



Jätevesilietteen anaerobinen käsittely ja biokaasun hyötykäyttö



Sisällys

1. Jätevesilietteen anaerobinen käsittely	4
Ilmastohyöty	5
Mesofiilinen ja termofiilinen menetelmä	6
Prosessin tehostaminen	6
Lietteen ominaisuudet ja reaktorin koko	7
Mädättämisen hyödyt	7
Mädätyskäsittelyn kustannukset	7
Lopputuotteen hyötykäyttö	8
Tulevaisuus	9
Yhteismädätys	9
2. Biokaasun hyötykäyttö	10
Biokaasun hyödyntäminen lämmöntuotannossa	11
Sähkön- ja lämmön tuotanto	11
Mikroturbiini	12
Siirto ja varastointi	12
Korvattavan energian arvo	12
Biokaasun hyötykäytön kustannukset	13
Biokaasun jalostaminen ajoneuvojen polttoaineeksi	14
Jalostetun biokaasun siirto ja varastointi	15
Biokaasun käyttö ajoneuvopolttoaineena	16
Pakokaasut	17
Jalostamisen kustannukset	18
Sanasto	19
Linkit	19

Teksti

Markus Latvala (Bionova Engineering)

Ohjausryhmä

Jyväskylän Teknologikeskus Oy, Kauppa- ja Teollisuusministeriö,
Teknologikeskus Hermia, Vesi- ja viemäri­laitosyhdistys

Ulkoasu, taitto ja piirrokset

Minna Rytky

Painopaikka, -aika ja painoskoko

Tampere, syyskuu 2005, 2000 kpl

Materiaali on tuotettu ilmastonmuutoksen viestintäohjelman tuella.





Lukijalle

Jätevesilietteitä on käsitelty Suomessa anaerobisesti jo kymmeniä vuosia. Vuonna 2004 Suomessa toimi kaupunkien jätevedenpuhdistamoilla yhteensä 15 mädättämöä, joissa käsitellään anaerobisesti yhdyskuntien jätevesilietteitä. Jätteen käsittelyn lisäksi mädättäminen tuottaa myös hyödynnettävässä muodossa olevaa energiaa. Biokaasun arvo on huomattu, ja se korostuu entisestään energian hinnan noustessa. Myös bioenergian käytön lisääminen ja ilmastonmuutoksen hillitseminen lisäävät tarvetta biokaasun energiakäyttöön. Esimerkiksi Ruotsissa on jo 140 vesihuoltolaitosten mädättämöä ja noin kymmenen suurempaa yhteismädättämöä.

Mädätystä käyttävät laitokset voivat tuottaa energiaa omaan tarpeeseensa tai jopa myyntiin. Biokaasua voidaan käyttää myös liikennepolttoaineena. Näin tehdäänkin useissa Euroopan maissa.

Biokaasun poltto vähentää voimakkaan kasvihuonekaasun, metaanin, vapautumista ilmakehään. Jos biokaasun polttamisessa syntynyt energia käytetään hyödyksi yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa (CHP) tai se käytetään liikennepolttoaineena, vähennetään myös fossiilisten polttoaineiden käytöstä syntyviä hiilidioksidipäästöjä. Näin jätevedenkäsittelyn ympäristöhyötyjä voidaan lisätä entisestään.

Tähän esitteeseen on koottu tietoa jätevedenpuhdistamoiden anaerobisesta eli mädätyskäsittelystä ja sen sivutuotteiden hyödyntämisestä. Esite on jaettu kahteen osaan. Ensimmäinen osio on suunnattu sellaisille tahoille, jotka ovat kiinnostuneita mädätyksestä jätteenkäsittelytapana. Toinen osio on suunnattu niille laitoksille ja tahoille, jotka jo tuottavat biokaasua tai ovat kiinnostuneita biokaasun hyödyntämisen mahdollisuuksista.

