

Lauri Koli

BIOJALOSTAMON ENERGIANTUOTANTOVAIHTOEHDOT

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2016

BIOJALOSTAMON ENERGIANTUOTANTOVAIHTOEHDOT

Koli, Lauri
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Joulukuu 2016
Ohjaaja: Santanen, Teemu
Sivumäärä: 43
Liitteitä: 5

Asiasanat: bioenergia, biokaasu, CHP, liikennepolttoaine, energia

Opinnäytetyön aiheena oli biojalostamon energiantuotantovaihtoehdot. Kohteena oli Turun biovoima oy:n tarjouskierros asteella oleva laitos.

Opinnäytetyössä käytiin läpi biovoimalaitoksen normaalit toimintatavat ja biovoimalaitokselle tyypilliset komponentit ja niiden toiminta, sekä miten raaka-aine käsitellään ennen kuin siitä muodostuu raakabiokaasua.

Raaka-aineen käsittelyn jälkeen työssä käytiin läpi biokaasun muodostuminen ja raakabiokaasun erilaiset jalostustavat. Raakabiokaasun jalostusaste riippui esimerkiksi siitä, että käytettiinkö biokaasua ainoastaan lämmöntuotantoon maatilalaitoksella vai jalostettiinkö biokaasu lähes puhtaaksi metaaniksi, jotta sitä voitiin käyttää biopolttoaineena kaasuautoissa.

Työssä myös tutkittiin tarkemmin sähkön- ja lämmöntuotantolaitteistoa, koska biokaasun käyttö sähkön- ja lämmöntuotannossa on hyvin yleistä ja biokaasua voidaan käyttää monin eri tavoin tuottamaan sähkö- ja lämpöenergiaa.

Työssä myös tutkittiin millä eri tavoilla valtio tukee biokaasusta saadun energian tuotantoa.

Lopuksi työssä laskettiin erimerkkilaitoksen kolme todennäköisintä energiantuotantovaihtoehtoa. Vaihtoehdot olivat sähkön- ja lämmöntuotanto kahdella erilaisella valtiontukivaihtoehdolla sekä liikennekaasuntuotanto. Kannattavimmaksi energiantuotantovaihtoehdoksi osoittautui liikennebiokaasun tuotanto, vaikka se olikin arvokkain laitosratkaisu.

Laskujen apuna käytettiin Exel-taulukkolaskenta ohjelmistoa havainnollistavien kaavioiden tekemiseksi sekä vuosittaisten kassavirta-arvioiden laskemiseksi.

BIOREFINERY'S ENERGYPRODUCTION OPTIONS

Koli, Lauri

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production engineering

December 2016

Supervisor: Santanen, Teemu

Number of pages: 43

Appendices: 5

Keywords: bioenergy, biogas, CHP, road fuel gas, energy

The purpose of this thesis was to study different ways to produce energy from bio refinery plant. Plant which was examined was to be built for Turun Biovoima LTD which was still in call for offer stage.

Thesis also examined how bioenergy plants normally work and typical components involved in energy production and how those work, Thesis also examined how raw material is treated before it produces effectively raw biogas.

After raw material treatment thesis examines how biogas is formed and different ways to refine biogas. Refining stage of raw biogas depended for example whether the biogas was used only for heating in farm or was it refined to almost pure methane for gas vehicles.

Thesis also examined more thoroughly electricity- and heat production equipment because biogas is commonly used in CHP plants and biogas can be used in wide variety to produce heat and electricity.

Thesis also studied in which ways Finland supports energy production from biogas. Lastly, in thesis three most likely energy production possibilities for the example plant were also calculated and compared. Options were two similar CHP-plants with different support models from state and third option being vehicle fuel production. The most profitable of these three proved to be the vehicle fuel one even though it was most expensive to build.

To support calculations Excel spreadsheet program was used to provide illustrative charts and help to make annual revenue estimates.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	LYHENTEET	7
3	LAITOKSEN TOIMINTA	8
3.1	Raaka-aineet.....	8
3.2	Murskaaja	9
3.3	Homogenisointi.....	9
3.4	Hygienisointi.....	10
3.5	Mädätys	11
3.6	Kuivaus.....	11
3.7	Biokaasu	12
4	BIOKAASUNJALOSTUS	13
4.1	Biokaasun puhdistus.....	13
4.1.1	Vedenpoisto	14
4.1.2	Rikkivedynpoisto	15
4.1.3	Siloksaanit	17
4.2	Sähkön- ja lämmöntuotanto, CHP	18
4.2.1	Kaasumoottorit.....	19
4.2.2	Kaasuturbiinit	21
4.2.3	Polttokenno	23
4.3	Lämmöntuotanto	25
4.4	Liikennepolttoaine.....	26
4.4.1	Biokaasun hajustaminen.....	27
5	UUSIUTUVAN ENERGIAN TUET	27
5.1	Energiatuki.....	27
5.1.1	Tuen enimmäismäärät	28
5.2	Uusiutuvan energian syöttötariffi.....	28
5.2.1	Lämpöpremio	29
5.2.2	Syöttötariffin vaatimukset.	29
6	LASKENTA	30
6.1	Sähkön- ja lämmöntuotanto	30
6.1.1	Valtion investointiavustus	30
6.1.2	Syöttötariffi ja lämpöpremio	33
6.2	Liikennekaasu	35
7	YHTEENVETO.....	38

KUVAT.....	40
LÄHTEET.....	41
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tarkastellaan Turun Biovoima Oy:lle, Turkuun Topinojan kaatopaikan lähelle, mahdollisesti rakennettavan biojalostamon eri energiantuotanto mahdollisuuksia. Opinnäytetyöhön liitetään myös Excel-laskentataulukko havainnollistamaan laitoksen kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa. Excel-laskentataulukko tulee yrityksen omaan markkinointikäyttöön ja on täten salainen. Excel- taulukkoa on tarkoitus käyttää myynti- ja tarjouskierroksella, investointipäätösten tueksi.

Recwell Oy on tarjonnut Turun Biovoima Oy:lle laitosratkaisun, jonka pohjalta opinnäytetyö tehdään.

Biojalostamo tuottaa biokaasua, jonka eri käyttömahdollisuuksia tarkastellaan.

Laitoksen tuottama biokaasu voidaan myydä lähes sellaisenaan halukkaille ostajille eteenpäin ilman suurempia kaasun puhdistuksia. Tällöin biokaasulle suoritetaan ainoastaan vedenpoisto, jolloin jalostuskustannukset olisivat hyvin alhaiset.

Laitoksen tuottama biokaasu voidaan myös puhdistaa ja paineistaa. Puhdistettu ja paineistettu kaasu voidaan myydä liikennepolttoaineeksi Turun sisäisten linja-autojen polttoaineeksi.

Kolmantena vaihtoehtona on biokaasun puhdistus ja muuttaminen sähköksi ja lämmöksi CHP -laitoksen avulla. CHP -laitoksessa biokaasu muutetaan sähköksi ja lämmöksi kaasumoottorilla. Sähkö myydään kiinteällä hinnalla sähkötariffiin tai muuttuvalla hinnalla vapailla sähkömarkkinoilla. Lämpöenergia myydään Turku Energia Oy:lle kaukolämmöksi.

2 LYHENTEET

%	Prosentti
°C	Celsiusaste
€/MWh	Euroa per megawattitunti
bar	Baari
CH ₄	Metaani
CHP	Combined Heat and Power (Yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto)
CO	Hiilimonoksidi
CO ₂	Hiilidioksidi
H ₂	Vety
H ₂ O	Vesi
H ₂ S	Rikkivety
kg	Kilogramma
kg/t	Kilogramma per tonni
mg/Nm ³	Milligramma per normi kuutiometri
mm	Millimetri
MVA	Megavoltttiampeeri
MW	Megawatti
MWh	Megawattitunti
N ₂	Typpi
Nm ³	Normi kuutiometri
O ₂	Happi
ppm	Parts per million (partikkelia miljoonassa)
PSA	Pressure Swing Adsorbtion (paineen vaihtelu adsorbtiio)
SiO ₂	Piidioksidi

3 LAITOKSEN TOIMINTA

Laitoksen toiminta ennen biokaasun jalostusta käydään läpi vain pintapuolisesti, koska biokaasun muodostumisprosessi ei ole pääaihe.

3.1 Raaka-aineet

Biomassoja on monenlaisia. Kaupallisessa mielessä merkittävin ero niiden välillä on siinä, että mikäli kyseessä on jäte, lanta tai liete, toimii biokaasulaitos jätteenkäsittelylaitoksena ja biomassan toimittaja maksaa porttimaksun sen ottamiseksi käsitte-lyyn. Kasvipöeräinen vihreä massa on itsessään raaka-aine, josta biomassan toimittajalle maksetaan. Toinen huomattava ero biomassojen välillä on niiden kyvyssä tuottaa metaania. (Gustafsson 2008, 5)

Lähde	Metaani, Nm ³ / 1 000 kg	Laatu
Jätevesiliete, esikuivattu	33 Nm ³	Jäte
Biojäte	123 Nm ³	Jäte
Teurastamojätteet	150 Nm ³	Jäte
Sian lietelanta	16 Nm ³	Jäte
Vihreä biomassa	52 Nm ³	Raaka-aine

Kuva 1. Eri biomassojen metaanintuottokyky, Nm³/1000 kilogrammaa biomassaa.

Turun Biojalostamolle toimitetaan raaka-ainetta kiinteässä muodossa ja nestemäisessä muodossa. Molemmille raaka-ainemuodoille on omat vastaanottopisteensä.

Kiinteä raaka-aine ajetaan kiinteän raaka-aineen vastaanottopisteeltä lajitteluun. Lajittelussa kiinteä raaka-aine lajitellaan erottelijaan meneviin ja suoraan murskaukseen menevään kiinteään raaka-aineeseen. Erottelijassa kiinteä raaka-aine erotellaan pakkausjätteestä, jotka ovat peräisin kaupan ylijäämä tuotteista. Kiinteästä raaka-aineesta eroteltu pakkausjäte kuljetetaan pakkausjätevarastoon ja puhdistettu kiinteä raaka-aine ajetaan murskaimeen.

Nestemäinen raaka-aine syötetään ensin nestemäisen raaka-aineen varastosäiliöön, josta sitä syötetään homogenisointiin.

Raaka-aineina biokaasujalostamo käyttää esimerkiksi pakattua ja pakkaamatonta biojätettä, rasvakaivojätettä sekä elintarviketeollisuuden sivuvirrat eli biokaasujalostamo

toimiin jätteenkäsittelylaitoksena. Laitokseen voidaan myös tuoda hävitettäviä tuotteita. Esimerkkinä hävitettävistä tuotteista ovat tullin takavarikoimat etanolituotteet (alkoholia). Laitoksella on myös mahdollisuus ottaa vastaan omena- ja haravointijätettä.

3.2 Murskaaja

Murskauslaitteisto, joka murskaa syötteen pienempään palakokoon. Sivutuoteasetuksessa vaaditaan hygienisoitavilta syötteiltä maksimissaan 12 millimetrin palakokoa. (Latvala 2009, 23)

Murskauksesta kiinteä, tasakokoinen, raaka-aine syötetään homogenisointiin, jossa se sekoitetaan nestemäisen raaka-aineen ja rejektiveden kanssa.



Kuva 2. Esimerkki murskain. NOV Monon F-sarjan murskain.

3.3 Homogenisointi

Homogenisoinnissa syöte jauhetaan tasalaatuiseksi massaksi esimerkiksi erillisellä, mekaanisella hienontimella ja sekoitetaan muihin syötteisiin. (Latvala 2009, 23)

Homogenisointiyksikköön ajetaan kiinteän raaka-aineen ja nestemäisen raaka-aineen lisäksi rejektivettä ja puhdasta vettä. Homogenisointiyksikköön voidaan ajaa tarvittaessa pelkästään puhdasta vettä.

Rejektivettä muodostuu, kun reaktorista poistettava syöte kuivataan ja erotellaan kiintoaineeksi ja rejektivedeksi. Rejektivedestä saadaan käsittelyn jälkeen myös nestelannoitetta, jota voidaan myydä eteenpäin. Kiintoaineesta saadaan humuslannoitetta, joka voidaan myös myydä eteenpäin.

Homogenisoinnin jälkeen raaka-aine johdetaan hygienisointiin.

3.4 Hygienisointi

Biojalostamolla tuotetaan sivutuotteena lannoitevalmistetta, joten raaka-aineen on täytettävä tyyppinimelle määrätyt ehdot.

Hygienisointi tarvitaan aina, kun käsiteltävänä on luokan 3 eläinperäisiä sivutuotteita. Raaka-aineena eläinperäisten sivutuotteiden luokittelu luokan 3 mukaisia aineita, joten raaka-aineelle on tehtävä hygienisointi.

Hygienisointiprosessi voidaan tehdä joko ennen mädätystä tai prosessin jälkeen.

Hygienisoinnissa raaka-aine syöte lämmitetään vähintään 70 °C lämpötilaan, jossa sitä pidetään vähintään 60 minuuttia. Raaka-ainemassan partikkelikoko saa maksimissaan olla 12 mm (Latvala 2009, 17, 38). Hygienisoinnin jälkeen raaka-ainemassa syötetään mädätysreaktoriin.



Kuva 3. Esimerkki hygienisointiyksiköstä saksalaisella biokaasulaitoksella.

3.5 Mädätys

Biojalostamossa on käytössä mesofiilinen prosessi. Mesofiilinen prosessi tarkoittaa mädätettävän aineen käsittelyä noin 35 – 37 °C lämpötilassa. Mesofiilisen prosessin optimaalinen toiminta-alue ei ole merkittävän herkkä lämpötilan vaihteluille, toisin kuin termofiilisessä prosessissa (50 – 55 °C), joka on merkittävästi herkempi lämpötilavaihteluille. Mädätettävä massa tarvitsee lisälämmitystä, jotta optimaalinen lämpötila-alue saavutetaan. Mesofiilisessä prosessissa lisälämmitykseen tarvittavan energian määrä on 10 - 30 % alhaisempi termofiiliseen prosessiin verrattuna. (Latvala 2009, 34)

Prosessia valvotaan tarkasti ja prosessin syöteseoksen pH-arvoa pidetään 6,5 - 7,5 välillä, jolloin metaania muodostavilla bakteereilla on optimaaliset elinot ja metaanin muodostuminen on tehokkainta. Syöteseoksen pH-arvoa kontrolloidaan erilaisilla syötteeseen lisättävillä kemikaaleilla optimaalisen pH-arvon saavuttamiseksi. Syöte-seos viipyy reaktorissa 21 vuorokautta, joka on yleisesti suositeltu viipymäaika mesofiilisessä prosessissa. (Latvala 2009, 35)

3.6 Kuivaus

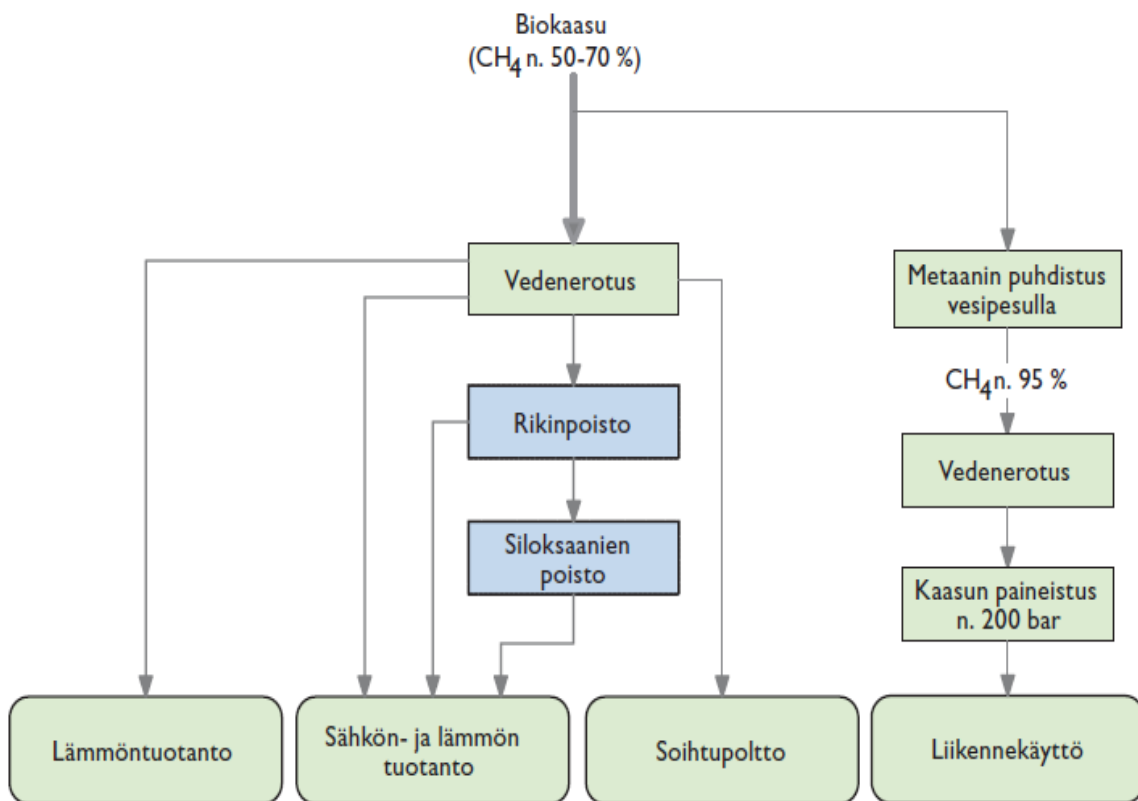
Mädätysprosessin jälkeen reaktorista poistettu käsittelyjäännös yleensä kuivataan. Kuivattu kiintoaine voidaan käyttää kiinteänä lannoitteena, ja käsittelyjäännöksestä poistettu rejektivesi syötetään takaisin kiertoön tai säilötään nestemäisen lannoitteen varastoon. Kuivaus tapahtuu yleensä mekaanisesti linkoamalla tai suotonauhakuivauksella.

