



**macon**

# BIOKAASUN TUOTANTO TEOLLI- SUUSLAITOKSEN YHTEYDESSÄ



## BIOKAASUN TUOTANTO TEOLLISUUSLAITOKSEN YHTEYDESSÄ

Biokaasun tuottamista ja jalostamista teollisuuslaitoksen yhteydessä pidetään kannattavana, jos tuotettavan biokaasun määrä on noin 8,3 GWh. Laitos tarvitsee noin 12 800 tonnia anaerobiseen käsittelyyn soveltuvia syötteitä. Syötemateriaaleja voivat olla muun muassa kaupan ja teollisuuden biopohjaiset jätteet ja sivuvirrat, jotka eivät sisällä vaarallisia aineita. Laitokseen sisällytetään yleensä myös erillinen hygienisointi.

Tässä konseptissa biokaasu tuotetaan teollisuuslaitoksen yhteydessä sijaitsevalla biokaasulaitoksella, ja biokaasu käytetään omassa tuotannossa lämmön, höyryn ja sähkön tuotantoon. Tuotettua biokaasua käytetään syötteen lämmitykseen ja tarvittaessa myös hygienisointiin.

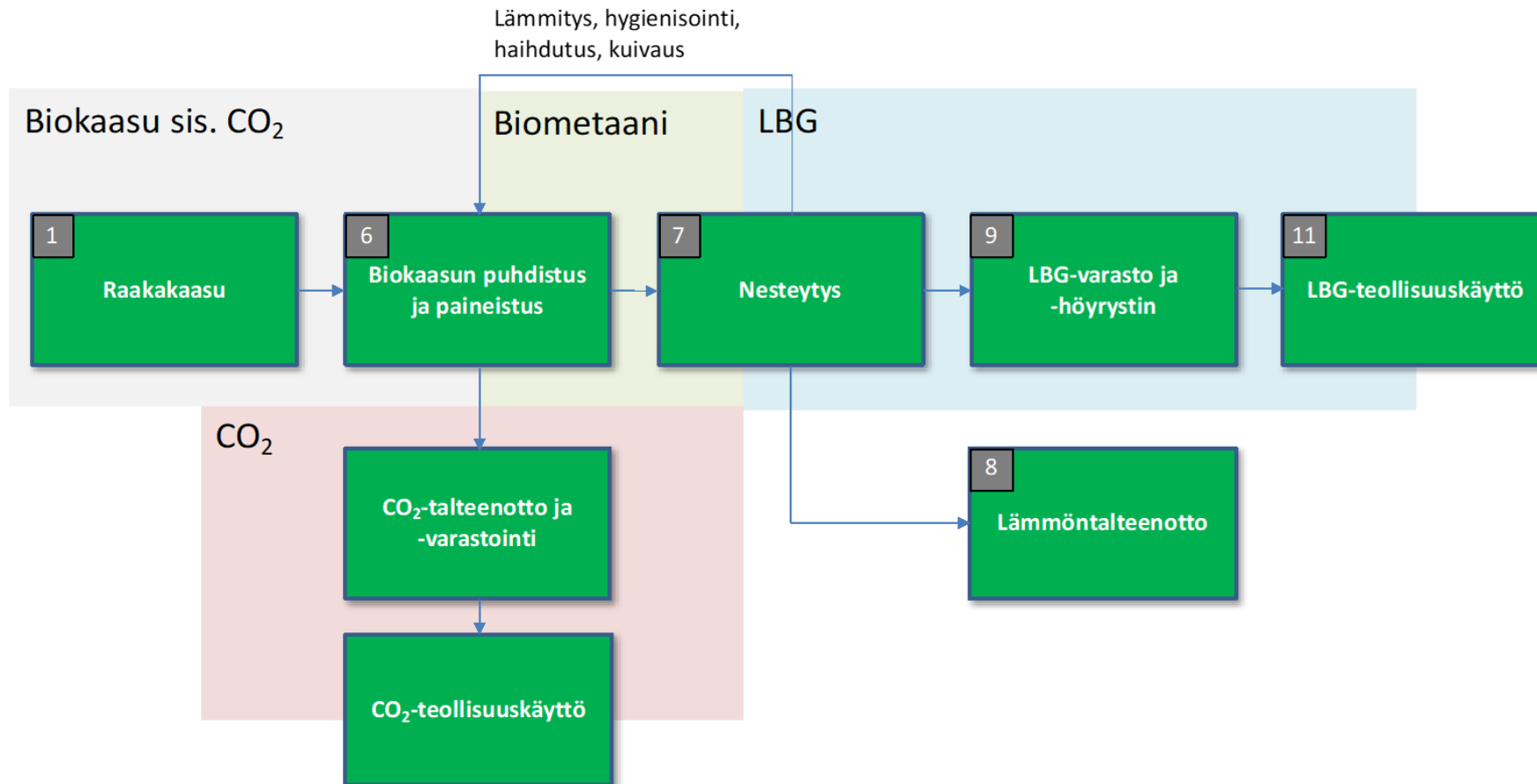
Paineistettu/nesteytetty biokaasu varastoidaan alueella ja sitä käytetään teollisuuskäytössä, esim. lämpökattilan polttoaineena.

