

# Biovedyn tuotantopotentiaali maatalouden lannoista

Vetytalouden mahdollisuudet ruokaketjussa  
– selvityshanke (VEP)

Osaraportti, T1.5

Päiväys 19.2.2024



Euroopan unionin  
rahoittama




**ETELÄ-POHJANMAAN LIITTO**  
Regional Council of South Ostrobothnia



Tämä raportti on laadittu osana Vetytalouden mahdollisuudet ruokaketjussa -selvityshanketta (VEP). Hanketta ovat rahoittaneet Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR), Etelä-Pohjanmaan liitto, Etelä-Pohjanmaan korkeakoulusäätiö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Vaasan yliopisto ja Tampereen yliopistosäätiö.

Raportin laati

Kirsi Spooftuomi  <https://orcid.org/0000-0002-6212-9630>  
[kirsi.spooftuomi@uwasa.fi](mailto:kirsi.spooftuomi@uwasa.fi)



## Sisällys

<b>1. Johdanto</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Lanta- ja metaanintuottopotentialit</b> .....	<b>5</b>
<b>3. Biovedyn tuotantopotentiali</b> .....	<b>6</b>
3.1 Anaerobinen mädätys + biometaanin höyryreformointi .....	6
3.2 Anaerobinen mädätys + biometaanin terminen hajotus vedyksi ja kiinteäksi hiileksi .....	9
<b>4. Yhteenveto</b> .....	<b>11</b>
<b>Lähteet</b> .....	<b>13</b>

# 1. Johdanto

Suomessa maatalouden kotieläinten lantaa syntyy vuosittain noin 15 miljoonaa tonnia (Suomen Biokierto ja Biokaasu ry, 2023). Tässä määrässä piilee valtava hyödyntämätön energiapotentiaali, sillä esimerkiksi vuonna 2019 vain noin 1 % kaikesta lannasta päätyi biokaasulaitoksiin (Luostarinen ja muut, 2019).

Biokaasuprosessi nähdään tärkeänä osana lannan tehokasta ja kestävästä hyödyntämisestä; se mahdollistaa uusiutuvan energian tuotannon, tehostaa ravinteiden kiertoa ja vähentää maatalouden päästöjä ilmaan ja vesiin (Luostarinen & Pyykkönen, 2016). Toimialan tavoitteena onkin nostaa biokaasun tuotanto nykyisestä 1 TWh:sta 4 TWh:iin vuoteen 2030 mennessä. Tästä puolet tuotettaisiin maatalouden ja elintarviketeollisuuden jätteistä ja sivuvirroista. Suomen Biokierto ja Biokaasu ry:n arvio biokaasulaitosten käsittelemästä lantamäärästä vuonna 2030 on 4,7 miljoonaa tonnia (Virolainen-Hynnä, 2020).

Biokaasun ohella biovedyn tuotanto voisi tarjota maaseudun elinvoimaa edistäviä mahdollisuuksia. Biovety voi olla nollahiilinen tai jopa hiilinegatiivinen, jos se tuotetaan jäteperäisistä raaka-aineista kuten lannasta. Lisäksi biovedyn tuotannossa voidaan, teknologiasta riippuen, tuottaa sivutuotteita, kuten täysin biogeenistä hiilidioksidia, kierrätyslannoitevalmisteita tai biohiiltä (EBA, 2023).

Biovetyä voidaan tuottaa biomassoista erilaisilla termokemiallisilla ja biologisilla menetelmillä. Esimerkkejä biologisista menetelmistä ovat erilaiset fermentaatioprosessit, joissa biomassaa muunnetaan vedyksi mikro-organismien avulla. Biologiset vedyntuotantoprosessit kohtaavat kuitenkin yhä tehokkuuteen, skaalautumiseen ja taloudelliseen kannattavuuteen liittyviä haasteita, ja kaupallisiin sovelluksiin on vielä matkaa. Lisäksi vedyn tuotanto vakiintuneen anaerobisen mädätysprosessin kautta yhdistettynä raakabiokaasun CO<sub>2</sub>-reformointiin on viime aikoina herättänyt kasvavaa kiinnostusta. Menetelmän etuna on, että prosessissa voidaan hyödyntää biometaanin lisäksi raakakaasussa oleva hiilidioksidi. Tekniikan kaupallistaminen kuitenkin vaatii vielä lisätutkimusta muun muassa kestävämpien katalyyttien löytämiseksi. Termokemiallisista reiteistä biomassan kaasutus- ja pyrolyysitekniikoiden teknologinen valmiustaso on jo korkea. Nämä soveltuvat kuitenkin melko huonosti erityäin kosteiden biomassojen kuten lannan käsittelyyn. Biovetyä voidaan tuottaa myös jalostetusta biokaasusta, biometaanista, erilaisilla reformointiprosesseilla tai hajottamalla metaania lämmön avulla. Kattava teknologiakuvaus mainituista teknologioista löytyy hankkeessa aiemmin laaditusta osaraportista ”Vihreän vedyn tuotanto: raaka-aineet ja tuotantomenetelmät”, joka löytyy esimerkiksi osoitteesta <https://projektit.seamk.fi/kestavat-ruokaratkaisut/vetytalouden-mahdollisuudet-ruokaketjussa/>.