Linkokuivaus on suotonauhakuivausta tehokkaampi vaihtoehto. Linkokuivauksella voidaan saavuttaa jopa 40 % kuiva-ainepitoisuus, kun suotonauhakuivauksella kuiva-ainepitoisuus jää noin 25 prosenttiin.

3.7 Biokaasu

Biojalostamon mädätysreaktorissa, mesofiilisen prosessin tuloksena, syntyy biokaasuksi kutsuttua kaasuseosta. Biokaasuksi kutsutaan anaerobisessa prosessissa syntyvää tuotekaasua. Biokaasu sisältää pääasiassa metaania (CH_4), hiilidioksidia (CO_2), pieninä määrinä (alle kaksi prosenttia) happea (O_2) ja typpeä (N_2) sekä kosteutta, orgaanisia piiyhdisteitä (siloksaanit) ja partikkeleita. (Latvala 2009, 40. Suomen biokaasuyhdistys)

Biokaasun metaanipitoisuus on yleensä noin 50 – 70 prosenttia. Biokaasun metaanipitoisuus riippuu mädätysprosessiin syötettävän syötteen raaka-aineista ja syötteen laadusta. (Turun Biovoima Oy:lle rakennettavan biojalostamon biokaasun laskettu metaanipitoisuus on 68 prosenttia.) (Latvala 2009, 40, 42)



Kuva 4. Biokaasun yleisimmät käsittelytavat ja käyttötarkoitukset. (Latvala 2009, 42)

Kuvasta voidaan havaita biokaasun kolme yleisintä jalostusmuotoa. Nämä kolme yleisintä jalostusmuotoa ovat lämmöntuotanto, sähkön- ja lämmöntuotanto sekä liikennekäyttö.

4 BIOKAASUNJALOSTUS

4.1 Biokaasun puhdistus.

Biokaasu sisältää kaasumaisten komponenttien lisäksi aina toimintaa ja kunnossapitoa hankaloittavaa kosteutta ja muita epäpuhtauksia. Kosteus voidaan poistaa kaasusta vedenerottimilla, ennen kuin kaasua voidaan käyttää hyödyksi erinäisissä toteutuksissa. (Latvala 2009, 41. Persson 2003, 5) Raavan biokaasun sisältämän veden määrä riippuu kaasun lämpötilasta. Lämpötilan ollessa 35 °C veden määrä kaasussa on noin 5 prosenttia. (Hagen 2001, 30)

Ennen kuin kaasu voidaan syöttää putkistoon tai säilötään kaasusäiliöön, vesi täytyy poistaa kaasusta. Pieninä määrinä kaasun vesipitoisuus ei yleensä ole ongelma. Suurempina määrinä vesi voi aiheuttaa putkistoissa ja säiliöissä korroosiota, joka lisää merkittävästi ylläpitokuluja ja voi aiheuttaa vaaratilanteita.

Vesi voidaan poistaa erilaisilla keinoilla prosessin eri vaiheissa. Jalostusmenetelmästä riippuen vesi poistetaan joko ennen tai jälkeen jalostusprosessin. Jalostusmenetelmissä jossa kaasu paineistetaan, vesi poistetaan yleensä ennen paineistusta. Yleisimmin käytetyt kaasun vedenpoistomenetelmät ovat jäähdytys ja absorbointi. (Hagen 2001, 30)



Kuva 5. Vedenaiheuttamaa korroosiota kaasusäiliössä.

Kosteuden lisäksi biokaasussa on yleensä siloksaaneja ja rikkivetyä. Suurina määrinä rikkivety voi aiheuttaa ongelmia lämmöntuotannossa sekä, sähkön ja lämmön yhteistuotannossa. Siloksaanit taas aiheuttavat usein ongelmia sähkön ja lämmön yhteistuotannossa. Biokaasu voi syötteistä riippuen sisältää myös pieniä määriä fluoria, ammoniakkia, öljyä, pölyä, mutaa tai muita kaasujäämiä. Näistä ei kuitenkaan yleensä ole haittaa biokaasun käytölle tai muulle toiminnalle. Kaasun myöhemmästä hyödyntämisestä riippuen edellä mainitut epäpuhtaudet tulee kuitenkin poistaa ennen käyttöä. Merkittävimmät epäpuhtaudet biokaasussa ovat rikkivety ja siloksaanit, jotka yleensä poistetaan kaasusta. (Latvala 2009, 41, Deublein, Steihauser 2008, 333)

Kaasujäämien poisto suoritetaan seuraavassa järjestyksessä:

1. Karkea rikkivedyn erottelu bioreaktorissa tai erillisellä kaasupesurilla
2. Rikkivetyjäämien poisto
3. Hiilidioksidin ja muiden biokaasun epäpuhtauksien erottelu
4. Kosteudenpoisto

Karkea rikinpoisto ja kosteudenpoistovaiheet suoritetaan lähes kaikilla biokaasulaitoksilla. Metaanin rikastus, poistamalla hiilidioksidi ja muut biokaasun epäpuhtaudet, on tarpeellista vain, jos kaasu syötetään maakaasuputkistoon tai sitä käytetään liikennepolttoaineena. (Deublein, Steihauser 2008, 333, 335)

4.1.1 Vedenpoisto

Vedenpoisto jäähdyttämällä.

Jäähdytys on yleinen kaasun kuivaustekniikka. Kaasu jäähdytetään lämmönvaihtimissa ja kondensoitunut vesi erotetaan kaasusta. Jäähdytysmenetelmällä voidaan normaalisti laskea kastepiste vain 0.5 – 1 °C välille. Alemmilla lämpötiloilla ongelmaksi muodostuu jään muodostuminen lämmönvaihtimiin. Alemman kastepisteen saavuttamiseksi kaasu täytyy paineistaa ennen jäähdytystä ja vedenpoiston jälkeen kaasu laajennetaan takaisin haluttuun paineeseen.

Jäähdytysmenetelmää voidaan käyttää kaikille mahdollisille virtausmäärille. (Hagen 2001, 30)

Vedenpoisto absorboimalla

Veden absorboinnilla tarkoitetaan veden imeyttämistä kaasusta vettä absorboivaan aineeseen. Tällaisia aineita ovat esimerkiksi silikageeli, alumiinioksidi tai magnesiumioksidi. Kuivaava aine pakataan astioihin, ja kostea kaasu ajetaan kuivauspenk-
kien läpi. Kuivauksessa käytetään yleensä kahta astiaa, joita vaihdetaan keskenään. Toinen astia kuivaa kaasua samalla, kun toisen veden imeyttämiskykyä regeneroi-
daan.

Imeytyskyvyn palauttaminen voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla. Jos kuivaus to-
teutetaan paineistetusti, voidaan pieniosa kuivatusta kaasusta (noin 3 – 8%) palauttaa
normaaliin paineeseen ja käyttää palautusprosessiin. Palauttamiseen käytetty kaasu
palautetaan kiertoon, paineistetaan uudelleen kompressorilla ja kuivataan uudelleen.
Kaasun kierrätyksestä aiheutuu pieni hävikki paineistetun kaasun kokonaismäärään.
Kuivauksen tapahtuessa normaalissa paineessa, palauttaminen suoritetaan ilmalla ja
tyhjiöpumpuilla. Tällä kuivaustavalla on haittapuolena ilman sekoittuminen kaasuun
ja se ei sovellu kovinkaan hyvin biokaasun kuivausprosessiin.

Vesi voidaan absorboida myös esimerkiksi trieteeniglykoliin tai hygroskooppiseen,
eli kosteutta sitovaan suolaan. Suoloja on monia erityyppisiä ja monilla erilaisilla
absorbointiominaisuuksilla. Normaalisti kuivaajassa on suolarakeilla täytetty absor-
bointiastia. Märkä kaasu syötetään pohjasta ja suola liukenee, kun suola absorboi vet-
tä kaasusta. Kylläinen suolaliuos poistetaan astian pohjassa olevasta venttiilistä. Suo-
laa ei regeneroida vaan uutta suolaa täytyy lisätä, jotta liuennut suola saadaan korvat-
tua. (Hagen 2001, 31)

4.1.2 Rikkivedynpoisto

Rikkivety (H_2S) on myrkyllistä ja hyvin syövyttävää ainetta, joten on suositeltua ero-
tella se aikaisin biokaasun jalostusprosessissa. Rikkivety voidaan erotella jo biokaa-
sureaktorissa. Vaihtoehtoisesti rikkivety voidaan erotella joko kaasuvirrasta, tai vasta
jalostusprosessissa. (Persson,Wellinger 2006, 19)

Biokaasussa voidaan rikkivedyn pitoisuutta yksinkertaisimmillaan vähentää lisäämällä vähän happea tai ilmaa biokaasureaktorin kaasutilaan (yleensä 2 – 6%). Reaktorimassassa elää fakultatiivisia bakteereja, jotka käyttävät hapen massan pinnalla ja samalla muuntavat rikkivedyn alkuaineiksi. Tällainen menettely voi hyvinkin riittää pelkästään, esimerkiksi maatilalaitoksissa, rikkivedyn poistoon biokaasusta. (Latvala 2009, 42. Persson, Wellinger 2006, 19)



Kuva 6. Rautaoksidia sisältäviä säiliöitä jotka poistavat rikkivedyn biokaasusta. (Ruotsi)

Raudan lisääminen prosessiin on myös yksi tapa vähentää rikkivedyn määrää prosessissa. Maatilalaitoksille yleiset 1000 – 3000 ppm:n pitoisuudet saadaan näin toimimalla laskemaan 50 – 100 ppm:n tasolle ja on täten myös hyvin yleinen ratkaisu ilmalisäyksen ohella maatilalaitoksilla. Raudan lisäämistä prosessiin voidaankin käyttää ilmalisäyksen kanssa varmistamaan riittävän alhainen rikkivetypitoisuus kaasussa. Rauta lisätään prosessiin rautaoksidina ja lisättävän rautaoksidin määrä riippuu rikkivetypitoisuudesta.

Yleensä rautaoksidia lisätään 0,1 – 5 kg/t syötettä. Reaktoriin lisätty rauta poistuu käsittelyjännöksen yhteydessä. (Latvala 2009, 43. Persson, Wellinger 2006, 19)

Wellinger 2006, 19)

Rikkivety voidaan myös absorboida biokaasusta aktiivihiiileen. Hiilen toimiessa katalyyttinä, rikkivety erottuu rikiksi sekä vedeksi, kun prosessiin syötetään happea. Reaktion nopeuttamiseksi hiili voidaan kyllästä kaliumjodidilla tai rikkihapolla. Reaktio tapahtuu parhaiten 7 – 8 barin paineessa ja lämpötilan ollessa 50 – 70 °C. Rikkiä sisältävä hiili voidaan joko regeneroida tai vaihtaa uuteen, kun se on tullut kylläiseksi.

Kyllästetyn aktiivihiiilen käyttö on yleinen tapa erotella rikkivety ennen kuin biokaasu jalostetaan, poistamalla hiilidioksidi biokaasusta, esimerkiksi paineenvaihteluadsorptiolla. (Hagen 2001, 51. Persson 2003, 8. Persson, Wellinger 2006, 20)

4.1.3 Siloksaanit

Siloksaanit ovat suuria, mutta kuitenkin haihtuvia, orgaanista piitä sisältäviä yhdisteitä. Poltettaessa siloksaanit hapettuvat piidioksisidiksi. (Hagen 2001, 59)

Siloksaaneja syntyy yhdyskuntajätteestä. Suunniteltu laitos ei käytä raaka-aineena yhdyskuntajätettä vaan puhtaita, neutseellisiä raaka-aineita, joten siloksaaneja ei synny esimerkkilaitoksen prosessissa.

Siloksaanit on poistettava biokaasusta ennen kuin biokaasua käytetään sähkön tuotannossa, CHP-laitoksessa tai polttoaineena moottorissa.

Siloksaanit ovat hyvin haitallisia moottoreille ja turbiineilla palamistapahtumassa syntyvien piidioksidien (SiO_2) takia. Piidioksidi kertyy karkeiksi pinnoiksi kaasumoottoreiden sytytystulppiin, mänttiin ja sylinterin renkaisiin. Kerrostumat voivat irrota ja sekoittua öljyyn, mikä taas aiheuttaa käymisongelmia moottoreissa. Mikro-turbiinit voivat myös vaurioitua siloksaanien vaikutuksesta.

Moottoriin kertynyt piidioksidi voi alkaa hehkua moottorissa ja aiheuttaa kaasun enenaikaisen syttymisen. Tämä aiheuttaa moottorissa nakutusta, joka vahingoittaa mäntää ja voi johtaa jopa männänkannen halkeamiseen. Nakutus voidaan minimoida säätämällä moottoria. Haittapuolena moottorin säätöön on kuitenkin moottorin tehon huomattava lasku. Jo noin 15 mg/Nm^3 siloksaaneja riittää aiheuttamaan muutoksia kaasumoottorin käynnissä, huoltoväleissä ja öljynvaihtoväleissä. (Haagen 2003, 59. Latvala 2009, 42)

Siloksaanit voidaan poistaa biokaasusta esimerkiksi vesipesurilla. Vesipesuri on kuitenkin kallis ratkaisu pelkästään siloksaanien poistoon, eikä siksi ole yleistynyt Suomessa. Siloksaanit voidaan poistaa myös adsorptiolla aktiivihieleen, aktivoituun alumiinoksidiin tai silikageeliin. Koska muitakin epäpuhtauksia, kuten vesihöyry, poistetaan adsorptiolla tulisi nämä suorittaa ennen siloksaanien poistoa. Tällä järjestyksellä saavutetaan tehokkaampi prosessi ja voidaan maksimoida adsorptioprosessi siloksaanien poistossa.

Yksinkertainen jäähdytyskin voi olla riittävä siloksaanien poistoon, mutta näin saavutettu biokaasun puhtaus on kuitenkin huomattavasti alhaisempi kuin adsorptiolla saavutettu.

