2019, 14)

Tukesin varastoinnin luparaja jalostetulle biokaasulle on yli 5 tn varastoinnille. Alle 5 tn varastointi räjähtäviä kemikaalisia seoksia ei vaadi luvan hankintaa Tukesilta, mutta vaatii ilmoittamaan. Kyseiseen 5 tn luparajaan sisältyy alueella kaikki varastoidut ja helposti syttyvät kemialliset aineet. Mikäli varastoi muutakin kuin biokaasua, tulee se huomioida varastoinnin luparajaan laskettuna. (Tukes 2019, 15.4.2019)

Vaarakategoria	Ilmoitus Tukesille (tonnia)	Lupa (tonnia)	MAPP (tonnia) toiminaperiaateasiakirja	TS (tonnia) turvallisuusselvitys
Maakaasu ja siihen rinnastettava biokaasu, eli biometaani	0,2	5	50	200

Kuva 10. Biokaasun varastoinnin raja-arvot (Tukes)

3.11 Biokaasun asetukset ja lait

Biokaasu lämpölaitoksen luvat ja asian mukaiset standardit tulee olla kunnossa ja huomioitu jo suunnitteluvaiheessa. Usein biokaasulla ei ole omaa asetusta, joten maakaasu asetuksia ja lakeja joudutaan soveltamaan myös biokaasun osalta. Asetuksia soveltaessa tulee kuitenkin huomioida, että kaikkea ei voida soveltaa ja usein joutuu kysyä asioista asiantuntijoilta.

Asetuksia on useita. Räjähdyssuojakirja on pakollinen laitoksille, jotka käsittelevät biokaasua, johtuen biokaasun syttyvyysherkkyydestä. Metaani on erittäin syttyvää ja räjähtävää, jos sitä on ilmassa 5 - 15 tilavuusprosenttia. Biokaasuvuoto voi aiheuttaa hetkellisesti räjähdysvaarallisen seoksen ilman kanssa. Tällöin se vaatii kuitenkin ulkopuolisen sytytyslähteen. Käytännössä metaani nousee ilmaa kevyempänä korkeammalle vuotolähteestä ja laimenee. (Mutikainen, Sormunen, Paavola, Haikonen & Väisänen 2016)

Rikkivety on räjähtävää, jos sitä on ilmassa 4,3 - 46 tilavuusprosenttia. Ammoniakki on räjähtävää, kun sitä on ilmassa 15 - 28 tilavuusprosenttia. Biokaasun sisältämä rikkivety tai ammoniakki on pitoisuudeltaan niin vähäistä, etteivät ne aiheuta räjähdysvaaraa edes vuototilanteessa, mutta hengenvaaran ne voivat aiheuttaa hengitettyinä. (Mutikainen, Sormunen, Paavola, Haikonen & Väisänen 2016)

Maakaasuasetus (1058/1993) vastaa biokaasuun siirtoon ja käyttöön tarvittaviin rakenteisiin tarvittavasta rakennusluvista. (Mutikainen, Sormunen, Paavola, Haikonen & Väisänen 2016)

Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) vastaa myös kaavoituksesta ja rakennusluvista, mutta niitä sovelletaan, mikäli rakenteissa käsitellään biojätteitä. Lupaa tulee hakea kunnan rakennusvalvontaviranomaiselta. Painelaitelaki (869/1999) säätää laitteiden teknilliset vaatimukset. (Mutikainen, Sormunen, Paavola, Haikonen & Väisänen 2016)

Kemikaalien käsittelyyn ja varastointiin sovelletaan valtioneuvoston asetusta (685/2015). Tämä lupa kattaa laitoksen alueella olevan reaktorin, kaasukuvun, puhdistusyksikön, komprimointiyksikön, pullokonttien täyttämisen ja kattilalaitoksella tapahtuvan kaasun polton. (Mutikainen, Sormunen, Paavola, Haikonen & Väisänen 2016)

Työntekijöiden turvallisuudesta ja laitteiden turvalaitteista vastaa asetukset (917/1996) ja (576/2003), sekä kauppa- ja teollisuusministeriön päätös (918/1996) määrittää vaatimukset räjähdysvaarallisille ympäristöille ja siellä oleville suojajärjestelmille. Työturvallisuuslaki (738/2002) säätää myös työturvallisuuteen liittyviä asioita. Pelastuslaki (468/2003) säätää vastuun onnettomuuksien ehkäisemiseksi alueella. (Mutikainen, Sormunen, Paavola, Haikonen & Väisänen 2016)

Ympäristön ja kuljetuksen puolesta ympäristönsuojelulaki (86/2000) ja laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta (719/1994) säätävät oikeamukaisen kuljetuksen ja ympäristöystävällisen käytön biokaasulle. Laki määräaikaistarkastuksista (551/2009) säätää tarkastuksia koskevat säädännöt. (Mutikainen, Sormunen, Paavola, Haikonen & Väisänen 2016)

3.12 Lyhyesti standardeista

Tärkeimmät standardit CBG-kaasujärjestelmälle ovat: ISO 15500, ISO 15501 ja ISO 11439. Nämä standardit määräävät esimerkiksi autojen kaasusäiliöt. Metaanin jakelujärjestelmälle on omat standardit, kuten ISO 14469, joka standardoi kaksi tankkauspistoolia 200 barin kokoluokassa. ISO 14469 taas määrittää myös 250 barin paineen tankkauspistoolin. (Lampinen 2009.)

Liikenne biokaasu standardi SS 155438 on CBG-polttoaineelle. CNG-standardeja voi soveltaa myös CBG-käyttöön. Standardien mukaan biokaasun kuten maakaasunkin tulee olla puhdasta ja korkeaa metaanipitoisuudeltaan (90–100 %). (Lampinen 2009.)

3.13 Huollot ja asennukset

Vastuuhenkilöt vastaavat kohteiden huollosta ja asennuksista. Vastuuhenkilöiden pätevyydet jaetaan luokkiin A, C, P ja T. Luokkien pätevyysalueet ovat taulukon mukaiset, mutta biokaasun osalta käytetään maakaasun asennusluokkia. (Tukes 2012, 17.3.2019)

Suoritetun kokeen sekä osoitetun koulutuksen ja työkokemuksen perusteella vastuuhenkilöiden pätevyydet voidaan rajata alaluokkiin A_{kaasu} ja $A_{öljy}$, C_{kaasu} ja $C_{öljy}$, sekä P_{kaasu} ja $P_{öljy}$. Alaluokat kattavat joko nestekaasun ja maakaasun asennukset ja huollot tai öljylämmityslaitteistojen asennukset ja huollot. Biokaasun asennuksiin ja huoltoon liittyviin pätevyyksiin säädetään maakaasun pätevyysluokkia. (Tukes 2012, 17.3.2019)

Huolloista ja asennuksista vastaavat myös useat yritykset, mikäli heiltä ostaa pakettiratkaisumalleja, jolloin ei välttämättä itse tarvitse huolehtia vastuuhenkilöiden hankinnasta. (Tukes 2012, 17.3.2019)

Taulukko 2. Vastuuhenkilöiden pätevyysalue luokat (Tukes)

Luokka	Pätevyysalue
Luokka A asennus ja huolto	Nestekaasulaitteistojen asennus- ja huoltotyöt.
A_{kaasu}	Maakaasun käyttöputkistojen ja käyttölaitteiden asennus- ja huoltotyö.
---	---
$A_{öljy}$	Öljylämmityslaitteistojen asennus- ja huoltotyöt.
Luokka C asennus ja huolto	Nestekaasulaitteistojen asennus- ja huoltotyöt, kun käyttölaitteiden yhteinen nimellinen polttoaineteho on enintään 1200 kW.
C_{kaasu}	Maakaasun käyttöputkistojen ja käyttölaitteiden asennus- ja huoltotyöt, kun käyttölaitteiden yhteinen nimellinen polttoaineteho on enintään 1200 kW.
---	---
$C_{öljy}$	Öljylämmityslaitteistojen asennus- ja huoltotyöt, kun käyttölaitteiden yhteinen nimellinen polttoaineteho on enintään 1200 kW.
Luokka P asennus ja huolto	Nestekaasulaitteistojen asennus- ja huoltotyöt, kun käyttölaitteiden yhteinen nimellinen polttoaineteho on enintään 70 kW.
P_{kaasu}	Maakaasun käyttöputkistojen ja käyttölaitteiden asennus- ja huoltotyöt, kun käyttölaitteiden yhteinen nimellinen polttoaineteho on enintään 70 kW.
	Auton moottorin muuntamiseen liittyvät asennukset, kun käyttövoimaksi tulee neste- tai maakaasu.
---	---
$P_{öljy}$	Kevytöljylaitteistojen asennus- ja huoltotyöt, kun käyttölaitteiden yhteinen polttoaineteho on enintään 70 kW.
Luokka T tarkastus	Maanalaisten öljysäiliöiden määräaikaistarkastus.

3.14 Saatavilla olevat tukiratkaisut

Biokaasulaitosta harkitseva yrittäjä tai toimija tulee olla tietoinen mahdollisista tukiratkaisuista ja niiden eroista. Budjettirajoitteet voivat aiheuttaa tukien ulkopuolelle jäämisen, mikäli kiintiö on jo käytetty, vaikka muodolliset vaatimukset laitoshankkeelle täyttyisivät. (Åkerlund 2019, 4 - 18.)

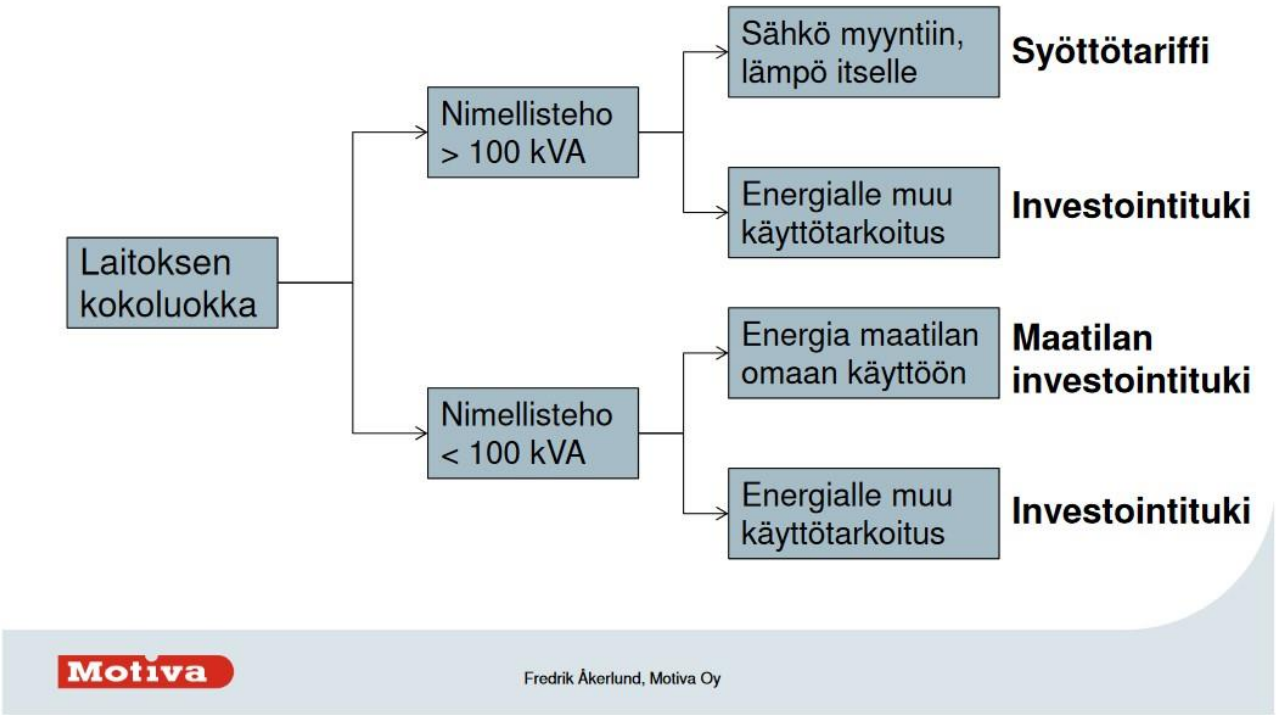
Biokaasun tukia hallinoivat Suomessa energiamarkkinavirasto, työ- ja elinkeinoministeriö, sekä maa- ja metsätalousministeriö. Saatava tuki määritellään laitoksen yhteenlasketun nimellistehon perusteella. (Åkerlund 2019, 4 - 18.)