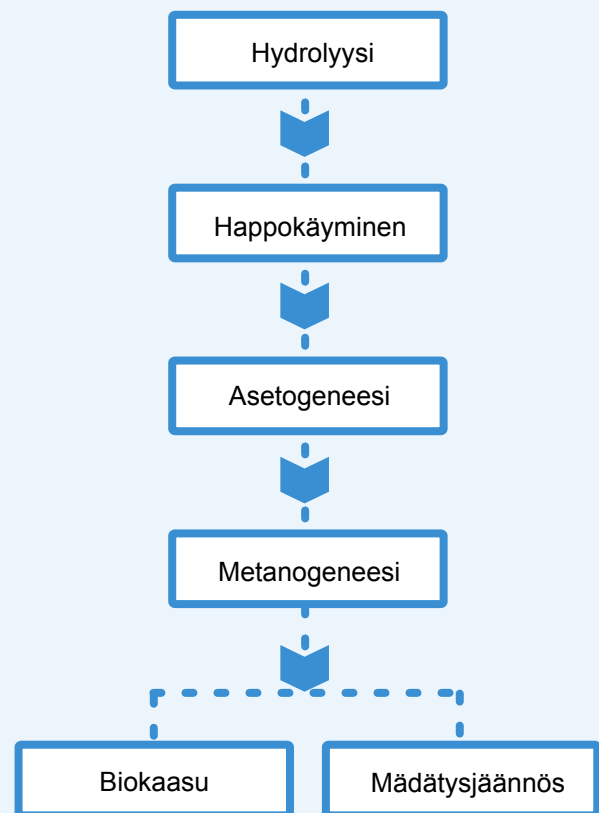
Markus Latvala
Bionova Engineering

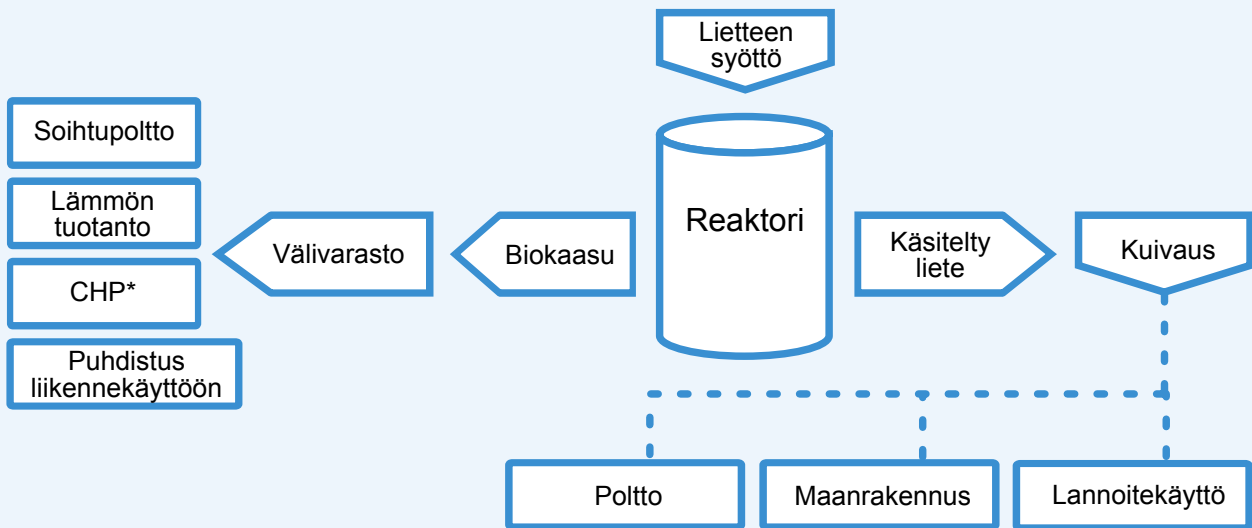
1. Jätevesilietteen anaerobinen käsittely

Anaerobinen hajoaminen

Anaerobisessa käsittelyssä käsiteltävä aines suljetaan hapettomaan reaktoriin, jonka lämpötila on noin 37 °C tai 54 °C. Lämpö ylläpitää mikrobikantoja, jotka käyttävät ravinnokseen lietteessä olevaa orgaanista ainetta. Käsittelyn tuloksena massasta saadaan hajuttomampaa. Samalla syntyy biokaasua, joka sisältää metaania (CH₄) ja hiilidioksidia (CO₂). Yhden liete-erän käsittelyaika on noin 14 - 27 vuorokautta riippuen käsiteltävän jätteen koostumuksesta, sekoituksesta sekä käytetystä prosessista. Käsittelyn jälkeen liete yleensä kuivataan, kompostoidaan tai sekoitetaan muuhun maa-ainekseen.

Käsiteltyä lietettä voidaan käyttää maanrakennukseen tai lannoitteena tietyin rajoituksin. Lietteen lannoitekäyttöä valvoo Kasvintuotannon tarkastuskeskus. Sivutuotteena syntyvää biokaasua voidaan käyttää sähkön ja lämmön tuotantoon tai polttoaineena ajoneuvoissa.





Biokaasulaitoksen prosessikaavio

Ilmastohyöty

Biokaasu sisältää metaania ja hiilidioksidia ja on voimakas kasvihuonekaasu, joka vapautuessaan ilmakehään nopeuttaa ilmastonmuutosta. Ylijäävää kaasua ei siksi voi päästää ilmakehään, vaan se tulee tuhota polttamalla soihdussa tai hyödyntää energiaksi. Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilla tuotetaan Suomessa vuosittain noin 23 miljoonaa kuutiota biokaasua. Kun tuotetulla biokaasulla korvataan kevyttä polttoöljyä, ehkäistään päästöjä vuositasolla noin 40 000 tonnia (CO₂-ekv.). Liikennepolttoainetta tuotetusta kaasumäärästä saataisiin vuosittain noin 10 000 henkilöauton kulutuksen verran**.

Ilmastopäästöjä kontrolloidaan päästökaupalla. Päästökaupan piirissä olevat yritykset saavat tuottaa vuosittain päästöjä vain kiintiönsä verran. Mikäli kiintiö ylittyy, päästö-oikeuksia voidaan ostaa lisää. Päästö-

oikeudet tälle kaasumäärälle maksaisivat noin 800 000 euroa / vuodessa, kun päästö-oikeuden hinta on 20 € / tonni. Vesihuoltolaitokset eivät kuulu päästökaupan piiriin ja biokaasun tuhoaminen on niille lakisääteistä. Näin ollen mädätyksen päästöhyödyistä ei voi hyötyä rahallisesti, ellei sen käyttäjä ole päästökaupan piirissä oleva taho joka voi vähentää päästöoikeuksiensa tarvetta.