Tämän raportin tarkoituksena on kartoittaa biovedyn tuotantopotentiaali maatalouden lannoista Etelä-Pohjanmaalla. Laskennassa käytetyt kotieläinmäärät perustuvat ”HYBE - Hajautetun energian tuotannon hybridiratkaisut Etelä-Pohjanmaan maaseudulla” hankkeessa tehtyyn tiedonkeruuseen (Laasasenaho ja muut, 2021). Biovedyn tuotantoteknologioiksi valittiin vakiintunut ja laajasti kaupallistettu metaanin höyryreformointi sekä kaupallistamista lähestyvä metaanin terminen hajotus eli metaanipyrolyysi. Metaanipyrolyysin tekee kiinnostavaksi sen kyky sitoa metaanin sisältämä hiili kiinteään muotoon.

## 2. Lanta- ja metaanintuottopotentiaalit

Etelä-Pohjanmaan elinkeinorakenne nojaa vahvasti maatalouteen. Vuonna 2022 maatalous- ja puutarhayritysten lukumäärä maakunnassa oli 5110, joista eläintiloja oli 1050 (Luke, 2022). Sekamuo- toista tuotantoa oli 171 tilalla. Kotieläinten määrä vuonna 2022 oli lähes 3,9 miljoonaa, joten lannan kokonaismäärä on merkittävä biomassaresurssi. Analyysissä tarkastelu rajattiin kuitenkin keskisuu- riin ja suuriin karjatiloihin. Rajana pidettiin vähintään 50 nautaa, 500 sikaa, 30 hevosta ja 500 kanaa tai kalkkunaa. Lopulta yhteensä 801 tilan lantapotentialiaali laskettiin teoreettisen eläin-kohtaisen lan- nantuotannon perusteella

Taulukkoon 1 on koottu metaanintuoton kannalta tärkeimmät syötteiden laatuominaisuudet; kuiva- ainepitoisuus (TS, Total Solids), orgaanisen aineksen (VS, Volatile Solids) osuus kuiva-aineesta sekä orgaanisen aineen metaanintuottopotentiaali. Näissä lähteenä käytettiin Luonnonvarakeskuksen Bio- kaasulaskurin oletusarvoja (Pyykkönen ja muut, 2023). Eläin-kohtainen vuosittainen lantamäärä pe- rustuu Ruokaviraston (2023) materiaaleihin, joista laskettiin täysikasvuisten ja nuorten eläinten kes- kimääräinen lannan tuotanto. Eläinten lukumäärä perustuu HYBE-hankkeessa tehtyihin selvityksiin (Laasasenaho ja muut, 2021). MWh-perusteisen metaanipotentialin laskennassa käytettiin metaan- nin tiheyttä 0,657 kg/m<sup>3</sup> (25 °C, 1 atm) ja alemmaa lämpöarvoa 13,9 kWh/kg.

**Taulukko 1.** Lantojen metaanintuottopotentiaali

Syöte	TS %	VS/ TS %	CH <sub>4</sub> potentiaali m <sup>3</sup> /tVS	CH <sub>4</sub> potentiaali m <sup>3</sup> /tuore- tonni	Lanta- määrä/ eläin m <sup>3</sup>	Eläinten luku- määrä	Lannan määrä m <sup>3</sup> /v	CH <sub>4</sub> potentiaali m <sup>3</sup> /v	CH <sub>4</sub> potentiaali MWh/v
Naudan lietalanta	9	80	200	14.4	13.6	103 432	1 406 675	20 256 123	184 985
Sian lietalanta	8.2	82	320	21.5	5.7	168 827	962 314	20 705 916	189 093
Kananlanta	35	75	260	68.3	0.04	2 541 748	101 670	6 938 972	63 369
Siipikarjan- lanta, muut (kalkkuna)	68	85	155	89.6	0.06	80 914	4 855	434 945	3 972
Hevosen- lanta	35	85	160	47.6	17.0	180	3 060	145 656	1 330
<b>Yhteensä</b>							<b>2 478 574</b>	<b>48 481 612</b>	<b>442 749</b>

Nähdään, että Etelä-Pohjanmaan lantojen yhteenlaskettu metaanintuottopotentiaali on noin 0,44 TWh (LVH). Tämä kattaisi noin 10 % maamme biokaasutuotannon tavoitteesta vuonna 2030. Kaik- kien esitettyjen lantamäärien ei kuitenkaan voida olettaa päätyvän biokaasulaitokseen; kokonaisar- viossa on otettava huomioon myös lannan taloudellinen hankintasäde. Toisaalta, kannattavuutta voidaan parantaa yhteiskäsittelyllä, eli käyttämällä reaktorissa lannan lisäksi muuta vain vähän vettä ja paljon helposti pilkkoutuvaa orgaanista materiaalia sisältävää ainesta kuten peltobiomassoja. Esi- merkiksi lietalannan ja säilörehun yhteiskäsittelyssä metaanintuotto voi jopa ylittää syötteiden yh- teenlasketun metaanintuottopotentiaalin mikrobeille suotuisan ravinnekoostumuksen vuoksi (Riihi- mäki ja muut 2014). Yksinkertaisuuden vuoksi tässä raportissa käytetään kuitenkin Luken Biokaasu- laskurissa sovellettavia oletusarvoja. Lisäksi on huomioitava, että osa biokaasulaitoksella tuotetusta metaanista kuluu laitoksen omiin energiatarpeisiin eikä päädy vedyntuotantoon. Esimerkiksi biokaa- sureaktorin lämmitys toteutetaan useimmiten laitoksella tuotetulla biokaasulla (Riihimäki ja muut, 2014).

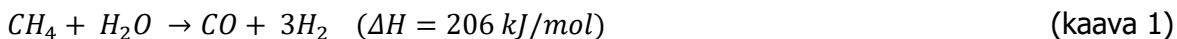
### 3. Biovedyn tuotantopotentiaali

Biovedyn tuotantoteknologioiksi valittiin 1) vakiintunut ja laajasti kaupallistettu metaanin höyryreformointi, sekä 2) hiiltä kiinteään muotoon sitova metaanin terminen hajotus eli metaanipyrolyysi.