Energiamarkkinavirasto tukee uusia biokaasulaitoksia syöttötariffilla, mikäli laitos syöttää sähköä Suomessa sähköverkkoon. Mikäli tuettu lämpö myös hyödynnetään, maksetaan siitä lämpöpreemiota MWh:n mukaan. Tukea maksetaan 12 vuodelle ja enintään haetulle tuotantomäärälle. Syöttötariffin ehtona on, että laitos ei ole saanut valtion tukea ja nimellisteho on vähintään 100 kVA. Voimalaitoksen omaa käyttösähköä ei kuitenkaan tueta. (Åkerlund 2019, 4 - 18.)

Työ- ja elinkeinoministeriö myöntää investointitukea biokaasulaitoksille, jotka tuottavat energiaa, mutta eivät sovellu syöttötariffin piiriin. Tukea ei kuitenkaan myönnetä asuinkiinteistöille, maatiloille tai näihin liittyviin laitoksiin, mikä näkyy kuvasta 11. Tukitaso vaihtelee 8–30 % välillä investoinnin hyväksytyistä tuista. Kaatopaikkakaasu hankkeet vaihtelevat 15–20 %. Uuden teknologian omaavat hankkeet kohotettua tukea. Hyväksyttyjä kuluja ovat esimerkiksi suunnittelu, investointi ja asennustyöt, rakentaminen, valvonta sekä maanhankinta. Tuettavilla hankkeilla tulee vähentää fossiilisten energiapolttoaineiden käyttöä, hankkeelle tulee olla suunniteltu takaisinmaksuaika ja tuet edellyttävät hankkeen mahdollistavan perustamisen pääoman. (Åkerlund 2019, 4 - 18.)

Maa- ja metsätalousministeriö myöntää rakennusinvestointi tukea maatiloille tai tilojen yhteenliittymälle, jotka tuottavat energiaa omaan käyttöön. Maksimitehon tulee olla 250kW, jotta voi saada tukea laitosinvestointiin sekä rakennuskustannuksiin. Tuki määräytyy usein tekijöiden perusteella ja tilakohtaisesti. Tuki voi olla

suoraa tukea ja osa lainajärjestelyä. Tukea on haettava etukäteen ja kustannusarvio tulee olla laadittu. Laitoksen kokonaishyötysuhteen tulee olla vähintään 70 %. (Åkerlund 2019, 4 - 18.)



Kuva 11. Investointituki kaavio (Motiva 2019).

4 Biokaasun kannattavuus ja hyödyntämisen ongelmat

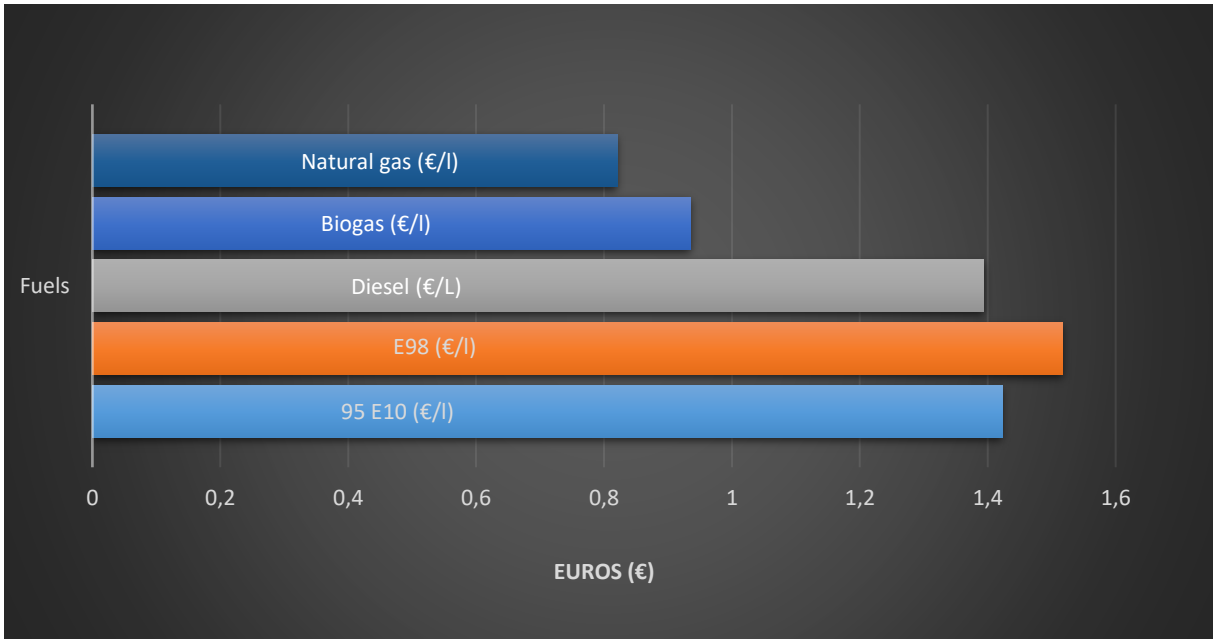
4.1 Biokaasun liikennekäytön kannattavuus

Biokaasun päästövähennykset on kannattavampi toteuttaa biokaasulla, kuin bensiinillä kun tarkkaillaan uutta autoa harkitsevan taloudellisesta näkökulmasta ajo ja päästöoikeuksien ostomarkkinoita. Autoiluun liittyen myös biokaasun verotettu litrahinta on bensiiniin verrattuna (0,93€/litra) hyvin kilpailukykyinen ja todennäköisesti hintakehitystä katsoen biokaasu on stabiilimpi verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin.

Hinnan vähäinen heilahtelu johtuu siitä, että biokaasun hintaan ei vaikuta ulkomaiset poliittiset tekijät tai kansantalouden kehitys, vaan se on usein paikallisesti tuotettua. Kuitenkin biojätteen markkinatilanne aiheuttaa hinnassa muutoksia aika ajoin.

Kulutusvertailusta on mahdollista tehdä vertailulaskenta. Kulutukset keskivertaisina kulutuksena käyttäen 60,3kWh/100km henkilöautoluokassa voidaan laskennoista saada vertailukelpoisia. Kuitenkin yleisesti ottaen biokaasun kulutus vastaa dieselin kulutusta energiasisällöltään, mutta keskimäärin dieselmoottori kuitenkin kuluttaa dieseliä enemmän. Tämä ei kuitenkaan vaikuta vakavasti tulosten vertailukelpoisuuteen ja näin ollen saadaan polttoaineen kulutuksiksi bensiiniautossa 6,8 l/100 km, dieselautossa 6,2 l/100 km ja biokaasuautossa 4,4 kg/100 km. Taulukossa myös käytetään tämänhetkisiä polttoainekustannus hintoja. Traktorin kulutus lasketaan keskimääräisen kulutuksen mukaan ja käytössä on useimmiten dieselmoottori tai dual-fuel järjestelmä kaasun kanssa. Traktorin ja kuorma-auton kulutuksissa vertaillaan dieselin ja biokaasun hintoja (Taulukko 3).

Säästöt voi nähdä taulukon vihreillä merkityssä kohdissa. Dual-fuel mallia on vertailtu vain dieseliin.



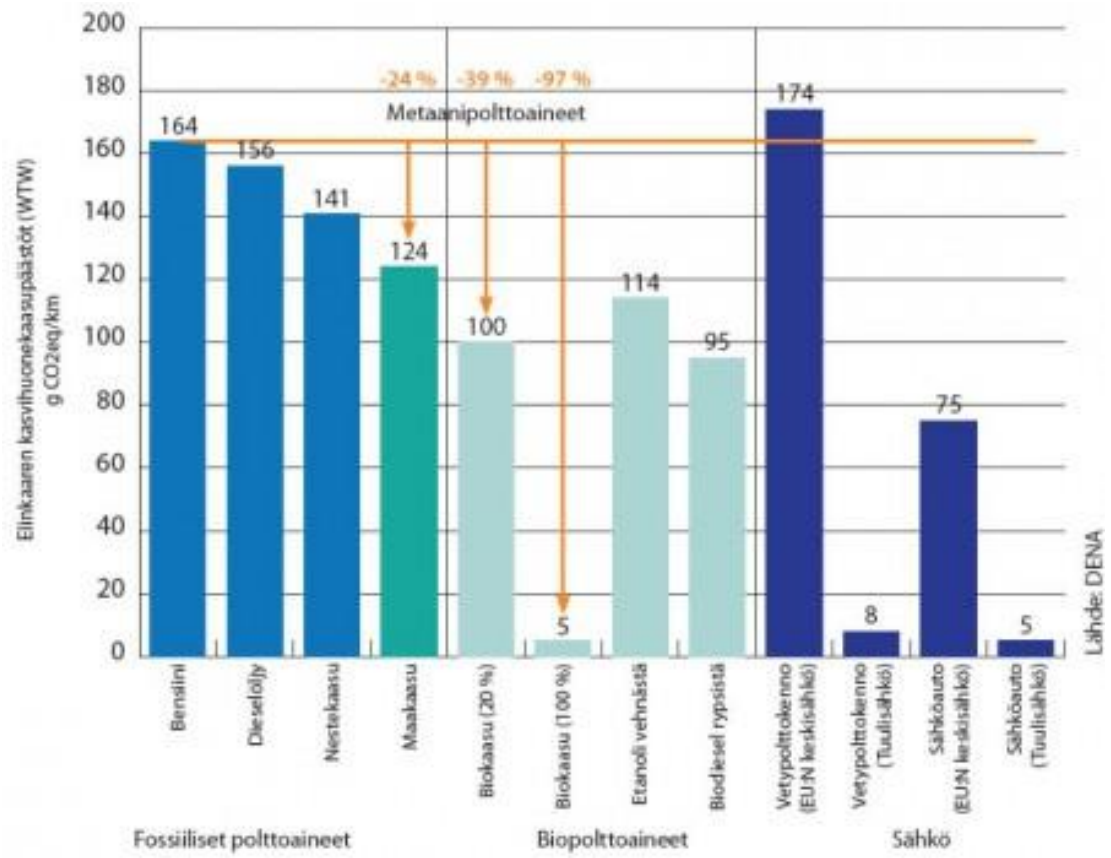
Kuvio 1. Polttoaineiden hinnat keskiarvoltaan 22.3.2019 (Tilastokeskus)