Suunniteltu arvoketju mahdollistaisi biokaasun laajamittaisen teollisuuskäytön. Laitos tuottaisi CBG:tä/LBG:tä noin yhden megawatin teholla. Paineistettu/nesteytetty biokaasu soveltuu useaan teollisuuskohteeseen.

Koko arvoketjusta on tehty erillinen kannattavuusanalyysi, jonka mukaan laitoksen toiminta olisi kannattavaa jo ennustetuilla nykymäärillä (IRR 5 %) (kts. Liite1: Selvitys biokaasun teknisistä käyttömahdollisuuksista ja taloudellisuudesta). Koko arvoketjun tarvitsema investointi on noin 2,55 miljoonaa euroa.

Lisäksi liitteessä 2: Verotuksen ja lainsäädännön muutosten vaikutusten arviointi, on käyty läpi verotuksen, jakeluelvoitteen ja tiedossa olevien tulevien lainsäädännön ja muiden muutosten vaikutuksia biokaasutuotantoon.

ARVOKETJUN KUVAUS



## ARVOKETJUUN LIITTYVÄT INVESTOINNIT

Biokaasulaitoksen laiteinvestoinnit on arvioitu budjettitarjouksiin perustuen. Budjettitarjoukset on pyydetty raporteilla esiteltujen laitetekniikoiden toimittajilta ja myyjiltä. Kokonaisinvestointi on esitetty taulukossa seuraavasti. Investointi on jaettu osa-alueisiin sekä ennustetulla ns. täydellä kapasiteetilla. Mahdollinen investointituki on huomioitu laitteiston hinnassa. Lisätietoja löydät liitteestä 1: Selvitys biokaasun teknisistä käyttömahdollisuuksista ja taloudellisuudesta, kohdista Selvitys 2 ja Selvitys 2-kannattavuus.

Osa-alue	Laitteiston hinta	Investointituellinen hinta ( 25 % tuki)
Biokaasun puhdistus ja paineistus	700 000 €	525 000 €
Nesteytys	1 553 067 €	1 164 800 €
LBG varasto ja höyrystin	1 153 467 €	865 100 €
<b>Yhteensä</b>	<b>3 406 534 €</b>	<b>2 554 900 €</b>

## ARVOKETJUN LASKENNASSA KÄYTETYT OLETUSARVOT

Biokaasulaitoksen laiteinvestoinnit on arvioitu budjettitarjouksiin perustuen. Kokonaisinvestointi on esitetty taulukossa seuraavasti. Investointi on jaettu osa-alueisiin sekä ennustetulla ns. täydellä kapasiteetilla. Raakakaasun hinnan laskennassa on huomioitu biokaasun tuottajan kustannusten kattaminen. Mahdollinen investointituki on huomioitu laitteiston hinnassa.

Osa-alue	Hinta-arvio
Raakakaasun arvo	36 €/MWh
LBG:n hinta	1,6 €/kg
CBG:n hinta	1,17 eur/Nm <sup>3</sup>

## INVESTOINNIN KANNATTAVUUS

Arvoketjun mukaisen investoinnin nettonykyarvo (NPV, net present value) on 2 747 451 € annetulla diskonttaus korkokannalla (5 %). Vaihtoehtoisista investointihankkeista kannattavin on se, jonka nettonykyarvo on suurin.

Sisäisen korkokannan (IRR, internal rate of return) menetelmässä etsitään sisäistä korkokantaa, jolla nettonykyarvo on nolla. Arvoketjun mukaisen investoinnin tuotto prosentteina investointiin sijoitetulle pääomalle on 17 %. Investointi on kannattava, kun tuotto prosentti vastaa tuottovaatimusta. Vaihtoehtoisista investointihankkeista kannattavin on se, jonka sisäinen korkokanta on suurin.