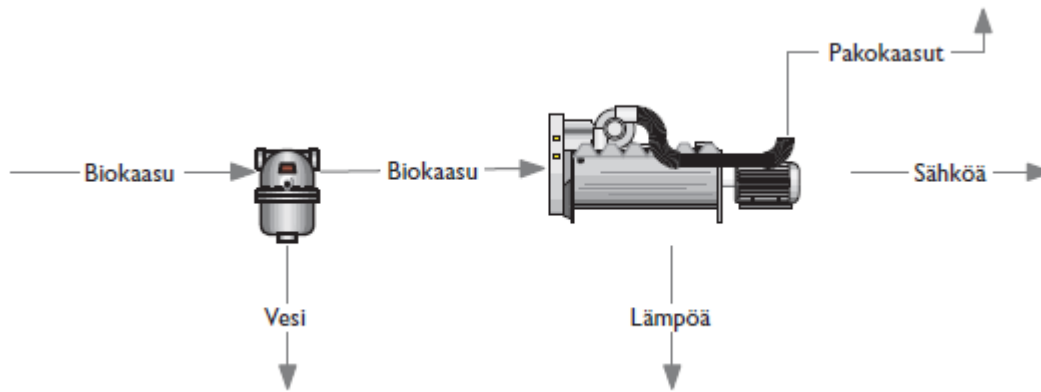
Liikennekäyttöön jalostetun kaasun käytössä ei ole CHP-laitoksien siloksaaniongelmia, koska liikennekäyttöön jalostettavan biokaasun jalostustekniikat, etenkin vesipesu, poistavat muiden epäpuhtauksien mukana tehokkaasti myös siloksaaneja. (Deublein 2008, 355. Latvala 2009, 42)

4.2 Sähkön- ja lämmöntuotanto, CHP

Biokaasua voidaan käyttää joko tuottamaan vain lämpöä, tai sähkön- ja lämmöntuotantoon. Sähköntuotannon sivutuotteena syntyy myös lämpöä, joka on hyvä ottaa hyötykäyttöön kokonaishyötysuhteen kasvattamiseksi. Energiantuotantolaitoksia jotka tuottavat yhdistetysti sähköä ja lämpöenergiaa kutsutaan CHP-laitoksiksi. (Deublein, Steinhauser 2008, 361)

CHP-yksiköt ovat erittäin yleisiä biokaasulaitoksilla koska sähköntuotannon sivussa syntyy suuri määrä lämpöenergiaa. Sivutuotteena syntyvä lämpöenergia yleensä hyödynnetään, jolloin laitoksen kokonaishyötysuhteeksi voi nousta jopa 75 – 90 %. Korkea hyötysuhde tarkoittaa, että vain pieni osa 10 – 25 % biokaasussa olevasta energiasta menee hukkaan. Sähköntuotannon osuus kokonaishyötysuhteesta on kuitenkin maksimissaan vain 45 %, joka on alhainen.

Biokaasulla toimivat CHP-laitokset voivat toimia joko kaasumoottoreilla, dieselmoottoreilla, mikroturbiineilla, polttokennoilla tai isommilla laitoksilla kaasuturbiineilla. Suurin osa biokaasulla nykyään toimivista CHP-yksiköistä toimii kuitenkin joko ottomoottoritekniikkaa hyödyntävällä kaasumoottorilla tai dieselmoottorin tekniikkaa hyödyntävällä kaksoispolttoainemoottorilla. (Deublein, Steinhauser 2008, 367. Vartiainen 2002, 17)



Kuva 7. Sähkön ja lämmönyhteistuotanto biokaasusta.

4.2.1 Kaasumoottorit

Kaasumoottori on polttomoottori, jossa käytetään kaasumaista polttoainetta. Nykyajan 4-tahti kaasumoottorit on suunniteltu alkuperäisesti maakaasulle, joten ne soveltuvat hyvin biokaasulle ja sen erityisominaisuuksille.

Sähköntuotannon hyötysuhde ei ylitä kaasumoottorilla 35 – 45 prosenttia. Pelkän sähköntuotannon hyötysuhteeksi 35 – 45% on korkea mutta kokonaishyötysuhteeksi se on hyvin alhainen siksi voimalaitokset ovat yleensä CHP-laitoksia, jotta hyötysuhteet saadaan 75 – 90% tasolle.

Voimaloiden koko vaihtelee muutamasta kymmenestä kilowatista yli sataan megawattiin. Voimalat ovat yleensä kuitenkin pieniä, lähes 1 megawatin yksiköitä tai laitoksia. Yleisimpiä käyttökohteita on laivoissa, taajamalinja-autoissa ja sähköntuotannossa. (Deublein 2008, 367. Motiva)

Polttomoottorit jaetaan tyyppillisesti otto- ja dieselmootoreihin. Ottomoottorissa polttoilma ja kaasu sekoitetaan ennen syöttöä sylinteriin. Mäntä puristaa sylinterissä polttoaineseosta. Dieselmoottorissa sylinteriin syötetään aluksi vain polttoilma ja puristuksen loppuvaiheessa kaasu. Mäntä siis puristaa vain ilmaa.

Polttomoottorin ominaispiirteenä on polttoaineen palaminen itse koneessa eli sylinterissä. Palamiskaasut muuttavat energian mekaaniseksi, liikuttamalla mäntäkiertokanki-kampiakseli –mekanismia.

Kaasumootorit voivat toimia joko kipinä- tai puristussytytyksellä. Dieselmoottoreiksi tai kaksoispolttoainemoottoreiksi kutsutaan moottoreita, jotka toimivat puristussytytyksellä.

Kipinäsytytysmoottorit voivat toimia joko stoikiometrisellä seoksella tai laihalla seoksella.

Laajan käytettävissä olevan polttoainevalikoiman, lyhyen rakennusajan ja korkean sähköntuotantohyötysuhteen takia kaasumoottori on hyvin yleinen ratkaisu. Moottorivoimala voidaan myös käynnistää nopeasti, mikä on erityisesti varavoiman käytössä hyvin tärkeää. Muita etuja ovat kipinäsytytteisten laihaseosmoottoreiden alhaiset savukaasupäästöt sekä riippumattomuus nestemäisestä sytytyspolttonesteestä, joka myös laskee laiteinvestointia sekä käyttökustannuksia.

Moottorien suurimmat kokonaishyötysuhteet:

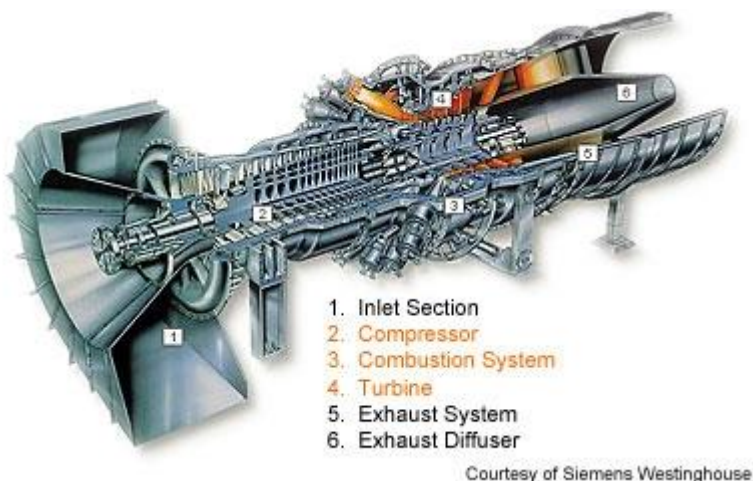
- kaksoispolttomoottori 41 – 48 %
- dieselkaasumoottori 45 – 47 %
- ottomoottori: stoikiometrinen 35 – 37 %
- ottomoottori: laihaseos 42 – 45 %

Voimalaitoksen koko sekä moottorin käyntinopeus vaikuttavat moottorin hyötysuhteeseen. Pienillä nopeakäyntisillä moottoreilla sähköhyötysuhde on usein vain runsaat 30 % kun taas hitaasti käyvillä suurilla kaksitahti-dieselmoottoreilla sähköhyötysuhde on noin 50 %. CHP-kaasumoottorilaitosten kokonaishyötysuhde on 85 – 90 %. (Motiva)

4.2.2 Kaasuturbiinit

1930-luvulla lentokonemoottoriksi kehitetty kaasuturbiini on nykyisin eniten rakennettu sähköntuotantolaitostyyppi. Ensimmäiset sähköntuotantoon tarkoitetut kaasuturbiinit rakennettiin jo 1950-luvulla. Nykyisin maa- tai biokaasulla toimivat kaasuturbiinilaitokset ovat monimutkaisia laitteita, mutta ne pitävät sisällään kolme pääaluetta.

- Kompressor, joka imee ilmaa moottoriin, paineistaa sen ja sitten syöttää sen polttokammioon suurella nopeudella.
- Polttokammio, rengasmaisen polttoaineen syöttöjärjestelmä, joka syöttää tasisella virralla polttoainetta palokammioon. Palokammiossa polttoaine ja paineistettu ilma sekoittuvat. Kaasuseos poltetaan noin 1250 celsiusasteessa. Palaminen synnyttää hyvin kuumaa, korkeapaineista kaasua, joka syötetään turbiiniin ja laajenee siellä.
- Turbiini. Palamiskaasut laajenevat turbiiniin ja pyörittävät turbiinin siipiä. Turbiini ja kompressor ovat samalla akselilla, joten siivet suorittavat kahta tehtävää. Siivet tuottavat kompressorille sen vaatiman tehon, jotta kompressor voi imeä lisää paineistettua ilmaa polttokammioon ja siivet myös pyörittävät sähkögeneraattoria, joka tuottaa sähköä.

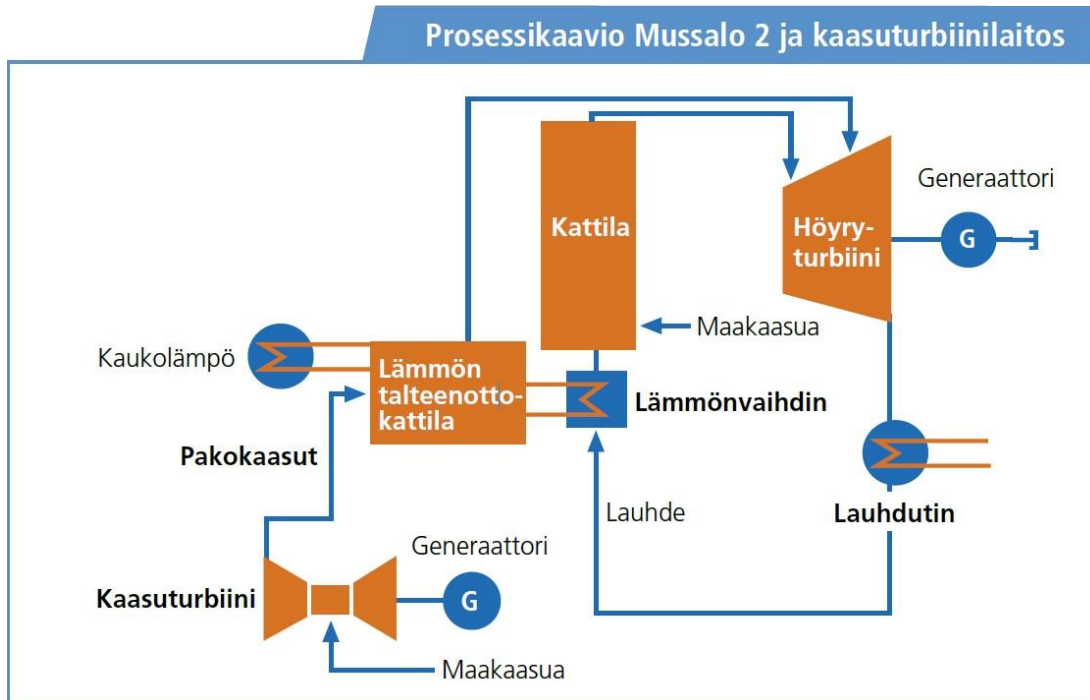


Kuva 8. Kaasuturbiinin pääkomponentit

Kaasuturbiinilaitokset voivat olla hyvin erikokoisia. Suurimmat kaasuturbiinilaitokset voivat olla jopa 250 megawatin voimalaitoksia, kun taas pienimmät alle megawa-

tin kokoisia mikroturbiineita. Kaasuturbiinit ovat suhteellisen edullisia omainvestoinneiltaan. Ne ovat myös luotettavuudeltaan ja käytettävyydeltään korkeatasoisia. Kaasuturbiinien sähköntuotannon hyötysuhde on noin 20 – 37 %. Kaasuturbiinin hyötysuhdetta voidaan kasvattaa nostamalla turbiinin menevän kaasun lämpötila 1500 celsiusasteeseen. Tämä kuitenkin edellyttää paremmin lämpöä kestäviä materiaaleja. Lämpötilan nostamisen haittapuolena on jo entisestään korkeiden NO_x-päästöjen määrän lisääntyminen. Kaasuturbiinin savukaasut ovat 500 – 600 celsiusastetta, ja happipitoisuus voi olla 12 – 15 %. Kuumat savukaasut mahdollistavat höyryturbiinin lisäämisen kaasuturbiinin jälkeen, jolloin sähköntuotannon hyötysuhde voidaan nostaa jopa 58 prosenttiin. Kaasuturbiinin ja höyryturbiinin yhdistelmää kutsutaan kombivoimalaksi.

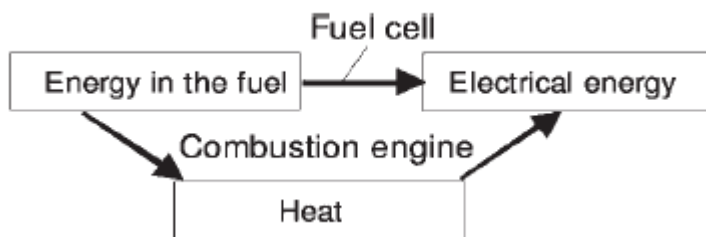
Kokonaishyötysuhdetta voidaan kasvattaa ottamalla hukkalämpöenergia talteen ja johtamalla se esimerkiksi kaukolämpöverkkoon. CHP-voimalaitoksen kokonaishyötysuhde voi olla jopa 80 %. (Motiva. U.S DOE. Wärtsilä. Huhtinen, Korhonen 2008, 206, 208-209)



Kuva 9. Esimerkki kombivoimalasta. Mussalo 2, Pohjolan Voima

4.2.3 Polttokenno

Polttokennot ovat huomattavasti harvinaisempia ratkaisuja biokaasulaitoksilla niiden korkeiden hankinta- ja ylläpitokustannuksien, sekä lyhyen käyttöiän takia. Polttokennojen tapa tuottaa sähköenergiaa poikkeaa edellä mainituista sähköntuotantotavoista huomattavasti. Polttokennoissa polttoaineessa oleva energia muunnetaan suoraan sähköenergiaksi ja välivaihe, lämpöenergian siirtäminen mekaaniseksi, akselienergiaksi, voidaan jättää pois. Polttokennot toimivat hieman samaan tyyliin pattereiden ja akkujen kanssa ja polttokennojen muodostama sähkövirta onkin tasavirtaa. Tasavirran muuntamiseksi verkkoon sopivaksi virraksi tarvitaan väliin invertteri.



Kuva 10. Polttomoottorin ja polttokennon energianmuuntoero.

Polttokennossa vedyn ja hapen kemiallinen energia muunnetaan suoraan sähköenergiaksi, lämmöksi ja reaktiossa syntyväksi vedeksi, joten sen päästöt ovat alhaiset. (Deublein, Steinhauser 2008, 323)

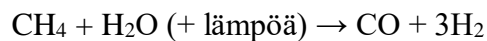
Polttokennolaitosten koko voi vaihdella huomattavasti, hyvin pienistä muutaman kilowatin tuotantoyksiköistä aina usean megawatin laitoksiin.

Polttokennojen hyötysuhde on myös hyvä noin 40 – 60 %. Polttokennojen hyötysuhde säilyy myös lähes samana osatehoilla. Tästä johtuen polttokennojen sähköntuotantoa voidaan säädellä sähkönkulutuksen tarpeen mukaan. Polttokennolaitoksien hyötysuhde saadaan nostettua jopa 90 prosenttiin kun niihin liitetään lämmöntalteenotto ja prosessissa muodostuva lämpö käytetään kaukolämpönä tai hyödynnetään muulla tavalla.

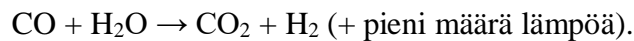
Biokaasun käyttö polttokennossa edellyttää biokaasun tarkkaa puhdistamista. Biokaasu tulee puhdistaa vähintään kaasunjakeluverkostoon sopivaksi. Erityisesti CO, H₂S, vesi ja pöly tai muut partikkelit tulee poistaa ennen kaasun polttokennoon syöttämistä. Biokaasun puhdistamisen lisäksi biokaasu täytyy muuttaa vedyksi (H₂) ennen polttokennoon syöttämistä.

Yleisimmät tavat metaanin muuntamiseksi vedyksi.

Vesihöyry – metaani uudelleenmuodostusreaktio

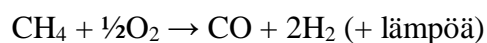


Vedyn lisäksi muodostuvasta hiilimonoksidista (CO) saadaan lisää vetyä, kun katalyytin avulla vesihöyry ja hiilimonoksidi reagoivat keskenään seuraavasti.

