



Simo Mäenpää

NESTEYTETYN BIOKAASUN TUOTANTO MAATALOUDEN SYÖTTEISTÄ

VERTAILU HAJAUTETUN JA KESKITETYN NESTEYTYKSEN VÄLILLÄ

Centria-ammattikorkeakoulu
BioKaMa-hanke

2023

Centria. Raportteja ja selvityksiä, 73.

Simo Mäenpää

NESTEYTETYN BIOKAASUN TUOTANTO MAATALOUDEN SYÖTTEISTÄ

VERTAILU HAJAUTETUN JA KESKITETYN NESTEYTYKSEN VÄLILLÄ

Centria-ammattikorkeakoulu
BioKaMa-hanke

2023



JULKAISIJA:

Centria-ammattikorkeakoulu
Talonpojankatu 2, 67100 Kokkola

TAITTO: Centria-ammattikorkeakoulun viestintäpalvelut

KANNEN KUVA: Simo Mäenpää 2024

Centria. Raportteja ja selvityksiä, 73.

ISSN 2342-933X

ISBN 978-952-7173-89-3

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	5
2	NESTEYTETTY BIOMETAANI.....	6
3	KULUTTAJALLE KOHDISTUVAT HYÖDYT BIOMETAANISTA.....	7
4	BIOMETAANIN NESTEYTYSTEKNOLOGIA.....	8
4.1	STIRLING-JÄÄHDYTYS.....	8
4.2	NESTEMÄISELLÄ TYPELLÄ JÄÄHDYTTÄMINEN.....	9
5	MAATILALLA TUOTETUN BIOMETAANIN NESTEYTYS.....	12
5.1	STIRLING-JÄÄHDYTYKSEEN PERUSTUVA JALOSTUS.....	13
5.1.1	TOIMINNAN KANNATTAVUUS MAATILOILLE.....	14
5.2	NESTEYTYKSEN KANNATTAVUUS KESKITETYSSÄ NESTEYTYSLAITOKSESSA.....	14
5.3	NESTEMÄISELLÄ TYPELLÄ JÄÄHDYTTÄMINEN.....	16
6	NESTEYTETYN BIOMETAANIN HINTA.....	18
	LÄHTEET.....	19
	LIITTEET.....	21

1 JOHDANTO

Tämä raportti on laadittu osana Biokaasua ja biometaanin maataloilta eli BioKaMa-hanketta. Hanke on rahoitettu Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta: Eurooppa investoi maaseutualueisiin. Toteuttajina hankkeessa ovat olleet Centria-ammattikorkeakoulu, Oulun ammattikorkeakoulu sekä Koulutuskuntayhtymä OSAO. Toteutusajka on ollut 1.1.2020 – 31.12.2023.

Tässä raportissa tarkastellaan nesteytetyn biometaanin tuotantoa hajautetulla biokaasun ja nesteytyksen toimintamallilla sekä hajautetulla biokaasun tuotannolla käyttäen nesteytykseen keskitettyä laitosta. Pohjana tarkastelulle on BioKaMa-hankkeessa toteutettu kysely, jonka tuloksien pohjalta syötemäärät sekä niiden sijainnit ovat raportin laatijan tiedossa. Kyselyn vastauksia ei raportissa esitellä tietoturvaan perustuvien syiden vuoksi, mutta vastauksien perusteella saadut tulokset esitetään siinä muodossa, että niiden perusteella voi saada selville oleellisesti tulokseen vaikuttavat muuttajat.

Raportissa esitellään Stirling-tekniikkaan perustuva nesteytys sekä nestemäisellä tyypellä tapahtuva nesteytys. Tekniikka sekä toimintaperiaatteet laitteille esitellään lyhyesti. Toimintamallien osalta tarkastellaan kustannuksia niiden tekijöiden osalta, jotka aiheuttavat oleellista eroa mallien välillä. Raportissa saatu kustannus nesteytykselle pätee ainoastaan tässä raportissa esitetyssä ympäristössä, joten kustannukset voivat olla oleellisesti erilaisia toisenlaisessa ympäristössä.

BioKaMa-hankkeen aikana on keskusteltu useiden laitevalmistajien kanssa ja vierailtu monissa biokaasua tuottavissa kohteissa. Tämä on tuonut kirjoittajalle paljon arvokasta tietoa, joka toimii näkemyksellisenä pohjana myös tässä raportissa. Raportin tiedot on kuitenkin pääasiallisesti koottu kirjallisesti tai muuten julkisesti saatavilla olevista lähteistä.

2 NESTEYTETTY BIOMETAANI

Biometaani on biokaasusta jalostettu maakaasua vastaava kaasu, eroten siitä uusiutuvan alkuperän osalta. Maakaasu on fossiilinen polttoaine, joka sisältää ei ilmakehän kiertäessä mukana olevaa hiiltä, biometaani taas on tuotettu biopohjaisesta materiaalista ja siinä oleva hiili on ilmakehän kiertäessä mukana olevaa hiiltä, joten biometaani ei tuota ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta kasvattavia päästöjä. Biometaanin erottaa biokaasusta metaanipitoisuus, joka on biometaanissa korkeampi ollen noin 95 %. Biokaasun energiasisältö on riippuvainen palavien kaasujen pitoisuudesta, joka on yleensä huomattavasti matalampi biokaasussa verrattuna biometaanin, esimerkiksi lehmän lannasta tuotettu biokaasu sisältää tavanomaisesti palamatonta hiilidioksidia noin 40 %. Biokaasun sisältämät eri aineet käyttäytyvät toisistaan poikkeavilla tavoin lämpötilan ja paineen muuttuessa, joten biokaasun jalostaminen biometaaniksi on välttämättömyys kaasua paineistettaessa korkeisiin paineisiin tai nesteyttäessä. (Mäenpää 2022.)

Biometaanin energiatiheys normaalissa ilmakehän paineessa on noin 10 kWh kuutiometriä kohden tai 13,9 kWh/kg (Stormossen). Tätä voidaan verrata esimerkiksi koivupilkkeen energiatihyteen, joka on pinokuutiossa noin 1700 kWh (Bioenergianeuvoja.fi.) ja todeta energiatihyden olevan tilavuusmittaan verrattuna heikko.

Biometaanin tilavuudellisen energiatihyden kasvattamiseksi voidaan kaasua paineistaa tai nesteyttää. Suuremmalla paineella vaikuttaa energiatihyteen kasvattavasti, mahdollistaen saman massallisen ainemäärän pakkaamisen pienempään tilavuuteen. Nesteytyksessä kaasumaisessa olomuodossa oleva aine muutetaan nestemäiseen olomuotoon. Nestemäisessä olomuodossa aineen tiheys on suurempi verrattuna kaasumaisessa olomuodossa olevaan aineeseen, joten metaanin tapauksessa tällöin myös energiatiheys kasvaa huomattavasti ollen noin 600 kertaa suurempi verrattuna ilmakehän paineessa olevaan metaaniin kaasun. (Mäenpää 2022.)

Nesteytetty biometaani poikkeaa monilta ominaisuuksiltaan kaasumaisesta biometaanista, huomattavin poikkeus on muuttunut olomuoto. Seuraavaksi esitellään lyhyesti nestemäisen biometaanin ominaisuuksia. Normaalissa ilmakehän paineessa metaanin kiehumispiste on $-161,6\text{ °C}$, joka muuttuu paineen vaikutuksesta. Paineen ollessa suurempi kuin normaali ilmakehän paine, kiehumispiste nousee lähemmäksi 0 °C , mutta säilyy silti huomattavasti sitä matalammissa lämpötiloissa. (The Engineering ToolBox.) Nesteytetyn biometaanin lämpötila on lähes aina ympäristöönsä matalammassa lämpötilassa, joten metaanin pitäminen nestemäisessä olomuodossa vaatii hyvin eristettyjä säiliöitä. Yleensä käytetään ns. kaksoisrakenteisia säiliöitä, joka tarkoittaa sitä, että säiliö rakentuu kahdesta vaipasta, joiden välissä on tyhjiö eli säiliö vastaa rakenteeltaan termospulloa. (Mäenpää 2022.)

Nesteytetty biometaani on useita erilaisia jalostusportaita sisältävä tuote, jonka alkuperä on biokaasureaktorista ulos virtaavassa raakakaasussa. Raakakaasusta puhdistetaan ensin biokaasua, joka jalostetaan biometaaniksi. Biometaaniksi jalostamisen jälkeen voidaan tuote, joko nesteyttää tai paineistaa. (Mäenpää 2022.) Biometaanin nesteyttäminen biokaasulaitoksissa on vielä hyvin harvinaista, mutta nesteytykseen löytyy useita ratkaisuja, joista kaksi esitellään myöhemmin raportissa.

3 KULUTTAJALLE KOHDISTUVAT HYÖDYT BIOMETAANISTA

Biometaanin energiatiheuden nostaminen mahdollistaa biometaanin hyödyntämisen käyttökohteissa, jotka vaativat suurta energiatihelyttä. Esimerkiksi ajoneuvokäytössä energia on kuljetettava mukana ja tällöin energiatiheys vaikuttaa suoraan siihen, kuinka pitkiä matkoja ajoneuvolla voidaan operoida tai kuinka suuria hyötykuormia voidaan kuljettaa tietyn etäisyyden päähän. (Mäenpää 2022.) Edellä kerrotusta syystä pitkillä matkoilla operoivat ajoneuvoyhdistelmät sekä laivaliikenne ovat kiinnostuneita erityisesti nesteytetystä metaanista. Energiatiheyden kasvattaminen luo uudenlaista lisäarvoa metaanille, joka konkretisoituu soveltuvuutena aikaisempaa useampiin käyttösovelluksiin. Käyttösovelluksesta saatava hyöty vaikuttaa lopulta myös tuotteen hintaan. (Hemminki 2023.)

Edellisessä luvussa kerrottiin biometaanin olevan polttoaine, jonka alkuperä on biopohjaisissa materiaaleissa. Hiilidioksidin määrän kasvun ilmakehässä uskotaan aiheuttavan maapallon lämpenemistä ja tästä syystä päästöille, jotka aiheuttavat pitoisuuden kasvua on asetettu monenlaisia rajoitteita. Yrityksille nämä rajoitteet ja määräykset näkyvät erilaisina maksuina ja toimintaa vaativina muutoksina, jotka aiheuttavat lisääntyviä kuluja fossiilisia polttoaineita käytettäessä. Biometaanin avulla voidaan korvata useita fossiilisia polttoaineita, ja alkuperästään johtuen samalla voidaan välttää fossiilisen energian käytöstä aiheutuvat päästöt sekä näistä määräytyvät maksut. Biometaanin arvoa mietittäessä on näistä kuluista vapautuminen yksi arvoa lisää tuova komponentti. Päästökaupan tavoitteena on ohjata toimintaa siten, että päästöjen vähentyminen tapahtuu siellä ja niillä keinoin, joka mahdollistaa edullisimmin päästöjen vähentämisen (Eilittä, Härmälä & Tirkkonen).