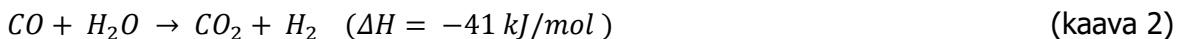
#### 3.1 Anaerobinen mädätys + biometaanin höyryreformointi

Kuvassa 1 nähdään periaatekuva lantaperäisen biovedyn tuotantoprosessista anaerobisen mädätyksen ja biometaanin höyryreformoinnin avulla. Tässä anaerobisen mädätysprosessin raaka-aineena käytetään lantaa. Lannan sisältämän orgaanisen aineen hajoamisen tuloksena syntyy mädätysjännöstä ja biokaasua. Käsittelemätön biokaasu sisältää tyypillisesti noin 65 % metaania ja 35 % hiilidioksidia. Lisäksi biokaasu sisältää pieniä määriä muita aineita, kuten vettä, ammoniakkia ja rikkiveityä, joiden poisto on yleensä välttämätöntä ennen kuin biokaasua voidaan käyttää hyödyksi. Esimerkitapauksessa puhdistettua biokaasua hyödynnetään mädätys- ja puhdistusprosessien vaatiman sähkön ja lämmön tuotannossa. Jalostusvaiheessa biokaasusta poistetaan hiilidioksidi, minkä jälkeen kaasuvirta on lähes puhdasta biometaania. Biokaasun puhdistus- ja jalostusvaiheiden jälkeen tuotettu biometaani paineistetaan ja välivarastoidaan. Välivarastointi erottaa biokaasun ja vedyn tuotantolinjat, jolloin niitä voidaan käyttää erilaisilla virtausmäärillä: esimerkiksi kun biokaasun tuotanto vähenee alhaisilla lannan määrillä, pystyy vetylaitos edelleen ylläpitämään nimellistuotantoa.

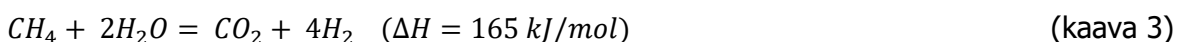
Vedyntuotantolaitoksella biometaani reagoi hapettimena käytettävän vesihöyryn kanssa muodostaen vetykaasua ( $H_2$ ) ja hiilimonoksidia ( $CO$ ) (kaava 1). Reaktion vaatima energiamäärä on 206 kJ/mol.



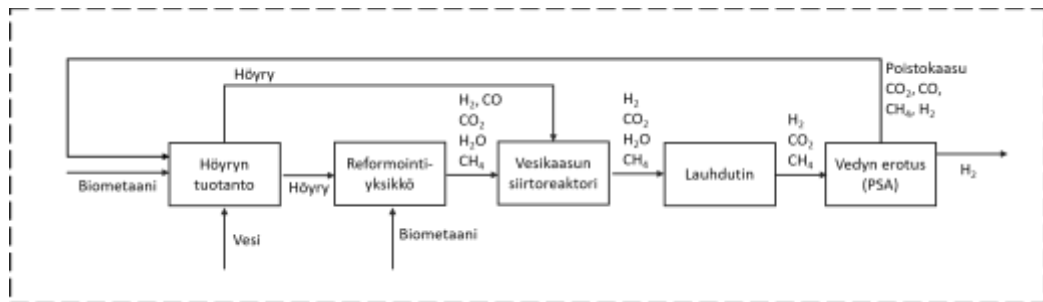
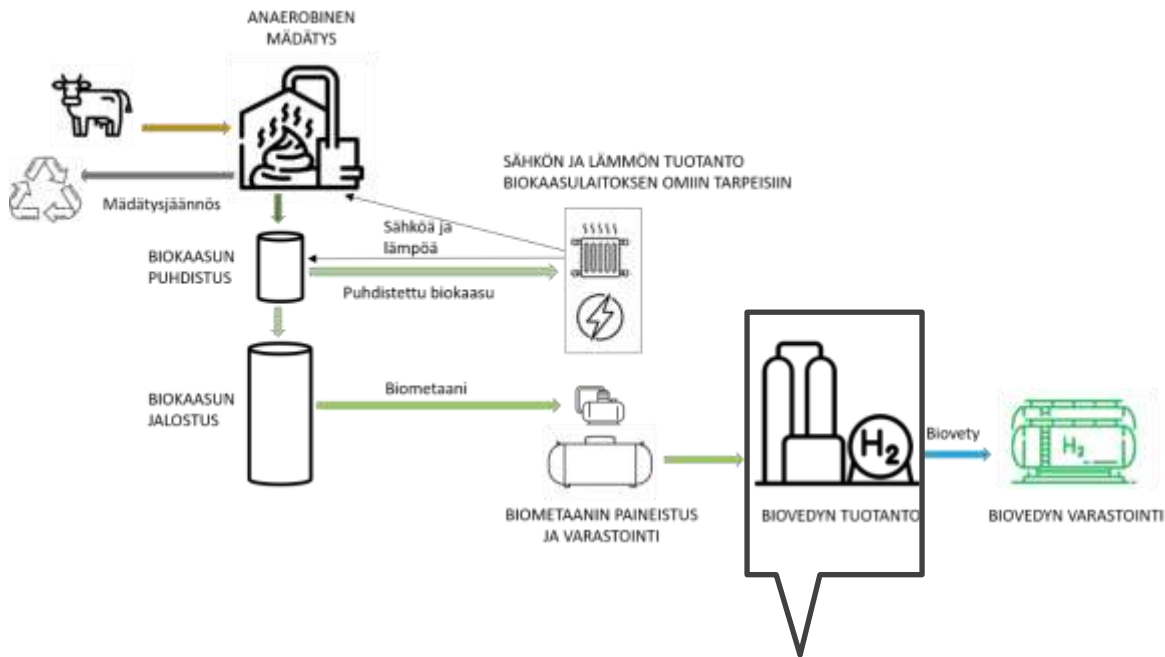
Reformerin jälkeen hiilimonoksidin ja vedyn seos syötetään vesikaasun siirtoreaktoriin, jossa hiilimonoksidi reagoi höyryn kanssa, tuottaen lisää vetyä (kaava 2). Tämä reaktio tuottaa jonkin verran lämpöenergiaa.