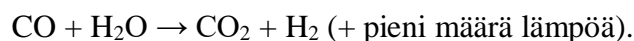


Tämän jälkeen kaasusta poistetaan epäpuhtaudet esimerkiksi paineenvaihteluadsorptiolla, jonka jälkeen kaasua on käytännössä puhdasta vetyä.

Metaanin osittainen hapetusreaktio



Kuten edellisessäkin reaktiossa vedyn lisäksi muodostuvasta hiilimonoksidista (CO) saadaan lisää vetyä, kun katalyytin avulla vesihöyry ja hiilimonoksidi reagoivat keskenään seuraavasti.



(Deublein, Steinhauser 2008, 368, 373-374. U.S DOE)

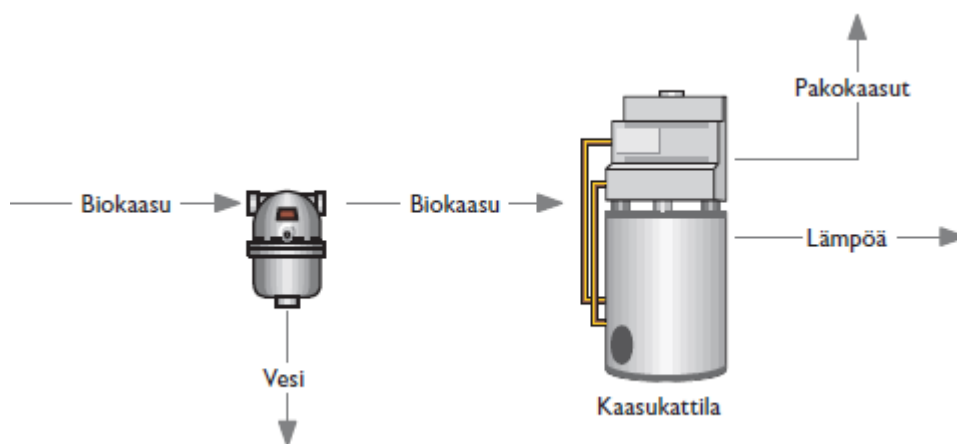
4.3 Lämmöntuotanto

Biokaasunjalostus pelkkään lämmöntuotantoon on yksinkertainen ja investoinneiltaan hyvin edullinen ratkaisu. Yksinkertaisen, vähän valvontaa ja huoltoa vaativan laitteiston takia pelkkä lämmöntuotanto biokaasusta on erityisen yleinen ratkaisu maatilalaitoksilla.

Biokaasun käyttö pelkkään lämmöntuotantoon ei vaadi kovinkaan korkeaa biokaasun jalostusta. Biokaasusta käytännössä tarvitsee vain poistaa vesi. Veden erotuksen jälkeen kaasu ohjataan alhaisella paineella kattilan kaasupolttimelle. Kattilassa palamisreaktio lämmittää esimerkiksi laitoksen kiertovesijärjestelmää. Biokaasulla lämmöntuotannon hyötysuhde voi olla jopa 95% joka on erittäin hyvä. Vain 5% kaasun sisällyttämästä energiasta jää hyödyntämättä.

Biokaasun ja maakaasun palamisreaktion erona on käytännössä vain biokaasun suurempi hiilidioksidipitoisuus ja alhaisempi energiasisältö. Biokaasun sisältäessä rikkivetyä, palamisessa muodostuu myös rikkidioksidia.

Biokaasu, josta on vesi jo poistettu, voidaan myös varastoida säiliöihin tai myydä mahdollisille asiakkaille. Ostettu biokaasu voidaan joko edelleen jalostaa tai käyttää sellaisenaan lämmöntuotantoon jossain toisessa käyttökohteessa. (Latvala 2009, 45)



Kuva 11. Biokaasunjalostus lämmöntuotantoon.

4.4 Liikennepolttoaine

Suomessa biokaasun jalostus liikennepolttoaineeksi ei ole kovin yleistä, toisin kuin Ruotsissa, joka on biokaasun liikennepolttoaineeksi jalostamisen edelläkävijämaa.

Koska biokaasun käyttö liikennepolttoaineena vaatii biokaasun tarkkaa puhdistamista, se on myös huomattavan kallista. Biokaasun metaanipitoisuuden on oltava vähintään 95 %, mutta mielellään korkeampi. Biokaasu täytyy myös paineistaa 4 barin paineeseen, kun biokaasua syötetään kaasunjakeluverkkoon. Liikennepolttoaineena käytettynä biokaasu täytyy paineistaa vielä korkeampaan 200 – 250 baarin paineeseen. Näin korkean paineen saavuttaminen vaatii kalliit laitteet ja se nostaa laitoksen investointikuluja. Biokaasun ollessa yli 95 % metaania, sitä voidaan käyttää kuten maakaasua ja voidaan myös syöttää maakaasunjakeluverkkoon. (Gasum. Persson, Wellinger 2006, 11.)

Biokaasua käytettäessä liikennepolttoaineena, siitä täytyy erityisesti poistaa vesi, rikkivety ja pienhiukkaset. Vesi ja rikkivety voi aiheuttaa polttoainetankeissa ja moottoreissa korroosiota ja pienhiukkaset aiheuttavat moottoreissa tukoksia. Tukokset moottoreissa nostavat moottoreiden huoltokustannuksia ja kasvattavat moottoreiden huoltokertoja ja kuluja.

Biokaasun liikennepolttoaineeksi jalostukseen on eri vaihtoehtoja. Yleisimpiä jalostusmenetelmiä ovat painenvaihteluadsorbtiio, vesipesu regeneroinnilla, vesipesu ilman regenerointia, sekä adsorbtiio kemiallisen reaktion kanssa.

Plant	CH ₄ (vol-%)	O ₂ (vol-%)	H ₂ S (ppm)	Dew point (°C)
PSA				
600 m _n ³ /h, operation 2000-2002	98		< 5	-80 low pressure -30 high pressure
350 m _n ³ /h, operation 2002	96-99	0		-75 till -80 low pressure
Water wash without regeneration				
300 m _n ³ /h, operation 2002	96-98	~ 0		-50 till -90 low pressure
150 m _n ³ /h, operation 2000	96-98			-70 low pressure
80 m _n ³ /h, operation 1999	97	0,7		
Water wash with regeneration				
1400 m _n ³ /h, operation 2002	97		3	-80 low pressure
75 m _n ³ /h, operation 1998	97			-75 low pressure
Selexol				
250 m _n ³ /h, operation 2000	~ 97		< 10	-25 low pressure*
Absorption with chemical reaction				
300 m _n ³ /h, operation 2002	98		< 10	-68 low pressure

*Lower demands of the humidity level of the gas since it is distributed in the gas grid and not compressed.

Kuva 12. Eri tavoin jalostetun kaasun laatu.

4.4.1 Biokaasun hajustaminen

Liikennepolttoaineeksi jalostettu biokaasu sekä jakeluverkostoon jaettavaksi jalostettu biokaasu hajustetaan turvallisuussyistä. Kaasuun lisättävän hajusteen määrä on varsin pieni, mutta hajuste sisältää rikkiä. Hajusteen sisältämä rikki täytyy ottaa huomioon, jotta biokaasu täyttää kaikki liikennepolttoaineille asetetut standardit ja säädökset. (Persson 2003, 20)

5 UUSIUTUVAN ENERGIAN TUET

5.1 Energiatuki

Suomessa työ- ja elinkeinoministeriö voi myöntää yrityksille, kunnille ja muille yhteisöille energiataukea. Energiataukea voidaan myöntää hankkeisiin, jotka ovat ilmastoto- ja ympäristömyönteisiä investointi- tai selvityshankkeita, jotka edistävät uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä, energiasäästöä tai energiatuotannon tai käytön tehostamista. Energiataukea voidaan myös myöntää hankkeisiin tai selvityksiin, jotka vähentävät energiantuotannon tai käytön ympäristöhaittoja.

Energiatuen myöntämiseen sovelletaan yleislakina valtionavustuslakia (688/2001). Valtioneuvoston asetuksessa (1063/2012) säädetään tarkemmin tuen talousarvion mukaisesta myöntämisestä, maksamisesta ja käytöstä.

Investointikustannuksiltaan yli 5 miljoonaa euroa maksavien, sekä uutta tekniikkaa sisältävien hankkeiden tukipäätökset käsitellään työ- ja elinkeinoministeriön energiaosastolla. Muissa tapauksissa paikallinen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus käsittelee tukipäätökset.

Tuen tavoitteena on vaikuttaa investoinnin käynnistymiseen parantamalla sen taloudellista kannattavuutta, edistää uuden teknologian käyttöönottoa, markkinoille saat-

tamista ja pienentämällä uusien teknologioiden käyttöönottoon liittyviä taloudellisia riskejä. (Työ- ja elinkeinoministeriön www-sivut)

5.1.1 Tuen enimmäismäärät

Energiatuen osuus hyväksyttävistä kustannuksista voi olla energiatuen myöntämisen yleisistä ehdoista annetun valtioneuvoston asetuksen (1063/2012) mukaan enintään 30 % uusiutuviin energialähteisiin tai energiatehokkuuteen liittyvillä investoinneilla, tavanomaisilla teknologioilla.

Vuonna 2016 työ- ja elinkeinoministeriö linjasi biokaasuhankkeille tukiprosentiksi 20 – 30 %. Tukea ei kuitenkaan myönnetä lämpökeskuksille, joiden lämpöteho on yli 10 MW. Tukea ei myöskään myönnetä lämmöntuotantohankkeille, jos hankkeen seurauksena siirrytään kaukolämmöstä erilliseen lämmöntuotantoon. Lämpökeskuksilta vaaditaan vähintään 50 % uudistuvan energian osuutta polttoainekäytöstä.

Biokaasuhankkeiden osalta tuetaan vain hankkeita, jotka eivät täytä uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta (1396/2010) annetussa laissa 10 § säädettyjä syöttötariffijärjestelmään hyväksymisen edellytyksiä. (Työ- ja elinkeinoministeriön www-sivut)

5.2 Uusiutuvan energian syöttötariffi

Suomessa uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta annetussa laissa (1396/2010) säädetään syöttötariffijärjestelmästä. Uusiutuvan energian syöttötariffiin voidaan hyväksyä säädetyt edellytykset täyttävät tuulivoimalaitokset, biokaasuvoimalat, metsähakevoimalat ja puupolttoainevoimalat. Järjestelmä otettiin käyttöön Suomessa 2011.

Sähköntuottajille, joiden voimalaitos on hyväksytty syöttötariffijärjestelmään, maksetaan tavoitehinnan ja kolmen kuukauden sähkön markkinahinnan erotuksen mukaista tukea tuotetun sähkön määrän mukaisesti. Tavoitehinta tuotannolle on 83,5 €/MWh. Voimalaitos voi saada tukea enintään 12 vuoden ajan. Syöttötariffia maksetaan kolmen kuukauden tariffijakson aikana tukeen oikeuttavasta sähköntuotannosta.

Energiavirasto tekee päätöksen maksettavan syöttötariffin suuruudesta, ja Energiavirasto myös maksaa syöttötariffin sähköntuottajalle.

5.2.1 Lämpöpremio

Biokaasuvoimaloille, jotka tuottavat sähköntuotannon yhteydessä lämpöä hyötykäyttöön, voidaan lisäksi maksaa, vakiona pysyvää lämpöpreemiota. Lämpöpremio on 50 euroa/MWh biokaasuvoimalassa tuotetusta sähköstä. Lämpöpreemion maksaminen edellyttää voimalaitokselta vähintään 50 % hyötysuhdetta jos generaattoreiden yhteenlaskettu nimellisteho on alle 1 MVA ja 75 % jos generaattoreiden nimellisteho on enemmän. (Motiva, TEM, Energiavirasto)

5.2.2 Syöttötariffin vaatimukset.

Suomen laissa (1396/2010) säädetään pykälässä 10 biokaasuvoimalan hyväksymisen erityiset edellytykset seuraavasti.

”Biokaasuvoimala voidaan hyväksyä syöttötariffijärjestelmään vain, jos:

1. se ei ole saanut valtion tukea;
2. se on uusi, eikä se sisällä käytettyjä osia;
3. sen generaattoreiden yhteenlaskettu nimellisteho on vähintään 100 kilovoltiampeeria; sekä
4. se käyttää polttoaineena sellaisessa biokaasulaitoksessa syntyvää biokaasua, joka ei ole saanut valtiontukea, joka on uusi ja joka ei sisällä käytettyjä osia

Edellä 1 momentissa tarkoitettu biokaasuvoimala voidaan hyväksyä syöttötariffijärjestelmään lämpöpremiolla korotettuun syöttötariffiin oikeutettuna, jos;

1. se tuottaa sähkön tuotannon yhteydessä lämpöä hyötykäyttöön; sekä
2. sen kokonaishyötysuhde on vähintään 50 prosenttia tai, jos sen generaattoreiden yhteenlaskettu nimellistehon on vähintään 1 megavoltiampeeri, vähintään 75 prosenttia ”(Finlex)

6 LASKENTA

Laskennan perustana on käytetty minulle toimitettuja tietoja, ja laitosvalmistajilta ja laitostoimittajilta saatuja laitteiston hintatietoja, sekä liikennekaasun hintatietoja Gasumilta. Laitoksen CHP-yksiköksi oli päädytty kaasumoottori- + generaattoriratkaisuun sen helpon ja edullisen konttiratkaisun takia(liite).

Verotus on laskettu 20 % mukaan

6.1 Sähkön- ja lämmöntuotanto

Biokaasulaitoksen sähkön- ja lämmöntuotantoon oli kahta erilaista valtion tukemaa ratkaisua. Toisessa ratkaisussa valtio tukee laitoksen investointikuluja maksimissaan 30 % tämän tyyppisessä laitoksessa. Toisessa ratkaisussa tuotetusta sähköstä ja lämmöstä maksetaan vähintään syöttötariffin mukainen hinta ja lämpöpreemio, mikäli laitos myy sähköntuotannon sivutuotteena syntyvän lämmön kaukolämmöksi. Markkinahinta voi toki olla korkeampikin kuin sähkötariffin tai lämpöpreemion mukainen hinta, jolloin maksetaan sähkön- ja lämmöntuottajille markkinahinta.

Ratkaisujen laitokset ovat identtiset ja ainoa ero ratkaisuissa on valtion tuki, joten on oletettavaa ratkaisujen olevan kannattavuuksiltaan lähellä toisiaan.

6.1.1 Valtion investointiavustus

Laitoksen suurin mahdollinen valtion investointiavustus on 20 – 30 % laitoksen rakennuttamiskustannuksista. Mukaan luetaan myös laitoksen koekäyttökustannukset. Laitos on suunniteltu täyttämään kaikki valtion asettamat vaatimukset, joten investointiavustus on täydet 30 %.

Laitoksen laskettu investointikustannus on 4,3 miljoonaa euroa, ja avustusprosentin ollessa 30 %, omarahoitusosuus on 3 020 000 euroa. Omapääoman ollessa 910 000 euroa jää lainaosuudeksi 2 100 000 euroa.