Biometaanin tuotanto pohjautuu useimmiten vahvasti kiertotalouden periaatteisiin, joten toiminta on useilla mittareilla tarkastellen vastuullista. Ihmisten tai yritysten teot, sanojen sijasta, lopulta määrittävät sen, mitkä ovat oikeasti vallitsevat arvot. Yritykset ja organisaatiot viestivät usein ekologisuudesta tai ympäristöystävällisyydestä ja tällöin heidän toimintansa olisi myös vastattava tätä viestiä. Eräänä konkreettisenä toimenpiteenä, jolla arvoa voi toteuttaa, on siirtyminen fossiilisesta energiasta biometaanin käyttöön. Biometaanin käytöllä on tällöin myös arvoa, joiden tarkka rahallinen arvo on vaikeaa mitata. Kysymys on siitä, onko yritys luotettava ja vastaa niihin lupauksiin, mitä on antanut. Onko yrityksen toiminta rehellistä ja voiko asiakas luottaa yrityksen antamiin lupauksiin. (Hekkala & Julin 2019, 37-38). Tämän lupauksen mahdollistamiseksi tarvitaan useissa toimitissa nesteytettyä biometaani, joten käytölle voidaan nähdä kasvua myös erilaisen arvoihin liittyvien lupauksen kautta.

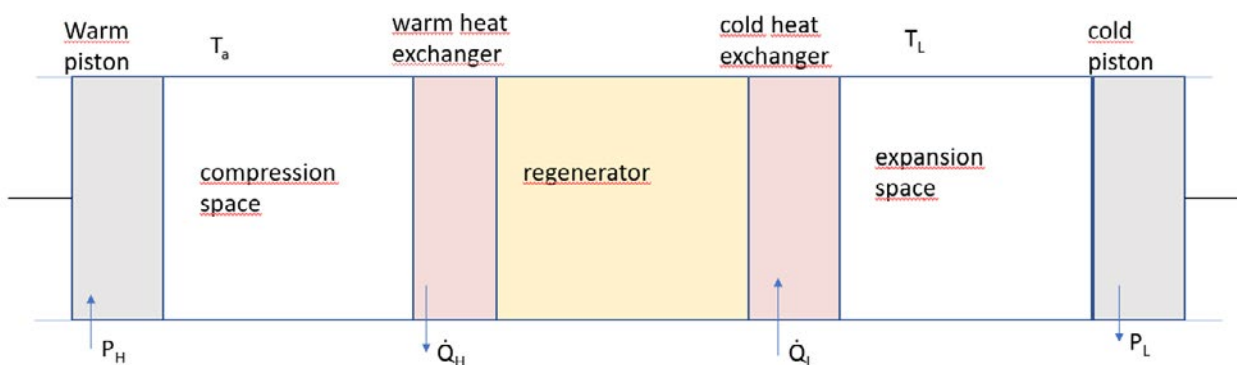
4 BIOMETAANIN NESTEYTYSTEKNOLOGIA

Tässä luvussa esitellään lyhyesti biometaanin nesteytysratkaisu Stirling-periaatteella sekä Centria- ammattikorkeakoulussa Habitus-hankkeessa kehitetyllä ratkaisulla, jossa metaanin lämpö siirretään lämmönvaihtimen avulla nestemäiseen tyypeen. Spoof-Tuomen raportissa pienen mittakaavan ratkaisuksi nesteytyksessä ymmärretään alle 500 tonnia vuorokaudessa nesteytettyä biometaania tuottavat laitokset, mikroratkaisut alle 75 tonnia vuorokaudessa ja nanomittakaava alle 10 tonnia vuorokaudessa tuottavat laitokset (Spoof-Tuomi 2020). Mäenpään kyselyssä maatilalla syntyvistä syötteistä, tiloilla, jotka haluavat tuottaa biokaasua itsenäisesti, syntyy biometaania keskimäärin 0,311 tonnia vuorokaudessa (Mäenpää 2023a). Mittakaavaluokitukset verrattuna kyselyn tuloksiin kertovat siitä, että useimpien nesteytysratkaisujen taustalla ei ole suomalaisella maatilalla tapahtuva biokaasun tuotanto. Tästä seuraa se, että kaupallisesti soveltuvia ratkaisuja on toistaiseksi niukasti tarjolla maataloille. Toisaalta samaan aikaan voidaan löytää tutkimustoimintaa, jonka tuloksena mittakaava näyttää olevan tulossa aikaisempaa pienempään kokoluokkaan. Tulevaisuudessa saattaa olla mahdollista nesteyttää biometaania nykyistä useammalla maatilalla verrattuna nykytilanteessa olevan teknologian tarjoamiin mahdollisuuksiin.

4.1 STIRLING-JÄÄHDYTYS

Stirling-kiertoa voidaan hyödyntää teknisiin ratkaisuihin lämmön- ja kylmäntuotannossa tai voimantuotannossa. Voimantuotannon ollessa kyseessä voidaan puhua Stirling-moottorista. Otto- tai dieselmoottorissa palaminen tapahtuu sylinterin sisällä ja tähän verrattuna huomattavin ero on Stirling-moottorissa sylinterin ulkopuolella tapahtuva palaminen. Sylinterin ulkopuolella tapahtuvan palamisen etuna verrattuna sylinterin sisällä tapahtuvaan palamiseen on mm. erilaisien polttoaineiden tai lämmönlähteiden helpompi soveltaminen moottorin energianlähteeksi. Lämmönlähteenä voivat toimia Stirling-moottorissa poiketen otto- tai dieselmoottorista esimerkiksi aurinkoenergia tai säteilyenergia. (Duan, Dubey, Choo, Sanders & Wang 2016.)

Kuvassa 1. on alla esitetty Stirling-kierron toiminta jäähdytyskäytössä. Jäähdytyksessä männän liikuttamiseen tarvitaan voimanolähde, joka voi olla esimerkiksi, polttomoottori, pyörivä vesi- tai tuuliturbiini, sähkömoottori tai mikä tahansa muu pyörintäliikkeen aiheuttava voimakone. Spoof-Tuomi toteaa, että jäähdytysyksi voidaan kuvata koostuvan kahdesta vakio-tilavuudessa tapahtuvasta prosessista sekä kahdesta isotermissessä tilassa tapahtuvasta prosessista (Spoof-Tuomi 2020). Isoterminen prosessi tarkoittaa tilannetta, jossa paine sekä tilavuus muuttuvat, mutta samaan aikaan lämpötila pysyy vakiona (Havu 2019).



Kuva 1. Stirling-jäähdytyn (Mukaillen Spoof-Tuomi 2020, 19)

Spoof-Tuomen raportin mukaan jäähdytysyksi voidaan jakaa seuraaviin vaiheisiin:

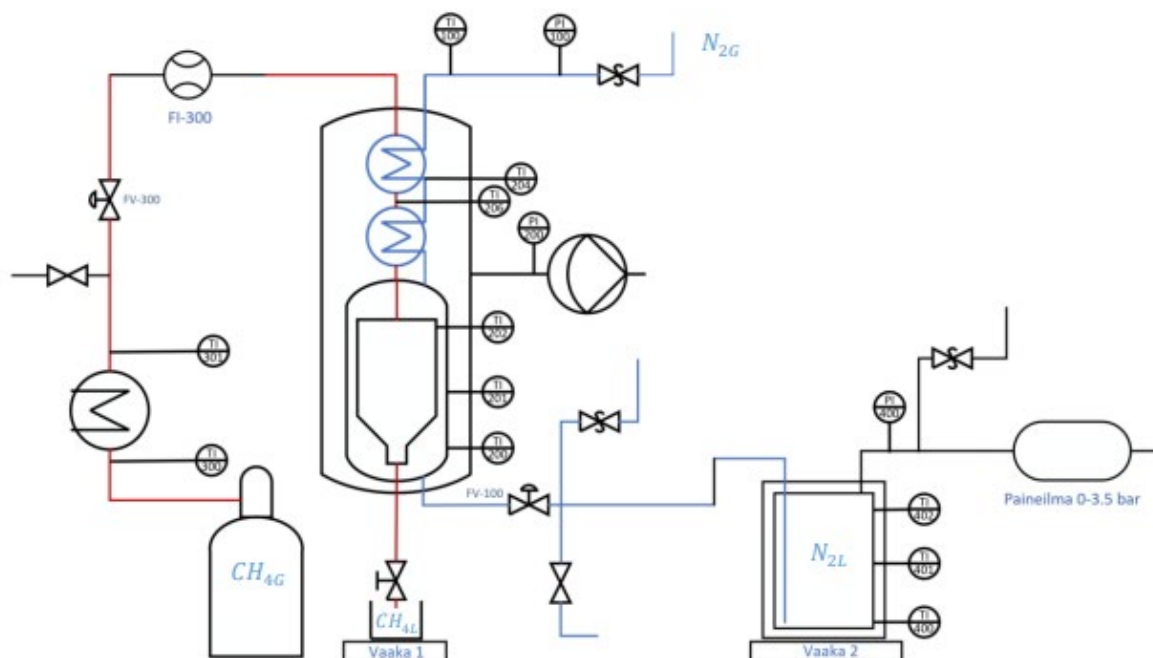
1. Isoterminen puristus ympäristön lämpötilassa, lämmön siirtyessä ympäristöön.
2. Regeneratiivinen jäähdytys vakio-tilavuudessa, lämpö siirtyy kiinteään regeneraattoriin.
3. Isoterminen laajeneminen
4. Regeneratiivinen lämmitys vakio-tilavuudessa, lämpö siirtyy regeneraattorista sylinterin sisällä olevaan aineeseen. (Spoof-Tuomi 2020, 19.)

Stirling -jäähdyttimessä käytetään yleensä työaineena Helium -kaasua mm. matalan lämpökapasiteetin sekä useiden muiden ominaisuuksien, kuten sen syövyttämättömyyden ja palamattomuuden vuoksi (Karabulut, Çınar, Öztürk & Yücesu 2010, Luku 1). Spoof-Tuomen mukaan viimeisen 4. vaiheen päätyttyä työaine on samassa tilassa kuin syklin alussa ja kierto aloitetaan alusta. Metaanin nesteytyksessä syöttökaasuna käytettävä metaani virtaa kylmän lämmönvaihtimen lävitse luovuttaen lämpöään, jonka seurauksena kaasu lopulta nesteytyy. (Spoof-Tuomi 2020, 19.)

Stirling-syklin avulla voidaan toteuttaa laajasti eri kokoluokissa toimivia jäähdytysratkaisuja moniin käyttösovelluksiin (Spoof-Tuomi 2020, 20). Stirling-sykliä on tutkittu laajasti ja sitä on sovellettu useissa erilaisissa käytännön sovelluksissa. Voimakoneena Stirling-moottoria on tutkittu mm. Nasan toimesta auton moottorina (Ernst & Shaltens 1997). Moottoria on sovellettu Ruotsissa armeijan käyttöön rakennettuihin sukellusveneisiin, jossa erittäin suurena etuna on ollut Stirling-moottorille ominainen vähäinen värinä sekä erittäin pieni käyntiääni (Saab AB 2015). Ruotsissa moottoria on sovellettu myös aurinkoenergiasta tuotettavan sähkön tuotantoon, jossa paraabelisten peilien avulla on keskitetty lämpösäteily moottorin kuumaan päähän (Kumarankandath 2015). Lisäksi Stirling-moottoriin perustuvia sovelluksia voi löytää esimerkiksi mikroCHP-yksiköistä (Sommer 2011), jotka voivat olla yksi sovelluskohde taas biokaasun hyödyntämiseksi energiantuotantoon. Stirling-periaatetta voidaan hyödyntää useisiin erilaisiin sovelluksiin, joten toimintaperiaatetta on tutkittu laajasti ja useasta erilaisesta näkökulmasta tarkastellen. Tavoitteen ollessa kylmäntuotanto, voidaan tätä aikaisempaa tutkimustietoa hyödyntäen valmistaa luotettavia ja tehokkaasti toimivia jäähdytykseen soveltuvia laitteita.