Lähtötiedot	Henkilöauto		Traktori		Kuorma-auto	
Keskikulutus	60,3	kWh/100 km				
Bensiini	6,8	l/100 km				
Diesel	6,2	l/100 km	15	l/tunti	25	l/ 100km
Biokaasu (metaani)	4,4	kg/100 km	12	kg/tunti	18,1	kg/ 100km
Energia sisältö						
Bensiini	8,9	kWh/ l				
Diesel	9,8	kWh/l				
Biokaasu (metaani)	13,7	kWh/ kg				
Vuotuinen ajomäärä	25000	km/ vuosi	1000	tuntia/ vuosi	60000	km/ vuosi
Polttoaineen kulutus						
Bensiini	1694	l/ vuosi				
Diesel	1538	l/ vuosi	15000	l/ vuosi	15000	l/ vuosi
Biokaasu (metaani)	1100	kg/ vuosi	12000	kg/ vuosi	10860	kg/ vuosi
Hinta						
Bensiini	1,47	€/l				
Diesel	1,4	€/l				
Biokaasu (metaani)	1,46	€/kg				
Polttoaine kustannukset						
Bensiini	2 490 €					
Diesel	2 154 €		21 000 €		21 000 €	
Biokaasu (metaani)	1 607 €		17 520 €		15 856 €	
Dual-fuel	1 700 €		18 112 €		16 730 €	
Biokaasu-ajoneuvon säästöt verrattuna polttoainekustannuksissa						
Bensiiniin	**883 €**					
Dieseliin	**547 €**		**2 648 €**		**5 144 €**	
Dual-fuel järjestelmään	**93 €**		**592 €**		**875 €**	
Dual fuel D; dieseliä 17%, biokaasua 83%						

Taulukko 3. Hintavertailua bensiiniin, biokaasun, dieseliin ja dual-fuel järjestelmän kanssa

4.2 Biokaasun kannattavuus energiatuotannossa

Biokaasun käyttö lämmityksessä on kannattavaa päästövähennyksiin katsoen. Biokaasu tuottaa poltettaessa muihin polttoaineisiin nähden haitallisia päästöjä hyvin vähän ja on energiasisällöltään korkea.



Kuvio 2. Polttoaineiden kasvihuonepäästöt (CBG100).

Biokaasu myös korvaa uusiutumattomia energialähteitä ja potentiaalinen tehokas käyttö, esim. ylimääräisen lämmön hyödyntäminen tässä tapauksessa, johtaa suureen hyötyyn primaarienergian kysynnän vähentyessä. Lisäksi biokaasun käyttö lämmityksessä tukee paikallista biokaasun tuotantoa ja biokaasu on käytössä helposti paikallisille ostajille (CBG 100.)

Lisäksi biokaasun käytöllä CHP-muotona voidaan helposti suuressa kokoluokassa laskea lämmön ja sähkön kustannuksia. Usein biokaasua käytetään ennemmin suuren lämmitys- ja sähkönkulutus kuorman pienentämiseen suurimmissa lämmityskohteissa. Systeemiä missä lämmön kysyntä hallitsee, CHP-muoto sopii parhaiten sen lämmöntuotannon säätömahdollisuuden takia. Pelkästään biokaasun lämmöntuotannossa ongelmaksi kasvaa kotitalouksien lämmityksen kysynnän kausiluonteisuus. (kuvio 2)

5 Biokaasun kattavuus ja kehitys Suomessa

5.1 Biokaasu verkoston laajuus

EU:n julkaiseman vuonna 2014 puhtaan liikenteen infrastruktuuridirektiivin velvoitteiden ja muiden direktiivien nojalla Suomessa pyritään kehittämään metaani- ja tankkausverkostoa. Suomessa tällä hetkellä on otettu käyttöön vain maantieliikennettä palvelevia UE-metaaniasemia, mutta direktiivit edellyttävät myös vesiliikenteen julkisia ja avoimia metaaniasemaverkostojen rakentamista. Suomen tavoitteena on ollut myös rakentaa tankkausasemia 150 km etäisyyksille toisistaan, joiden oletetaan valmistuvan vuoteen 2020 mennessä. (CBG 100)

Suomen tulee myös EU:n antamien ohjeistusten mukaan saada arvioitu maksimipotentiaali vuonna 2030, jossa biokaasu edustaisi sähkön osalta noin kuusinkertaista ja lämmön osalta yli kymmenkertaista volyymia verrattuna vuoden 2014 toteutumiin laskemiin. (Mutikainen Mirja, Sormunen Kai, Paavola Heli, Haikonen Turo, Väisänen Mirva.2016.)

Suomen maaperää kattaa tällä hetkellä noin 40 julkista metaanikaasun tankkausasemaa, joista 24 ovat ainakin biokaasulle tarkoitettuja. Tankkaus asemia on suunnitteilla lähivuosina ainakin Ouluun ja Raisioon. (Gasum Oy.)

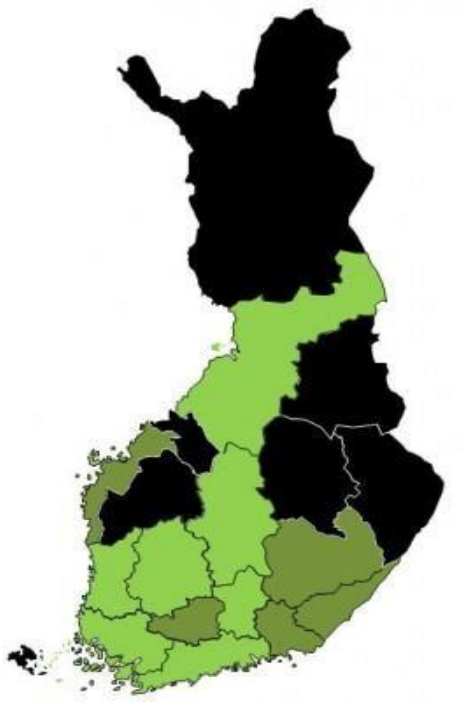
Suomen kaatopaikoilla ja jätevedenpuhdistamoilla tuotetaan suurin osa biokaasusta. Seuraavaksi suurin tuotanto tapahtuu itse biokaasulaitoksilla mädättämällä bioainesta. Biokaasun kattavuus on ollut suurimmillaan Etelä-Suomessa pääkaupunkiseudulla ja Länsi-Suomessa. Suurimmilta osin tämä myös johtuu maakaasuverkon sijainnista Imatralta Pirkanmaalle asti. Maakaasuverkko ulottuu siirtoputkien avulla jopa läntiselle Uudellemaalle. Kannattavuuden lisäämiseksi Pohjois- ja Itä-Suomeen tulisi lisätä biokaasun käyttömahdollisuuksia. Erityisesti biokaasun tankkausasemien tuominen näille alueille olisi hyvä olla lähitulevaisuudessa suunnitteilla. Biokaasun käytön ongelmaksi nousevatkin useimmissa tapauksissa tankkausasemien harvinaisuus ja kuljetusmatkojen pitkät välimatkat.

Pohjois-Suomen harva asutus sekä pitkät välimatkat tuottavat ongelmia biokaasun yleistymiselle. Sama pätee suurilta osin myös Itä-Suomeen, mutta mahdolliset kuljetukset ovat vielä kannattavia näillä alueilla. (Lampinen 2019)

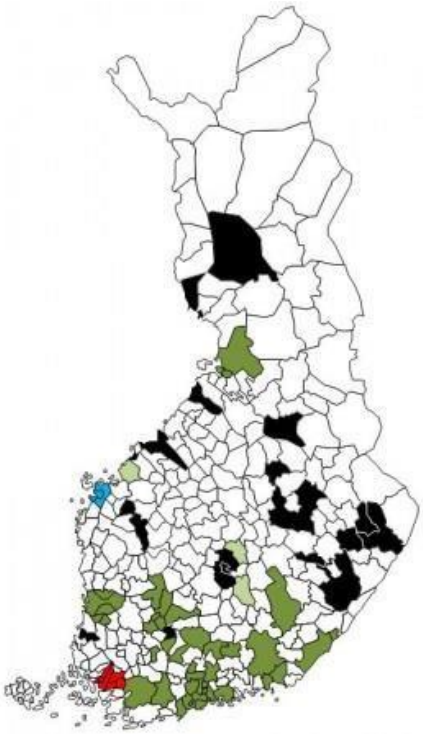
Biokaasun kattavuus on ollut suurimmillaan Etelä-Suomessa pääkaupunkiseudulla ja Länsi-Suomessa. Suurimmilta osin tämä myös johtuu maakaasuverkon sijainnista Imatralta Pirkanmaalle asti. Maakaasuverkko ulottuu siirtoputkien avulla jopa läntiselle Uudellemaalle. Kannattavuuden lisäämiseksi Pohjois- ja Itä-Suomeen tulisi lisätä biokaasun käyttömahdollisuuksia. Erityisesti biokaasun tankkausasemien tuominen näille alueille olisi hyvä olla lähitulevaisuudessa suunnitteilla. Biokaasun käytön ongelmaksi nousevatkin useimmissa tapauksissa tankkausasemien harvinaisuus ja kuljetusmatkojen pitkät välimatkat. Pohjois-Suomen harva asutus sekä pitkät välimatkat tuottavat ongelmia biokaasun yleistymiselle. Sama pätee suurilta osin myös Itä-Suomeen, mutta mahdolliset kuljetukset ovat vielä kannattavia näillä alueilla. (Lampinen 2019)

Kuvassa 12 nähdään Suomen tämän hetkinen tankkausverkoston kattavuus maakunta alueittain. Tumman vihreät alueet kuvaavat maakuntia, joissa vuoden 2020 asematiheys tavoite on toteutunut. Vaalean vihreät alueet kuvaavat maakuntia, joissa asematiheys tavoite ei ole saavutettu, mutta niistä löytyy ainakin 1 julkinen CBG-tankkausasema. Mustilla maakunta alueille ei ole julkisia CBG-asemia. (Lampinen 2019)

Kuvassa 13 on kuvattu kuntien tankkausverkoston kattavuus Suomessa. Tumman vihreät ja siniset alueet kuuluvat osittain tai kokonaan tavoitteen toteutuneisiin alueisiin. Punaiset alueet kuvaavat kokonaan tai osittain velvoitteen toteuttaneita kuntia, mutta ne eivät ole toteuttaneet tavoitteita. Vaalean vihreät kunnat kuvataan kaupunkialueiden ulkopuoliasia kuntia, joiden alueella on vähintään yksi julkinen CBG-asema. Sinisillä alueilla ei ole CBG-asemia ja mustilla alueilla kuvataan kuntia, jotka kuuluvat kaupunkialueisiin, mutta eivät ole toteuttaneet velvoitteita. Valkoisiksi jätettyjen kuntien alueet ovat kaupunkialueiden ulkopuolella ja niiden alueella ei ole CBG-asemia. (Lampinen 2019)



Kuva 12. Suomen tämän hetkinen tankkausverkoston kattavuus maakunta-alueittain.



Kuva 13. Kuntien tankkausverkoston kattavuus Suomessa.

Suomessa biokaasun lämmön- ja sähköntuotanto ei ole yleistä muuten kuin laitoskohtaisessa käytössä tai suurten yritysten lämmitys- ja sähkönkulutus kuorman lievittävänä vaihtoehtona, mutta se on ottanut askelta eteenpäin myös kotitalouksien ratkaisuna. Biokaasua tuotetaan biokaasumädättämöissä, kaatopaikoilla ja jätevedenpuhdistamoilla. Laitosten sijainnit ovat kuvassa 14.

Kuva 14. Suomen biokaasulaitokset 2018.