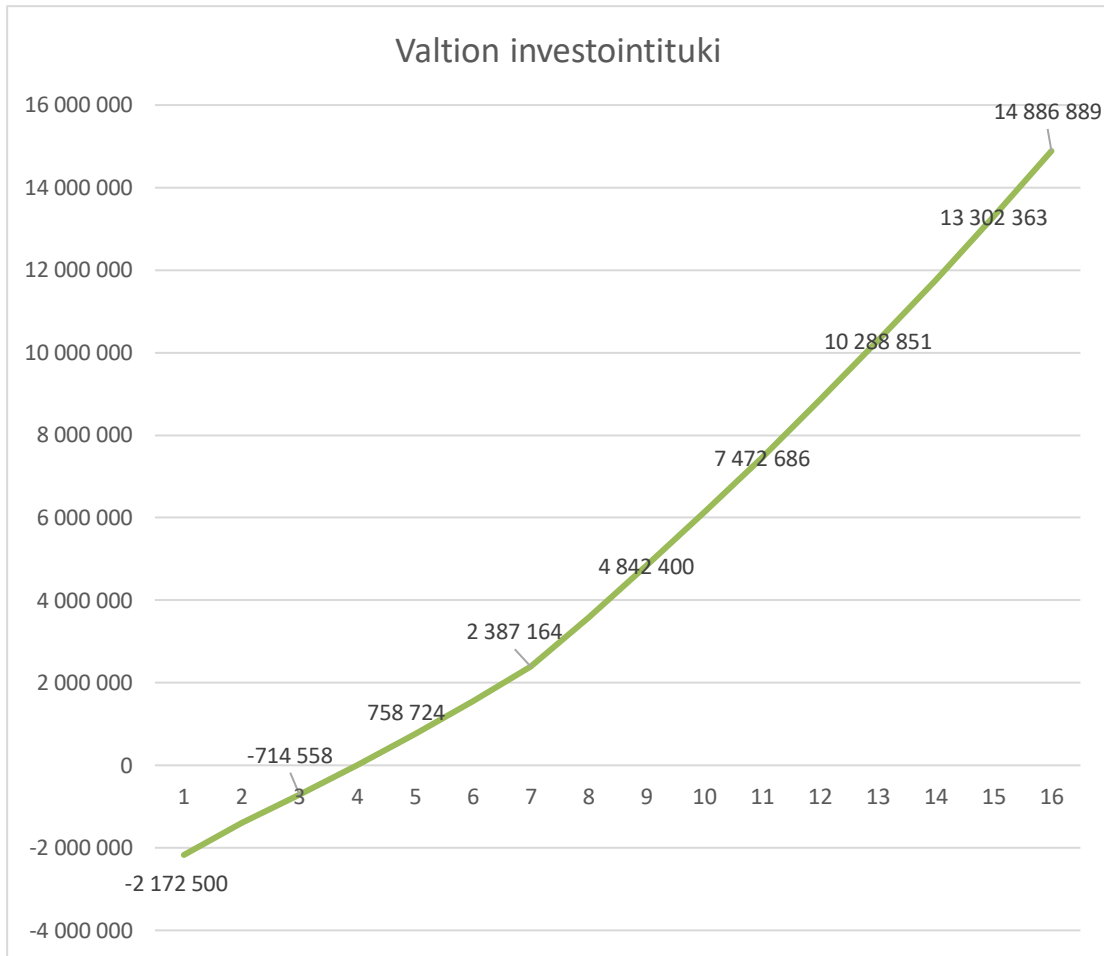
Annuiteettilainan korko on 5 % ja takaisinmaksuaika 6 vuotta (Ensimmäinen vuosi on lyhennysvapaa). Ensimmäinen vuosi on rakennusvuosi ja 2. – 7. vuosi ovat lainan takaisinmaksuvuodet. Lainan vuosimaksu on tällöin 413 737 euroa.

Ensimmäisenä vuotena ei ole tuloja ja menot ovat vain henkilöstökustannukset ja investointilainan sovitut korkokustannukset.

Lainaa aletaan maksaa takaisin toisena vuotena ja kiinteät juoksevat kulut alkavat juosta. Tuloja laitokseen alkaa virrata energian myynnistä ja raaka-aineen vastaanotosta.

Kolmantena vuotena laitoksen tuottaman kiinteän- ja nestemäisen lannoitteen käsittelykulut tulee ottaa huomioon.

Kahdeksantena vuotena laina on maksettu takaisin ja lainanlyhennys loppuu. Tästä eteenpäin laskut rullaavat tasaisesti oletettujen muuttujien vaihtuessa. Muuttujia ovat esimerkiksi energian hinnan nousu, raaka-aineiden hinnan nousu, palkkakustannusten nousu sekä yleiskustannusindeksi.



Kuvaajasta nähdään laitoksen tuotto ja takaisinmaksuaika. Laitos on maksanut itsensä takaisin hieman yli neljässä vuodessa.

6.1.2 Syöttötariffi ja lämpöpreemio

Kun voimalaitos ei hae valtion investointiavustusta sen on mahdollista liittyä valtion syöttötariffijärjestelmään ja lämpöpreemioon. Biokaasulaitoksien syöttötariffi on 83,5 €/MWh ja lämpöpreemio 50 €/MWh mikäli laitokselle asetetut vaatimukset täyttyvät.

Ilman valtion investointiavustusta lainattavan pääoman määrä kasvaa huomattavasti ja tekee laitoksen rahoittamisesta hankalampaa. Laitoksen investointikustannukset ovat 4 300 000 euroa ja oma pääoma on 910 000. Lainattavan pääoman määrä on 3 390 000 euroa kun valtio ei avusta laitoksen rakentamista. Laina ehtojen oletetaan olevan samat, jolloin lainan vuosimaksu on 667 889 euroa.

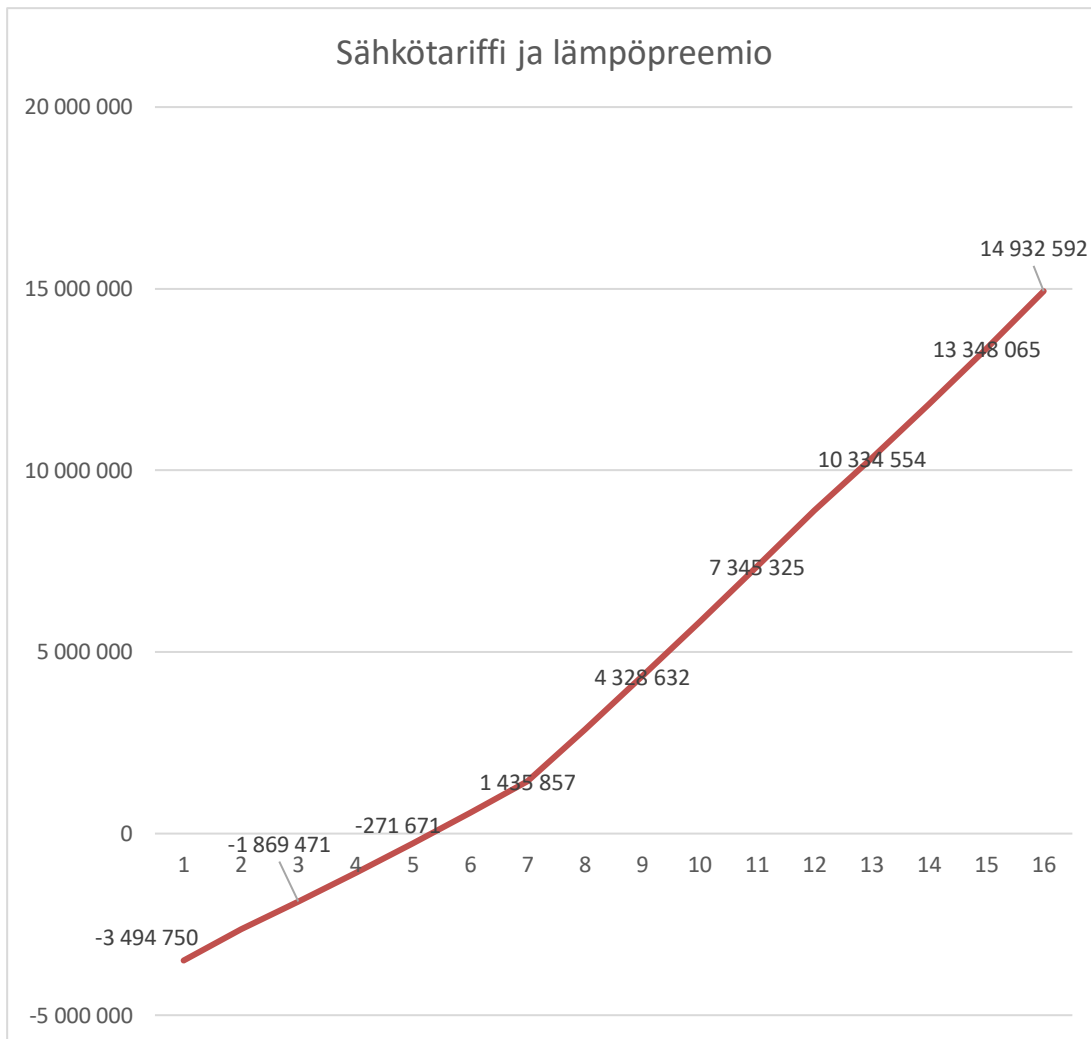
Ensimmäisenä vuotena ei ole tuloja ja menot ovat vain henkilöstökustannukset ja investointilainan sovitut korkokustannukset.

Toisena vuotena lainaa aletaan maksaa takaisin ja kiinteät kulut alkavat juosta. Tuloja laitokseen alkaa virrata energian myynnistä ja raaka-aineen vastaanotosta. Raaka-aineen vastaanotosta saadut tulot ovat samat edellisen esimerkin kanssa, mutta energian myynnistä saatavat tulot ovat huomattavasti korkeammat.

Kolmantena vuotena laitoksen tuottaman kiinteän- ja nestemäisen lannoitteen käsittelykulut tulee ottaa huomioon.

Kahdeksantena vuotena laina on maksettu takaisin ja lainanlyhennys loppuu. Tästä eteenpäin tulot ja menot pyörivät tasaisesti oletettujen muuttujien vaihtuessa, kunnes sähkötariffin ja lämpöpreemion takuuhinta loppuu. Muuttujat ovat samat edellisen esimerkin kanssa.

Kahdentenatoista vuotena sähkötariffin ja lämpöpreemion takuuhinnat loppuvat, koska laitokset ovat oikeutettuja niihin enintään 12 vuotta. Tällöin laitokselle maksetaan tuotetusta energiasta sama hinta edellisen esimerkin kanssa. Tästä eteenpäin laskut rullaavat tasaisesti oletettujen muuttujien vaihtuessa.



Kuvaajasta nähdään laitoksen suurempi velka ja hitaampi takaisinmaksuaika, hieman alle kuusi vuotta. Tämä laitusratkaisu on hieman kannattavampi vaihtoehto kuin valtioninvestointituki vaihtoehto, mutta ero laitosten välillä ei ole suuri.

6.2 Liikennekaasu

Liikennekaasun ollessa laitoksen päätuotteena, laitos poikkeaa huomattavasti edellisistä vaihtoehdoista. Tällöin laitoksen omasähkönkulutus myös nousee 10 prosentista 15 prosenttiin.

Liikennekaasua tuottaessa laitos on oikeutettu valtion investointitukeen. Laitoksen investointikustannusten noustua yli 5 miljoonan euron, laitoksen tukihakemus käsitellään ELY-keskuksen sijaan energianministeriössä.

Laitoksen tuottaessa liikennekaasua sen ei tarvitse tuottaa niin paljon sähköä ja lämpöä kuin edellisissä vaihtoehdoissa, koska pyritään tuottamaan vain omaenergiantarve ja loput biokaasusta jalostetaan liikennepolttoaineeksi. Tällöin CHP-yksikkö voi olla huomattavasti pienempi. Pienemmän CHP-yksikön hankintahinta on myös pienempi ja ylläpitokustannukset pienemmät. Vaikka laitoksen CHP-yksikkö on pienempi ja halvempi, laitoksen kokonaisinvestointikulut kasvavat.

Lisäksi laitokseen tarvitaan kaasun jalostusyksikkö, hajustusyksikkö ja paineistusyksikkö, jotta kaasu saadaan 200 – 250 barin paineeseen. Laitos tarvitsee lisäksi jakeluyksikön maksupäätteineen, jotta liikennebiokaasu voidaan myydä kuluttajille tai yrityksille. Lisääntyneiden laitteiden ylläpito on myös arvokkaampaa.

Ison CHP-laitoksen hinta on noin 250 000 euroa ja pienemmän, joka pystyy tuottamaan tarpeeksi sähköä laitoksen omiin tarpeisiin, noin 30 000 euroa.

Biokaasunjalostusyksikkö, jossa biokaasu puhdistetaan vastaamaan liikennepolttoaineen standardeja (kaasun metaani pitoisuuden on oltava vähintään 96 %) on kallis 576 300 euron hinnallaan.

Jalostusyksikössä biokaasun metaanipitoisuus nostetaan 68 %:sta 96 %:in ja muut haitalliset epäpuhtaudet myös poistetaan. Suunnitellussa, konttimallisessa, puhdistusyksikössä biokaasun puhdistusmetodi on vesipesu ilman regenerointia.

Jalostusyksikön lisäksi toinen keskeinen yksikkö on paineistusyksikkö. Paineistusyksikössä valmis liikennebiokaasu paineistetaan 200 – 250 barin paineeseen, jonka jälkeen se on valmis tankattavaksi ajoneuvoon. Kaasun paineistaminen korkeaan paineeseen on myös kohtuullisen kallista, ja laitoksen vaatiman (vähintään 176 Nm³/h) paineistusyksikön hinta on noin 300 000 euroa.

Turvallisuussyistä liikennebiokaasu myös hajustetaan. Kaasun hajustin maksaa 8 910 euroa. Kaasun laadun varmistamiseksi puhdistusyksikössä on myös kaasuanalysaattori. Kaasuanalysaattorin hinta on 7 490 euroa.

Kaasun jakelu tapahtuu hitaalla tankkausasemalla, koska laitoksen suunniteltiin jakavan liikennebiokaasua pääasiassa linja-autoille. Hitaan tankkausaseman hinta on noin 30 000 euroa. Hintaan kuuluu jakelija ja maksupäätte.

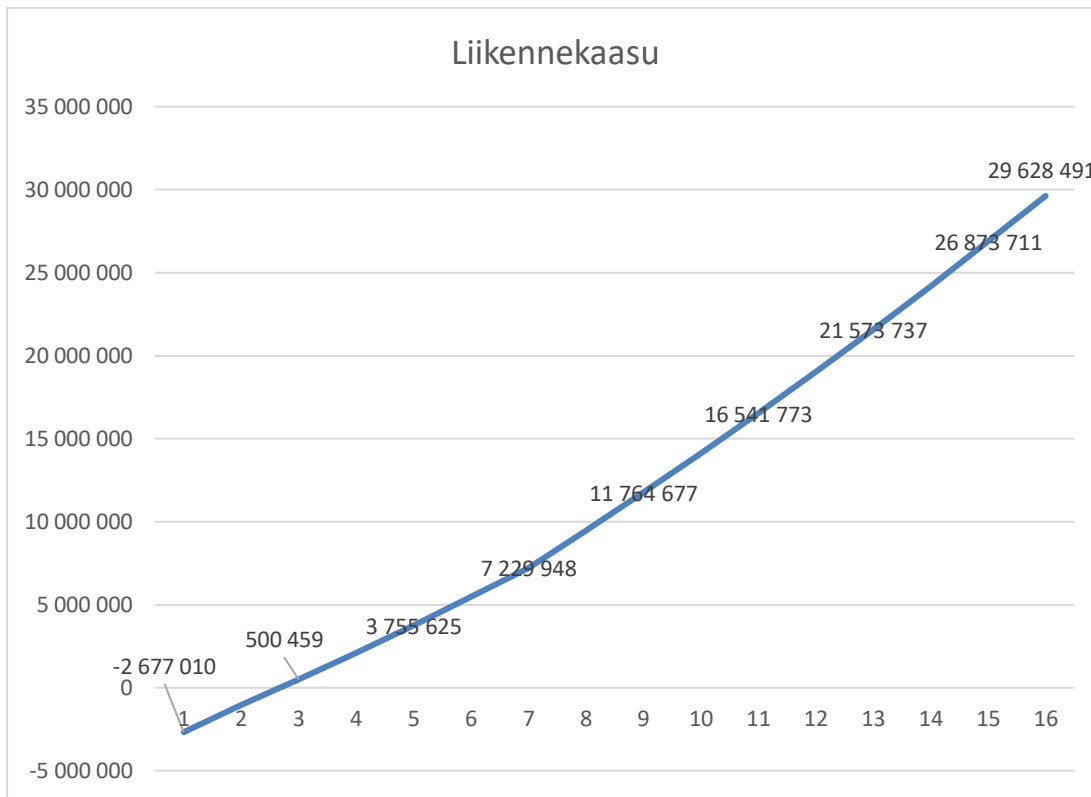
Yhteensä laitteiston investointikustannuksiksi nousee noin 5 003 150 euroa. Omapääoma on sama 910 000 euroa ja laina ehtojen oletetaan olevan samat. Lainalla rahoitettava pääoma on tässä tapauksessa toiseksi suurin verrattuna edellisiin. Lainaa joudutaan ottamaan omapääoman vähennyksen jälkeen 2 592 205 euroa. Kuuden vuoden lainan takaisinmaksulla vuosimaksu on 510 710 euroa

Ensimmäisenä vuotena ei ole tuloja ja menot ovat vain henkilöstökustannukset ja investointilainan sovitut korkokustannukset. Lainan suuruuden takia korkokustannukset ovat kuitenkin huomattavasti suuremmat kuin edellisissä tapauksissa.