Reformoinnin kokonaisreaktiosta (kaava 3) nähdään, että yksi metaanimooli tuottaa 4 moolia molekulaarista vetyä. Vaadittava energiamäärä on 165 kJ/mol (=41,4 kJ/mol  $H_2$ ).



Vesikaasun siirtoreaktorin jälkeen kuuma, vetyrikas kaasuvirta jäädytetään ja johdetaan PSA-järjestelmään, jossa vety puhdistetaan poistamalla  $CO_2$  ja muuntumattomat  $CH_4$ - ja  $CO$ -jäämät. Jäljelle jää jäljelle jää lähes 100 % puhdasta vetyä. Hiilidioksidia, muuntumatonta metaania ja hiilimonoksidia sekä PSA-yksikön läpäisemää vetyä sisältävä poistokaasu kierrätetään polttimille reformointireaktioon tarvittavan höyryn tuottamiseen.



**Kuva 1.** Biovedyn tuotanto lannan anaerobisella mädätyksellä ja biometaanin höyryreformoinnilla

Biovedyn saannon laskenta perustuu seuraaviin oletuksiin:

***Biokaasun tuotantoa koskevat oletukset***

- Biometaanin tuotanto 442 749 MWh/vuosi (taulukosta 1)
- Biokaasulaitoksella tuotetusta kokonaisenergiasta 21,5 % kuluu mädätyslaitoksen omiin tarpeisiin (mm. syötteiden lämmitys ja reaktorin lämpöhäviöt sekä pumppujen ja sekoittimien sähkötarpeet). Energiankulutuksen laskennassa hyödynnettiin Luonnonvarakeskuksen biokaasulaskuria (Luke, 2023).
- Mädätyksen aikainen metaanivuoto 1 % ja jalostuksen (vesipesuri) aikainen metaanivuoto 0,5 %.
- Raakakaasun puhdistuksen ja jalostuksen sekä biometaanin paineistuksen ja välivarastoinnin energiakulutus katetaan verkkosähköllä.

Edellä mainitut huomioiden vedyn tuotantoon päätyvän biometaanin määrä on 341 415 MWh (taulukko 2).

## Taulukko 2. Biometaanin tuotanto

	MWh/v
Biokaasun bruttotuotanto	442 749
Mädätyksen energiatarve 21,5 %	95 191
Metaanivuoto, mädätys 1 %	4 427
Biokaasun nettotuotanto	343 130
Metaanivuoto, jalostus 0.5 %	1 716
<b>Biometaanin tuotanto</b>	<b>341 415</b>

### *Vedyn tuotantoa koskevat arvot ja oletukset*

Perusskenaariossa vedynsaannon laskennassa käytettiin seuraavia arvoja ja oletuksia:

- Vedynsaanto biometaanin höyryreformoinnissa määräytyy kemiallisen reaktion stökiometrian mukaan: yksi metaanimooli tuottaa neljä moolia vetyä. Metaanin moolimassa 16,04 g/mol, vedyn moolimassa 2,016 g/mol.
- Höyryreformointi vaatii energiaa 41,4 kJ/mol H<sub>2</sub>. Kun otetaan huomioon veden höyrystämiseen tarvittava lämpö, nousee energiavaatimus 62 kilojouleen vetyä kohti (Boretti & Banik, 2021).
- Reformointireaktioon tarvittava lämpöenergia tuotetaan polttamalla laitokselle johdettua biometania sekä vedyn puhdistuksen jätkekaasua. Lämmöntuotannon hyötysuhde 90 %. Tämä tarkoittaa, että noin 26 % vedyntuotantolaitoksen kokonaiskulutuksesta kuluu prosessipolttoaineeksi.
- Metaanin alempi lämpöarvo 13,9 kWh/kg ja vedyn alempi lämpöarvo 33,3 kWh/kg.

Kokonaisvedynsaannoksi saadaan noin 9 200 tonnia biovetyä/vuosi (taulukko 3).

### Taulukko 3. Vedynsaanto biometaanin höyryreformoinnilla, perusskenaario.

	MWh/v	tonnia/v	mol/v
Biometaanin tuotanto (taulukosta 2)	341 415	24 562	1.53E+09
Prosessipoltto-aineeksi kuluu	87 256	6 277	3.91E+08
Vedyksi muuntuva bio-CH <sub>4</sub>	254 159	18 285	1.14E+09
<b>Vedynsaanto</b>	<b>306 112</b>	<b>9 193</b>	<b>4.56E+09</b>

Nähdään, että tuotetun vedyn energiasisältö on suurempi kuin vedyksi muunnettavan biometaanin energiasisältö. Tämä johtuu siitä, että osa vedystä on peräisin höyryreformoinnissa käytetystä vedestä.