Suurin biokaasun tuotantopotentiaali on peltobiomassoissa. Kattavuutta lisäisi suurien peltoalojen käyttäminen rehukasvien kasvatukseen biokaasulaitoksille, mikäli niitä ei hyötykäytetä muuten. Energiakasvit ovat helppoja viljellä ja ne ovat lähes lannoitteista tarpeettomia. (Mutikainen Mirja, Sormunen Kai, Paavola Heli, Haikonen Turo, Väisänen Mira. 2016. 66)

5.2 Biokaasun hintakehitys muiden polttoaineiden kanssa

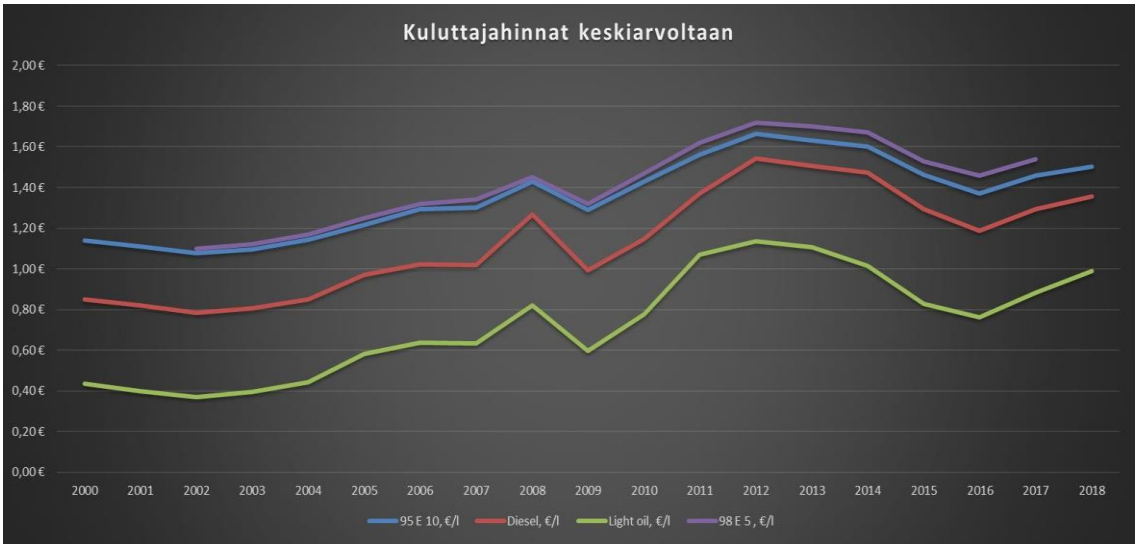
Biokaasun hinta on kehittynyt positiivisesti varsinkin lähivuosien aikana. Kuviosta 3 ja kuvasta 15 verrattuna vuosina 2004–2015 biokaasun hinta on verrannollisesti pysynyt alhaisena bensiinin hintaan nähden. Tähän on vaikuttanut fossiilisten polttoaineiden hintojen kohoaminen ja maakaasun kilpailukykyisempi markkinatilanne, johon biokaasun hinta on verrattavissa.

Polttoaineiden kuluttajahintojen luokkia katsastaen nähdään biokaasun hinnan olevan alempi litrahinnaltaan kuin yhdenkään fossiilisen polttoaineen kyseisessä taulukossa. Viime vuosina biokaasun kilpailukyky on huomattavasti noussut fossiilisten polttoaineiden hinnan kohotessa vuosi vuodelta. Kyseiset taulukot on rakennettu Tilastokeskuksen tietojen perusteella polttoaineiden kuluttajahinnoista vuosittain.

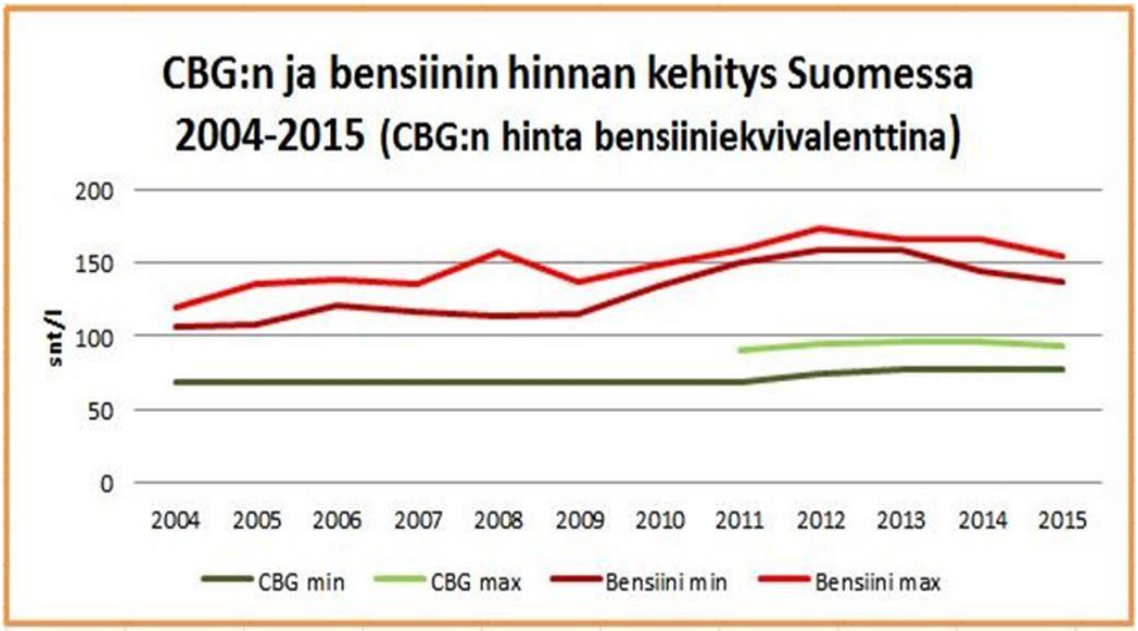
Mikäli primaarienergialähteiden hinnat jatkavat nousuaan, biokaasulla on mahdollisuus nousta esille uusiutuvana ja halvempana vaihtoehtona. Kaavion 3 mukaan hintakehityksen edetessä samaan malliin (poikkeuksia lukuun ottamatta), fossiilisten polttoaineiden hinnat kohoavat vuosien saatossa. Uusiutuvat energiapolttoaineet, kuten biokaasu tässä tapauksessa, on korvaava mahdollisuus.

Maakaasun hinta on vielä kilpailukykyisempi kuin biokaasun, mutta maakaasu on häviävä energialähde muiden fossiilisten polttoaineiden kanssa. Tämä ei tarkoita, että maakaasu olisi häviämässä vielä useisiin vuosiin vaan sen tavoin biokaasu on kilpailukykyinen vaihtoehto muille fossiilisille polttoaineille. Kuluttajahinnat ovat olleet viime aikoina noususssa verrattuna aikaisempiin lähivuosiin, kuitenkin

biokaasun ja maakaasun hinta on pysynyt tasaisena lukuun ottamatta pientä nousua.



Kuvio 3. Polttoaineiden kuluttaja hinnat keskiarvoiltaan (Tilastokeskus 2019)



Kuva 15. Paineistetun biokaasun ja bensiinin hinnan kehitys Suomessa. Biokaasun hinta suhteessa bensiinin hintaan eli bensiiniekvivalenttina (Lampinen 2015).

6 Työn tarkoitus, tavoitteet ja tutkimustehtävä

6.1 Tarkoitus ja tavoitteet

Opinnäytetyön tarkoitus on selvittää biokaasun käytön mahdollisuuksia lämmityskäytössä pientalokohteessa laskennallisesti ja suunnitella pilotointi Kiteellä biokaasun lämmityskäytön mahdollisuudesta mukaan lukien tankkausaseman kannattavuudesta kaiken muun yhteydessä. Toteutuksen syynä on aikaisempien tutkimuksien puute ja biokaasun käytön aikaansaaminen Itä-Suomessa. Tarkoituksena on myös luoda yleistä ohjeistusta biokaasun hankkeiden perustamisen avuksi ja rankentaa tankkausasema biokaasun lämmityskäytön polttojärjestelmän yhteyteen. Tietoa on jaettu yhdessä samankaltaisten ulkomailla ja Suomessa toteutuneiden hankkeiden ja niiden toteuttajien kanssa, sekä yhteyksien avulla eri biokaasuun liittyviin yrityksiin ja toimeksiantajiin. Toteutuksessa on myös ollut mukana Karelian-ammattikorkeakouluun tullut työharjoittelija Alon Israeli HASin ammattikorkeakoulusta, Alankomaista. Hänen kanssaan yhteistyössä opinnäytetyöhön toteutettiin laskennalliset toteutukset.

Selvityksen keruumenetelmänä on käytetty aineistokeruumenetelmää tiedon puutteen vuoksi, sekä uusien toteutuksien ja näkemysten aikaansaamiseksi. Tutkimuksen avulla pyritään kehittämään toimintaa tehokkaammaksi, kannattavammaksi ja saada hankkeelle perustaa Itä-Suomen alueella ja varsinkin Joensuun alueella ja sen lähialueilla. Tavoitteena on myös levittää hankkeen avulla biokaasun käytön mahdollisuuksista Suomen alueella yleisesti.

6.2 Pilottiprojektin koealue

Tutkimuksen kohteena on ollut Kiteen kuntaan kuuluva rakennuskompleksi Koivikontie 6:n läheisyydessä, ja sen varsinaisena lämmitysmuotona on käytetty kiinteistöjen keskuudessa sijaitsevaa pelletti laitosta, johon kuuluu apuna öljyn vaihtoehtoinen lämmitysmuoto. Hankeen tarkoituksena on ollut luoda kuvaa paineistetun biokaasun vaihtoehtoisesta käytöstä öljyn tilalla kyseisessä lämmityslaitoksessa. Laitos pystyy tuottamaan rakennusten lämmön pelkästään hakkeella, mutta tarkoituksena on testata biokaasun lyhytaikaista käyttömahdollisuutta öljyn tilalla. Uuden lämmitysjärjestelmän yhteyteen on suunniteltu myös nopea tankkausjärjestelmää kokeiluna.

Uuden biokaasun järjestelmää laatiessa on suunniteltu tarvittavat ohjeistukset hankkeen alulle. Ohessa on myös pyritty mitoittamaan ja laskemaan investointilaskelmia uudelle järjestelmälle. Lisäksi on laskettu optimaalinen biokaasun kulutus niin, että sen käyttö olisi jatkuvaa lämmityskäytössä kuin tankkaus käytössä.

Mikäli rakennettavan biokaasulämpölaitoksen yhteyteen päätetään rakentaa myös tankkausasema biokaasulle, suunnittelun mitoitusten yhteensopivuus lämpölaitoksen kanssa määräytyvät vaatimusten mukaan.

Kuva 16. Ilmakuva hankekohteesta Kiteellä (Koivikontie 6, Kitee).

7 Aineisto ja menetelmät

Selvityksen keruumenetelmänä on käytetty aineistokeruumenetelmää tiedon puutteen vuoksi, sekä uusien toteutuksien ja näkemysten aikaansaamiseksi. Selvityksessä luotiin perustaa hankkeen aloittamiselle ja jatkamiselle. Selvitettiin tarvittavan paineistetun biokaasun määrä polttojärjestelmälle kuin myös tankkausasemalle arvioiden tankkausaseman kuluttajien määrän. Järjestelmän tiedot laskettiin entisen järjestelmän pohjalta ja tarvittavien kuljetusten määrä arvioitiin järjestelmän käytön mukaan. Järjestelmälle laskettiin mahdollinen investointilaskelma tarvittavien järjestelmä kustannusten pohjalta.