Toisena vuotena laitos saa raaka-ainevastaanotosta saman verran tuloja kuin edellisissä esimerkeissä. Laitos tuottaa liikennekaasua, jonka oletetaan kaiken menevän linja-autojen käyttöön ja tuovan tuloja laitoksella. Liikennebiokaasun hinta on noin 1,45 €/kg ja laitos tuottaa vuodessa 1 111 051 kg liikennebiokaasua. Laitoksen käyttö- ja ylläpitokustannukset alkavat. Liikennekaasun hinnannousuksi on arvioitu 2 % vuodessa, joka vastaa hyvin bioliikennekaasun hinnan kehitystä viime vuosina.

Kolmantena vuotena laitoksen tuottama nestemäinen ja kiinteä lannoite täytyy käsitellä, ja se tuottaa laitokselle kuluja.

Kahdeksantena vuotena laitoksen investointilaina on maksettu takaisin. Tästä eteenpäin laitoksen ylläpitokulujen, muiden kiinteiden kulujen sekä tulojen ja menojen oletetaan muuttuvan tasaisesti odotusten mukaan.



Kuvaajasta voi havaita suuremman lainan tarpeen liikennekelpoista biokaasua tuotettaessa. Liikennebiokaasusta saatavan hinnan ansiosta laitos kuitenkin maksaa itsensä nopeasti takaisin ja tuottaakin selvästi eniten muihin verrattuna.

7 YHTEENVETO

Laitoksen selkeästi tuottavin ratkaisu on liikennebiokaasun tuottaminen. Sähkön- ja lämmön tuottaminen valtion eri tukimenetelmillä on pitkälläkin aikavälillä lähes yhtä kannattavaa. Valtion antaessa investointitukea laitoksen valmistaminen on huomattavasti helpompaa, koska tarvittavan lainan määrä laitoksen rakennuttamiseen on reilusti pienempi.

Tuotettaessa sähköä ja lämpöä tariffijärjestelmään, laitos ei ole ensimmäisenä kahtenatoista vuotena yhtä altis energian markkinahinnan vaihteluille. Laitoksen tulokseen vaikuttaa tuolloin vain tuotetun sähkö- ja lämpöenergian määrä. Tästä eteenpäin laitos on samassa asemassa kuin laitos, jolle valtio antoi investointitukea. Laitoksen rakennuttaminen vaatii kuitenkin enemmän omapääomaa tai rahoitusta kuin laitos, jonka rakentamista valtio on tukenut, joten siihen on vaikeampi saada rahoitusta.

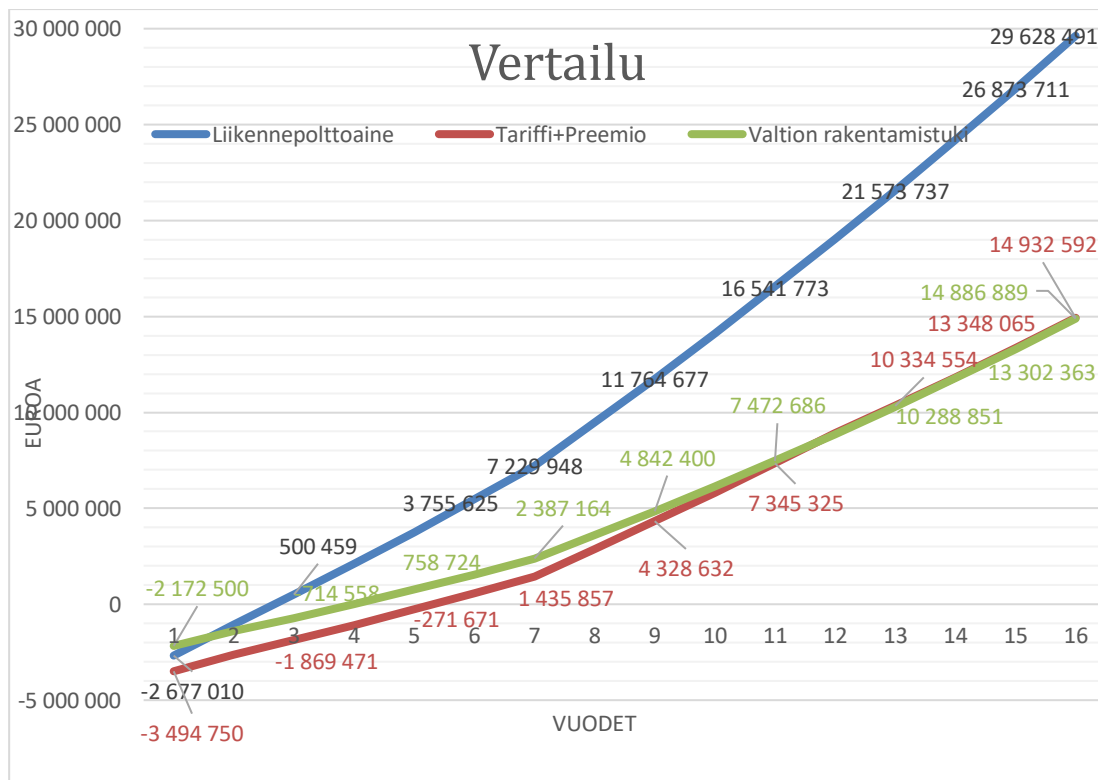
Liikennebiokaasua tuotettaessa laitos saa valtiolta tukea rakennuttamiseen, investointituen muodossa 30 % rakennuttamiskustannuksista. Valtion tukea ei voida anoa tuotetun energian myymiseen, koska Suomi ei ole Ruotsin tavoin ottanut liikennekaasua tariffijärjestelmäänsä. Laitoksen investointikulut ovat huomattavasti suuremmat, vaativamman laitteiston takia. Vertailtaessa laitoksien investointikuluja, liikennebiokaasua tuottavan laitoksen investointikulut ovat melkein miljoona euroa korkeammat kuin sähköä ja lämpöä tuottavassa vastaavassa laitoksessa. Valtion investointituki kuitenkin laskee liikennekaasutuottavan laitoksen rahoitettavan pääoman tarpeen vajaan 2,6 miljoonaan euroon, joka on vähemmän kuin tariffijärjestelmään tuottavan laitoksen rahoitettavan pääoman tarve.

Liikennekaasua tuotettaessa laitoksen tuotto on kuitenkin huomattavasti suurempi kuin tuotettaessa sähköä ja lämpöä. Vaikka liikennepolttoainelaitoksen investointikustannukset ovat suuret verrattuna CHP-laitoksiin se on silti kannattavin vaihtoehto, olettaen kaiken liikennebiokaasun menevän käyttöön.

Liikennekaasun hinta, vuonna 2016, on 1,45 euroa kilolta ja hinnan oletetaan nousevan noin 2 % vuodessa. Liikennekaasulla ei ole tällä hetkellä suurta kilpailua, ja jakeluverkosto on vielä suppea. Kaasunjakeluverkoston parantuessa ja uusien kaasun-

tuottajien lisääntyessä, myös kilpailu kasvaa, mikä voi vaikuttaa kaasun markkina-hintaan laskevasti.

Tällä hetkellä tuotetusta biokaasusta menee kuitenkin noin 30 % soih tupolttoon yli-tuotannon takia. Tätä ei kuitenkaan ole otettu huomioon laskelmissa, koska laitoksen tuottama liikennekaasu määrä ei yksinään riitä Turun lähiseudun bussien polttoai-neeksi. Suurin osa laitoksen tuottamasta biokaasusta menee siis käyttöön.



KUVAT

Kuva 1. Eri biomassojen metaanintuottokyky, Nm³/1000 kilogrammaa biomassaa. (Gustafsson 2008, 5)

Kuva 2. Esimerkki kuva murskaimesta. http://www.mono-pumps.com/en-uk/series_f_muncher_disintegrator?productid=9

Kuva 3. Esimerkki hygienisointiyksiköstä saksalaisella biokaasulaitoksella. (Latvala 2009, 38)

Kuva 4. Biokaasun yleisimmät käsittelytavat ja käyttötarkoitukset. (Latvala 2009, 42)

Kuva 5. Veden aiheuttamaa korroosiota kaasusäiliössä. http://www.parker.com/literature/United%20Kingdom/PAR6841_Whitepaper_v3.pdf

Kuva 6. Rautaoksidia sisältäviä säiliöitä jotka poistavat rikkivedyn biokaasusta. (Ruotsi). (Persson, Wellinger 2006, 20)

Kuva 7. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto biokaasusta. (Latvala 2009, 46)

Kuva 8. Kaasuturbiinin pääkomponentit. http://energy.gov/sites/prod/files/styles/large/public/turbine_drawing.jpg?itok=QB_XZRU6

Kuva 9. Esimerkki kombivoimalasta. Mussalo 2, Pohjolan Voima http://www.pohjolanvoima.fi/filebank/156-7141-Mussalo_2_ja_kaasuturbiinilaitos.pdf

Kuva 10. Polttomoottorin ja polttokennon energianmuunto ero. (Deublein, Steinhauer 2008, 373)

Kuva 11. Biokaasunjalostus lämmöntuotantoon. (Latvala 2009, 45)

Kuva 12. Eritavoin jalostetun kaasun laatu, tiedot laitoksilta. (Persson 2003, 57)

LÄHTEET

Latvala Markus 2009. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Suomen ympäristö 24/2009. Suomen ympäristökeskus Edita Prima Oy, Helsinki 2009. ISBN 978-952-11-3498-2. Viitattu 07.04.2016.

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37998/SY_24_2009.pdf?sequence=1

Gustafsson Magnus 2008. Biokaasun hyödyntämisen käsikirja – jätteestä energiaksi ja polttoaineeksi. Åbo Akademin Teollisuustalouden Laboratorio, Turku, Finland. Newprint, Raisio 2008. ISBN 978-952-99076-5-6. Viitattu 07.04.2016.

http://www.abo.fi/public/en/media/9578/biokaasunkasikirja_web.pdf

Persson Margareta 2003. Evaluation of upgrading techniques for biogas. Report SGC 142 Swedish Gas Center. Viitattu 07.04.2016.

https://cdm.unfccc.int/filestorage/E/6/T/E6TUR2NNQW9O83ET10CX8HTE4WXR2O/Evaluation%20of%20Upgrading%20Techniques%20for%20Biogas.pdf?t=UVB8bmZ5a315fDA_fYC9v5XAPL-D1rv9imn7

Suomen Biokaasuyhdistyksen www-sivut Viitattu 07.04.2016

http://www.biokaasuyhdistys.net/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=6&Itemid=53

Hagen Martin, Polman Erik, Myken Asger, Jensen Jan, Jönsson Owe, Dahl Anders 2001. Addin Gas from Biomass to the Gas Grid. Report SGC 118 Swedish Gas Center. Viitattu 07.04.2016.

<http://gasunie.eldoc.ub.rug.nl/FILES/root/2001/2044668/2044668.pdf>

Deublein Dieter, Steinhauser Angelika 2008. Biogas from waste and renewable resources. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim 2008. ISBN 978-3-527-31841-4 Viitattu 07.04.2016. http://chemistry.pixel-online.org/files/ed_pack/04/further03/Deublein%20D.%20Steinhauser%20A.-Biogas%20from%20Waste%20and%20Renewable%20Resources.pdf

Persson Margareta, Wellinger Arthur 2006. Biogas Upgrading and Utilisation. IEA Bioenergy report October 13. 2006 Viitattu 07.04.2016

http://www.seai.ie/Renewables/Bioenergy/Biogas_upgrading_and_utilisation_IEA_Bioenergy_Report.pdf

Motiva www-sivut. Viitattu 07.04.16

http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/bioenergian_tuotanto_tekniikka/polttotekniikka_kaasumaisille_polttoaineille/kaasumoottori

Vartiainen Eero, Luoma Päivi, Hiltunen Jari, Vanhanen Juha 2002. Hajautettu energiantuotanto: teknologia, polttoaineet, markkinat ja CO₂-päästöt. Oy Edita Ab Helsinki 2002 ISBN 952-914465-2

<http://energia.fi/sites/default/files/hajautettuenergiantuotanto2cloppuraportti.pdf>

U.S DOE (The United States department of energy). Energy.gov www-sivut. Yhdysvaltojen energiavirasto. Viitattu 07.04.2016 <http://energy.gov/fe/how-gas-turbine-power-plants-work>

Motiva www-sivut Viitattu 07.04.2016.

http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/bioenergian_tuotanto_tekniikka/polttotekniikka_kaasumaisille_polttoaineille/kaasuturbiini

Wärtsilä www-sivut. Viitattu 07.04.2016 <http://www.wartsila.fi/energy/learning-center/technical-comparisons/gas-turbine-for-power-generation-introduction>

Huhtinen Markku, Korhonen Risto, Pimiä Tuomo, Urpalainen Samu 2008. Voimalaistekniikka. Opetushallitus. Otavan Kirjapaino Oy, Keuruu 2008 ISBN 978-952-13-3476-4

U.S DOE. Energy.gov www-sivut. Viitattu 07.04.2016

<http://energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-natural-gas-reforming>

Gasum www-sivut Viitattu 07.04.2016 <http://gasum.fi/siirtoportaali/Suomen-Kaasuverkosto/Kaasun-koostumus/>

Kaasuyhdistys www-sivut. Viitattu 07.04.2016

http://www.kaasuyhdistys.fi/kirjat/maakaasun_yleiset_turvaohjeet_ja_hatatilanteiden_toimintaohjeet_yleiset_turvaohjeet_maakaasun

Työ- ja elinkeinoministeriön www-sivut. Viitattu 07.04.2016

<https://www.tem.fi/energia/energiatuki>

Työ- ja elinkeinoministeriön www-sivut. Viitattu 07.04.2016

https://www.tem.fi/energia/energiatuki/tuen_maara

Motiva www-sivut. Viitattu 07.04.2016

http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa/uusiutuvan_energian_tuet/syottotariffi

Työ- ja elinkeinoministeriön www-sivut. Viitattu 07.04.2016

http://www.tem.fi/energia/uusiutuvat_energialahteet/uusiutuvan_energian_syottotariffi

Energiavirasto 2013. Maksatusohje. Uusiutuvilla energialähteillä tuotettavan sähkön tuotantotuen maksatuksen hakeminen – ohje sähkön tuottajalle. Viitattu 07.04.2016 <https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Maksatusohje+1+2+2013.pdf/197d7946-ae7e-4fed-ad52-9675983db7e8>

Finlex www-sivut Viitattu 07.04.2016

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20101396#Pdm2423264>

Gasum www-sivut Viitattu 07.04.2016 <http://gasum.fi/Kaasun-tankkausasemat/Liikennekaasun-hinta/>