4.2 NESTEMÄISELLÄ TYPellä JÄÄHDYTTÄMINEN

Kaasumaisessa olomuodossa olevan biometaanin muuttaminen nestemäiseen muotoon tapahtuu siirtämällä metaanissa olevaa lämpöä pois niin paljon, että metaani muuttuu nestemäiseen olomuotoon. Kuvassa 2 on seuraavalla sivulla esitetty, kuinka Habitus-hankkeessa kehitetty laite siirtää metaanin sisältämän lämmön tyyppeen. Laitteen voi havaita vastaavan toiminnaltaan lämmönvaihdinta. Laitteessa nestemäinen typpi lämpenee, jolloin aine alkaa muuttua kaasumaiseen muotoon. Typpi paineistetaan laitteistossa 4,5 bar_g, (mittaripaine, jossa paineen nolllakohta on riippuvainen ympäröivästä ilmapaineesta.) jonka ansiosta typen kiehumispiste muuttuu. Kiehumispisteen muuttamisen avulla tavoitellaan laitteessa sitä, että typpi kaasuuntuu ennen kuin metaani voi muuttua olomuodoltaan kiinteään muotoon. (Ojala 2023, 3-4.)



Kuva 2. Nesteytyslaitteiston prosessikaavio (Ojala 2023, 4.)

Laitteiston avulla suoritettiin Centria-ammattikorkeakoulussa useita koeajoja. Koeajojen tuloksien avulla havaittiin laitteen toimivan halutulla tavalla. Typen kulutukseksi saatiin 3,36 kg nestemäistä typpeä / 1 kg nesteytettyä metaania. (Ojala, 2023.)

Seuraavalla sivulla kuvasta 3. voi havaita rakennetun laitteen olevan ulkomitoiltaan suhteellisen pieni, vastaten noin kahta tavallista jääkaappia. Laitteiston oikean puoleisessa osassa olevaa säiliönmuotoista osaa kutsutaan reaktoriksi. Reaktorin uloin säiliö on sisäiseltä paineeltaan tyhjiö, ja se sisältää yläosassa olevat kaksi levylämmönvaihdinta ja alaosassa olevan nesteytys säiliön. Kaasumaisessa olomuodossa oleva metaani virtaa ensin levylämmönvaihtimien lävitse luovuttaen osan lämmöstään kaasumaisessa muodossa ulos virtaavaan typpiin. Nesteytys säiliössä on ulompi säiliö, joka täytetään nestemäisellä typpellä sekä sisempi säiliö, joka täyttyy lämmönvaihtimilta sisään virtaavasta kaasumaisesta metaanista. Metaani luovuttaa lämpöä nesteytyessään sisäkkäisten säiliön seinämän lävitse typpiin höyrystäen sitä. Nesteytynyt metaani laskeutuu painovoimaisesti säiliön alaosaan, josta se virtaa avoimen venttiilin lävitse ulos laitteesta. Nestemäisen typen määrää mitataan lämpötilaan perustuvilla mittauksilla, jonka avulla laitteiston vasemmalla puolella oleva automaatiokeskus säätää typen täyttöä.



Kuva 3. Nesteytyslaitteisto Centrian laboratoriossa (Mäenpää 2024.)

Habitus-hankkeessa nesteytyslaitteiston lisäksi kehitettiin hiilidioksidin talteenottoa, joka toimii myös biometaanin jalostuslaitteistona. Aikaisemmin kuvissa esitetty laitteisto on ainoastaan biometaanin nesteytyslaitteisto, joten biokaasu on ensin jalostettava ja puhdistettava ennen nesteytystä. Habitus-hankkeessa hiilidioksidin talteenotto-/jalostuslaitteistosta saatiin lupaavia tuloksia ja Centria-ammattikorkeakoulussa tullaan jatkamaan laitteiston kehitystyötä Haave-hankkeessa.

Ojalan raportissa kerrotaan, että hiilidioksidin talteenottolaitteisto hyödynsi nestemäistä typpeä toiminnassaan, muuttaen biokaasun sisältämän hiilidioksidin kuivajään muotoon. Laitteiston toiminta perustui syklonin muotoon,

jonka avulla metaania raskaampi hiilidioksidi saadaan virtaamaan syklonin ulkopinnalla, metaanin taas virratessa keskiosassa syklonia. Syklonin ulkopinta jäähdytetään nestetyypen avulla, jolloin lähellä kylmää pintaa oleva kaasumaisessa olomuodossa oleva hiilidioksidi luovuttaa lämpönsä ja härmistyy jäähtyessään kuivajään muotoon. Metaani taas virtaa keskiosassa syklonia ulos laitteesta jäähtyneenä kaasuna. Testien aikana hiilidioksidi saatiin muuttumaan laitteistossa kiinteään olomuotoon. Kehittämisen kohteeksi jäi laitteiston osalta hiilidioksidin poiston toteuttaminen sekä kylmään pintaan tarttuvan kuivajään irrottamisen ratkaiseminen syklonin seinämistä. (Ojala 2023, Luku 3.)

Habitus-hankkeessa kehitetty hiilidioksidin jalostuslaitteisto on rakenteeltaan yksinkertainen ja edullisesti toteuttavissa oleva verrattuna nyt kaupallisesti saatavissa oleviin jalostuslaitteistoihin. Lisäksi useat markkinoilla oleva laitteet eivät ole varustettu hiilidioksidin talteenotolla. Ojalan raportissa kerrotaan, että teoreettinen nestetyypen tarve 50 % metaania ja 50 % hiilidioksidia sisältävällä 1 kg kaasuseokselle olisi 4,42 kg nestetyyppeä (Ojala 2023, 13-14). Nesteyttäessä 1 kg metaania teoreettinen nestetyypen tarve on 2,41kg (Ojala 2023, 6). Lukemia tarkastellessa on syytä muistaa kyseessä olevan teoreettiset tarpeet, joten laite tulee tarvitsemaan näitä lukemia enemmän nestetyyppeä toimintaansa. Aikaisemmin esitettiin nestetyypen tarve metaanin nesteytyksessä laboratorioskokeissa, ja tästä voi havaita nestetyypen määrän kasvavan huomattavasti teoreettiseen tarpeeseen verrattuna. Samalla lukemaa katsoessa on muistettava, että hyötysuhde saattaa muuttua hiilidioksidin talteenoton kuuluessa varustukseen, joten lukeman avulla ei voi suoraan arvioida mahdollista nestetyypen määrän tarvetta.

5 MAATILALLA TUOTETUN BIOMETAANIN NESTEYTYYS

Tässä luvussa tarkastellaan ratkaisua, jossa Mäenpään kyselyyn vastanneet omaa biokaasun tuotantoa suunnittelevat maatilat investoivat biokaasulaitokset omille tiloilleen ja myyvät tuottamansa biometaanin yhdessä omistamalleen osuuskunnalle. Osuuskunta jalostaa biometaanin nestemäiseen muotoon aiemmin esiteltyjä teknologioita käyttäen.

Maatilat muodostavat kaksi toisistaan erillään olevaa aluetta. Toiminta jaetaan maantieteellisesti pohjoiseen ja eteläiseen alueeseen. Tuotantoalueen syötteet ja tuotanto ovat esitelty taulukoissa 1. ja 2. tilakohtaisesti.

Taulukko 1. Pohjoisen alueen tilat, tiloilta muodostuvat syötteet ja biometaanin laskennallinen potentiaali.

	Naudan lietelanta	Sian lietelanta	Hävikkirehu	Kesanto	Sato	Nurmiyht	CH4 m ³	MWh	CH4 m ³ /h
Tila 1	0	4500	0	0	0	0	81000	810	9,246575
Tila 2	7000	0	100	1	2,3775	102,3775	114009,2	1140,092	13,01475
Tila 3	3200	0	30	0	0	30	50640	506,4	5,780822
Tila 4	3500	0	12	76	180,69	192,69	69456,72	694,5672	7,928849
Tila 5	3000	0	20	0	0	20	46760	467,6	5,3379
Tila 6	3000	0	80	5	11,8875	91,8875	53086,1	530,861	6,060057
Tila 7	3000	0	20	0	0	20	46760	467,6	5,3379
yht	22700	4500	262	82	194,955	456,955	461712	4617,12	52,70685
Tilojen Keskiarvo 659,5886 MWh									

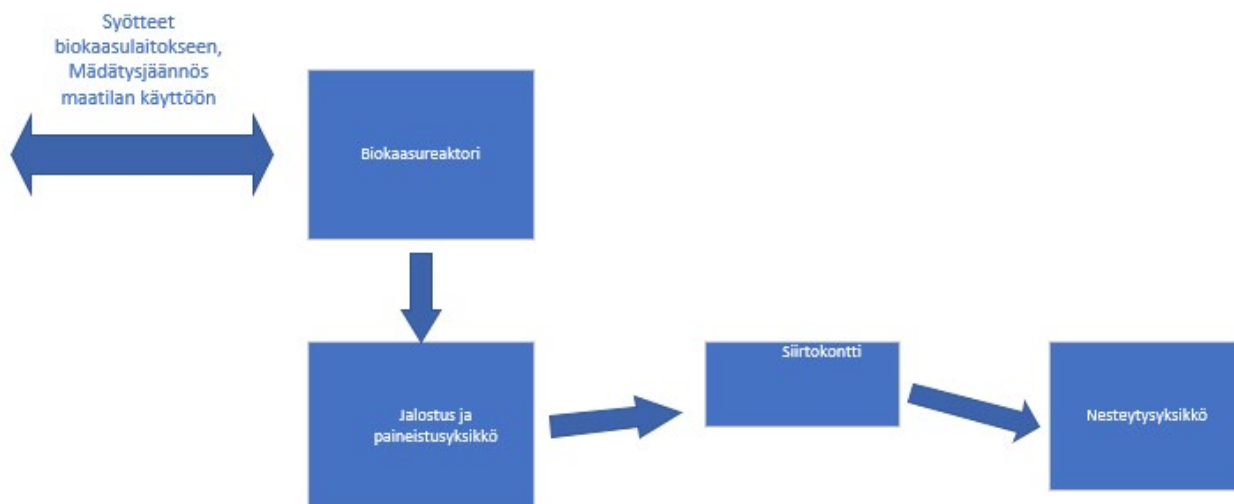
Taulukko 2. Eteläisen alueen tilat, tiloilta muodostuvat syötteet ja biometaanin laskennallinen potentiaali.