Aineisto perustui itse hankittuihin tietoihin ja laskettuihin arviointeihin saaduista tiedoista. Tietoa kerättiin erilaisista aikaisemmista hankkeista ja biokaasuun käyttöön liittyvistä E-kirjoista. Sähköisestä verkosta myös saatiin paljon pohjatietoa biokaasusta. Puhelujen kautta saatua tietoa kerättiin lähinnä polttojärjestelmän laitteiston kustannuksiin liittyen. Tiedon keruun ollessa lähinnä verkosta saatuja tietoja, aineiston luotettavuus kärsii paljon.

7.1 Rakennusluvalliset - ja turvallisuusasiat

Koska biokaasun varastointi on kyseisessä kohteessa alle 5 000 kg ja kyseisen öljykattilan teho on 500 kW, laitoksen turvamääräykset katsastaa paikallinen palolaitoksen palopäällikkö, eikä siihen tarvita erillistä lupaa Turvallisuus- ja kemikaalivirastolta. Väliaikaista varastointia ajatellessa tämä vielä toteutuu, mutta jos paikalle tehdään pysyvä varastointi, tulee ottaa huomioon alueen muut polttoaineeksi luetellut aineet, kuten öljy ja pelletti. Tällöin tulee hakea Tukesilta lupaa, koska 5 tn raja ylittyy yhteen laskettujen polttoaineiden kohdalla.

Luvallisista asioista rakennus- ja toimenpidelupa ovat pakollisia. Räjähdesuojakirja ja pelastussuunnitelma tulee laatia laitoksen hyväksyntää varten. Laitoshyväksynnän suorittaa myös pelastuslaitoksen pelastusviranomainen.

Laitoksen asennus- ja huoltotehtävistä vastaavat vastuuhenkilöt ovat hyväksytystä liikkeestä. Vastuuhenkilöillä tulee olla pätevyystodistukset, heidän tulee antaa toimintaan liittyvät tiedot ja lopulta vastuuhenkilöt antavat todistuksen suoritetusta työstä. Rakenteiden etäisyydet tulee myös toteuttaa sallittujen etäisyyksien mukaan.

7.2 Polttojärjestelmä ja tankkausasema

Biokaasulaitosmallin laitteisto on konttimalliin rakennettu ja vuokrattuna erilliseltä taholta. Mahdollista on myös rakentaa polttojärjestelmä rakennuksen sisään, mutta siitä ei ole laadittu selvitystä. Biokaasukattilan lämmitykseen on paras käyttää kaasupolttimen ja biokaasumoottorin savukaasujen yhdistelmää. Lämmityskattila ja kaasupoltin tai dual-fuel malli ovat 500kW luokkaa ja mallia otetaan Bio-Kymppi Oy:n tiloissa sijaitsevasta kattilamallista (Kuva 17.)

Tarvittavat rakennelmien putkisto- ja rakennekaavat laaditaan vastuuhenkilöstön toimesta, myös laitteiston putkisto, kiinteistön alueelle huomioon ottaen palo- ja turvallisuus määräyksien vaikutukset ja putkiston koko pyritään mitoittamaan maan alle yhden baarin paineen mukaisesti. Putkiston asennuksesta ja huollosta huolehtii vastuuhenkilöstö tilatusta liikkeestä.

Mahdollista CHP-ratkaisua harkitaan tulevaisuudessa. Mikäli sähköä tuotetaan, vaaditaan sähkön suodatin, taajuusmuuntaja sekä muu ylimääräinen suojaus. Generaattori tai suorasähkö vaaditaan automaattijärjestelmän toiminnan ylläpitämiseksi.

Laitoksen suunnittelun ja käytön ratkaiseviksi tekijöiksi muodostuvat hinta sekä tarvittavien laitteiston yhteensovittaminen tankkausaseman kanssa. Paineenalentajan ongelmana on sen lämpötilan säätäminen oikealle lämpötilavälille ±40 °C, kun 200 baarin paineesta pyritään alentamaan laitteiston putkistolle 0,5 baaria. Paineenalentajan ongelman ratkaisuna voidaan pitää mahdollisuutta kytkeä kaksi paineenalentajaa järjestelmään.

Ensimmäinen paineenalentaja alentaisi ylipaineen noin 100 baarin paineeseen, jonka jälkeen toinen alentaja alentaisi paineen 50–20 mbarin paineeseen, joka olisi optimaalinen paine biokaasun polttolaitteistolle. Toisena vaihtoehtona on rakennuttaa paineenalentaja ulkopuolisen yrityksen toimesta halutun mallin mukaiseksi. Tätä ratkaisua aiotaankin käyttää laitoksen rakentamisessa, sillä laitoksen konttiratkaisusta vastaa ulkopuolinen yritys, joka rakentaa paineenalentajan muun laitteiston yhteyteen

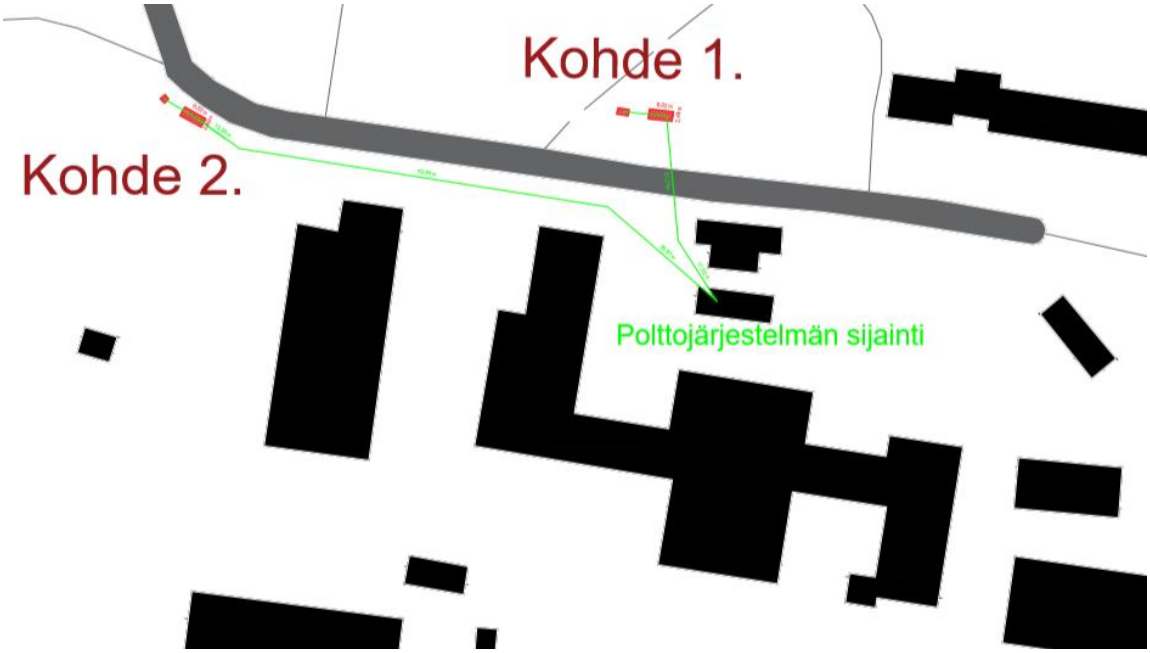
.

Kuva 17. 500 kW biokaasu ja öljykattila Oilonin dual-fuel polttimella Bio-Kymppi Oy:n käytössä.

Biokaasuvaraston tulee olla erillisessä rakennuksessa turvallisuusetäisyyden päässä eli kyseisessä tapauksessa turvallinen väli henkilörakennuksista on 25 metriä yleisen biokaasun varastointiohjeistuksen mukaisesti. Varasto vaatii pumpun ja paineen alentajan, jotka vähentävät tulevan paineistetun biokaasun 50 mbar paineeseen kaasupolttimelle. Biokaasuvaraston pullojen ja putken paineeron väli pitäminen mahdollisimman suurena mahdollistaa biokaasun virtaamisen ja tyhjentäisi kaasupullot kokonaan ilman vajausta pulloissa. Kaasupoltin ei pysty polttamaan suoraan paineistettua biokaasua 200 barin paineesta.

Tankkausasemaksi on suunniteltu nopeaa tankkausjärjestelmää. Tankkausasemaan kuuluu yksi pumppu, josta biokaasua tankataan. Lisäksi asema tulee olemaan siirrettävää mallia, koska koekäyttö on vain väliaikainen ratkaisu. Liitteessä 3 on tankkausasemalle laskettu investointilaskelma, jossa näkyy takaisinmaksuaika. Lasku on toteutettu arvioiden biokaasun käyttäjäksi 20 henkilöautoa ja yksi traktori. Henkilöauton ja traktorin kulutustiedot ja käytetty ajomatkan määrä ovat liitteessä 2.

Mikäli koekäyttöä jatketaan pysyvän rakennelman rakentamiseksi, laaditaan erillinen suunnitelma. Vakituisen asiakaskunnan saaminen tankkausaseman käytölle toisi enemmän kannattavuutta ja varmentaisi biokaasun myyntiä sekä pienentäisi mahdollisesti takaisinmaksuaikaa.



Kuva 18. Luonnos mahdollisista konttien sijainneista kohdealueella

7.3 Biokaasun kuljetus

Biokaasun kuljetus kilpailutettiin eri tahojen välillä. Kilpailutuksen kautta päästiin sopimukseen Kiteeläisen yrityksen kanssa konttien ja biokaasun kuljetuksesta. Hinta on sopimuksen mukainen. Biokaasun kuljetus tapahtuu paineistetussa muodossa. Biokaasun edestakaisen kuljetuksen hinnaksi arvioitiin 150 € kerralle Hilbergerin laskentamallin mukaan.

Kun puhutaan biokaasun kuljetuksesta riippumatta hankkeesta ja käyttö ei ole pitkäaikaista, kannattavinta ei välttämättä ole itse ostaa konttiratkaisua, joissa biokaasu tuodaan, vaan vuokrata niitä yritysten kautta tietynlaisen sopimushinnan mukaan. Tästä esimerkkinä toimii Handiheat hanke. Tämä johtuu siitä, että lyhyen ajan käytön investointikustannukset nousevat korkealle pelkästään konttien hintojen ollessa 80000–300000 € riippuen biokaasun määrän tarpeesta. Pitkäaikaista investointia katsoessa omien konttien omistaminen tuo etuja pitkällä aikavälillä. Investointihinnat laskevat myös, mikäli biokaasua voidaan tuottaa ja käyttää paikallisesti tai jopa valmistuskohteessa.

7.4 Turvalaitteisto

Biokaasulaitokselle ja itse tankkausasemalle hankitaan omat turvajärjestelmät. Turvajärjestelmä on suunniteltu Suomen kaasuyhdistysten antaman tiedon perusteella. Järjestelmä vaatii turvalukitukset eri vaiheille estämään vuotoja ja paineongelmien estämiseksi. Pääsulkuventtiilin avulla eristetään kaasu tuloputkesta.

Säätö- ja turvajärjestelmät asennetaan polttojärjestelmälle ja tankkausasemalle erikseen vaadittujen ohjeistusten mukaisesti. Täyttöjärjestelmälle asennetaan hätä-seis-painikkeet. Kaasuvarastolle, polttojärjestelmälle ja mahdollisesti tankkausasemalle suojarakennukset tulee rakennuttaa palamattomasta materiaalista. Varoventtiilien mitoitus tulee tehdä lämmityslaitteiston tehon perusteella.