Investoinnin takaisinmaksuajan menetelmässä lasketaan aika vuosina, jonka aikana investointi nettotuloina maksaa itsensä takaisin. Takaisinmaksuaika määritetään laskemalla, miten monen vuoden diskonttatut nettotulot tarvitaan investointimenon kattamiseksi. Arvoketjun mukaisen prosessin investoinnin takaisinmaksuaika on 5 vuotta. Diskonttaus korkona on käytetty 5 % sekä inflaatio 2 %.

## ARVOKETJUN KUVAUS

Laitteiston operatiiviset kulut koostuvat pääasiassa henkilöstöstä sekä lämmöntarpeesta. Lämmön hintana on käytetty paikallisen kaukolämmön energiahintaa.

## BIOKAASUN JALOSTUS

### Tekninen kuvaus

Biokaasulaitoksen kaasun jalostus koostuu vedenerotuksesta, pesusta (hiilidioksidin poisto) sekä paineistuksesta. Linjasto on suunniteltu käsittelemään noin 10 000 MWh biokaasua. Jalostuksen osalta tämä vastaa noin 4200 Nm<sup>3</sup> biokaasua tunnissa käsittelevää yksikköä.

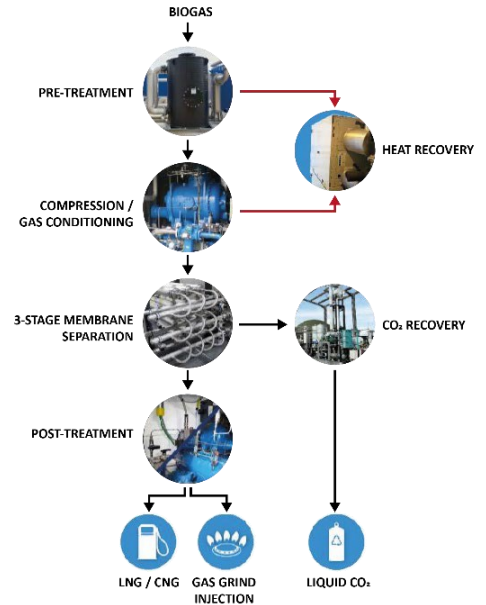
Hiilidioksidin poisto pesumenetelmällä on tällä hetkellä yleisin käytetty menetelmä, jossa biokaasu syötetään paineistettuna vesikoloniin. Mahdollinen rikkivety voidaan kyllästää adsorptiomateriaaliin. Kosteus poistetaan lauhduttamalla biokaasua esim. sille suunnitellussa maavaraisessa putkessa.

Jalostus tarvitsee erillisen teknisen tilan jalostukselle, kompressorille sekä sähkölaitteille (kontti).

**Bright Biomethane** on hollantilainen johtava biokaasun jalostuslaitoksia valmistava yritys. Heillä on useita referenssejä Euroopassa ja Suomessa.

**Jahotec Oy** on kehittänyt useita biokaasuprosessiin sekä kaasun jalostukseen liittyviä teknisiä ratkaisuja.

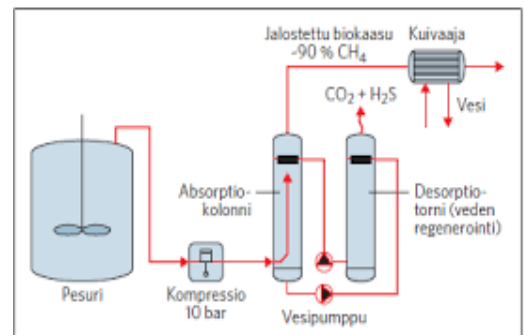
**Metener Oy** on ollut Suomessa edelläkävijä biokaasun jalostuksen osalta. He myyvät omaa jalostuslaitosta BKP300 tuotenimellä.



Kuva. Bright Biomethane kaasunjalostusyksikkö

### Tekniset tiedot:

Pesuri  
 Kompressori: 16 bar Membraani tai adsorptiokoloni  
 Kaasun analysaattori (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S) Automaatio



Kaaviokuva biokaasun jalostamisesta polttoaineeksi

## BIOKAASUN NESTEYTYYS

### Tekninen kuvaus

Laitoksen toiminnan tarkoitus on biometaanin jatkuva nesteytys Bio-LNG:ksi. Stirlingin tekninen ratkaisu ei tarvitse jäähdytystä avoimen kierron nestemäisen tyypin nesteyttämistä käyttämällä. Mikronesteytys tarjoaa hyvän joustavuuden ja tehokkuuden.