	Naudan lietelanta	Sian lietelanta	Hävikkirehu	Kesanto	Sato	Nurmiyht	CH4 m ³	MWh	CH4 m ³ /h
Tila 1	20000	0	50	0	0	50	304400	3044	34,74886
Tila 2	13000	0	50	100	237,75	287,75	220322	2203,22	25,15091
Tila 3	7000	0	100	0	0	100	113800	1138	12,99087
Tila 4	7760	0	100	0	0	100	125200	1252	14,29224
Tila 5	7000	0	20	0	0	20	106760	1067,6	12,18721
	54760	0	320	100	237,75	557,75	870482	8704,82	99,37009
Tilojen Keskiarvo 1740,964 MWh									

5.1 STIRLING-JÄÄHDYTYKSEEN PERUSTUVA JALOSTUS

Stirling-jäähdytyksen mittakaava skaalautuu Spoof-Tuomen mukaan 2-5 t/päivä nesteytettävää metaania (Spoof-Tuomi 2020, 25). Edellisellä sivulla olevista taulukoista 1. ja 2. voimme havaita, että Pohjoinen ja Eteläinen tuotantoalue tuottaa vuodessa yhteensä 13321,9 MWh energiaa biometaanin muodossa. Kuten aiemmin kerrottiin biometaanin sisältää energiaa 13,9 kWh/kg. Voimme tällöin laskea, että tuotetun biometaanin massallinen määrä on vuodessa 958,41 t, joten keskimäärin vuorokautta kohden tuotannon määrä olisi 2,625 t. Osuuskunnan tuottaman biometaanin

määrä on tällöin tasolla, joka mahdollistaa Stirling-tekniikan hyödyntämisen nesteyttämisen teknologiana. Kuvassa 4. alla on kuvattu prosessi, jossa maatilat tuottavat biometaanin mautiloilla, ja paineistettu biometaanin siirretään konteilla keskitettyyn yhdessä omistettuun nesteytyslaitokseen.



Kuva 4. Nesteytetyn biometaanin tuotantoprosessi

5.1.1 Toiminnan kannattavuus maatiloille

Biokaasun tuottamisen ja sen jalostamisen kustannukset biometaaniksi ovat lähes yhtäläiset, tapahtui nesteytys keskitettyssä tai hajautetuissa yksiköissä. Laitostoimittajilta saatujen tietojen perusteella biometaania voidaan maatilalta myydä eteenpäin noin 100 €/MWh hinnalla, jota tässä raportissa käytetään biometaanin hintana tuottajalta osuuskunnalle.

Biokaasun tuotannon kannattavuutta tarkasteltiin lisäksi Luonnonvarakeskuksen biolaskurilla (Luonnonvarakeskus 2022), joka vahvisti hintanäkemyksen oikean suuntaiseksi. Liitteessä 1-4 on esitelty laskurilla tehtyjä laskentoja seuraavan kaltaisissa tapauksissa:

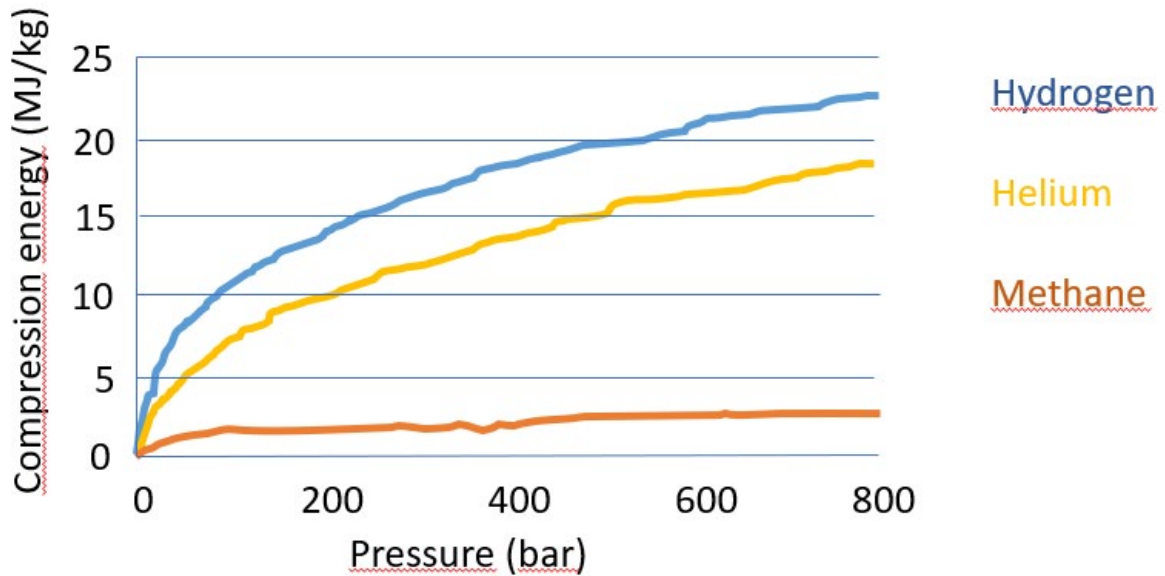
1. Tila, joka tuottaa energiamäärällisesti pienimmän määrän biometaania. Biometaanin hinta on liian alhainen, eikä toiminta ole kannattavaa ilman hinnan korotusta tai tilan ulkopuolelta saatavia lisäyötteitä.
2. Tila, joka on valittu satunnaisesti ja on hieman keskimääräistä tilaa suurempi pohjoisemmalla tuotantoalueella. Takaisinmaksuaika 7,98 vuotta, joten investointi on mahdollinen.
3. Pohjoinen tuotantoalue keskimääräisesti. Takaisinmaksuaika 12,5 vuotta.
4. Eteläinen tuotantoalue keskimääräisesti. Takaisinmaksuaika 3 vuotta.

Liitteessä esiteltyjen tulosten pohjalta voimme saada sellaisen käsityksen, että aikaisemmin esitellyistä tiloista kolme ovat sellaisia, joiden biometaanin tuotanto on liian matalalla tasolla. Poistamalla nämä tilat osuuskunnasta, olisi tuotannon määrä päivässä tällöin keskimäärin 2,34 t metaania, joten näiden tilojen pois jääminen ei estäisi nesteytysaseman perustamista. Tässä raportissa kuitenkin oletamme, että maatilat onnistuvat löytämään ratkaisun, joka mahdollistaa heille kannattavan biokaasun tuotannon ja pidämme nämä tilat mukana laskelmissa.

Biokaasun jalostustekniikoita on olemassa useita erilaisia ja tekniikasta riippuen biokaasua joudutaan Greenen artikkelissa esittämässä tekniikoissa paineistamaan 0,05–15 barin paineeseen. Esitellyistä jalostusmenetelmissä membraaneihin perustuva tekniikka vaatii korkeimman paineen ja amiinipesu matalimman. (Greene 2018.) BioKaMa-hankkeessa tehtyjen laitosvierailujen aikana, kirjoittajalle on muodostunut käsitys, että Suomessa mautiloilla käytetään yleisimmin biometaanin jalostamiseen membraani- tai vesipesutekniikkaa. Konttien täyttämiseksi jalostuksen jälkeen biometaani on vielä korotettava korkeampaan paineeseen kuin täyteen lastatussa kontissa on painetta. Liitteenä olevissa esimerkki laskelmissa paineistaminen on sisällytetty mautilojen tehtäväksi toiminnaksi, jonka jälkeen osuuskunta huolehtii kuljettamisesta ja nesteyttämisestä.

5.2 NESTEYTYKSEN KANNATTAVUUS KESKITETYSSÄ NESTEYTYSLAITOKSESSA

Keskitettyssä nesteytysratkaisussa biometaani on ensin kuten aiemmin on kerrottu, siirrettävä maatilalta nesteytyslaitokseen. Siirtämiseen käytetään kontteja, jotka täytetään paineistamalla kaasu 200 – 300 bar paineeseen. Tässä tarkastelussa painetasoksi on valittu 200 bar. Alla olevasta kuvasta 5. voi havaita, että paineistuksessa painetason nosto vaikuttaa ainoastaan vähäisesti energiankulutukseen, joten biometaanin jalostuslaitteiston toimintaperiaatteen riippuen kontin täyttäminen ei välttämättä vaadi juurikaan enempää paineistukseen käytettävää energiaa, mutta painetason nostamiseksi vaaditaan investointi kompressoriin, joka kykenee nostamaan biometaanin paineen korkeampaan tasoon.



Kuva 5. Vedyn, heliumin ja metaanin paineistuksen energian kulutus (Mukaiillen Elberry, A., Larmi, M., Santasalo-Aarnio, A. & Tahkur, J. 2021, 5.)

Korkeamman painetaso avulla siirtokonttiin saadaan mahtumaan enemmän kaasua, joten konttien painetaso kannattaa olla korkea siirtosuorituksen ollessa suuri. Molempien tuotantoalueiden siirtäessä kaasua nesteytyslaitokseen, saadaan kokonaisuudessaan kuljetussuoritteeksi 38021 tonnikilometriä vuodessa. Siirrettävän kaasun määrä on vuodessa kaikkiaan 958 tonnia. Tällöin voimme laskea, että kaasua siirretään vuodessa keskimäärin 39,69 km/tonni. Siirtosuorituksen määrään vaikuttaa siirrettävien tonniin määrä ja keskimääräinen etäisyys siirtotoniin suhteutettuna. Nesteytyslaitoksen sijainti tässä laskelmassa valittiin siten, että se olisi jo olemassa olevalla teollisuusalueella ja keskimääräistä siirrettävää tonnia kohden sijainti olisi keskeisesti.

Suomen Biovoima Oy kertoo internetsivuillaan, että yhteen 20' koukkulavakonttiin mahtuu kaasua 200 bar paineessa 2667 kg (Suomen Biovoima Oy 2019). Kontin siirtokapasiteetilla jakamalla siirrettävän kaasun määrä, voidaan havaita, että siirrettävän kaasun määrä on vuodessa 359 konttia.

Välimäen raportissa arvioidaan, että kaasunsiirto käytettävän kontin elinikä on noin 20 vuotta (Välimäki 2021, 36). BioKaMa-hankkeessa tiedusteltiin siirtokonttien hintoja, mutta saadut tiedot ovat luottamuksellisia, joten niitä ei tässä yhteydessä esitetä. Tiedustelujen perusteella kirjoittaja arvioi kuitenkin siirtokontin hinnan olevan noin 140 000 €, vaihdellen hieman molempiin suuntiin. Siirtokontteja ostetaan kaksi kappaletta, joten siirtokontit aiheuttava yhteensä 280 000 € investoinnin.

Tekniikan alalla lasketaan kustannuksia usein tasoitetun tuotantokustannuksen periaatetta käyttäen. Tällä periaatteella laskettaessa pääomakustannukset muutetaan vuosikustannuksiksi annuiteettimenetelmää hyödyntäen. Käyttämällä 20 vuoden pitoaikaa ja 6 % korkoa voimme laskea konteista aiheutuvan pääomakustannuksia 1,83 €/MWh.