Höyryreformoinnilla tavoitettava vedynsaanto laskettiin myös tapauksessa, jossa biokaasuprosessin osalta huomioidaan vain metaanivuodot ja biokaasulaitoksen mädätysprosessin vaatima energia hankitaan ulkopuolisista lähteistä. Tällöin vetylaitokselle päätyvän biometaanin määrä olisi 436 130 MWh/v, josta vedynsaanto olisi runsaat 11 700 tonnia biovetyä/vuosi. Jos sitten sekä mädätyksen että vedyntuotannon energiantarpeet katettaisiin ulkopuolisella energialla, esim. uusiutuvan energian ylijäämäenergialla, ylittäisi vedynsaanto noin 15 800 tonniin biovetyä vuodessa.



### 3.2 Anaerobinen mädätys + biometaanin termisen hajotus vedyksi ja kiinteäksi hiileksi

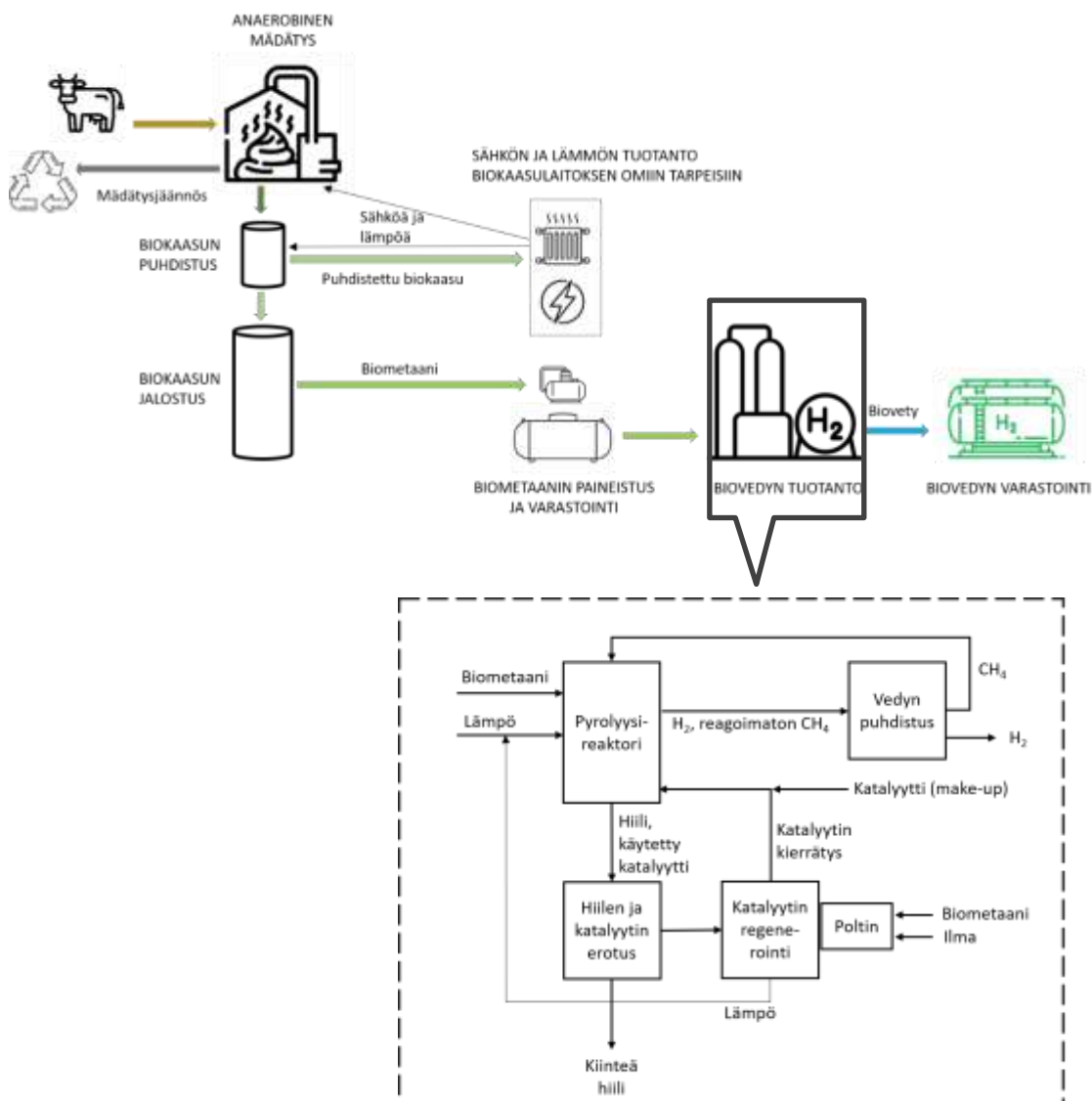
Metaanipyrolyysissä metaani hajotetaan korkeassa lämpötilassa, ilmasta ja vedestä vapaassa ympäristössä, vedyksi ja hiileksi (kaava 4). Näin ollen ainoa vedyn lähde on metaani itse. Pyrolyysin merkittävä hyöty on, että hiilidioksidia ei synny; kaikki hiili otetaan talteen kiinteässä muodossa.



Reaktiosta näemme, että yksi mooli metaania tuottaa kaksi moolia molekulaarista vetyä. Reaktion vaatima energiamäärä on 75 kJ/mol (37,5 kJ/mol H<sub>2</sub>).

Metaanin termisen hajottamisen kaksi vaihtoehtoista reittiä ovat katalyyttinen ja ei-katalyyttinen lämpöhajotus. Katalyytin avulla reaktiolämpötilaa voidaan laskea merkittävästi. Katalyytillä voidaan myös vaikuttaa muodostuvan kiinteän hiilen morfologiaan eli rakenteeseen (Välimäki ja muut, 2021).