Kioton sopimuksen ja ns. EU:n sisäisen taakanjan mukaisesti Suomen velvoitteena on pitää kasvihuonekaasupäästöt keskimäärin enintään vuoden 1990 tasolla vuosina 2008–2012. Suomen kasvihuonepäästöt vuonna 1990 olivat noin 77 milj. tonnia (CO₂-ekv.). Vuonna 2003 Suomen päästöt ylittivät tavoitteen 15 milj. tonnilla.

*Combined Heat & Power

**20 000 km/vuodessa



Käsitelty jäte kuivataan esimerkiksi lingolla.

Mesofiilinen ja termofiilinen mädätys

Käytössä olevat menetelmät ovat mesofiilinen (33-37 °C) ja termofiilinen (54 °C) prosessi. Erona näissä on lähinnä lämpötila, joka on termofiilisessä prosessissa korkeampi. Suomessa mesofiilinen prosessi on ollut huomattavasti yleisempi. Termofiilistä menetelmää käytetään Suomessa jatkuvasti vain Vaasan Mustasaarella, Stormossenin laitoksella.

Termofiilinen prosessi vaatii lämmitykseen enemmän energiaa kuin mesofiilinen. Toisaalta taas termofiilisessä prosessissa lietteen läpimenoaika (noin 14 pv) on lyhyempi kuin mesofiilisessä (noin 21 pv), ja korkeampi lämpötila tuhoaa tehokkaammin taudinaiheuttajia lietteestä. Näin lopputuotteen hygieeninen laatu on parempi kuin mesofiilisellä käsittelyllä.

Prosessin tehostaminen

Mädätysprosessia voidaan tehostaa ja samalla kohottaa myös tuotetun kaasun määrää. Käytetyimpiä keinoja on lietteen homogenisointi. Tällöin käsiteltävä liete jauhetaan tasalaatuisiksi massaksi. Aineen rikkomiseen voidaan käyttää esim. mekaanista "fragmentaattoria" tai ultraäänitekniikkaa, jolla pystytään rikkomaan solujen rakenteita. Mitä hienojakoisempaa käsitelty aines on, sen tehokkaammin prosessi toimii. Ongelmina näissä menetelmissä on ollut korkea hinta ja energiankulutus, eikä niitä Suomessa ole juuri käytetty.

Vaikka kaasuntuotanto ei pysy korkeimmalla tasollaan jatkuvasti, kannattaa käsittelyaika pitää riittävän pitkänä. Muutoin lietteen käsittely jää kesken ja lopputuote pahan hajuiseksi. Joissakin laitoksissa tämä on huomioitu rakentamalla erillinen välivarasto, joka voi samalla toimia jälkikaasutusaiheiona. Tällöin jätteestä saadaan talteen kaikki mahdollinen energia, ja samalla ehkäistään metaanin pääsy ilmakehään.





Mädättämisen hyödyt

- Lopputuotteen koostumus on tasalaatuisempaa
- Hajuhaitat ja päästöt ilmakehään ovat huomattavasti pienempiä
- Lietteen määrä pienenee noin 33 % joka vähentää sijoitettavaa ja kuljetettavaa materiaalia
- Vaikka myös mädätetty liete tulee kompostoida tai vanhentaa, tarvitaan sen joukkoon yleensä vähemmän tukiainetta
- Saatavalla uusiutuvalla energialla voidaan korvata ostettavaa fossiilista energiaa

Lietteen ominaisuudet ja reaktorin koko

Prosessin hallinnan kannalta käsiteltävän lietteen ominaisuuksista oleellisia ovat kuiva-ainepitoisuus ja sen sisältämä orgaaninen aines. Olosuhteista tärkeitä ovat lämpötila ja pH.

Mikäli käsiteltävässä aineessa on energiapiitoisuudeltaan korkeita jätteitä, saattaa esiintyä ongelmia liittyen pH -tason vaihteluun. Myös vaahtoamista saattaa esiintyä. Nykykaista tekniikkaa (pH-stabilointi, massan homogenisointi) käyttäen ongelmia pystytään kuitenkin hallitsemaan. Reaktorin kokovaatimus voidaan arvioida karkeasti lietemäärän mukaan. Jos käsiteltävä lietemäärä vuodessa olisi noin 50 000 m³, tarvitaan noin 3500 m³ reaktori:

Käsiteltävä lietemäärä vuodessa on 50 000 m³
21 d läpimenoaika

$$= 365 \text{ d} / 21 \text{ d} = 17,38$$
$$50\,000 \text{ m}^3 / 17,38 = 2877 \text{ m}^3$$

Tämän lisäksi reaktoriin on laskettava hieman ylimääräistä tilaa (noin 20 %) kaasulle, vaahtoamiselle ja mahdolliselle käsiteltävän jätteen lisäykselle.

$$2877 \times 1,2 = 3452 \text{ m}^3$$

Mädättämisen hyödyt

Perinteisiä stabilointitapoja ovat kalkitseminen, aerobinen käsittely ja kompostointi. Näihin verrattuna mädätyskäsittely on parempi, koska käsiteltävän aineen määrä vähenee noin 33 %, kun lietteen orgaanisesta aineesta 50 % hajoaa. Tämän vuoksi kuljetettava ja loppusijoitettava jätemäärä on huomattavasti pienempi. Liete on myös tasalaatuista ja helpompi kuivata.