Macon Oy:n raportissa on esitetty konttisiirrosta aiheutuvien kustannusten muuttujat. Taulukossa 3. esiteltujen muuttujien avulla voimme laskea kaasun siirrosta aiheutuvan toiminnallisia kustannuksia, jotka ovat yhteensä 25,98 €/MWh.

Taulukko 3. Muuttujat konttien siirrosta aiheutuvien kustannusten laskentaan (mukaiillen Macon 2022.)

Nouto aika	0,1667	h
Ajo	65	km/h
kytkentä	0,1667	h
ADR-auton tuntihinta	90	€/h

Kokonaisuudessaan kaasun siirtämisestä aiheutuvat kustannukset ovat pääomakustannukset summattuna toiminnallisilla kustannuksilla. Näiden summana saamme kaasun siirtämisen kokonaiskustannukseksi 27,81 €/MWh.

Stirling-tekniikalla nesteytyksen tasoitettua tuotantoa kustannusta on arvioitu Spoof-Tuomen raportissa käyttäen laitteiston pitoaikana 20 vuotta ja korkona 5 %. Raportissa on esitelty toiminnalliset kustannukset tarkemmin, eikä niitä tässä yhteydessä esitetä. Tasoitetuksi tuotantokustannukseksi on nesteytykselle saatu kokonaisuudessaan 18,83 €/

MWh. (Spoof-Tuomi 2020, Luku 5,2.)

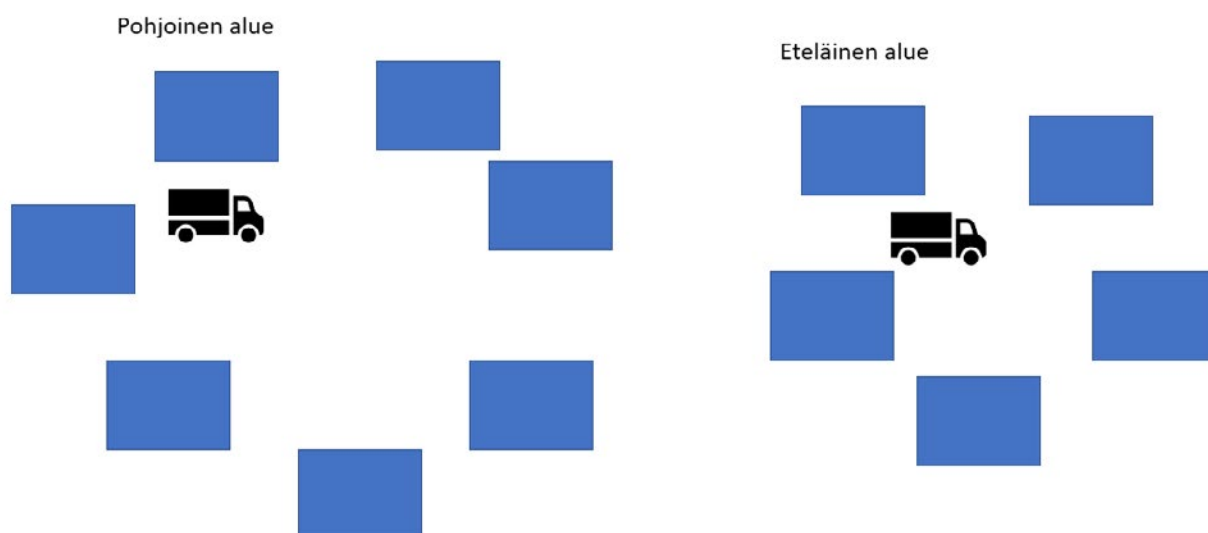
Nesteytyksestä aiheutuvat kokonaiskustannukset ovat tällöin kaasun siirtämisestä aiheutuvat kustannukset summattuna nesteytyksen kustannukset. Kokonaiskustannukseksi saamme tällöin 46,64 €/MWh. Tuotannon vuosittainen taso oli 13 322 MWh, joten voimme arvioida tällöin vuosikustannusten olevan noin 621 338 €.

5.3 NESTEMÄISELLÄ TYPELLÄ JÄÄHDYTTÄMINEN

Nestemäisellä tyellä biometaanin jalostaminen kaasumaisesta muodosta nestemäiseen muotoon voidaan suorittaa ilman biometaanin kuljetusta keskitettyyn nesteytyslaitokseen. Tästä seuraa, että paineistetun kaasun siirron kustannukset voidaan välttää, jolloin toimintaan saadaan kustannusetuja.

Habitus-hankkeessa Mäenpään raportissa arvioitiin Keski-Pohjanmaalla biometaanin nesteytyksen liiketoiminnallista kannattavuutta ja toiminta todettiin laskennallisesti kannattavaksi. Laskennassa osuuskunta tuotti biometaania kaikkiaan 7018 MWh. (Mäenpää 2023b.) Määrä on huomattavasti pienempi verrattuna tässä raportissa olevaan 13 322 MWh tuotantoon.

Aikaisemmin raportissa esiteltiin pohjoinen ja eteläinen alue. Nestemäisellä tyellä jäähdyttäessä jokainen maatila tarvitsee nestemäistä tyettä, joka kuljetetaan tilalle säiliökuljetuksella, lisäksi tuotettu metaani noudetaan säiliökuljetuksilla. Tuotannon määrän kasvaessa suureksi toimintaa kannattaa jakaa maantieteellisesti pienempiin alueisiin alla olevan kuvan 6. mukaisesti. Jaon seurauksena typen jakelu ja metaanin nouto reitin pituus lyhenee sekä samalla jako ja noutoerien yksikkömäärät pysyvät suurina. Tästä seuraa, että kuljetuksen aiheuttamat kustannukset pysyvät matalampana verrattuna siihen, että toiminta säilytettäisiin yhtenä suurena kokonaisuutena.



Kuva 6. Typen jakelu sekä nestemäisen metaanin keräily suoritetaan alue-kohtaisesti

Raportissa kerrottiin aiemmin typen kulutuksen olevan 3,36 kg/1 kg metaania. Aiemmin kerrottiin myös, että metaania tuotetaan vuodessa 958 tonnia. Voimme tällöin laskea, että tyettä tarvitaan kaikkiaan 3218,88 tonnia/vuosi. Mäenpään raportissa typen hinnaksi on esitetty ilman kuljetusta 80 €/t (Mäenpää 2023b, 12) Spoof-Tuomen raportissa taas typen hinnaksi on esitetty 80-120 €/t sisällyttäen hintaan kuljetuksen (Spoof-tuomi 2020, 34). Kirjoittajan näkemys on, että tuottajien ostaessa typen yhteisen organisaation kautta typen hinta olisi noin 100 €/t sisällyttäen tähän kulje-

tuksesta aiheutuvat kustannukset. Tällöin voimme laskea, että tyypin hankinnasta aiheutuu osuuskunnalle kaikkiaan 321 888 € kustannukset vuodessa, joka tarkoittaisi 24,16 €/MWh kustannusta.

Mäenpään raportissa arvioidaan nesteytyslaitteiston ja tähän sisältyvien säiliöiden maksavan yhteensä 130 000 € (Mäenpää 2023b, Liite 1). Laitteiston avulla kyetään nesteyttämään 15 Nm³/h metaania. Taulukossa 1. ja 2. on esitelty tilojen tuottama metaanin määrä vuodessa. Arvioimalla laitteiston käyttöajan olevan vuodessa noin 7800 h, voidaan tietojen perusteella laskea laitteistojen tarpeen olevan yhteensä 14 kpl. Laitteistojen hankinnasta aiheutuu tällöin kustannuksia 1 820 000 €. Voimme kokonaisinvestoinnin tarpeesta laskea tasoitettun tuotantokustannuksen pääomalle, jolloin saamme 10,96 €/MWh.

Nestemäisellä tyypellä laskettuna kokonaiskustannukset ovat summaamalla toiminnalliset kustannukset pääomakustannuksilla, jolloin kokonaisuudessaan nesteytyksen kustannus on 35,12 €/MWh.

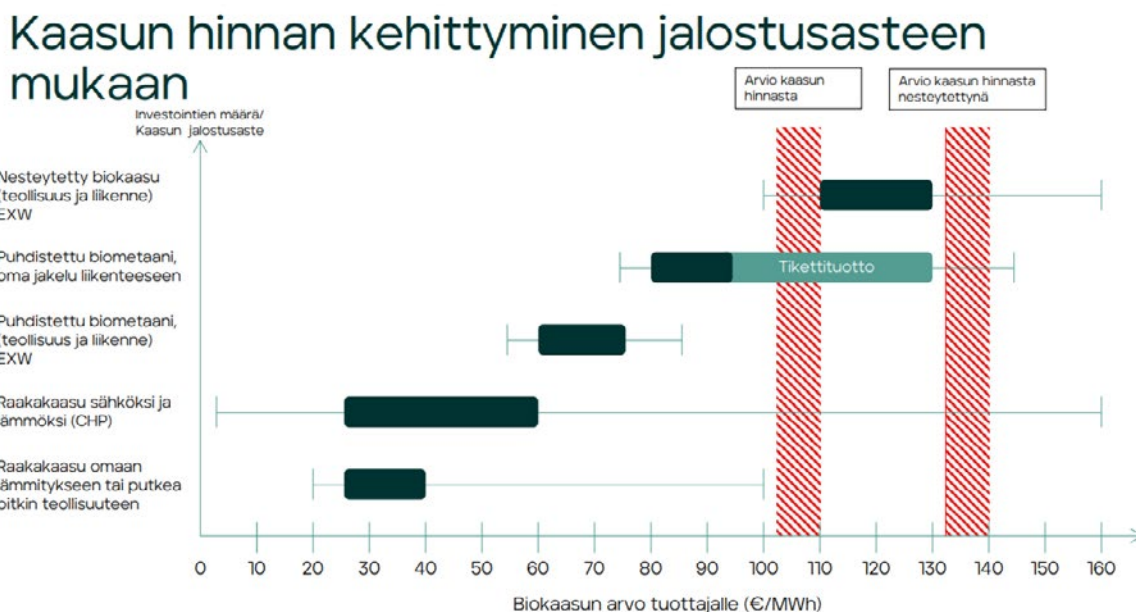
6 NESTEYTETYN BIOMETAANIN HINTA

Warren Buffetin kertoo 1968 vuoden sijoittajakirjeessään, että hinta on se, mitä maksat ja arvo on se, mitä saat (Buffett, 1969). Arvo voi perustua useisiin erilaisiin asioihin, kuten tässäkin työssä on aiemmin lyhyesti kerrottu. Aiemmin esiteltyjen asioiden lisäksi arvoa eri kuluttajille voivat luoda hyvin monet erilaiset asiat. Tämän voi havaita pelkästään käymällä kaupassa ja löytämällä useita sellaisia tuotteita, joille ei itse kykene näkemään minkäänlaista arvoa, mutta koska tuotteita on kaupassa, niin arvattavissa on se, että joku muu näkee näille tuotteille arvoa enemmän kuin niillä on hintaa.