Kuvassa 2 nähdään periaatekuva lantaperäisen biovedyn tuotantoprosessista anaerobisen mädätyksen ja sitä seuraavan katalyyttisen biometaanin termisen hajottamisen kautta.



**Kuva 2.** Biovedyn tuotanto lannan anaerobisella mädätyksellä ja biometaanin pyrolyysillä

Mädätysprosessi on tässä täsmälleen sama kuin alaluvussa 3.1. Vedyntuotantolaitoksella biometaani hajotetaan termisesti, katalyytin läsnä ollessa, vetymolekyyleiksi ja hiiliatomeiksi. Katalyyttinä käytetään metallikatalyyttiä. Kaasumainen vety ja reagoimaton metaani johdetaan vedyn puhdistusyksikköön, jossa puhdas vety otetaan talteen ja reagoimaton CH<sub>4</sub> kierrätetään takaisin pyrolyysireaktoriin. Reaktiossa muodostuneet hiiliatomit diffundoituvat katalyyttiin muodostaen hiilikertymiä. Kiinteä hiili erotellaan käytetystä katalyytistä mekaanisesti esimerkiksi seulomalla tai suodattamalla. Metallikatalyyttejä käytettäessä tarvitaan lisäksi regenerointiprosessi hiilijäämien poistamiseksi käytetystä katalyytistä. Regenerointi palauttaa katalyytin aktiivisuuden, jolloin se voidaan kierrättää takaisin prosessiin. Katalyyttihäviöt korvataan uudella ns. make-up katalyytillä. Regenerointivaiheessa muodostuva lämpö hyödynnetään pyrolyysiprosessissa.

### ***Vedyn tuotantoa koskevat arvot ja oletukset***

Perusskenaariossa vedynsaannon laskennassa käytettiin seuraavia arvoja ja oletuksia:

- Vedynsaanto biometaanipyrolyysissä määräytyy kemiallisen reaktion stökiometriian mukaan: yksi metaanimooli tuottaa kaksi moolia vetyä. Metaanin moolimassa 16,04 g/mol, vedyn moolimassa 2,016 g/mol.
- Pyrolyysiprosessin energiantarve on 37,5 kJ/mol H<sub>2</sub>.
- Pyrolyysireaktioon tarvittava lämpöenergia tuotetaan polttamalla laitokselle johdettua biometaania sekä vedyn puhdistusprosessissa eroteltua reagoimatonta biometaania. Myös regenerointivaiheessa muodostuva lämpö hyödynnetään pyrolyysiprosessissa. Lämmöntuotannon hyötysuhde 90 %.
- Metaanin energiasisältö 13,9 kWh/kg (LVH) ja vedyn energiasisältö 33,3 kWh/kg (LVH).

Vedynsaannoksi saadaan noin 5 600 tonnia biovetyä/vuosi (taulukko 4).

**Taulukko 4.** Vedynsaanto biometaanin pyrolyysillä, perusskenaario.

	MWh/v	tonnia/v	mol/v
Biometaanin tuotanto (taulukosta 2)	341 415	24 562	1.53E+09
Prosessipolttolaitteeksi kuluu	32 113	2 310	1.44E+08
Vedyksi muuntuva bio-CH <sub>4</sub>	309 301	22 252	1.39E+09
<b>Vedynsaanto</b>	<b>186 263</b>	<b>5 593</b>	<b>2.77E+09</b>

Vaikka pyrolyysiprosessin energiantarve on höyryreformointia alhaisempi, jää vedynsaanto merkittävästi pienemmäksi. Tämä johtuu siitä, että ainoa vedyn lähde on metaani itse. Höyryreformoinnissaan osa vedystä on peräisin prosessissa käytetystä vedestä. Lisäksi pyrolyysiprosessissa osa metaanin sisältämästä energiasta sitoutuu sivutuotteena muodostuvaan hiileen.