Vuotokaasuilmaisimen asennusta vaaditaan ja hälytyksen toiminta on 24 tuntia vuorokaudessa. Tankkausasema ja lämpölaitos vaativat oman alkusammutuskalustonsa varoitusmerkintöineen.

Toimintaohjeet kummassakin rakennelmassa tulee olla näkyvillä ja jokaisen luettavissa käytön aikana. Tarkastukset ovat osa myös turvallisuutta. Tarkastukset tehdään ennen käyttöönottoa ja lisäksi toistuvia tarkastuksia tehdään määräaikaisten tarkastusten mukaisesti. Laitteisto tulee myös tarkistaa testikaasulla. (Maakaasuyhdistys r.y. 2007.)

7.5 Hankkeen laskennat ja tiedonkeruu

Tutkimusmenetelmänä käytetään lähinnä kvantitatiivista menetelmää saatujen tutkimusaineistojen ja luetun tiedon analysointiin. Tutkimuksen vähäisen samankaltaisten projektien taustatiedon puutteen takia analysointi perustuu lähinnä saatuun tietoon kirjallisesti ja tietoa hakemalla biokaasun yleisestä toimintaohjeistuksesta.

Entisen järjestelmän kulutustietoja ei saatu eri syistä lukuun ottamatta järjestelmän kokoluokkaa, joten varsinaista investointilaskelmaa hankkeelle suoritettiin arvioitujen ja laskennallisten tietojen perusteella. Tämän takia hankkeelle päätettiin laskea vertailulaskenta, josta myöhemmin voidaan verrata eri hintoja ja arvoja. Laskentakaavion tietoja soveltamalla voidaan saada arvio toteutettavasta mallista. Testikokeilun avulla saadaan biokaasun lämmitysjärjestelmän tiedot lyhyeltä jaksolta, joiden avulla pyritään parantamaan järjestelmän toimivuutta ja ratkaisemaan ongelmakohtia, sekä tutkia uuden koekäytön mahdollisuutta pidempijaksoiselle ajalle. Kaikki saatu tieto koekäytön ajalta kirjataan ylös hankkeen projektipäällikön toimesta.

7.6 Aineiston käsittely ja analyysi

Kannattavuus- ja energialaskelmat on tehty Microsoft Excel -ohjelmistolla kaavioita ja taulukoita hyödyntäen. Excel -ohjelmistolla on helppo laskea uuden järjestelmän kulutus- ja talouslaskut, sekä vertailla saatuja tietoja. Lisäksi laskelmien avulla selvitettiin hankkeen kannattavuus ja kustannukset, pyrkien minimoimaan kustannukset. Saatujen tietojen perusteella, ennen projektin toteuttamista, lasketaan mahdolliset toimintakustannukset lisänä kulutuslaskuihin. Aineiston laskennallisena kohteena on käytetty 500 kW polttojärjestelmää, koska tällä hetkellä hankkeen toteutuksen muodosta ei olla varmoja ja halutaan vertailukohde hankkeelle laitoksen valmistuttua. Lisäksi öljyn kulutustietoja ei ole saatu, mutta ne on arvioitu laskelmissa.

Biokaasun kulutus tankkauksessa on laskettu verrannollisesti 20 henkilöautolle ja traktorille. Ajomatkana autoille on arvioitu 20000 km vuodessa ja traktorin kulutukselle on arvioitu käyttöajaksi 1000 tuntia vuodessa. Henkilöauton keskikulutuksena on käytetty 4,5 litraa/100 km ja traktorin kulutuksena 15 litraa/ tunti. Käyttöasteet on jätetty pois kyseisestä laskennasta sen yksinkertaistamiseksi. Käyttöasteiden avulla voi laskea kuinka paljon polttojärjestelmän ja tankkausaseman yhteisestä biokaasun käyttömäärästä kumpikin järjestelmä käyttää prosentuaalisesti. Laskennat näkyvät liitteessä 2.

Investoinnin korkoprosenttina käytettiin 6 % ja polttojärjestelmän käyttöaikana 15 vuotta. Energiankulutus tankkausasemalle ja polttojärjestelmälle laskettiin 3–4 % tarvittavan paineistetun biokaasun energiasisällöstä, joka on laskettu Hinterbergerin laskentamallin mukaan (Hinterberger 2009). Kunnossapito ja käytön kustannuksiksi arvioitiin 1 % investointihinnasta. Saatu tuki projektille on 20 % investointihinnasta, joka on saatu Motivalta kysyttyjen tietojen mukaan. Laskelman lähtötiedot näkyvät liitteen 4 aineistossa.

Vertailulaskennoissa pyritään käyttämään mahdollisia laskentaohjelmia vertailun vuoksi. Kaasuputkiston hinta vaihtelee välimatkan ja maaston mukaan 40–430 € metrille. Arvioidun matkan pituudeksi putkistolle on 100–200 metriä riippuen polttojärjestelmän sijoituksesta. Alueen ollessa hyvin tasainen ja maasto hiekka- ja sorapohjainen, putkiston hinnaksi arvioitiin 80 € metrille. Kokonaisuudessaan hinta olisi 8000–12000 €. Putkiston kokoluokaksi päätettiin D100 eli halkaisijaltaan 100 mm teräsputkea. Ensimmäisen sijoituskohteen putken matkaksi arvioitiin kuvan 18 perusteella noin 100 metriä yläkanttiin, jotta putkea olisi riittävästi toteutuksessa. Toisen kohteen putken välimatkaksi arvioitiin kuvan 18 perusteella noin 200 metriä. Putkien painehäviöiden laskennat suoritettiin paineenhäviö laskentaohjelmalla (Pressure Drop Online – Calculator). Laskennat näkyvät liitteessä 6 ja 7, 100 metrin ja 200 metrin matkalle. Putkien materiaalina laskuissa käytettiin teräsputkea. Tästä tulee 0,15 mm karheus putkelle, mikä vastaa uutta putkea tai vasta täysin puhdistettua putkea (Liite 6). Biokaasun dynaaminen viskositeetti on luokkaa 11,88 * 10^6 Pa s ja virtaus on 50 m^3/ tunti. Tiheys biokaasulla on 1 baarin paineessa 1,15 m^3/kg. Teräs- ja muoviputken liitos tulee sijaita 2 metrin päässä rakennuksesta.

Vertailulaskennan kohteeksi polttojärjestelmälle päätettiin laskea vanhan 500 kW kokoluokan öljyllä toimivan polttojärjestelmän uusiminen. Öljy järjestelmä korvattaisiin joko biokaasulla tai maakaasulla. Tässä tapauksessa korvataan vanha öljykäyttöinen varapolttojärjestelmä. Kulutustietojen perustana käytettiin vanhan kattilan kokoluokkaa ja arvioitiin sen käyttöajaksi 500 tuntia/vuosi. Öljynkulutus vuodessa on tällöin 31 250 litraa. Tulokseksi saatiin päälle tuhannen euron säästöt polttoaineen muuttuessa ja takaisinmaksuaika on kohtalainen biokaasussa, mutta hyvä jo maakaasussa. Oletettiin, että biokaasu saadaan kuljetettuna ja maakaasun siirtohinnat on laskettu mukaan laskentaan oletuksena, että maakaasu saadaan maakaasuverkosta. Tietoja muuttamalla kaaviosta voidaan arvioida tulevan kohteen biokaasun tarvittavaa määrää ja muita kuluja. (Liite 4.)

Taulukko 4. Vanhan 500 kW öljypolttimen vaihdon säästöt biokaasuun ja maakaasuun verrattavissa.

	Establishment fee	Maintenance	Energy costs	Savings	co2 emissions (tons)	Payback time
Oil	0	200,00 €	29 025,00 €	-	83,4375	No
Biogas	26 288,00 €	200,00 €	36 801,00 €	- 7 776,00 €	39,09677419	-3,380658436
Natural gas	10 288,00 €	200,00 €	27 463,04 €	1 561,96 €	39,09677419	6,586586352

8 Tulokset

Polttolaitoksen biokaasun määräksi laskettiin 25 000 kg vuodessa, joka vastaa noin 6 kontin vaihtoa vuoden aikana. Biokaasu järjestelmän perustamishinta on noin 40 000 €, mikäli putkiston mittana käytetään Kohteen 1 tietoja kuvasta 18.

Biokaasun kulutukseksi saatiin 22 000 kg tankkausasemalle lisäten laskettuun ja arvioituun summaan muutama tuhat kiloa lisää, joka näkyy liitteessä 2 autojen ja traktorin tarvitseman biokaasun määrä mukaan lukien. Tankkausaseman arvioitu perustamishinta on arviolta noin 32 000 €. Siirtolavan tai kontin ja kaasupullojen hinta 5000 kg biokaasua on arvioltaan noin 192 000 €.

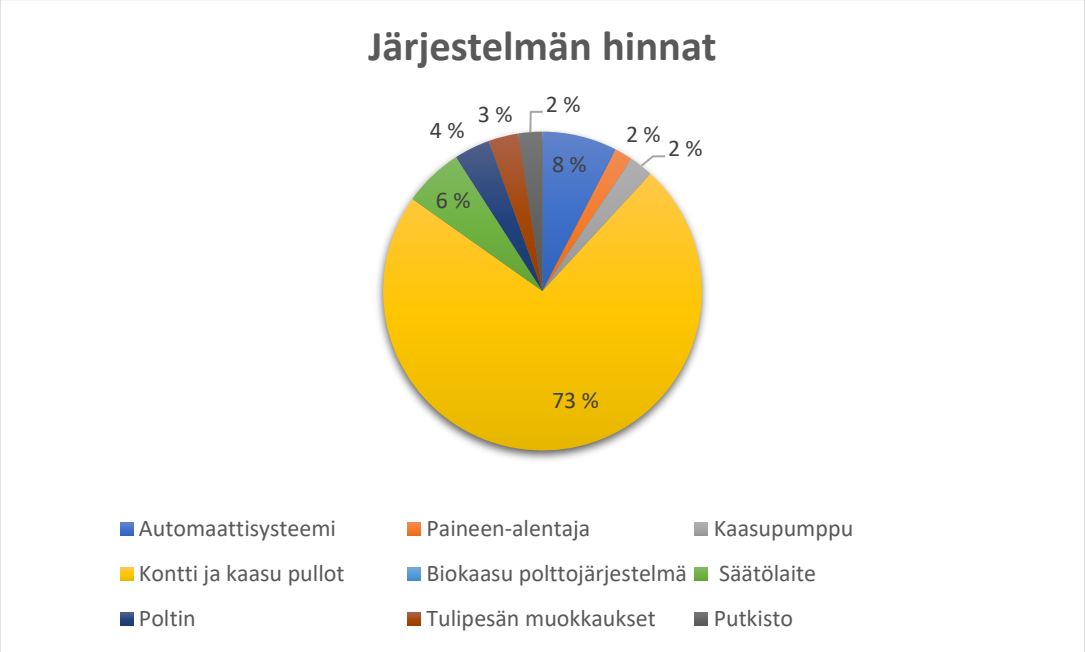
Biokaasun myyntihinnan tietoja ei saatu sen kilpailutuksen ollessa vielä kesken hankkeelle. Käytimme siis noin 0,20 € halvempaa hintaa osto hintana kuin myyntihintaa kyseisenä aikana saadaksemme vertailu kelpoisuutta laskuihin.

Saatu tuotto myydystä biokaasusta tankkausasemalla ja lämmön tuotosta lähialueen kiinteistölle polttojärjestelmällä ovat paljon vähemmän kuin menot. Häviö näkyy liitteessä 5. Tulojen ollessa negatiivinen voidaan olettaa, ettei investoinnit maksa itseään koskaan takaisin. Tämän näkee liitteessä 3 lasketussa investointi laskennassa.