Mädätyskäsittelyn kustannukset

Mädätysreaktorin investointikustannukset ovat noin 210-310 euroa per kuutio käsittelykapasiteettia. Näin ollen 50 000 m³ vuodessa käsittelevän esimerkkilaitoksen (reaktori 3452 m³) kustannukseksi tulisi noin 900 000 euroa.



Käsitelty liete soveltuu hyvin esimerkiksi ruokohelpellon maanparannukseen.

Lopputuotteen hyötykäyttö

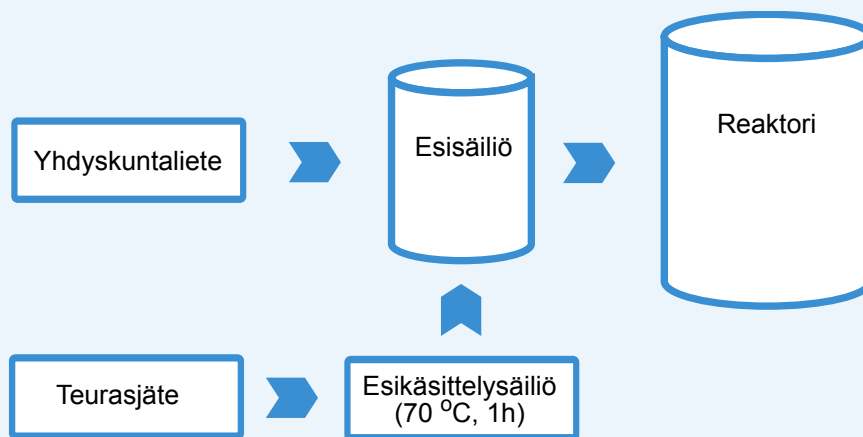
Anaerobisella käsittelyllä stabiloitua puhdistamolietettä voidaan käyttää pelloilla maanparannusaineena. Maanviljelyskäyttöön sijoitettava liete on kuitenkin hygienisoitava joko ennen tai jälkeen mädätyksen jollain seuraavista tavoista:

- Kompostointi
- Kalkkistabilointi
- Terminen kuivaus
- Termofiilinen mädätys (55 °C)
- Pastörinti- tai hygienisointi ja mesofiilinen mädätys (33 - 35 °C)
- Kemicond -käsittely ja stabilointi kompostoimalla

Ehtojen mukainen lietteen maanviljelyskäyttö edellyttää, että lietteenkäsittelijä on rekisteröitynyt Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen toiminnanharjoittajarekisteriin. Tulevaisuudessa rekisterin ylläpito siirtynee Elintarviketurvallisuusvirastolle.

Useimmilla Suomen jätevedenpuhdistamoilla mädätetty liete kompostoidaan. Termofiilinen mädätys korkeammassa lämpötilassa tuhoaa taudinaiheuttajia mesofiilista tehokkaammin ja sen käytöstä onkin saatu lupaavia tuloksia sekä Suomessa että Euroopan unionin tutkimuksissa. Vuonna 2006 voimaantuleva lannoitevalmistelaki ottaa todennäköisesti kantaa tarkemmin myös puhdistamolietteen käsittelyyn ja sen sijoittamiseen. Energiakasvien, kuten ruokohelpin, lannoitteeksi mädätyksen lopputuote soveltuu erityisen hyvin, koska kasveja ei käytetä elintarvikkeina tai eläinten rehuina, vaan energiantuotannossa. Lopputuotetta voidaan käyttää myös esimerkiksi hakkeeseen ja turpeeseen sekoitettuna viherrakennukseen tai täyttömaana. Mikäli pelloilla on käytetty puhdistamolietteestä mädättämällä valmistettua maanparannusainetta, ei tällä pelloilla saa viiteen vuoteen kasvattaa perunaa tai vihanneksia, eikä kasvualueita saa käyttää taimikasvatukseen.





Kaksiosainen lietteen esikäsittelylinjasto

Tulevaisuuden vaatimukset

Vuonna 2006 biohajoavaa jätettä voi sijoittaa kaatopaikalle 75 prosenttia ja vuonna 2016 enää 35 prosenttia laskettuna vuoden 1994 määrästä. Vuonna 2016 kaatopaikoille voi sijoittaa siten enää enintään 25 prosenttia tuolloin syntyväksi arvioidusta biohajoavasta yhdyskuntajätteestä*. Biohajoavan jätteen anaerobinen käsittely on yksi tapa hillitä kaatopaikkojen jätetulvaa. Tämä lisää todennäköisesti tarjolla olevien syötteen määrää.

Yhteismädätyksen mahdollisuudet

Anaerobista käsittelyä käyttävän jätevesilaitoksen on mahdollista ottaa vastaan erilaisia biohajoavia jätteitä. Usein myös näiden jätteiden biokaasun tuottopotentiaali on yhdyskuntalietteitä korkeampaa.

Etenkin Ruotsissa ovat alkaneet yleistyä ns. yhteismädättämöt. Myös Suomessa on hiljattain ryhdytty suunnittelemaan vastaavia laitoksia. Näissä laitoksissa mädätetään yhdessä tai useammassa eri prosessilinjassa eri lähteistä saapuvia jätteitä.