Warren Buffett on tunnettu arvosijoittaja ja lauseellaan hän on viitannut osakkeiden valintaan eli lause pitää sisällään oletuksen yrityksen kyvystä tuottaa taloudellista arvoa. Yrityksen kyky tuottaa taloudellista arvoa ja yleisesti vääristynyt hinta näkemys siitä voi perustua esimerkiksi käynnissä olevaan muutostrendiin. Muutoksien vaikutuksien merkitystä ei useinkaan laajasti ymmärretä yrityksen kassavirran kannalta, mutta yksittäisellä arvosijoittajalla voi olla tästä oma näkemys. Tällöin hintaa suhteutetaan yrityksen kykyyn tuottaa voittoa pitkällä aikavälillä ja näkemykseen perustuen hinta nähdään ostajan kannalta houkuttelevana, joten yksittäinen sijoittaja voi tällöin pitää hintaa edullisena verrattuna siitä saatavissa olevaan arvoon.

Biokaasun hintaa tarkastellessa on, kuten arvosijoittajankin, järkevää tarkastella nyt saatavilla olevan hinnan lisäksi erilaisia tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa tulevaisuudessa saatavissa olevaan hintaan. Päästökaupalla sekä liikenteen polttoaineisiin kohdistuvalla tikkikaupalla tulee esimerkiksi olemaan suuri vaikutus biometaanin hintaan, lisäksi vetytalous voi tuoda yllättäviä uusia mahdollisuuksia biometaanin käytölle, mutta samalla se voi tuoda mukanaan kilpailevan vaihtoehdon biometaanille.

Kuvassa 7. on Wegan luoma näkemys biokaasun hinnan muutoksista jalostusasteen mukaan. Raportissa tarkasteltiin aiemmin nesteytyksen vaikutusta kustannuksiin, olettaen maatilalla tuotettavan biometaanin hinnan olevan 100 €/MWh. Stirling-jalostuksella kustannuksia aiheutui 46,64 €/MWh, joten kannattavan toiminnan aikaansaamiseksi on hinnan oltava yli 147 €/MWh. Nestemäisellä tyypellä tapahtuvassa jäähdyttämisessä taas hinnan olisi oltava vähintään 136 €/MWh.



Kuva 7. Biokaasun jalostus kasvattaa arvoa käyttäjälle, joka nostaa tuottajan mahdollisuutta korkeampaan hinnoitteluun. (Wega. 2023.)

Kuvaa 7. tarkistelemalla voimme havaita, että markkinoilta on mahdollista löytää ostajia, jotka arvostavat biometaanin sellaiseen hintaan, joka mahdollista kannattavan tuotannon edellisessä kappaleessa esitetylle hintavaatimukselle. Toisaalta kuvaa katsomalla voimme päästä myös sellaiseen käsitykseen, että ilman pitkäaikaista myyntisopimusta ostajan kanssa tuottajalla on suuri hinta riski, jonka toteuttaminen voi muuttaa tuotannon kannattamattomaksi.

LÄHTEET

- Bioenergianeuvoja.fi. Tyypillisiä polttoaineiden tehollisia lämpöarvoja ja tiheyksiä. Saatavissa: <https://www.bioenergianeuvoja.fi/faktaa/biopolttoaineiden-muuntokertoimia/>. Viitattu: 23.11.2023.
- Buffett, W. 1969. Letter to Shareholders 1968. Saatavissa: <https://www.ivey.uwo.ca/media/2975913/buffett-partnership-letters.pdf>. Viitattu: 4.12.2023.
- Duan, F., Dubey, S., Choo, F., Sanders, S & Wang, K. 2016. Stirling cycle engines for recover low and moderate temperature heat: A review. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211630048X>. Viitattu: 23.11.2023.
- Greene, P. 2018. Basic Of Biogas Upgrading. Biocycle. Saatavissa: <https://www.biocycle.net/basics-biogas-upgrading/>. Viitattu: 29.11.2023.
- Eilittä, E., Härmälä, V & Tirkkonen, J. Päästökauppa. Työ- ja elinkeinoministeriö. Saatavissa: <https://tem.fi/paastokauppa>. Viitattu: 23.11.2023.
- Elberry, A., Larmi, M., Santasalo-Aarnio, A. & Tahkur, J. 2021. Large-scale compressed hydrogen storages as part of renewable electricity storage system. Saatavissa: [International Journal of Hydrogen Energy | ScienceDirect.com by Elsevier](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360591721000000). Viitattu 28.11.2023.
- Ernst, W. & Shaltens, R. 1997. Automotive Stirling Engine Development Project. National aeronautics and space administration. Saatavissa: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19970012689/downloads/19970012689.pdf>. Viitattu 23.11.2023.
- Havu, V. 2019. Termodynamiikka lämpövoimakoneen selittäjänä. Dimensio. Saatavissa: <https://dimensiolehti.fi/termodynamiikka-lampvoimakoneen-selittajana/>. Viitattu 23.11.2023.
- Hekkala, K. & Julin, V. 2019. Liikkumispalveluiden liiketoiminnan mallintaminen arvontuoton näkökulmasta. Helsinki. Metropolia ammattikorkeakoulu. Insinööriyö. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/166891/Hekkala_Katriina_Julin_Ville.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Viitattu 23.11.2023.
- Hemminki, T. 2023. Hemminki esitelmä Wega Grop Oy:n suunnitelmista. Nivalan biokaasulaitoksen keskustelutilaisuus 30.8.2023.
- Karabulut., Çınar, Öztürk. & Yücesu. 2010. Torque and power characteristics of a helium charged Stirling engine with a lever controlled displacer driving mechanism. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148109001888>. Viitattu 23.11.2023.
- Kumarankandath, A. 2015. New solar technology from Sweden claims to be the most efficient. Down To Earth. Saatavissa: <https://www.downtoearth.org.in/news/energy/new-solar-technology-from-sweden-claims-to-be-the-most-efficient-49795>. Viitattu 23.11.2023.
- Luonnonvarakeskus. 2022. Biokaasulaskuri. Saatavissa: <https://maatalousinfo.luke.fi/fi/laskurit/biogas>. Viitattu: 29.11.2023.
- Macon Oy. 2022. Biokaasun tuotanto maatalouden tarpeisiin. Saatavissa: http://oamk.fi/images/Hankkeet/KASVU/Osaraportti_4_Biokaasun_jalostus_ja_kytt1.pdf. Viitattu: 29.11.2023.
- Mäenpää, S. 2022. Biokaasu – Uusiutuvaa energiaa Pohjois-Pohjanmaalta. Centria Bulletin. Saatavissa: <https://centriabulletin.fi/biokaasu-uusiutuvaa-energiaa/>. Viitattu: 23.11.2023.
- Mäenpää, S. 2023a. Webropol-kysely maataloilille 2020-2023.
- Mäenpää, S. 2023b. Virtuaaliosuuskunta liiketoimintasuunnitelma. Saatavissa: <https://net.centria.fi/wp-content/uploads/2022/03/VIRTUAALIOSUUSKUNTA-liiketoimintasuunnitelma.-Maenpaa-2023.pdf>. Viitattu: 29.11.2023.
- Mäenpää, S. 2024. Nesteytysyksikkö Centrian laboratorioissa.

Ojala, M. 2023. Toteutus selvitys biokaasun jalostamisesta nestemäisellä tyypellä. Kokkola. Centria-ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <https://net.centria.fi/wp-content/uploads/2022/03/TOTEUTETTAVUUSSELVITYS-BIOKAASUN-JALOSTAMISESTA-NESTEMÄISELLÄ-TYPELLÄ-Ojala-2023.pdf>. Viitattu: 23.11.2023.

Saab AB. 2015. The secret to the world's most silent submarine. Saatavissa: <https://www.saab.com/newsroom/stories/2015/march/the-secret-to-the-worlds-most-silent-submarine>. Viitattu 23.11.2023

Sommer, K. 2011. Micro-Combined Heat and Power (Micro-CHP) Appliances for one- or two-family houses for more energy efficiency. Federal of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations. Saatavissa: <https://www.rehva.eu/rehva-journal/chapter/micro-combined-heat-and-power-micro-chp-appliances-for-one-or-two-family-houses-for-more-energy-efficiency>. Viitattu 23.11.2023.

Spoof-Tuomi, K. 2020. Techno-economic analysis of biomethane liquefaction processes. Vaasa: Vaasan yliopisto Tekniikan ja innovaatiojohtamisen yksikkö. Saatavissa: https://www.uwasa.fi/sites/default/files/2020-12/Techno_economic_analysis_of_biomethane_liquefaction_processes.pdf. Viitattu: 23.11.2023.

Suomen Biovoima Oy. 2019. Kaasunsiirtokonttien kokoluokat. Saatavissa: <https://biovoima.com/ratkaisut/kaasunsiirtokontit>. Viitattu: 29.11.2023.

Stoormossen. Biokaasu liikennepolttoaineena. Saatavissa: <https://www.stoormossen.fi/lisatietoa-biokaasusta/>. Viitattu: 23.11.2023.

The Engineering ToolBox. Methane – Thermophysical Properties. Chemical, Physical and Thermal Properties of methane – CH₄. Phase diagram included. Saatavissa: https://www.engineeringtoolbox.com/methane-d_1420.html. Viitattu: 23.11.2023.

Välimäki, S. 2021. Biokaasun hyödyntämismahdollisuudet Pohjanmaalla. Biokaasuputki Pohjanmaalla – Toteuttavuus ja kustannusten arviointi. Saatavissa: <https://www.uwasa.fi/sites/default/files/2021-09/Kaasuputki%20Pohjanmaalle%20-%20toteutettavuus%20ja%20kustannusten%20arviointi.pdf>. Viitattu: 27.11.2023.

Wega. 2023. KASE Biletti -hanke työpaketti 3: Biokaasulaitoksen teknistaloudellisen toteutettavuuden arviointi, Kaustisten seutukunta. Saatavissa: https://kaustisenseutu.fi/site/assets/files/9076/julkinen_biokaasulaitoksen_teknistaloudellinen_selvitys_-_loppuraportti_v3.pdf. Viitattu: 4.12.2023.