Putkiston painehäviöt 100 metrin matkalle ovat 0,56 mbar metrille ja 200 metrin matkalle 1,12 mbar metrille, kuten liitteestä 7 ja 8 näkyy (Pressure Drop Online-Calculator). D100 putkien kokoluokan paine häviöt ovat pienet, mutta D50 kokoluokan putkistokin olisi voinut olla mahdollinen vaihtoehto myös, vaikka painehäviöt olisivat olleet metrille suuremmat.

9 Tulosten tarkastelu

Polttojärjestelmän ja tankkausaseman investoinnit eivät koskaan maksa itseään takaisin niiden käyttöaikana. Siirtolavojen hinnat vaihtelevat eri toimittajien puolesta ja kilpailuttamalla hinnat olisi mahdollista pienentää mahdollisia tappioita. Pelkän hankkeen kokeilujakson ajaksi olisi viisainta vuokrata laitteisto kokonaisuus vaihtolavoineen toimittajalta, joka varmistaa jo itse niiden toiminnan ennen käyttöön luovutusta. Pelkästään siirtolavojen hinta on laitteisto-/varastoinvestoinneista jopa 73%. Hinnat näkyvät liitteessä 5.



Kuvio 4. Yhdistetyn polttojärjestelmän ja tankkausaseman laitehinnasto prosentuaalisesti.

Myös polttojärjestelmän kilpailutus on hyvä tehdä toimittajien välillä, mutta kokonaiskuvaa katsoen suurin investointi on kaasu pullot ja niiden siirtoon tarvittava kontti/vaihtolava. Tankkaus asema itsestään olisi mahdollista saada tuottavaksi, mikäli paineistetun biokaasun hinta saataisiin kilpailutettua järkeväksi kuljetusten osalta. Liitteessä 1 näkyy pelkän tankkausaseman investointien negatiivinen tuotto, mikä olisi mahdollista kääntää positiiviseksi sopivalla kaasun ostohinnalla.

Putkiston painehäviöt ovat metrille hyvin pienet, mutta putken kokoluokkaa muuttamalle isommaksi ne voitaisiin saada alemmaksikin, mutta tällöin paineen pitäminen 1 bar paineessa putkistossa hankaloituisi.

10 Johtopäätökset ja pohdintaa

Biokaasu on ympäristöystävällinen ratkaisu lämmön- ja sähköntuotannossa. Sen kasvupotentiaali on valtava, mikäli sen kilpailukyky saadaan nostettua. Peltopohjaisella biokaasun tuotannolla on suurin kasvupotentiaali, mikäli peltoaloja hyödynnettäisiin kasvattamalla energiakasveja, joiden avulla voidaan tuottaa biokaasua mädätyksellä.

Biokaasun kuljettaminen on haasteellista ja melko kallista Suomessa alueilla, jossa ei sijaitse kaasuverkostoa. Tämän vuoksi biokaasun käyttö ei ole ollut niin suosittua esimerkiksi Pohjois-Suomen ja Itä-Suomen alueilla. Tähän kuitenkin halutaan muutosta, sillä biokaasu on täysin uusiutuva polttoaine, jota on helppo tuottaa ja se on hyvä korvike fossiilisille polttoaineille, kuten esimerkiksi öljylle.

Mikäli kohde sijaitsee kaasuverkoston ulkopuolella, paras ratkaisu on siirtokontit. Kaasua voidaan kuljettaa nestemäisenä tai paineistettuna teräs- tai komposiittisäiliöissä. Nestemäisenä (LBG) voidaan kuljettaa enemmän biokaasua, mutta se ei sovellu yhtä hyvin pitkäaikaiseen varastointiin kuin paineistettu biokaasu.

Pilottikokeilun jälkeen saadaan tarkempaa tietoa, miten hyvin kaasu toimii lämmitys- ja liikennekäyttöön haja-asutus seudulla. Hankkeen lyhytaikaisen kokeilujakson vuoksi väline- ja laitteistovuokraus osoittautui parhaaksi vaihtoehdoksi. Mikäli hankkeelle löytyy pysyvää ratkaisumallia, tulee tällöin huomioida varsinkin kuljetuksen osuus investoinnissa. Opinnäytetyöhön liittyvistä kuluista vastaa toimeksiantaja Handiheat. Mahdollisista palkkioista sovitaan myöhemmin toimeksiantajan kanssa opinnäytetyön jälkeen.

Lähteet

Alternative Fuel Systems Inc. 2018. What's the difference between CNG, LNG, LPG and Hydrogen? http://www.afsglobal.com/faq/gas-comparisons.html. 18.4.2019.

Biogas2020. 2018. Biokaasu tankkausasemien muodot. https://www.biogas2020.se/.../56-guide-to-establishing-a-biogas-filling-station-at-a-lo... 14.10.2019.

Biokaasuauto. 2013. Biokaasun jakelun vaihtoehdot http://www.biokaasu-auto.fi/blog/biokaasun-jakelun-vaihtoehdot . 12.5.2019.

Bioste Oy. 2014. Biokaasu http://bioste.fi/bioenergia/biokaasu/ .12.5.2019.

Cambridge Dictionary. 2020. Adsorbent. https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/adsorbent. 3.10.2019.

Laki uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta. 2010/1396. https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20101396

Valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta. 2009/551 https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090551

Gaia Consulting. 2015. Puupohjaisen biokaasun (bio-SNG) ja puupohjaisen uusiutuvan dieselin alue- ja kansantaloudelliset vaikutukset. bioenergia.fi/_system/modules/digistore/Download.asp?fileId... 26.5.2019.

Gasum. Tulevat kaasutankkausasemat. https://www.gasum.com/yksityisille/tankkaa-kaasua/tulevat-tankkausasemat/ 3.5.2019.

Gasum Oy. 2019. Miten biokaasua tuotetaan? https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasu/miten-biokaasua-tuotetaan/ . 3.5.2019

Gasum Oy. 2019. Tulevat biokaasuasemat https://www.gasum.com/yksityisille/tankkaa-kaasua/tulevattankkausasemat/ 5.5.2019.

Gasum. 2018. Biokaasun säännöt. https://www.gasum.com/globalassets/maakaasumarkkinalaki/5--biokaasun-saannot-2020-luonnos-28_09_2018.pdf . 5.5.2019.

Hinterberger Robert, 2009. Biogas als Treibstoff: Wirtschaftliche Grundlagen und Machbarkeit.Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften. https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/edz_pdf/1112_biogas_als_treibstoff.pdf . 20.5.2019.

Kaasuyhdistys. Ohjeita maa- ja biokaasunkäyttäjille https://www.kaasuyhdistys.fi/julkaisut/ohjeita-maa-ja-biokaasun-kayttajille/. 18.5.2019.

Kaasuyhdistys. 2018. Kaasutilastot https://www.kaasuyhdistys.fi/kaasu-suomessa/tilastot/ 18.5.2019.

Kymäläinen, M. & Pakarinen, O. 2015. Biokaasuteknologia, Hämeen ammattikorkeakoulu. Suomen Biokaasuyhdistys ry. Tutkimus julkaisu. 5.12.2018. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Biokaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf

Labio. Kuva biokaasun poltosta soihdulla. http://www.labio.fi/biokaasun-tuotanto-kaynnistyi-lokakuussa/ 14.5.2019.

Lampinen, A. 2012. Tiekartta uusiutuvaan metaanitalouteen. CBG100 https://cbg100.net/_files/200000738-3a2fa3b28a/Sektoriraportti_LVM_2012.pdf .14.5.2019.

Lampinen Ari. 2019. Biokaasuasemien kattavuus Suomessa. https://www.cbg100.net/suomenbiokaasutankkausverkosto/katta-vuus/ .14.5.2019.

Latvala, M. 2009. Suomen ympäristökeskus. Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37998/SY_24_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y . 12.12.2018.

Latvala Markus. 2009. Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. https://core.ac.uk/download/pdf/14926620.pdf . 12.12.2018.

Maakaasuyhdistys r.y. 2007: Suunnitteluohje maa- ja biokaasun tankkausasemille. http://www.kaasuyhdistys.fi/sites/default/files/pdf/oppaat/Maakaasu_t ankkausasemaohje.pdf . 13.6.2019

Motiva Oy. 02/2013. Biokaasun tuotanto maatilalla https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf 20.8.2019

Motiva Oy. 02/2013. Biokaasun tuotanto maatilalla. https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf . 20.8.2019.

Mutikainen Mirja, Sormunen Kai, Paavola Heli, Haikonen Turo, Väisänen Mirva.2016. Biokaasuliiketoiminnan ekosysteemien mahdollisuudet https://media.sitra.fi/2017/02/27175150/Selvityksia111-2.pdf . 13.10.2019.

Neste. 2015. Bensiiniopas. https://www.neste.com/sites/default/files/attachments/bensiiniopas_2015.pdf . 7.7.2019

Pressure Drop Online-Calculator. 2019. http://www.pressure-drop.com/Online-Calculator/. 15.4.2019.

Riihimäki, M., Mahal, K., Suoniemi, J., Nurmio, J. & Marttinen, S. 2014. Biokaasulaskurin käyttöohje, käytännön ohjeita biokaasulaiteinvestointia harkitsevalle. https://portal.mtt.fi/images/sovellukset/biokaasu/biokaasulaskuri_ohje kirja.pdf . 12.4.2019.

Stormossen. 2018. Biokaasu liikennepolttoaineena http://www.stormossen.fi/tmp_stormossen2_site_0.asp?sua=2&lan g=1&s=378. 30.1.2019.

Tekniikka Elämää Palvelemaan ry. 2015. Suomen ekoauto 2015. http://tep.kaapeli.fi/wp-content/themes/tep/2015/12/Suomen_ekoauto_2015.pdf. 12.1.2020

Tieteen termipankki. 2014. Ympäristötieteet: absorptio. https://tieteentermipankki.fi/wiki/Ympäristötieteet:absorptio.16.3.2020.

Tieteen termipankki. 2014. Ympäristötieteet: adsorptio. https://tieteentermipankki.fi/wiki/Ympäristötieteet:adsorptio. 15.8.2019.

Tukes. 2019. Biokaasun ja maakaasun varastoinnin raja-arvot https://tukes.fi/teollisuus/maakaasu-ja-biokaasu/biokaasu.15.4.2019

Tukes. 2012. Valtioneuvoston asetus maakaasu-, nestekaasu- ja öljylämmitys-laitteistojen asennus- ja huoltotoimintaa sekä maanalaisten öljysäiliöiden tarkastusta harjoittavien hyväksymisestä 18.10.2012/558 http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/20120558?search=tukes. 17.3.2019

Uponor. 2019. Kaasuputkistot. https://www.uponor.fi/tuotejarjestelmat/paineputkistot/kaasuputkisto t. 13.5.2019

Åkerlund Fredrik. 2019. Biokaasulaitoksen tukijärjestelmät Suomessa. Motiva Oy https://www.motiva.fi/files/5160/Biokaasun_tukiratkaisut.pdf. 23.9.2019.

Tankkausaseman mahdollisen tuoton taulukkolaskenta.