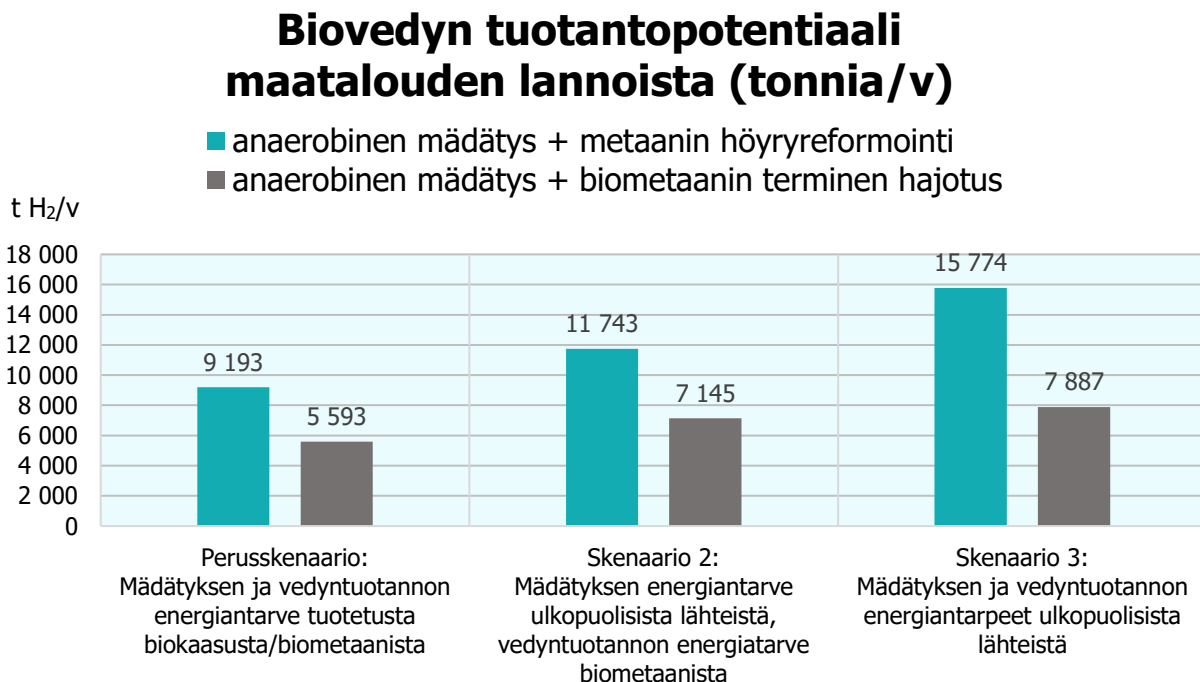
Myös pyrolyysin vedynsaanto laskettiin tapauksessa, jossa biokaasuprosessin osalta huomioidaan vain metaanivuodot ja biokaasulaitoksen mädätysprosessin vaatima energia hankitaan ulkopuolisista lähteistä. Tällöin vetylaitokselle vuosittain päätyvästä 436 130 MWh:sta biometaania vedynsaanto pyrolyysillä olisi noin 7 150 tonnia biovetyä/vuosi. Jos sekä mädätyksen että vedyntuotannon energiantarpeet katettaisiin ulkopuolisella energialla, vedynsaannoksi muodostuisi hieman vajaa 7 900 tonnia vuodessa. Huomattava on, että sivutuotteena syntyvän kiinteän hiilen määrä on suuri; jopa 3 kg jokaista vetykiloa kohti (Hycamite, 2024). Tälle on luonnollisesti löydettävä käyttökohde. Metallikatalyyttien kanssa prosessista saadaan usein ulos hiilifilamentteja, kuten nanoputkia (Keipi, 2017). Mahdollisia käyttökohteita näille ovat esimerkiksi litiumioniakut, puolijohteet ja aurinkokennot, komposiittimateriaalit, veden puhdistusratkaisut ja sementin vahvistus.

## 4. Yhteenveto

Etelä-Pohjanmaan lantojen yhteenlaskettu metaanintuottopotentialiaali on noin 0,44 TWh (LHV). Jalostamalla biometaania biovedyksi biokaasun tuottajat voisivat monipuolistaa tuotantoaan ja lisätä anaerobisten mädätyslaitosten joustavuutta entisestään. Biovedyn tuotantopotentialin arvioinnissa tuotantoteknologioiksi valittiin vakiintunut ja laajasti kaupallistettu metaanin höyryreformointi sekä kaupallistamista lähestyvä, hiiltä sitova metaanin terminen hajotus eli metaanipyrolyysi.

Perusskenaarioissa oletuksena oli, että biokaasulaitoksen mädätysprosessin sekä vedyntuotantoprosessin energiantarpeet katetaan polttamalla tuotettua biokaasua tai biometaania. Perusskenaariossa höyryreformoinnilla tuotetun vedyn energiamäärä oli noin 306 GWh/vuosi. Tämä vastaa 9 200 tonnia biovetyä vuodessa. Biometaanin pyrolyysillä vastaavat luvut olivat 186 GWh/vuosi eli 5 600 tonnia biovetyä vuodessa. Höyryreformointiprosessin korkeampi vedynsaanto johtuu veden käytöstä reformointiprosessissa; käytännössä puolet vedystä tulee biometaanista ja puolet prosessivedestä. Pyrolyysissä sen sijaan vedyn lähteenä on vain metaani itse. Lisäksi pyrolyysiprosessissa osa metaanin sisältämästä energiasta sitoutuu sivutuotteena muodostuvaan hiileen. Karkeasti ottaen jokaista tuotettua vetytonnia kohti tarvittiin höyryreformoinnissa 2,7 tonnia ja pyrolyysissä 4,4 tonnia biometaanina.

Jos vedyntuotantoprosesseissa tarvittava lämpö voitaisiin tuottaa ulkopuolisella energialähteellä, esimerkiksi uusiutuvan energian ylijäämällä, parantaisi se vedynsaantoa merkittävästi. Skenaariotarkastelussa vedyntuotantopotentialit laskettiin tapauksessa, jossa mädätysprosessin energiantarve katetaan ulkopuolisella energialla, sekä tapauksessa, jossa sekä mädätyksen että vedyntuotantoprosessin energiantarpeet hankitaan ulkopuolisista lähteistä. Höyryreformoinnin kohdalla vedyntuotannot olivat noin 11 700 t/v (390 GWh/v) ja 15 800 t/v (525 GWh/v), ja pyrolyysin kohdalla vastaavasti 7 150 t/v (238 GWh/v) ja hieman vajaa 7 900 t/v (262 GWh). Pyrolyysiprosessissa muodostuu lisäksi jokaista tuotettua vetytonnia kohti noin kolme tonnia kiinteää hiiltä. Jos tälle löydetään kannattavat markkinat, voi sillä olla merkittävä kaupallinen arvo. Kuva 5 kokoaa yhteenvedon saaduista vedyntuotantopotentialeista.