Tyypillisiä jättejakeita ovat erilaiset elintarviketuotannon jätteet kuten peruna-jäte, ruoantähteet ja teurasjäte. Tällöin jäte joudutaan kuitenkin esikäsittämään kuumentamalla se 70 °C asteeseen vähintään tunnin ajaksi. Tietyillä eläinperäisillä jätteillä hygienisoinnin vaatimukset voidaan asettaa vielä korkeammalle. Useista eri lähteistä saatavien jätteiden yhtäaikaan käsittely saattaa aiheuttaa esim. vaahtomista. Nykyisellä tekniikalla ja kokemuksilla ongelmat ovat kuitenkin hallittavissa.

*Kaatopaikkadirektiivi 1999/31 EY

2. Biokaasun hyötykäyttö

Biokaasu kelpaa lämmöntuotantoon tai CHP -polttoaineeksi sellaisenaan. Liikennepolttoaineena sitä voidaan käyttää jalostuksen (puhdistus ja paineistus) jälkeen. Tällöin kaasu on lähes puhdasta metaania (CH₄ 97 - 99 %).

Biokaasun energiasisältö on noin 5-7 kWh/m³. Käsittelemätön biokaasu sisältää metaania noin 45 - 70 % ja hiilidioksidia 30 - 55 %. Oikein suoritettua jälkikimädätyksen jälkeen jätteestä ei irtoa juuri lainkaan metaania, vaan lähes kaikki ilmakehälle haitallinen kaasu saadaan talteen ja hyötykäyttöön. Normaali kaasuntuotto yhdyskuntien jätevesilietteestä on noin 30 m³ biokaasua / tonni lietettä.

Suomessa, kuten muuallakin maailmassa mädätystä on käytetty jätteen käsittelytapana, koska sillä on päästy hyviin tuloksiin lopputuotteen osalta. Kun tiedostettiin sivutuotteena syntyvä kaasu ja sen vaikutukset ilmastoon, kaasua ryhdyttiin tuhoamaan soihtupoltossa. Tämä oli ensimmäinen askel kohti hyödyntämistä. Biokaasua joudutaan yhä tuhoamaan esimerkiksi kaatopaikoilla, joissa kaasunkeräily on pakollista, mutta hyödyntäminen kannattamatonta pitkien välimatkojen vuoksi.

Vaihe	Toimintatapa	Missä käytössä
I -sukupolvi	Jätteen käsittely anaerobisesti ja biokaasun tuhoaminen soihtupoltolla	Kaatopaikat Suomessa, osa jätevedenpuhdistamoista Suomessa
II -sukupolvi	Yhdistetty lämmön ja sähkön tuotanto (CHP) ja soihtupoltto vararatkaisuna	Edistykselliset kaatopaikat Suomessa, Espoon, Forssan, Helsingin, Hämeenlinnan, Joensuun, Jyväskylän, Kuopion, Lahden, Maarianhaminan, Mikkelin, Riihimäen, Salon ja Tampereen vesilaitokset, 140 jätevesilaitosta Ruotsissa.
III -sukupolvi	Biokaasun jalostaminen puhtaaksi metaaniksi ja myynti ajoneuvopolttoaineeksi tai maakaasuverkkoon	Yhteismädättämöt ja edistyneet jätevedenpuhdistamot mm. Ruotsissa, Sveitsissä, Hollannissa ja USA:ssa
IV -sukupolvi	Puhtaan vedyn tuottaminen metaanista, biokaasun sivutuotteiden erottelu ja kaupallinen hyödyntäminen	Pilottihankkeita mm. Ruotsissa ja Englannissa

Biokaasun hyötykäytön kehitys





Lämpökattila Lahdessa, Kariniemen jätevedenpuhdistamolla.

Biokaasun hyödyntäminen lämmöntuotannossa

Kun kaasun soihut poltto yleistyi, nähtiin nopeasti mahdollisuuksia myös energian hyödyntämiseen. Helpoin tapa siirtyä kaasunpoltosta kaasun hyödyntämiseen on lämmön talteenotto polttamalla kaasu lämpökattiloissa. Kaasun hyödyntäminen energiaksi vaatii lähellä sijaitsevan lämmön käyttö kohteen jonka energiankulutus on riittävän suuri. Joissain tapauksissa on mahdollista hyödyntää vanhaa lämpökattilaa vain vaihtamalla siihen kaasulle sopiva poltin. Lämmöntuotannon hyötysuhde voi olla jopa yli 90 %.

Sähkön- ja lämmön tuotanto

Lämmön hyödyntämisen jälkeen siirryttiin yhdistettyyn sähkön ja lämmön tuotantoon (CHP) biokaasua polttoaineenaan käytävällä otto-moottorilla joka pyörittää sähkögeneraattoria. Savukaasuista ja jäähdytysvedestä saadaan talteen lämpöä, jota voidaan hyödyntää esim. laitoksen omissa prosesseissa tai tilojen lämmityksessä. Biokaasua hyödyntävä CHP - moottori on tyypillisesti kokonaisteholtaan noin 100 kW – 2 MW. Sähkön ja lämmön yhteistuotannon hyötysuhde on noin 70 -90 % riippuen kokoluokasta. Pelkän sähköntuotannon hyötysuhde on noin 25 -30 %.