YHTEENVETO BIOKAASUSUUNNITELMASTA

Syötteen		
Syötelista		
Naudan lietelanta	3 000	t/a
Säilörehu (nurmiheinät)	20	t/a
Syötteen yhteensä		
Yhteismäärä	3 020	t/a
Kuiva-aineen määrä	276	t/a
Kuiva-ainepitoisuus	9,14	%
Laimennusveden määrä	0	m ³ /a
Tekniikka		
Reaktori		
Orgaaninen kuormitus	2,09	kg VS / (m ³ d)
Reaktorin viipymä	35	d
Reaktorin nestetilavuus	290	m ³
Varastointitilan tarve		
Separoitu nestejäte	2 397	m ³
Separoitu kuivajäte	666	m ³
Energia		
Yleistiedot		
Biokaasun energiasisältö	374 307	kWh
Kaasuteho	43	kW
Tuotetun biokaasun/raakakaasun tilavuus	58 025	m ³
Sähköteho (CHP)	0	kW (sähkö)
Lämpöteho (CHP)	0	kW (lämpö)
Lämpöteho (lämpökattila)	0	kW (lämpö)
Lämmön tuotanto		
Tuotettu määrä	0	kWh
Laitoksen kulutus	102 101	kWh
Oman yrityksen kulutus	0	kWh
Myyntipotentiaali	-102 101	kWh
Sähkön tuotanto		
Tuotettu määrä	0	kWh
Laitoksen kulutus	85 859	kWh
Oman yrityksen kulutus	0	kWh
Myyntipotentiaali	-85 859	kWh

Biokaasun käyttö/myynti raakakaasuna		
Raakakaasun energiasisältö	0	kWh
Biometaani		
Puhdistetun kaasun energiasisältö	366 821	kWh
Tuotettu määrä kiloina	26 390	kg
Ravinteet		
Nestejäte	2 657	t
Kuiva-aine	4,32	%
Kokonaistyyppi (N)	4,62	kg / t (tuorepaino)
Liukoinen typpi	3,23	kg / t (tuorepaino)
Fosfori (P)	0,73	kg / t (tuorepaino)
Kalium (K)	4,58	kg / t (tuorepaino)
Kuivajäte	295	t
Kuiva-aine	31,82	%
Kokonaistyyppi (N)	9,75	kg / t (tuorepaino)
Liukoinen typpi	4,35	kg / t (tuorepaino)
Fosfori (P)	2,67	kg / t (tuorepaino)
Kalium (K)	5,09	kg / t (tuorepaino)
Liukoisen tyypin lisääntyminen biokaasuprosessissa	1 175	kg
Tuotot		
Energia		
Korvaushyöty sähkön omasta käytöstä	0	€/a
Korvaushyöty lämmön omasta käytöstä	0	€/a
Sähköenergian myynti	0	€/a
Lämpöenergian myynti	0	€/a
Liikennepolttoaineen myynti omalta tankkausasemalta	39 585	€/a
Siirto ja myynti kaasuna	0	€/a
Porttimaksulliset syötteet		
Porttimaksullinen syöte	0	€/a
Käsittelyjäännöksen lannoitusarvo		
Liukoisen tyypin lisääntyminen	1 468	€/a
Tuotot yhteensä	41 053	€/a
Kustannukset		
Syötteet ja käsittelyjäännös		
Rehun tuotanto ja varastointi	0	€/a

Rehun murskaus ja lastaus	0	€/a
Kuivajakeen separointi syötteeksi ja käsittely	0	€/a
Kiinteän raaka-aineen jatkokäsittely, esim. murskaus ja lastaus	0	€/a
Lietemäisen raaka-aineen jatkokäsittely	0	€/a
Raaka-aineen kuljetus	0	€/a
Käsittelyjäännöksen rahti ja levitys	0	€/a
Ostohyödykkeet		
Ostosähkö	12 879	€/a
Kemikaali- ja käyttövesikustannukset	0	€/a
Ylläpito-, huolto- ja korjauskustannukset		
CHP	0	€/a
Liikennekaasun jalostus	6 705	€/a
Tankkausasema	1 200	€/a
Laitoksen muu tekniikka ja rakenteet ml. kaasukattila	3 322	€/a
Konetyö	0	€/a
Päivittäinen työ (tarkastus + pienet korjaukset)	4 525	€/a
Hallinnollinen työ	2 000	€/a
Vakuutukset ja muut kulut		
Vakuutus	3 730	€/a
Muu kustannus	0	€/a
Kustannukset yhteensä	39 465	€/a
Investoinnit		
Investointihinta ilman tukea (alv 0 %)		
Biokaasulaitos (sis. lämpökattilan)	610 500	€
CHP-yksikkö	0	€
Kaasun puhdistus ja paineistus	135 300	€
Tankkausasema	14 000	€
Käsittelyjäännöksen separointi ruuvipuristimella	0	€
Separoidun kuivajakeen varastointi	0	€
Investointi ilman tukea yhteensä	610 500	€
Investointikustannus tuen jälkeen (alv 0 %)		
Tuki	50	%
Tuen määrä	305 250	€
Investointikustannus tuen jälkeen	305 250	€
Kannattavuus		

Annuiteettimenetelmä		
Laskentakorkokanta	4	%
Investoinnin annuiteetti tuki huomioiden	-26 514	€
Kate	1 588	€
Tulos	-24 925	€
Takaisinmaksuajan menetelmä		
Takaisinmaksuaika tuki huomioiden	192,17	a

YHTEENVETO BIOKAASULAITOSSUUNNITELMASTA

Syötteet		
Syötelistä		
Sian lietelanta	4 500	t/a
Syötteet yhteensä		
Yhteismäärä	4 500	t/a
Kuiva-aineen määrä	369	t/a
Kuiva-ainepitoisuus	8,20	%
Laimennusveden määrä	0	m ³ /a
Tekniikka		
Reaktori		
Orgaaninen kuormitus	1,92	kg VS / (m ³ d)
Reaktorin viipymä	35	d
Reaktorin nestetilavuus	432	m ³
Varastointitilan tarve		
Separoitu nestejäte	3 533	m ³
Separoitu kuivajäte	981	m ³
Energia		
Yleistiedot		
Biokaasun energiasisältö	806 337	kWh
Kaasuteho	92	kW
Tuotetun biokaasun/raakakaasun tilavuus	124 052	m ³
Sähköteho (CHP)	0	kW (sähkö)
Lämpöteho (CHP)	0	kW (lämpö)
Lämpöteho (lämpökattila)	0	kW (lämpö)
Lämmön tuotanto		
Tuotettu määrä	0	kWh
Laitoksen kulutus	149 586	kWh
Oman yrityksen kulutus	0	kWh
Myyntipotentiali	-149 586	kWh
Sähkön tuotanto		
Tuotettu määrä	0	kWh
Laitoksen kulutus	96 255	kWh
Oman yrityksen kulutus	0	kWh
Myyntipotentiali	-96 255	kWh
Biokaasun käyttö/myynti raakakaasuna		

Raakakaasun energiasisältö	0	kWh
Biometaan		
Puhdistetun kaasun energiasisältö	790 210	kWh
Tuotettu määrä kiloina	56 850	kg
Ravinteet		
Nestejake	3 921	t
Kuiva-aine	3,17	%
Kokonaistyyppi (N)	4,28	kg / t (tuorepaino)
Liukoinen typpi	3,38	kg / t (tuorepaino)
Fosfori (P)	0,81	kg / t (tuorepaino)
Kalium (K)	1,74	kg / t (tuorepaino)
Kuivajake	436	t
Kuiva-aine	23,35	%
Kokonaistyyppi (N)	9,03	kg / t (tuorepaino)
Liukoinen typpi	4,54	kg / t (tuorepaino)
Fosfori (P)	3,00	kg / t (tuorepaino)
Kalium (K)	1,93	kg / t (tuorepaino)
Liukoisen typen lisääntyminen biokaasuprosessissa	2 169	kg
Tuotot		
Energia		
Korvaushyöty sähkön omasta käytöstä	0	€/a
Korvaushyöty lämmön omasta käytöstä	0	€/a
Sähköenergian myynti	0	€/a
Lämpöenergian myynti	0	€/a
Liikennepolttoaineen myynti omalta tankkausasemalta	79 021	€/a
Siirto ja myynti kaasuna	0	€/a
Porttimaksulliset syötteet		
Porttimaksullinen syöte	0	€/a
Käsittelyjäännöksen lannoitusarvo		
Liukoisen typen lisääntyminen	2 711	€/a
Tuotot yhteensä	81 732	€/a
Kustannukset		
Syötteet ja käsittelyjäännös		
Kuivajakeen separointi syötteeksi ja käsittely	0	€/a
Kiinteän raaka-aineen jatkokäsittely, esim. murskaus ja lastaus	0	€/a

Lietemäisen raaka-aineen jatkokäsittely	0	€/a
Raaka-aineen kuljetus	0	€/a
Käsittelyjäännöksen rahti ja levitys	0	€/a
Ostohyödykkeet		
Ostosähkö	14 438	€/a
Kemikaali- ja käyttövesikustannukset	0	€/a
Ylläpito-, huolto- ja korjauskustannukset		
CHP	0	€/a
Liikennekaasun jalostus	6 705	€/a
Tankkausasema	1 200	€/a
Laitoksen muu tekniikka ja rakenteet ml. kaasukattila	3 928	€/a
Konetyö	0	€/a
Päivittäinen työ (tarkastus + pienet korjaukset)	4 525	€/a
Hallinnollinen työ	2 000	€/a
Vakuutukset ja muut kulut		
Vakuutus	3 730	€/a
Muu kustannus	0	€/a
Kustannukset yhteensä	44 005	€/a
Investoinnit		
Investointihinta ilman tukea (alv 0 %)		
Biokaasulaitos (sis. lämpökattilan)	602 300	€
CHP-yksikkö	0	€
Kaasun puhdistus ja paineistus	146 800	€
Tankkausasema	68 400	€
Käsittelyjäännöksen separointi ruuvipuristimella	0	€
Separoidun kuivajakeen varastointi	0	€
Investointi ilman tukea yhteensä	602 300	€
Investointikustannus tuen jälkeen (alv 0 %)		
Tuki	50	%
Tuen määrä	301 150	€
Investointikustannus tuen jälkeen	301 150	€
Kannattavuus		
Annuiteettimenetelmä		
Laskentakorkokanta	4	%
Investoinnin annuiteetti tuki huomioiden	-26 667	€

Kate	37 727	€
Tulos	11 060	€
Takaisinmaksuajan menetelmä		
Takaisinmaksuaika tuki huomioiden	7,98	a

YHTEENVETO BIOKAASULAITOSSUUNNITELMASTA

Syötteen			
Syötelista			
Naudan lietelanta	5 300	t/a	
Säilörehu (nurmiheinät)	20	t/a	
Syötteen yhteensä			
Yhteismäärä	5 320	t/a	
Kuiva-aineen määrä	483	t/a	
Kuiva-ainepitoisuus	9,08	%	
Laimennusveden määrä	0	m ³ /a	
Tekniikka			
Reaktori			
Orgaaninen kuormitus	2,08	kg VS / (m ³ d)	
Reaktorin viipymä	35	d	
Reaktorin nestetilavuus	510	m ³	
Varastointitilan tarve			
Separoitu nestejäte	4 224	m ³	
Separoitu kuivajäte	1 173	m ³	
Energia			
Yleistiedot			
Biokaasun energiasisältö	649 473	kWh	
Kaasuteho	74	kW	
Tuotetun biokaasun/raakakaasun tilavuus	100 358	m ³	
Sähköteho (CHP)	0	kW (sähkö)	
Lämpöteho (CHP)	0	kW (lämpö)	
Lämpöteho (lämpökattila)	0	kW (lämpö)	
Lämmön tuotanto			
Tuotettu määrä	0	kWh	
Laitoksen kulutus	175 147	kWh	
Oman yrityksen kulutus	0	kWh	
Myyntipotentiaali	-175 147	kWh	
Sähkön tuotanto			
Tuotettu määrä	0	kWh	
Laitoksen kulutus	98 040	kWh	
Oman yrityksen kulutus	0	kWh	
Myyntipotentiaali	-98 040	kWh	