Tankkausasema		
Hinta tuen jälkeen	80 %	
Automaattisysteemi	20 000 €	
Paineen-alentaja	4 800 €	
Putkisto	1 600 €	
Kaasupumppu	6 400 €	
Kontti ja kaasu pullot	192 000 €	
Invest	224 800 €	
Biokaasu tankkaukseen	22000	kg
Tankkausen voitto	**32 120 €**	
Trasnport	4,4	
	660,0 €	
maintenance and usage	2 810 €	
Electricity usage	668 €	
Biokaasu ostettu	**27 720 €**	
Tuotto	**- 8 538,03 €**	

Tankkausasemalle tarvittavan biokaasun laskennat.

Tankkausasemalle tarvitta biokaasu		
Autot	20	kpl
Ajomatka	20000	km
Kulutus	0,045	kg/km
	18000	kg
Traktori	15000	l/v
	13500	kWh/v
	1392	Nm3/v
	1601	kg/v
Yhteensä	19601	kg
	5567	kWh
Biokaasun arvioitu käyttö	22000	kg

Biokaasu polttojärjestelmän ja tankkausaseman yhteenlaskettu investointilaskelma.

		Nykyarvo	Korollinen takaisinm	Sisäainen korko
Vuodet	Nettotuotto			263 200,00 €
1	- 22 321,45 €	- 21 057,97 €	- 21 057,97 €	- 22 321,45 €
2	- 22 321,45 €	- 19 866,01 €	- 40 923,98 €	- 22 321,45 €
3	- 22 321,45 €	- 18 741,52 €	- 59 665,50 €	- 22 321,45 €
4	- 22 321,45 €	- 17 680,68 €	- 77 346,17 €	- 22 321,45 €
5	- 22 321,45 €	- 16 679,88 €	- 94 026,06 €	- 22 321,45 €
6	- 22 321,45 €	- 15 735,74 €	- 109 761,80 €	- 22 321,45 €
7	- 22 321,45 €	- 14 845,04 €	- 124 606,84 €	- 22 321,45 €
8	- 22 321,45 €	- 14 004,75 €	- 138 611,59 €	- 22 321,45 €
9	- 22 321,45 €	- 13 212,03 €	- 151 823,62 €	- 22 321,45 €
10	- 22 321,45 €	- 12 464,18 €	- 164 287,80 €	- 22 321,45 €
11	- 22 321,45 €	- 11 758,66 €	- 176 046,46 €	- 22 321,45 €
12	- 22 321,45 €	- 11 093,08 €	- 187 139,54 €	- 22 321,45 €
13	- 22 321,45 €	- 10 465,17 €	- 197 604,70 €	- 22 321,45 €
14	- 22 321,45 €	- 9 872,80 €	- 207 477,50 €	- 22 321,45 €
15	- 22 321,45 €	- 9 313,96 €	- 216 791,46 €	- 22 321,45 €
16	- 22 321,45 €	- 8 786,75 €	- 225 578,21 €	- 22 321,45 €
17	- 22 321,45 €	- 8 289,39 €	- 233 867,61 €	- 22 321,45 €
18	- 22 321,45 €	- 7 820,18 €	- 241 687,79 €	- 22 321,45 €
19	- 22 321,45 €	- 7 377,53 €	- 249 065,32 €	- 22 321,45 €
20	- 22 321,45 €	- 6 959,93 €	- 256 025,25 €	- 22 321,45 €
21	- 22 321,45 €	- 6 565,97 €	- 262 591,22 €	- 22 321,45 €
22	- 22 321,45 €	- 6 194,32 €	- 268 785,54 €	- 22 321,45 €
23	- 22 321,45 €	- 5 843,69 €	- 274 629,23 €	- 22 321,45 €
24	- 22 321,45 €	- 5 512,92 €	- 280 142,15 €	- 22 321,45 €
25	- 22 321,45 €	- 5 200,87 €	- 285 343,02 €	- 22 321,45 €
26	- 22 321,45 €	- 4 906,48 €	- 290 249,50 €	- 22 321,45 €
27	- 22 321,45 €	- 4 628,75 €	- 294 878,25 €	- 22 321,45 €
28	- 22 321,45 €	- 4 366,75 €	- 299 245,00 €	- 22 321,45 €
29	- 22 321,45 €	- 4 119,57 €	- 303 364,57 €	- 22 321,45 €
30	- 22 321,45 €	- 3 886,39 €	- 307 250,96 €	- 22 321,45 €
	- 669 643,43 €	- 307 250,96 €		

Koroton maksuaika	-11,79	vuotta	Sisäinen korko	8 %
Korollinen maksuaika	-64,88	vuotta		

Ei maksa itseään takaisin käyttöaikana!!

Uuden biokaasujärjestelmän kulutus laskennat vanhan järjestelmän pohjalta.

Nykyinen öljyjärjestelmä	**500kW**	
Käyttö-aika	500	h/a
Öljyn kulutus	31250	l
Öljyn enerrgiasisältö	10	kWh/l
Öljyn hyötysuhde	80 %	
Öljyn hinta	0,90	€/l
Energian tuotto	250	MWh
Tarvittava energia öljystä	312,5	MWh
Hinta	28125	€
sähkön tarve	7500	kWh
Hinta	900,00 €	
Biokaasujärjestelmä		
Biokaasun energiasisältö	4-8MWh/1000m3	
4	kWh/m3	
8	kWh/m3	
6,4	kWh/m3	
Tarvittava biokaasu		
25000	m3/a	
28750	kg	
50	m3/h	
Metaanin energiasisältö	39,8	MJ/m3
	10,7282	kWh/m3
Biokaasun hyötysuhde	97 %	
Ideaalinen energiasisältö	10,72388889	kWh/m3
tarvittavan biokaasun energiasisältö	160000	kWh
Vaihto kerrat konteille	5,75	
	~6	

Investointi laskennat			
Korkotaso	6 %		
käyttöaika	15,00	vuotta	
Kunnospito ja käyttö	1 %	investointihinnasta	
Tankin edestakainen matka	150,00 €		
Kaasuputkisto	40-430€/m		
Sähkö	0,12 €	kWh	
Energiakustannus	3-4%	Paineistetun kaasun sisältämästä energiasta	
Lämmön hinta	0,09 €	kWh	

Tuoton laskenta biokaasujärjestelmän ja tankkausaseman yhteiskäytölle.

Tankkausasema		
Maksettava osuus tuen jälkeen	80 %	
Automaattisysteemi	20 000,00 €	
Paineen-alentaja	4 800,00 €	
Kaasupumppu	6 400,00 €	
Kontti ja kaasu pullot	192 000,00 €	
Biokaasu polttojärjestelmä		
Säätölaite	16 000,00 €	
Poltin	9 600,00 €	
Tulipesän muokkaukset	8 000,00 €	
Putkisto	6 400,00 €	
Investoinnit yhteensä	**263 200,00 €**	
Biokaasu tankkaukseen	**22000,00**	**kg**
Tankkausen voitto	**32 120,00 €**	
Lämmön käytön voitto	**14 816,00 €**	
Yhteisen biokaasun hinta	**63 945,00 €**	
Kuljetukset	**1 436,41 €**	
Korjaukset ja käyttö	**2 632,00 €**	
Sähkön käyttö	**1 244,03 €**	
Voitto	**- 22 321,45 €**	

Putkien rosoisuuden mitat eri materiaaleille (Pressure Drop Online-Calculator 2019.)

Roughness of pipes

Aluminium, drawn/pressed	new	0.0013 - 0.0015 mm
Aluminium, drawn/pressed	used	to 0.03 mm
Asbestos-cement	new, smooth	0.03 - 0.1 mm
Brass, drawn/pressed	new	0.0013 - 0.0014 mm
Brass, drawn/pressed	used	to 0.03 mm
Cast iron	average city severage	1.2 mm
Cast iron	incrusted	to 3.0 mm
Cast iron	new, bituminized	0.10 - 0.13 mm
Cast iron	new, with skin	0.2 - 0.6 mm
Cast iron	operating several years, cleaned	1.5 mm
Cast iron	slightly rusty	1.0 - 1.5 mm
Clay	new, clay tile	9.0 mm
Clay, Drainage-pipe	new, calcined	0.7 mm
Concrete	new, medium rough	1.0 - 2.0 mm
Concrete	new, rough	2.0 - 3.0 mm
Concrete	new, smooth	0.3 - 0.8 mm
Concrete	operating several years	0.2 - 0.3 mm
Concrete, Centrifugal-	new, smooth plastered	0.1 - 0.15 mm
Concrete, Centrifugal-	new, without plaster	0.2 - 0.8 mm
Concrete, Steel-	new, smooth	01. - 0.15 mm
Copper, drawn/pressed	new	0.0013 - 0.0015 mm
Copper, drawn/pressed	used	to 0.03 mm
Glass, drawn/pressed	new	0.0013 - 0.0015 mm
Glass, drawn/pressed	used	to 0.03 mm
Plastic, drawn/pressed	new	0.0013 - 0.0015 mm
Plastic, drawn/pressed	used	to 0.03 mm
Rubber	new, smoot	0.0016 mm
Steel	after long operation cleaned	0.15 - 0.20 mm
Steel	homogeneous corrosion pits	0.15 mm
Steel	intensely incrusted	2.0 - 4.0 mm
Steel	slightly rusty and incrusted	0.15 - 0.40 mm
Steel, longitudinal welded	new, bituminized	0.01 - 0.05 mm
Steel, longitudinal welded	new, galvanized	0.008 mm
Steel, longitudinal welded	new, rolling skin	0.04 - 0.1 mm
Steel, weldless	new, comm.size galvanized	0.10 - 0.16 mm
Steel, weldless	new, neatly galvanized	0.07 - 0.10 mm
Steel, weldless	new, pickled	0.03 - 0.04 mm
Steel, weldless	new, rolling skin	0.02 - 0.06 mm
Steel, weldless	new, unpickled	0.03 - 0.06 mm
Stoneware		0.25 mm
Wood	after long operating	0.1 mm
Wood	new	0.2 - 1.0 mm

Biokaasu putkiston painehäviöiden laskenta 100 metrin putkelle kokoa D100 (Pressure Drop Online-Calculator 2019.)

Pressure Drop Online-Calculator

Calculation output

Flow medium:	Biogas / gaseous
Volume flow::	50 m³/h
Weight density:	1,15 kg/m³
Dynamic Viscosity:	11,86 10-6 Pa s
Element of pipe:	circular
Dimensions of element:	Diameter of pipe D: 100 mm Length of pipe L: 100 m
Velocity of flow:	1.77 m/s
Reynolds number:	17147
Velocity of flow 2:	-
Reynolds number 2:	-
Flow:	turbulent
Absolute roughness:	0,15 mm
Pipe friction number:	0.03
Resistance coefficient:	29.69
Resist.coeff.branching pipe:	-
Press.drop branch.pipe:	-
Pressure drop:	0.56 mbar 0 bar

Biokaasu putkiston painehäviön laskenta 200 metrille putkea kokoluokassa D100 (Pressure Drop Online-Calculator 2019.)

Pressure Drop Online-Calculator

Calculation output

Flow medium:	Biogas / gaseous
Volume flow.:	50 m³/h
Weight density:	1,15 kg/m³
Dynamic Viscosity:	11,86 10-6 Pa s
Element of pipe:	circular
Dimensions of element:	Diameter of pipe D: 100 mm Length of pipe L: 200 m
Velocity of flow:	1.77 m/s
Reynolds number:	17147
Velocity of flow 2:	-
Reynolds number 2:	-
Flow:	turbulent
Absolute roughness:	0,15 mm
Pipe friction number:	0.03
Resistance coefficient:	59.37
Resist.coeff.branching pipe:	-
Press.drop branch.pipe:	-
Pressure drop:	1.12 mbar 0 bar