Mikroturbiinikontti ja soihtupoltin Stora Enson tehtaiden kaatopaikalla Imatralla.

Mikroturbiini

Biokaasu soveltuu myös sähköä ja lämpöä tuottavan mikroturbiinin polttoaineeksi. Mikroturbiineja käytetään yleensä kaasutehon ollessa alle 1 MW. Yksiköitä yhdistämällä saadaan luonnollisesti myös isompia laitteita. Mikroturbiini on kaasumootoreita uudempaa tekniikkaa ja päästöiltään puhtaampi vaihtoehto. Polttoaineena voidaan käyttää myös maakaasua ja dieselöljyä. Mikroturbiini on alkuinvestoinniltaan mottoria kalliimpi, mutta huoltonsa puolesta vaivattomampi.

Biokaasun siirto ja varastointi

Raakaa, jalostamatonta biokaasua voidaan siirtää paikallisella siirtoputkella esimerkiksi lähellä sijaitsevan kohteen energiantuotantoa varten. Putken tyypillinen pituus on 1-3 km. Koska kaasun määrä on usein rajallinen, ei tämän pidempiä putkia ole kannattavaa rakentaa.

Siirtoputkiston lisäksi tarvitaan mittausjärjestelmä, joka varmistaa kaasun laadun ja näin prosessin toimivuuden. Ennen kaasun hyödyntämistä järjestelmässä on tavallisesti

veden erotus ja pieni suodatin joka poistaa kaasusta mahdolliset hiukkaset.

Puhdistamatonta biokaasua ei kannata varastoida tarvetta enempää. Yleensä väli-varastointiin käytetään ns. kaasukelloa, joka on jätevedenpuhdistamolla tyypillisesti kooltaan n. 100 - 1000 m³. Kaasukellot toimivat puskurivarastona ennen hyödyntämislaitteistoa.

Korvattavan energian arvo

Biokaasusta tuotettua energiaa pystytään harvoin myymään energiayhtiöiden verkkoon kannattavalla hinnalla. Kaasun arvo energiantuotannossa onkin sen polttoaineen arvo jota sillä korvataan. Paras hyöty saadaan irti kun energia pystytään hyödyntämään lähellä tuotantopaikkaa ja myös lämpö käytetään hyväksi. Esimerkiksi Kuopion Vesi tuotti vuonna 2003 biokaasulla energiaa 5,6 GWh ja kattoi näin n. 90 % omasta energiantarpeestaan. Investointi sekä käyttö- ja huoltokustannukset ovat erittäin riippuvaisia kokoluokasta. Lisäksi on huomioitava, että myös kaasumootorin sekä mikroturbiinin tuottama lämpö voidaan ottaa talteen ja hyödyntää.





Kuva: Bionova engineering

Kaasukello Tampereen Viinikanlahdella.

Biokaasun hyötykäytön kustannukset

		Investointikustannukset	Käyttö- ja huoltokustannukset
Soihtupoltto		45 – 60 € / kW _{TH}	0,005 – 0,01 € / kWh _{TH}
Lämpökattila		100 – 200 € / kW _{TH}	0,01 – 0,05 € / kWh _{TH}
CHP	Kaasumoottori	500 – 1400 € / kW _e	0,03 – 0,08 € / kWh _e
	Mikroturbiini	1000 – 1500 € / kW _e	0,02 – 0,06 € / kWh _e
Jalostaminen liikennepolttoaineeksi		400 – 1200 € / kW _{TH}	0,01 – 0,045 € / kWh _{TH}
Tankkaus		80 – 130 € / kW _{TH}	0,001 – 0,005 € / kWh _{TH}

Lähde: Bionova Engineering

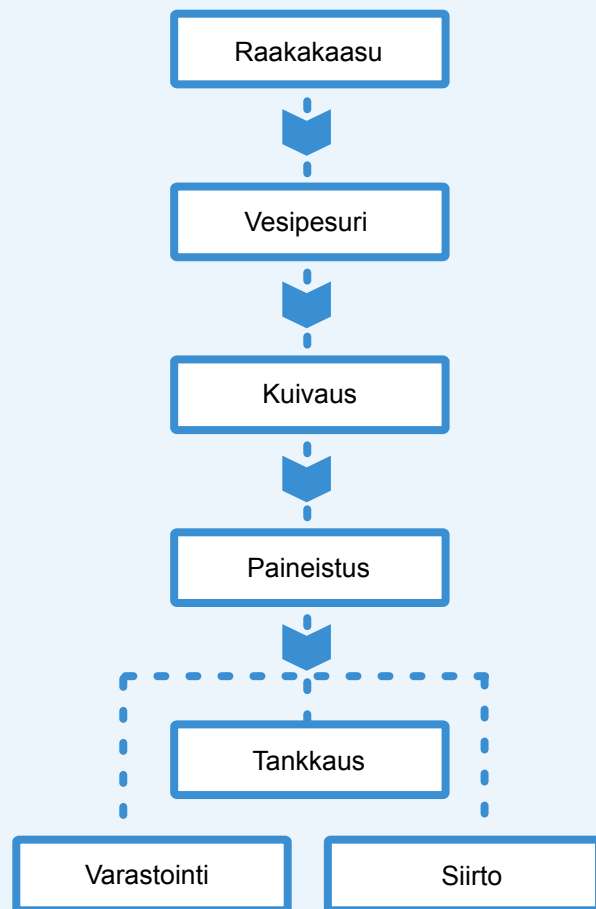


Biokaasun jalostuslaitos Tukholmassa, Bromman jätevesilaitoksella.