Biokaasun käyttö/myynti raakakaasuna		
Raakakaasun energiasisältö	0	kWh
Biometaan		
Puhdistetun kaasun energiasisältö	636 484	kWh
Tuotettu määrä kiloina	45 790	kg
Ravinteet		
Nestejae	4 684	t
Kuiva-aine	4,31	%
Kokonaistyyppi (N)	4,61	kg / t (tuorepaino)
Liukoinen typpi	3,23	kg / t (tuorepaino)
Fosfori (P)	0,73	kg / t (tuorepaino)
Kalium (K)	4,56	kg / t (tuorepaino)
Kuivajae	520	t
Kuiva-aine	31,73	%
Kokonaistyyppi (N)	9,73	kg / t (tuorepaino)
Liukoinen typpi	4,35	kg / t (tuorepaino)
Fosfori (P)	2,67	kg / t (tuorepaino)
Kalium (K)	5,08	kg / t (tuorepaino)
Liukoisen tyypin lisääntyminen biokaasuprosessissa	2 029	kg
Tuotot		
Energia		
Korvaushyöty sähkön omasta käytöstä	0	€/a
Korvaushyöty lämmön omasta käytöstä	0	€/a
Sähköenergian myynti	0	€/a
Lämpöenergian myynti	0	€/a
Liikennepolttoaineen myynti omalta tankkausasemalta	68 685	€/a
Siirto ja myynti kaasuna	0	€/a
Porttimaksulliset syötteet		
Porttimaksullinen syöte	0	€/a
Käsittelyjäännöksen lannoitusarvo		
Liukoisen tyypin lisääntyminen	2 536	€/a
Tuotot yhteensä	71 221	€/a
Kustannukset		
Syötteet ja käsittelyjäännös		
Rehun tuotanto ja varastointi	0	€/a

Rehun murskaus ja lastaus	0	€/a
Kuivajakeen separointi syötteeksi ja käsittely	0	€/a
Kiinteän raaka-aineen jatkokäsittely, esim. murskaus ja lastaus	0	€/a
Lietemäisen raaka-aineen jatkokäsittely	0	€/a
Raaka-aineen kuljetus	0	€/a
Käsittelyjäännöksen rahti ja levitys	0	€/a
Ostohyödykkeet		
Ostosähkö	14 706	€/a
Kemikaali- ja käyttövesikustannukset	0	€/a
Ylläpito-, huolto- ja korjauskustannukset		
CHP	0	€/a
Liikennekaasun jalostus	6 705	€/a
Tankkausasema	1 200	€/a
Laitoksen muu tekniikka ja rakenteet ml. kaasukattila	3 643	€/a
Konetyö	0	€/a
Päivittäinen työ (tarkastus + pienet korjaukset)	4 525	€/a
Hallinnollinen työ	2 000	€/a
Vakuutukset ja muut kulut		
Vakuutus	3 730	€/a
Muu kustannus	0	€/a
Kustannukset yhteensä	45 265	€/a
Investoinnit		
Investointihinta ilman tukea (alv 0 %)		
Biokaasulaitos (sis. lämpökattilan)	648 700	€
CHP-yksikkö	0	€
Kaasun puhdistus ja paineistus	142 700	€
Tankkausasema	44 800	€
Käsittelyjäännöksen separointi ruuipuristimella	0	€
Separoidun kuivajakeen varastointi	0	€
Investointi ilman tukea yhteensä	648 700	€
Investointikustannus tuen jälkeen (alv 0 %)		
Tuki	50	%
Tuen määrä	324 350	€
Investointikustannus tuen jälkeen	324 350	€
Kannattavuus		

Annuiteettimenetelmä		
Laskentakorkokanta	4	%
Investoinnin annuiteetti tuki huomioiden	-28 454	€
Kate	25 956	€
Tulos	-2 498	€
Takaisinmaksuajan menetelmä		
Takaisinmaksuaika tuki huomioiden	12,50	a

YHTEENVETO BIOKAASULAITOSSUUNNITELMASTA

Syötteet		
Syötelistä		
Naudan lietelanta	16 000	t/a
Säilörehu (nurmiheinät)	20	t/a
Syötteet yhteensä		
Yhteismäärä	16 020	t/a
Kuiva-aineen määrä	1 446	t/a
Kuiva-ainepitoisuus	9,03	%
Laimennusveden määrä	0	m ³ /a
Tekniikka		
Reaktori		
Orgaaninen kuormitus	2,06	kg VS / (m ³ d)
Reaktorin viipymä	35	d
Reaktorin nestetilavuus	1 536	m ³
Varastointitilan tarve		
Separoitu nestejäte	12 727	m ³
Separoitu kuivajäte	3 535	m ³
Energia		
Yleistiedot		
Biokaasun energiasisältö	1 929 556	kWh
Kaasuteho	220	kW
Tuotetun biokaasun/raakakaasun tilavuus	297 294	m ³
Sähköteho (CHP)	0	kW (sähkö)
Lämpöteho (CHP)	0	kW (lämpö)
Lämpöteho (lämpökattila)	0	kW (lämpö)
Lämmön tuotanto		
Tuotettu määrä	0	kWh
Laitoksen kulutus	509 078	kWh
Oman yrityksen kulutus	0	kWh
Myyntipotentiaali	-509 078	kWh
Sähkön tuotanto		
Tuotettu määrä	0	kWh
Laitoksen kulutus	154 711	kWh
Oman yrityksen kulutus	0	kWh
Myyntipotentiaali	-154 711	kWh

Biokaasun käyttö/myynti raakakaasuna		
Raakakaasun energiasisältö	0	kWh
Biometaan		
Puhdistetun kaasun energiasisältö	1 890 965	kWh
Tuotettu määrä kiloina	136 041	kg
Ravinteet		
Nestejäte	14 109	t
Kuiva-aine	4,30	%
Kokonaistyyppi (N)	4,60	kg / t (tuorepaino)
Liukoinen typpi	3,23	kg / t (tuorepaino)
Fosfori (P)	0,73	kg / t (tuorepaino)
Kalium (K)	4,55	kg / t (tuorepaino)
Kuivajäte	1 568	t
Kuiva-aine	31,66	%
Kokonaistyyppi (N)	9,71	kg / t (tuorepaino)
Liukoinen typpi	4,35	kg / t (tuorepaino)
Fosfori (P)	2,67	kg / t (tuorepaino)
Kalium (K)	5,06	kg / t (tuorepaino)
Liukoisen typen lisääntyminen biokaasuprosessissa	6 000	kg
Tuotot		
Energia		
Korvaushyöty sähkön omasta käytöstä	0	€/a
Korvaushyöty lämmön omasta käytöstä	0	€/a
Sähköenergian myynti	0	€/a
Lämpöenergian myynti	0	€/a
Liikennepolttoaineen myynti omalta tankkausasemalta	204 061	€/a
Siirto ja myynti kaasuna	0	€/a
Porttimaksulliset syötteet		
Porttimaksullinen syöte	0	€/a
Käsittelyjäännöksen lannoitusarvo		
Liukoisen typen lisääntyminen	7 500	€/a
Tuotot yhteensä	211 561	€/a
Kustannukset		
Syötteet ja käsittelyjäännös		
Rehun tuotanto ja varastointi	0	€/a

Rehun murskaus ja lastaus	0	€/a
Kuivajakeen separointi syötteen ja käsittely	0	€/a
Kiinteän raaka-aineen jatkokäsittely, esim. murskaus ja lastaus	0	€/a
Lietemäisen raaka-aineen jatkokäsittely	0	€/a
Raaka-aineen kuljetus	0	€/a
Käsittelyjäätännöksen rahti ja levitys	0	€/a
Ostohyödykkeet		
Ostosähkö	23 207	€/a
Kemikaali- ja käyttövesikustannukset	0	€/a
Ylläpito-, huolto- ja korjauskustannukset		
CHP	0	€/a
Liikennekaasun jalostus	6 705	€/a
Tankkausasema	1 200	€/a
Laitoksen muu tekniikka ja rakenteet ml. kaasukattila	5 134	€/a
Konetyö	0	€/a
Päivittäinen työ (tarkastus + pienet korjaukset)	4 525	€/a
Hallinnollinen työ	2 000	€/a
Vakuutukset ja muut kulut		
Vakuutus	3 730	€/a
Muu kustannus	0	€/a
Kustannukset yhteensä	71 954	€/a
Investoinnit		
Investointihinta ilman tukea (alv 0 %)		
Biokaasulaitos (sis. lämpökattilan)	837 200	€
CHP-yksikkö	0	€
Kaasun puhdistus ja paineistus	177 200	€
Tankkausasema	167 600	€
Käsittelyjäätännöksen separointi ruuvipuristimella	0	€
Separoidun kuivajakeen varastointi	0	€
Investointi ilman tukea yhteensä	837 200	€
Investointikustannus tuen jälkeen (alv 0 %)		
Tuki	50	%
Tuen määrä	418 600	€
Investointikustannus tuen jälkeen	418 600	€
Kannattavuus		

Annuiteettimenetelmä		
Laskentakorkokanta	4	%
Investoinnin annuiteetti tuki huomioiden	-37 882	€
Kate	139 608	€
Tulos	101 726	€
Takaisinmaksuajan menetelmä		
Takaisinmaksuaika tuki huomioiden	3,00	a

NESTEYTETYN BIOKAASUN TUOTANTO MAATALOUDEN SYÖTTEISTÄ

BioKaMa-hanke tutki biokaasun käytön sekä tuotannon mahdollisuuksia Pohjois-Pohjanmaalla. Maatilamittakaavassa eräänä keskeisenä ongelmana biokaasun tuotannon aloittamiselle on ollut markkinoille pääsemisen vaikeus. Ongelmaksi on muodostunut kaasun jalostaminen pienessä mittakaavassa siihen muotoon, mitä markkinat haluaisivat ostaa.

Tässä raportissa tarkastellaan biometaanin nesteyttämistä maatilamittakaavassa. Habitus-hankkeessa kehitettyä teknologiaa ja sen tarjoamaa potentiaalia verrataan jo markkinoilta saatavilla olevaan Stirling-teknikkaan. Molemmat jalostusmenetelmät vaativat mautilojen tekemää yhteistyötä riittävän volyymin saavuttamiseksi.

Stirling-teknologiaa hyödynnettäessä paineistettu metaani on siirrettävä keskeisesti sijoitettuun nesteytysasemaan. Paineistetun metaanin siirtäminen aiheuttaa merkittävät kustannukset, joka tekee lopulta tästä tekniikasta tarkastelussa olevassa ympäristössä nestemäistä typpeä käyttävää jäähdytystä kalliimman ratkaisun. Tuloksen perusteella maatilamittakaavassa tapahtuvaan nesteyttämiseen voidaan saada lisää kannattavuutta teknologiaa kehittämällä, mutta jo olemassa oleva teknologia mahdollistaa joissakin tapauksissa kannattavan biometaanin nesteyttämisen.

Centria. Raportteja ja selvityksiä, 73.
ISSN 2342-933X
ISBN 978-952-7173-89-3