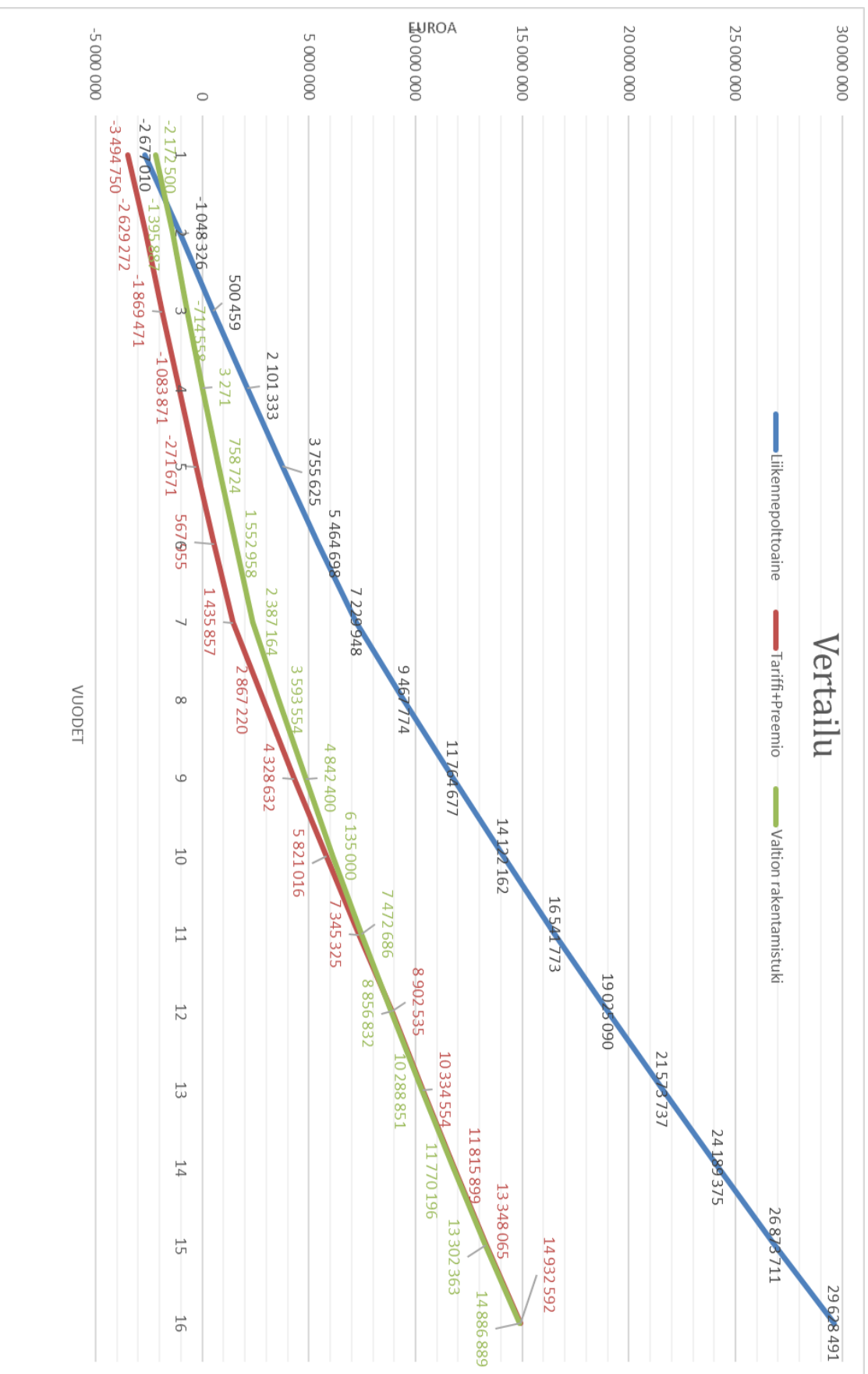
Swedish Gas Centre. Basic Data On Biogas. Svenskt Gastekniskt Center AB Malmö
2012 ISBN 978-91-85207-10

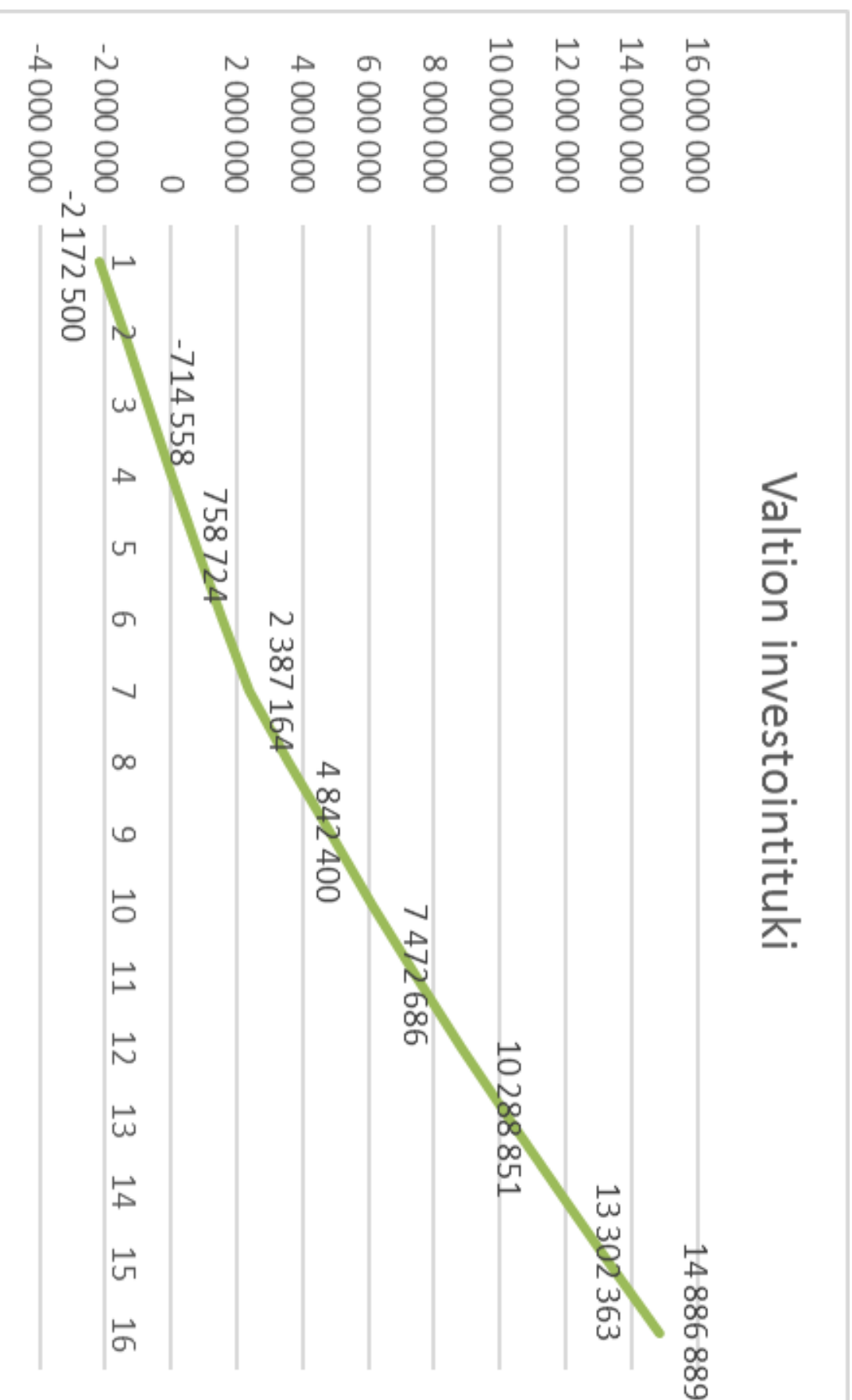
<http://eks.standout.se/userfiles/file/BiogasSydost/BioMethaneRegions/BasicDataonBiogas2012-komprimerad.pdf>

Unto Hiltula. Haastattelut. 2016

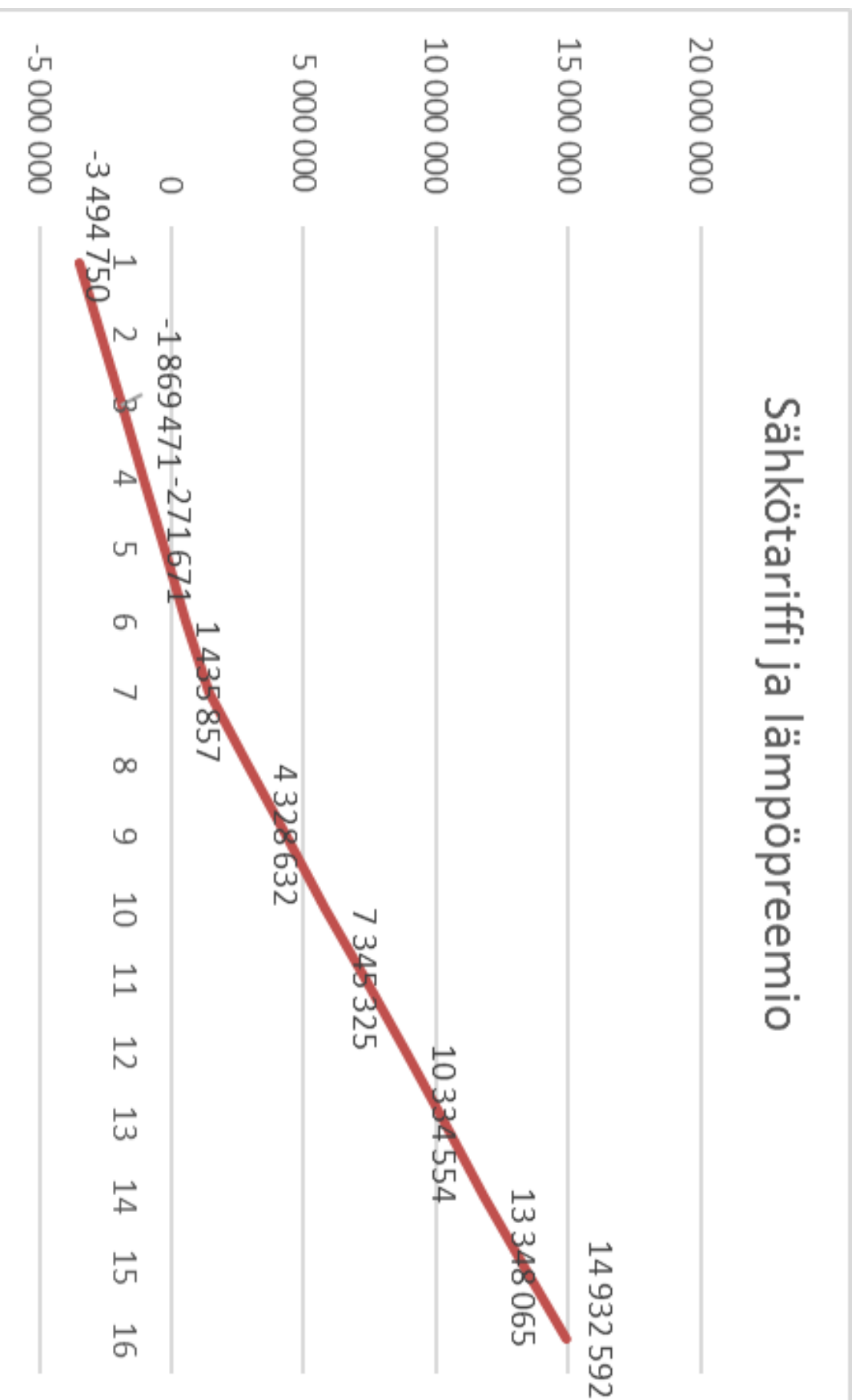
Metener Oy. Hintatarjous liikennekaasulaitteistosta. 2016

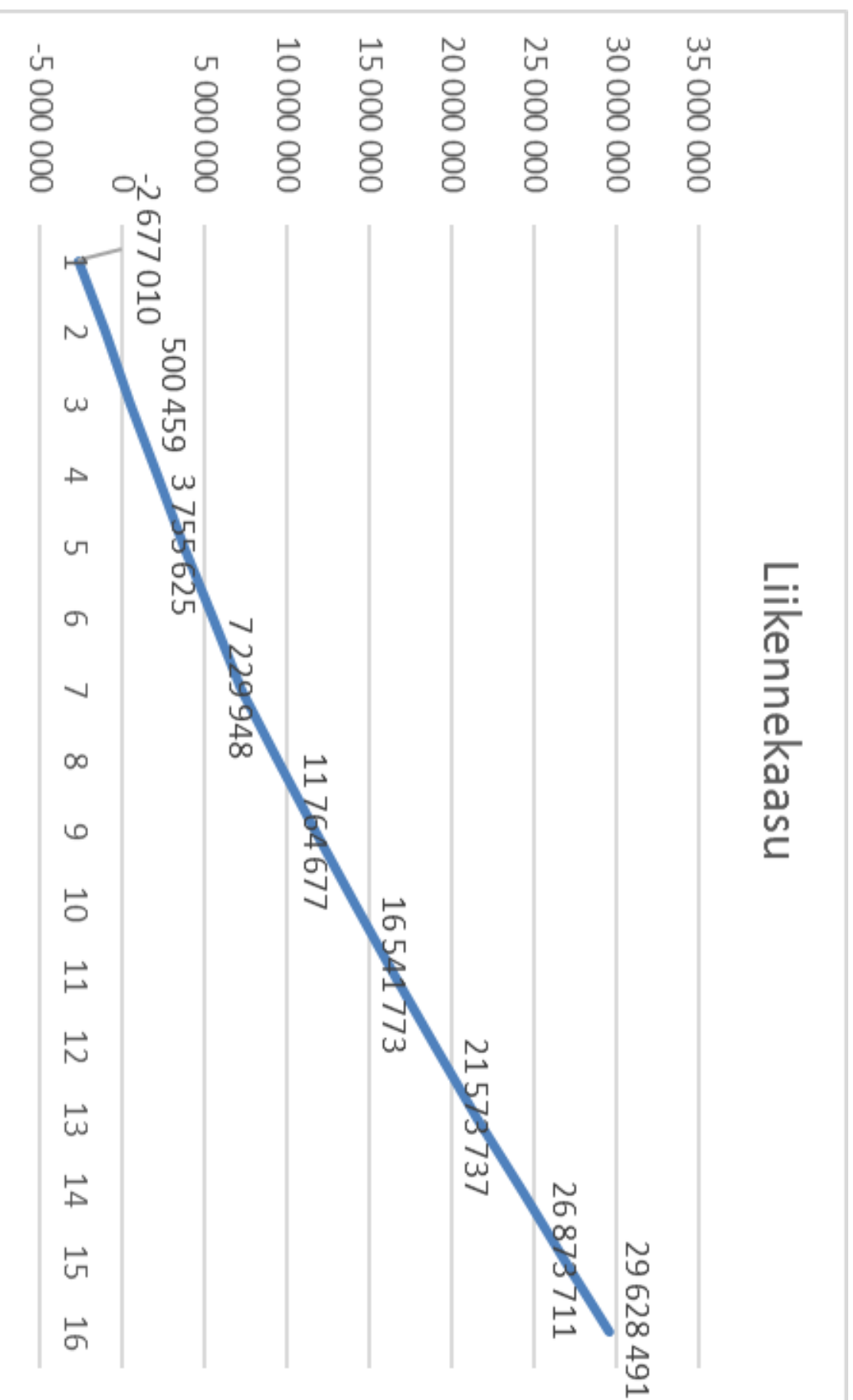
LIITE 1





Sähkötariffi ja lämpöpreemio





LIITE 5

Seuraavalla sivulla A3 kokoinen PI-kaavio.

FUEL / COOLANT CONNECTION POINTS	
A	GENSET FUEL LINE - GAS INLET 80mm NB PN16 FLANGE
B	HEAT RECOVERY SYSTEM THERMAL DISCHARGE - 1" BSP SKT
C	HEAT RECOVERY SYSTEM - COOLANT INLET 100mm NB PN16 FLANGE
D	HEAT RECOVERY SYSTEM - COOLANT OUTLET 100mm NB PN16 FLANGE

NOTES:

1. GAS PRESSURE REDUCING KIT 116-068 (ASSEMBLED) SHOULD BE INSTALLED IN A SUITABLE WEATHERPROOF ENCLOSURE OUTSIDE THE GENSET CONTAINER (ENCLOSURE BY OTHERS). THE REGULATED GAS PRESSURE AT THE GENSET MUST BE BETWEEN 15 - 50 mbar.
2. CONTAINER EMERGENCY CONDITIONS AN EMERGENCY CONDITION IS GIVEN BY THE ACTIVATION OF THE GAS DETECTORS. GAS DETECTORS ACTIVATE AT ALARM LEVELS OF 5% & 20% LOWER EXPLOSIVE LIMIT (LEL) OF METHANE/AIR MIX.
- 5% LEL
THE VENTILATION FANS WILL START & MOT LOUVRES WILL OPEN AT BOTH ENDS. ALL OTHER EQUIPMENT WILL CONTINUE TO FUNCTION AS NORMAL.
- 20% LEL
THE GAS ALARM PANEL WILL ACTIVATE THE EXTERNAL BEACON & SOUNDER. SHUT DOWN THE GENSET & CLOSE ALL GAS VALVES. THE VENTILATION FANS WILL CONTINUE TO OPERATE FOR A 5 MIN PERIOD WITH MOT LOUVRES REMAINING OPEN. AFTER THE 5 MIN PERIOD THE VENTILATION FANS WILL STOP & THE LOUVRES WILL CLOSE.

WHEN THE GAS LEVEL RECESSES BELOW 20% LEL, THE SYSTEM WILL REMAIN IN AN ISOLATED CONDITION UNTIL MANUAL INTERVENTION.

ENTRY TO THE CONTAINER SHOULD NOT BE SOUGHT UNTIL THE GAS LEVEL RECESSES BELOW 5% LEL (AS INDICATED BY THE AMBER BEACON).