**Kuva 3.** Yhteenveto biovedyn tuotantopotentialista maatalouden lannoista eri skenaarioilla

Korostettakoon, että tässä raportissa laskenta perustui tietyn tilakoon ylittävien maatalojen lantojen kokonaismäärään. Kaikkien esitettyjen lantamäärien ei voida olettaa päätyvän biokaasulaitokseen; kokonaisarviossa on otettava huomioon myös esimerkiksi lannan taloudellinen hankintasäde. Lisäksi jäljelle jää kysymys, tuoko biometaanin jalostaminen vedyksi lisäarvoa verrattuna biometaanin suoraan käyttöön.

# Lähteet

- Boretti, A., Banik, B.K. (2021). Advances in Hydrogen Production from Natural Gas Reforming. Adv. Energy Sustainability Res., 2: 2100097. <https://doi.org/10.1002/aesr.202100097>
- EBA (2023). Decarbonising Europe's hydrogen production with biohydrogen. The role of sustainable biohydrogen in the total energy mix. European Biogas Association. June 2023. <https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2023/06/Decarbonising-Europes-hydrogen-production-with-biohydrogen.pdf>
- Hycamite (2024). Zero-emission low-cost hydrogen production. Noudettu 14.2.2024 osoitteesta <https://hycamite.com/hydrogen-production>
- Keipi, Tiina (2017). Technology Development and Techno-Economic Analysis of Hydrogen Production by Thermal Decomposition of Methane. Väitöskirja, Tampereen teknillinen yliopisto. Julkaisu 1519. [https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/114321/keipi\\_1519.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/114321/keipi_1519.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Laasasenaho, K., Lauhanen, R., Lensu, A., Palomäki, A. (2021). Potentiaalisimmat paikat lantapohjaisen biometaanin tuotannolle liikennekäyttöön Etelä-Pohjanmaalla. Energiamurros Etelä-Pohjanmaalla -webinaari 9.12.2021. [https://storage.googleapis.com/seamk-production/2021/12/74ec7c7e-laasasenaho\\_potentiaalisimmat-paikat-lantapohjaisen-biometaanin-tuotannolle-liikennekayttoon-etela-pohjanmaalla.pdf](https://storage.googleapis.com/seamk-production/2021/12/74ec7c7e-laasasenaho_potentiaalisimmat-paikat-lantapohjaisen-biometaanin-tuotannolle-liikennekayttoon-etela-pohjanmaalla.pdf)
- Luke (2022). Tilastotietokanta. Luonnonvarakeskus. Noudettu 7.2.2024 osoitteesta <https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/>
- Luke (2023). Biokaasulaskuri. Luonnonvarakeskus. Noudettu 9.2.2024 osoitteesta <https://maatalousinfo.luke.fi/fi/laskurit/biogas>
- Luostarinen, S., Pyykkönen, V. (2016). Maatilojen biokaasulla energiaa, päästövähennyksiä ja ravinnekiertoja. [https://www.ilmastoviisas.fi/wp-content/uploads/2013/07/biokaasu\\_www\\_24052016.pdf](https://www.ilmastoviisas.fi/wp-content/uploads/2013/07/biokaasu_www_24052016.pdf)
- Luostarinen, S., Tampio, E., Niskanen, O., Koikkalainen, K., Kauppila, J., Valve, H., Salo, T. & Ylivainio, K. (2019). Lantabiokaasutuen toteuttamisvaihtoehdot. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 75 s. [https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/544244/luke-luobio\\_40\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/544244/luke-luobio_40_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pyykkönen, V., Winqvist, E., Virkkunen, E., Annunen, V. & Rasi, S. (2023). Biokaasulaskurin käyttöohje 21.12.2023. Luonnonvarakeskus. <https://maatalousinfo.luke.fi/fi/laskurit/biogas>
- Riihimäki, M. ja muut (2014). Biokaasulaskurin käyttöohje. Käytännön ohjeita biokaasulaitosinvestointia harkitsevalle. Ukipolis Oy, MTT. [https://portal.mtt.fi/images/sovellukset/biokaasu/biokaasulaskuri\\_ohjekirja.pdf](https://portal.mtt.fi/images/sovellukset/biokaasu/biokaasulaskuri_ohjekirja.pdf)
- Ruokavirasto (2023). Ehdollisuuden opas 2023. 2. helmikuuta 2023. Noudettu 7.2.2024 osoitteesta <https://www.ruokavirasto.fi/tuet/maatalous/perusehdot/ehdollisuus/ehdollisuuden-opas/ehdollisuuden-opas-2023/>
- Suomen Biokierto ja Biokaasu ry (2023). Biokaasun avulla voidaan leikata yli kolmasosa lannan käsittelyn aiheuttamasta päästöistä vuonna 2030. 1.6.2023. Noudettu 6.2.2024 osoitteesta <https://biokierto.fi/biokaasun-avulla-voidaan-leikata-yli-kolmasosa-lannan-kasittelyn-aiheuttamasta-paastoista-vuonna-2030/>

Virolainen-Hynnä (2020). Biokaasun tuotanto ja käyttö Suomessa 2030. Suomen Biokierto ja Bio-  
kaasu ry. Kesäkuu 2020. Helsinki. [https://biokierto.fi/wp-content/uploads/2020/06/Bio-  
kaasu2030\\_raportti\\_17062020.pdf](https://biokierto.fi/wp-content/uploads/2020/06/Bio-<br/>kaasu2030_raportti_17062020.pdf)

Välimäki, E., Yli-Varo, L., Romar, H., Lassi, U. (2021). Carbons Formed in Methane Thermal and  
Thermocatalytic Decomposition Processes: *Properties and Applications*. *C*, 7(3), 50.  
<https://doi.org/10.3390/c7030050>



Euroopan unionin  
rahoittama



**ETELÄ-POHJANMAAN LIITTO**  
Regional Council of South Ostrobothnia