Biokaasun jalostaminen ajoneuvojen polttoaineeksi

Puhdas metaani sopii kaikkien nykyaikaisten bensiinimoottoreiden polttoaineeksi. Jotta biokaasua voidaan käyttää liikennepolttoaineena, täytyy siitä puhdistaa pois hiilidioksidi ja muut epäpuhtaudet. Näin jalostettu biokaasu vastaa ominaisuuksiltaan täysin maakaasua, ja ne voivat toimia toistensa korvikkeina.

Puhdistettavasta raakakaasusta tärkeimmät poistettavat epäpuhtaudet ovat rikkivety, vesi, hiukkaset ja siloksaanit. Hiilidioksidin olemassaolo ei varsinaisesti haittaa mootto-



Biokaasun jalostaminen ajoneuvopolttoaineeksi.

rin toimintaa, mutta se täytyy erottaa, jotta raakakaasun lämpöarvo saadaan korkeammaksi. Yleisimmät kaasunjalostusmenetelmät ovat läpivirtaava vesipesu, kiertävä vesipesu sekä PSA (Pressure Swing Adsorption). Puhdistuksen jälkeen jäljelle jäävä noin 97-prosenttinen metaani paineistetaan kompressorilla 200 - 250 barin paineeseen.

Ruotsissa mm. Tukholmassa, Trollhättanissa, Linköpingissä ja Uppsalassa biokaasua tuotetaan ja jalostetaan useissa paikoissa, joista sitä siirretään tankkauspaisteisiin eri puolille kaupunkia.





Jalostetun biokaasun varasto Linköpingin linja-autoasemalla Ruotsissa.

Jalostetun biokaasun siirto ja varastointi

Raakakaasu sisältää normaalisti noin 40 -70 % metaania. Kun biokaasua jalostetaan poistamalla siitä hiilidioksidia ja rikkivetyä ja muita haitallisia aineita, päästään samaan metaanipitoisuuteen kuin maakaasussa. Maakaasu on lähes puhdasta metaania (CH_4 -pitoisuus noin 98 %).

Puhdistettua biokaasua käytetään vain ajoneuvokäytössä. Tällöin sen varastointi on pakollista, jotta on mahdollista tankata useita autoja peräkkäin. Puhdistettu biokaasu voidaan varastoida 200 - 300 barin painestioihin.

Ajoneuvopolttoaineeksi puhdistettua ja painestettua biokaasua voidaan siirtää myös rekkakontissa, joka on täytetty painepulloilla. Esimerkiksi Tukholmassa toimitaan näin, koska alueella ei ole maakaasuverkkoa tai biokaasun jakeluputkia.

Venäjältä Suomeen tuotavaa maakaasua käytetään perinteisen energiantuotannon lisäksi pääkaupunkiseudulla linja-autojen polttoaineena. Puhdistettua biokaasua voidaan siirtää ja varastoida myös maakaasuputkessa. Esimerkiksi Laholmin kaupungissa Ruotsissa näin on jo tehtykin.



Biokaasubussit tankkaamassa Linköpingissä, jossa kaikki kaupungin bussit ajavat biokaasulla.

Biokaasun käyttö ajoneuvopolttoaineena

Kaasua käyttävät henkilöautot ovat useimmiten bi-fuel -autoja, joissa on tankki sekä paineistetulle kaasulle että bensiinille. Bensiini toimii varapolttoaineena kun siirytään kauemmas kaasun tankkausasemien verkostosta. Polttoainetta voi vaihtaa vauhdissa, eikä auton käyttäjä huomaa, kumpaa polttoainetta auto käyttää.

Kaasua käyttävissä busseissa ja muissa raskaissa ajoneuvoissa on kaasumoottori, ja ne voivat käyttää pelkästään kaasupolttoainetta. Energiasisällöltään yksi normaali kuutiometri metaania vastaa noin litraa dieseliä.

Lingköping

Aukkaita	137 000
Kaasuautoja	470
Kaasubusseja	67
Kaasun tankkauspaisteita	4 kpl
Polttoainekaasun tuotanto/a (CH ₄ 97%)	4 500 000 m ³





Biokaasulla toimiva jäteauto tankkaa Tukholmassa, Bromman jätevedenpuhdistamolla.

Pakokaasut

Biokaasu on erittäin ympäristöystävällinen ajoneuvopolttoaine, sillä se ei vapauta lainkaan fossiilisia hiilivaroja ilmaan ja sen tuotantoon ja kuljetukseen tarvitaan vain vähän energiaa. Biokaasun pakokaasupäästöt ovat myös erittäin puhtaat. Biokaasun kustannukset eivät ole sidoksissa öljyn hintaan tai hupeneviin öljyvaroihin.