Stirling toimittaa ratkaisun, jossa ei käytetä nesteytettyjä teknisiä kaasuja ja jolla on alhaiset CAPEX- ja OPEX- kustannukset sekä joka on yksinkertainen hallita ja soveltuu mikromittakaavaan nesteytykseen.

Stirling Cryogenics on kehittänyt yhdessä italialaisen sisaryrityksensä Hysytech Srl:n kanssa sopivan menetelmän syötettävän biometaanin puhdistamiseen. Puhdistusjärjestelmän tavoitteena on alentaa hiilidioksidi- ja vesipitoisuutta. Puhdistusvaihe tiputtaa CO<sub>2</sub>-pitoisuuden < 0,5 tilavuusprosenttiin käyttämällä regeneroitavia molekyyliseuloja.

#### Biometaanin nesteytys

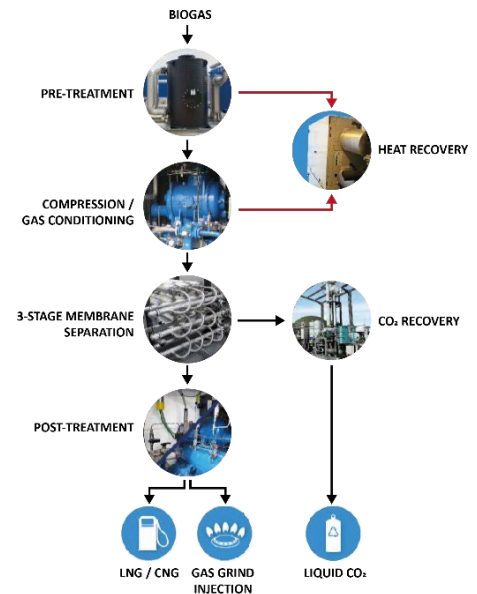
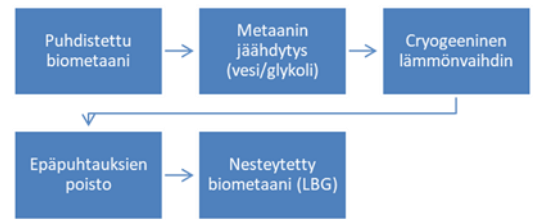
Paineistettu biometaanin virtaa yksikköön, jossa se nesteytetään lämmönvaihtimilla lämpötilan asteittaisella alentamisella. Nesteytyslämmönvaihtimet on eristetty riittävästi lämpöhäviöiden välttämiseksi.

Muut kiinteät epäpuhtaudet (esim. CO<sub>2</sub>-kiteet) tai höyryt (esim. typpi) erotetaan nesteytyksen jälkeen kolmivaiheisella erottimella. Bio-LNG toimitetaan < -146 °C:ssa ja 2 bar paineessa.

**Stirling Cryogenics** on hollantilainen johtava biokaasun jalostuslaitoksia valmistava yritys. Heillä on useita referenssejä Euroopassa ja Suomessa.

**Wärtsilä Oy** on kehittänyt useita biokaasuprosessiin sekä kaasun jalostukseen liittyviä teknisiä ratkaisuja.

**Sarlin Oy** on ollut Suomessa edelläkävijä biokaasun jalostuksen osalta. He myyvät omaa jalostuslaitosta BKP300 tuotenimellä.



Kuva. Bright Biomethane kaasunjalostusyksikkö

#### Tekniset tiedot:

Pesuri  
 Kompressori: 16 bar  
 Membraani tai adsorptiokolonni  
 Kaasun analysaattori (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S)  
 Automaatio

## LBG varastointi

### Tekninen kuvaus

LNG:tä voidaan varastoida sille suunnitelluissa varastosäiliöissä. Varastosäiliön koko voi vaihdella lämmönkulutuksesta riippuen esim. 89 m<sup>3</sup> ja 200 m<sup>3</sup>. Alle 90 m<sup>3</sup> säiliö vaatii ns. ilmoitusmenettelyn (kevyempi menettely), kun taas 200 m<sup>3</sup> vaatii ns. toimintaperiaateasiakirjan (huomattavasti enemmän suunnittelua).