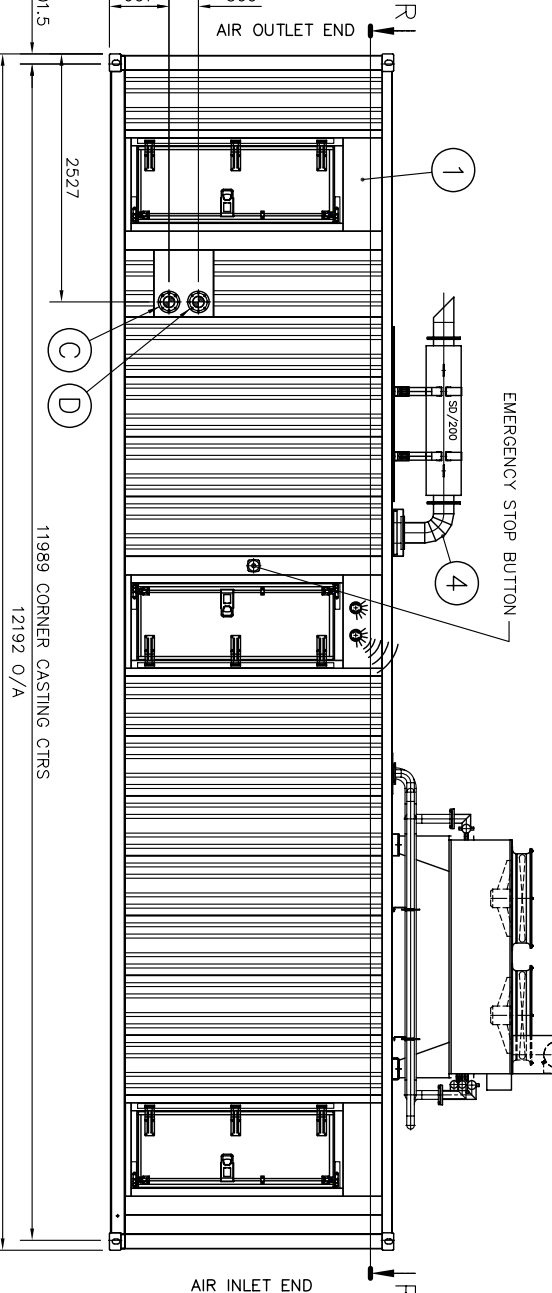
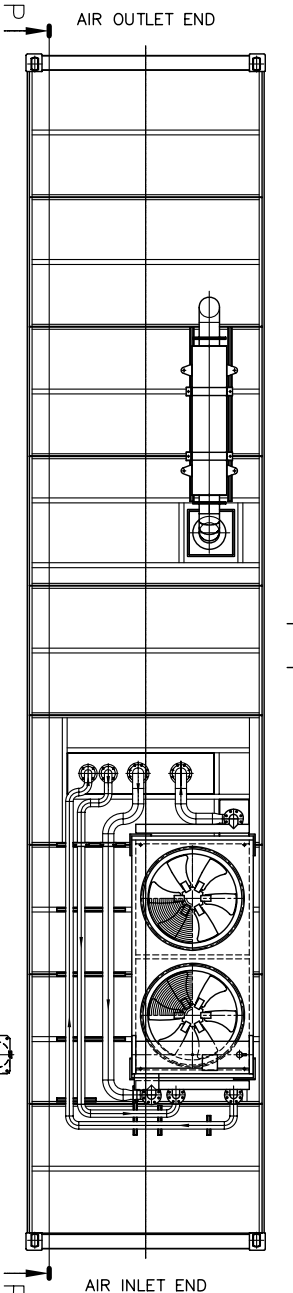
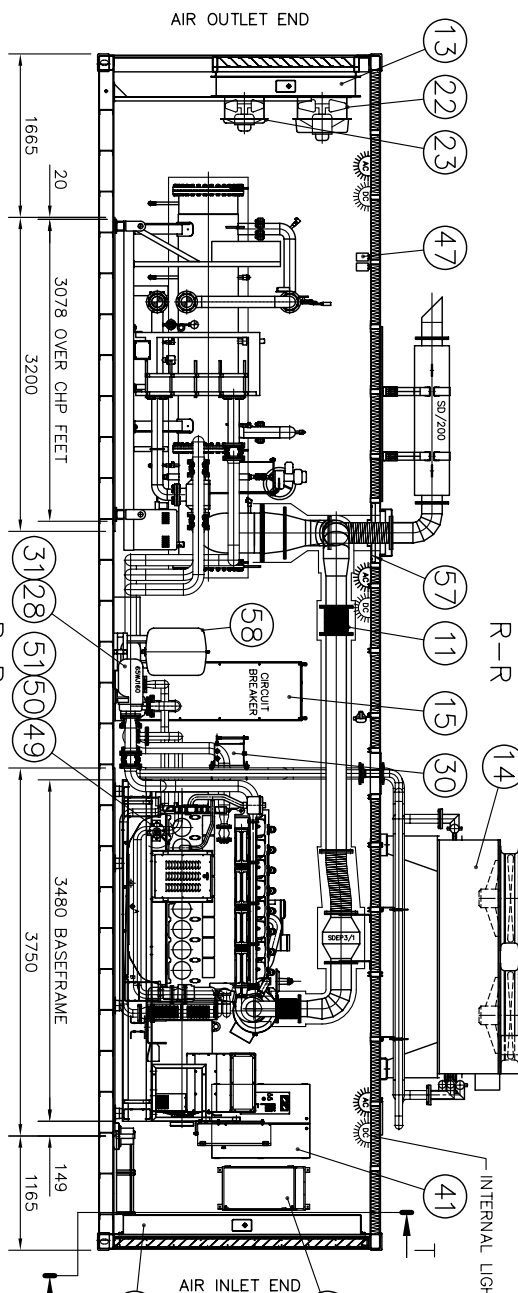
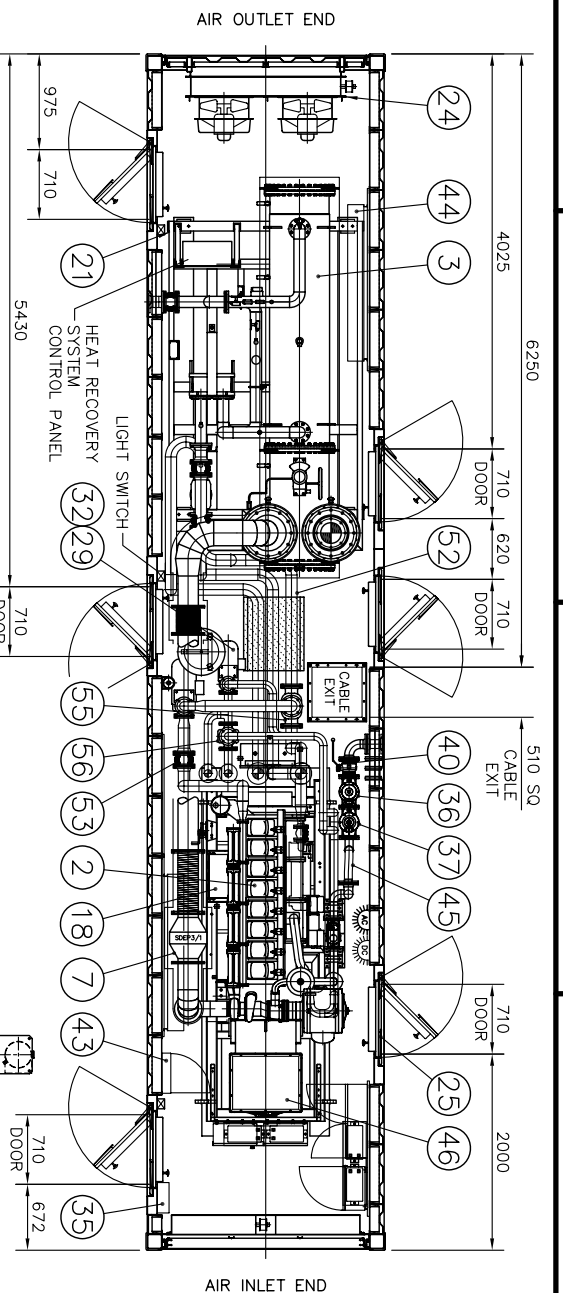
GAS DETECTION SYSTEM MUST BE KEPT IN CALIBRATION. RE-CALIBRATION REQUIRED EVERY 6 MONTHS.

4. EIM REQUIRES DEDICATED MAGNETIC PICK-UP.

5. GAS PIPEWORK JOINTS ALL THREADED GAS TRAIN JOINTS TO BE SEALED WITH LOCTITE 577.

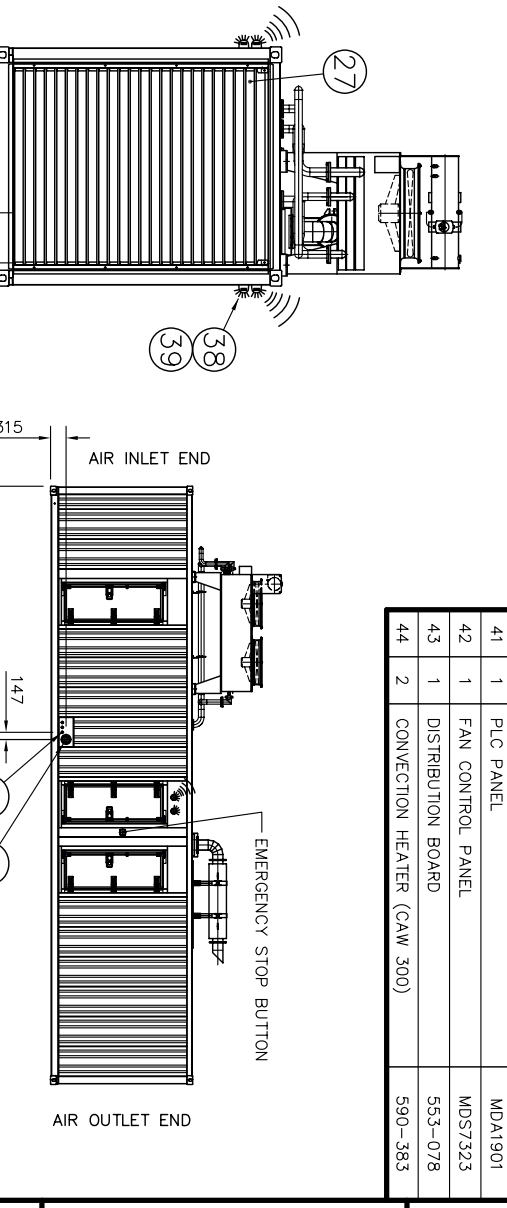
6. ENGINE LUBRICATING OIL FOR RECOMMENDED OILS PLEASE CONSULT PERKINS SERVICE BULLETIN NO. 48.

7. HEAT RECOVERY MODULE THERMAL DISCHARGE SOCKET MUST BE PIPED TO A SUITABLE SAFE DISCHARGE AREA.



ITEM QTY.	DESCRIPTION	PART NUMBER	ITEM QTY.	DESCRIPTION	PART NUMBER
45	1 FUEL CONNECTION HOSE	340-124	1	1 CONTAINER ASSY - 40FT ISO HI-CUBE	MCA2123
46	1 ALTERNATOR EXTENSION BOX ASSY	MD57372	2	1 PG525B1 OPEN GAS GENSET	MGA7502
47	2 AIR TEMPERATURE SENSOR	622-857	3	1 HEAT RECOVERY SYSTEM	128-699
48	1 BALANCE VALVE - 80mm GATE VALVE	576-309	4	1 EXTERNAL EXHAUST ASSY - SD/200	MXA1876
49	1 LUBE OIL PUMP - FILL/DRAIN	596-726	5	1 INTERNAL EXHAUST PIPEWORK ASSY	MXA1877
50	2 LUBE OIL QUICK CONNECTION 1" BSP (M)	521-978	6	1 EXHAUST LAGGING KIT	-
51	1 LUBE OIL QUICK CONNECTION 1" BSP (F)	521-979	7	1 CATALYTIC CONVERTER	161-297
52	1 JW & CA CIRCUIT PIPEWORK DRAWINGS	MSK6376	8	2 CATALYTIC CONVERTER SUPPORT	MCC10569
53	3 RUBBER BELLOWS - 4" NB FLANGED	596-362	9	2 FLEXIBLE EXHAUST PIPE - 200mm NB	130-930
54	3 RUBBER BELLOWS - 2 1/2" NB FLANGED	596-036	10	1 EXHAUST BELLOWS - 150mm NB	131-132
55	1 JW THERMOSTATIC 3-WAY VALVE	576-145	11	1 EXHAUST BELLOWS - 200mm NB	131-085
56	1 CAW THERMOSTATIC 3-WAY VALVE	596-986	12	1 MOTORISED INLET LOUVER	582-918
57	2 INTERNAL EXHAUST CLOSING PLATE	MCS10417	13	1 MOTORISED OUTLET LOUVER	582-919
			14	1 REMOTE RADIATOR ASSEMBLY	120-744
			15	1 FLOOR STANDING CIRCUIT BREAKER	MDA3847
			16	1 CONTROL PANEL	-
			17	1 GAS START-UP PANEL	-
			18	1 BATTERY CHARGER PANEL	MDA3630
			19	8 ANTI-VIB MOUNT	284-5361
			20	8 AW MOUNTING PAD	MCC10572
			21	4 MTG PAD - HEAT RECOVERY SYS.	MCC10545
			22	2 VENTILATION FAN - 50JM	127-254
			23	2 VENTILATION FAN - 40JM	127-285
			24	1 FAN MOUNTING PLATE	MCS10566
			25	6 100mm THK ACCESS DOOR	MGS7305
			26	1 REMOVABLE END PANEL ASSY	MCS10530
			27	1 REMOVABLE END WITH LOUVER ASSY	MCS7839
			28	1 JW COOLANT PUMP	576-306
			29	1 CAW COOLANT PUMP	576-307
			30	1 LUB OIL TOP-UP TANK	MTA0330
			31	1 PUMP MOUNTING PAD	MCC10570
			32	1 PUMP MOUNTING PAD	MCC10571
			33	4 BATTERY - LEAD ACID DRY	150-302
			34	2 BATTERY TRAY ASSEMBLY	MGS4217
			35	1 GAS DETECTION SYSTEM - PANEL & IR DETECTORS	609-876
			36	1 CONTAINER GAS SHUT-OFF VALVE	576-206
			37	1 SAFETY SHUT-OFF GAS VALVE - MANUAL RESET	576-207
			38	2 RED BEACON & SOUNDER	644-092
			39	2 AMBER BEACON	644-173
			40	1 MANUAL GAS ISOLATION VALVE	576-308
			41	1 PLC PANEL	MDA1901
			42	1 FAN CONTROL PANEL	MD57323
			43	1 DISTRIBUTION BOARD	553-078
			44	2 CONVECTION HEATER (CAW 300)	590-383

ITEM QTY.	FIELD FIX (BULLETIN SSB0005A-PCA)	PART NUMBER
56a	1 PRESSURISED EXPANSION VESSEL	576-313
56b	6 AUTOMATIC AIR VENT	576-314
56c	1 PRESSURE RELIEF VALVE	576-312
56d	1 BUFFER VESSEL	MGS7060
56e	1 OUTLET HOSE	MGS7061
56f	1 DELIVERY HOSE	MCS7062



ISSUE	DESCRIPTION	ECR/DOOR	BY	DATE
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

ESTIMATED TOTAL MASS (WET) = 21,900 kg

TOLERANCES EXCEPT WHERE OTHERWISE STATED		DRN. BY		TITLE	
0 - 500mm	± 1mm	D.MCCOURT		G.A. OF PG525B1 IN 40FT ISO HI-CUBE CONTAINER	
500 - 2000mm	± 2mm	DATE 09/10/08		4008-30TST1 / LL6114K / HEAT RECOVERY SYS	
OVER 2000mm	± 3mm	APPD. BY		SHEET ORIGINAL	
ANGULAR	± 1°	DATE		SCALE 1:40	
DO NOT SCALE		ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES UNLESS OTHERWISE STATED		DRAWING NO. MGA7627	
		THIS DRAWING IS CONSIDERED AND MAY BE COPIED OR REPRODUCED BY ANY PERSON PURCHASING EQUIPMENT BY THE PURCHASER		ISSUE B	