Ruotsi on esimerkillisimpiä biokaasun liikennekäyttäjiä maailmassa. Maassa on yli 50 tankkausasemaa, joista voi tankata biokaasua tai maakaasua. Liikennekäyttö näiden kesken jakautuu tasaisesti. Noin puolet liikenteessä käytetystä metaanista on maakaasua ja puolet biokaasua. Ruotsin maakaasuverkko kattaa vain länsirannikon, ja esimerkiksi Tukholman kaasujoneuvot toimivat pelkällä biokaasulla. Myös kaasun hinnankehitys Ruotsissa on rohkaiseva. Hinta on vakiintunut perinteisten fossiilisten polttoaineiden hintaa matalammaksi.

Päästölaji	Bussi: dieselistä biokaasuun	Auto: dieselistä biokaasuun	Auto: bensiinistä biokaasuun
Kasvihuonekaasut (CO ₂ , CH ₄ ja N ₂ O)	> -96%	> -95%	> -96%
Pienhiukkaset PM 2,5	-94%	-99,9 %	-66%
SO ₂	> -98%	> -99%	> -98%
Nox	-39%	-88%	-57%
NM VOC	-70%	-33%	-79%

Biokaasumetaania käyttävien bussien ja henkilöautojen päästövähennykset ajoneuvokilometriä kohti verrattuna dieselbussihin (EURO4) sekä diesel- ja bensiiniautoihin kaupunkiliikenteessä (Lampinen 2003).



Korkeapaineisen biokaasun siirtokontti Tukholmassa.

Jalostamisen kustannukset

Suomessa ei vuonna 2004 ollut yhtään teollisen kokoluokan jalostuslaitosta biokaasulle. Ruotsissa, jossa laitoksia on rakennettu aiemmin, biokaasun puhdistamisen kustannukset ovat useimmiten 11 – 45 senttiä / m³ puhdistettua kaasua.

Alle 100 m³ / h raakakaasua tuottavilla laitoksilla hinta on useimmiten ollut 34 – 45 senttiä / m³ puhdistettua kaasua. Tähän kokoluokkaan Suomessa sijoittuvat Forssa, Hämeenlinna, Joensuu, Maarianhamina, Salo, Mikkeli ja Riihimäki.

200 – 300 m³ / h biokaasua tuottaville laitoksille kustannus Ruotsissa on ollut 11 – 17 senttiä / m³ puhdistettua kaasua. Tähän kokoluokkaan sijoittuvat Suomessa Helsinki, Espoo, Tampere ja Lahti.

Hinnat sisältävät investoinnin takaisinmaksun ja käyttökustannukset.





Sanasto

anaerobinen käsittely	= mädätys
bi-fuel (kaasu & bensiini)	= auto, jossa on kaksi polttoainejärjestelmää
CHP	= yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto (Combined Heat & Power)
CO ₂ -ekv.	= hiilidioksidi - ekvivalentti, muutettu laskennallisesti hiilidioksidiksi
hiilidioksidi	= CO ₂ , kasvihuonekaasu
homogenisointi	= lietteen hajottaminen tasalaatuiseksi
kuiva-ainepitoisuus	= ilmaisee lietteessä olevan nesteen ja ei-nestemäisen aineen suhteen
kW _e	= kilowatti sähköä (electric)
kW _{TH}	= kilowatti lämpöä (thermal)
mesofiilinen prosessi	= 37 °C lämpötilassa tapahtuva käsittely
metaani	= CH ₄ , kasvihuonekaasu
stabilointi	= lietteen biologisen toiminnan keskeyttäminen
termofiilinen prosessi	= 54 °C lämpötilassa tapahtuva käsittely

Linkkejä

www.bionova.fi
www.ilmastonmuutos.info
www.kolumbus.fi/suomen.biokaasukeskus
www.kttk.fi/data/mko/Ohjeet%20ja%20maaraykset/Lannoitteet/Puhdistamolietteenkasittelyohje.pdf
www.nordicbiogas.org
www.sentre.fi
www.vvy.fi

Tähän tietopakettiin on koottu tietoa jätevedenpuhdistamoiden anaerobisesta eli mädätyskäsittelystä ja sen sivutuotteiden hyödyntämisestä. Tietopaketti on jaettu kahteen osaan. Ensimmäinen osio käsittelee mädätystä jätteenkäsittelytapana ja toinen biokaasun hyödyntämisen mahdollisuuksia. Jälkimmäinen osio on suunnattu erityisesti laitoksille, jotka jo tuottavat biokaasua tai ovat kiinnostuneita biokaasun hyödyntämismahdollisuuksista.

Alan kansainväliset huippuosaajat kokoontuvat keskustelemaan biokaasualan kehityksestä ja visioista Helsinkiin 8.-9.2.2006. Lisätietoja pohjoismaisesta Nordic Biogas Conferencesta www.nordicbiogas.org



Ihmisen toiminta aiheuttaa ilmaston lämpenemistä. Maapallon pinnan lämpötilan ennustetaan kohoavan seuraavan sadan vuoden aikana jopa 6 astetta. Se vaikuttaa kasvien, eläinten ja ihmisten elämään. Ilmastonmuutosta hillitään parhaiten, kun kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään. Jokainen voi tehdä jotakin. Tämä opas esittää keinoja, joilla jätevedenpuhdistamot voivat hillitä ilmastonmuutosta.