LBG:n varastointi on haasteellisempaa kuin CBG:n varastointi johtuen LBG:lle tyypillisestä kaasun haihtumisesta (ns. BOG-kaasu (eng. Boil-off gas). Haihtumista pyritään hallitsemaan teknisellä ratkaisulla lisäämällä terminaalin yhteyteen pieni uudelleen nesteytysyksikkö, jolloin säiliö pysyy jatkuvasti kylmänä eikä BOG:ia pääse muodostumaan.

Jos säiliö on pitkiä aikoja pois käytöstä, voidaan säiliö myös tyhjentää LBG:stä ja antaa sen lämmitä. Säiliön käyttöönotto tapahtuu esim. jäähdyttämällä säiliö nestemäisellä tyypellä, jonka jälkeen käyttö voidaan aloittaa uudelleen. Jos LNG:n varastointimäärä ylittää 100m<sup>3</sup>, on sille haettava ympäristölupa. Puhdistettua ja paineistettua biometaania voidaan varastoida useilla eri tavoilla.

Metaanin tilavuus muuttuu merkittävästi riippuen siitä, onko kyseessä ilmanpaineinen normiolosuhteissa oleva metaani, 200 bar paineessa oleva metaani vai nesteytetty metaani. Verrattuna dieseliin on yhden diesellitran energiasisältö sama kuin 4 litraa CBG (250 bar).

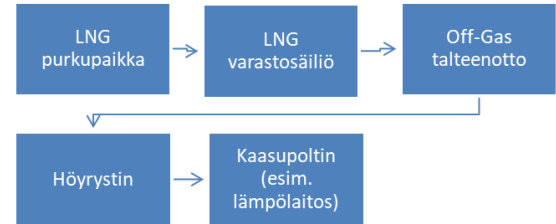
Paineistetut säiliöt edellyttävät hyvin puhdistettua kaasua korroosion välttämiseksi. Paineen kasvaessa puhtausvaatimukset tiukentuvat. Biokaasun kohdalla suurimmat korroosion aiheuttajat ovat rikkivety ja vesi jopa hyvin pieninä pitoisuuksina.

Suurten paineistettujen terässäiliöiden lisäksi biometaania voidaan varastoida kaasumaisessa muodossa kaasupullo- ja monisäiliökonteissa. Kaasupullot voivat olla valmistettu komposiitista tai teräksestä.

**Chemet S.A** on puolalainen erilaisten paineistettujen kuljetus- ja varastointisäiliöiden valmistaja. Se on yksi Euroopan johtavista paineastioiden valmistajista.

**Chart Industries** on USA:lainen globaali toimija, joka toimittaa modulaarisia nesteytyslaitosratkaisuja, jotka mahdollistavat nestemäisten polttoaineiden kuljettamisen ja varastoimisen (pienet ja keskikokoiset järjestelmät)

**Shijiazhuang Enric Gas Equipment Co., Ltd.** on kiinalainen kansainvälinen yritys, joka on sitoutunut valmistamaan ja tarjoamaan korkealaatuisia ja luotettavia korkeapaine- ja kryogeenisiä laitteistoja, jotka täyttävät kaikki varastointi- ja kuljetusvaatimukset ja jotka palvelevat CNG/LNG-teollisuutta.



#### Esimerkki puolalaisen Chemet S.A:n kryogeenisten tankkien ominaisuuksista:

Käyttökohde: Nesteytetty maa-/biokaasu

Suurin sallittu työpaine: 7- 37 bar

Vesitilavuudet: 25-250 m<sup>3</sup>

LNG kapasiteetti: 11,2-111,6 tonnia

Suunnittelusäädökset: EN13458 + EN13445

Rakenne: kaksinkertainen kuori, sisäsäiliö erikoisteräksestä (samoin putkitukset)

## LIITTEET

Liite 1. Selvitys biokaasun teknisistä käyttömahdollisuuksista ja taloudellisuudesta (excel)

Liite 2. Verotuksen ja lainsäädännön muutosten vaikutusten arviointi

## LÄHTEET

- Budjettitarjoukset, luottamuksellisia:
  - Bright Biomethane
  - Chart Industries
  - Chemet S.A
  - Jahotec Oy
  - Metener Oy
  - Sarlin Oy
  - Shijiazhuang Enric Gas Equipment Co., Ltd.
  - Stirling Cryogenics
  - Wärtsilä Oy
- Energiateollisuus ry, Kaukolämmön keskihinta
- Gasum Oy, LBG hinta/kg
- Rambol Oy, Biometaanin lämpöarvo
- Stormossen Oy/Ab, Biometaanin tiheys
- Viafin Gas, OPEX
- Viafin Gas, CAPEX