

# Tämä on alkuperäisen artikkelin rinnakkaistallenne.

Viite:

Laasasenaho, K., Lauhanen, R., Lensu, A., Rintala, J. 2019. Menikö metsään? – Maankäyttö- ja omistajuuskysymykset vaikeuttavat biomassojen optimaalista kuljetusta keskitetyissä biokaasulaitoksissa. Teoksessa: S. Päällysaho, A. Haasio, S. Saarikoski & S. Uusimäki (toim.) Seinäjoen ammattikorkeakoulu 2019: Moninaista osaamista. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja A. Tutkimuksia 32, 236-243.

<http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019121348144>



SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

# MENIKÖ METSÄÄN? - MAANKÄYTTÖ- JA OMISTAJUUSKYSYMYKSET VAIKEUTTAVAT BIOMASSOJEN OPTIMAALISTA KULJETUSTA KESKITETYISSÄ BIOKAASULAITOKSISSA

*Kari Laasasenaho, FM, asiantuntija, TKI  
SeAMK Ruoka*

*Risto Lauhanen, MMT, dosentti, erityisasiantuntija, TKI  
SeAMK Ruoka*

*Anssi Lensu, FT, yliopistonlehtori  
Jyväskylän yliopisto*

*Jukka Rintala, TkT, professori  
Tampereen yliopisto*

## 1 MAATILOJEN SIVUVIRTOJA BIOKAASULAITOKSIIN

Biokaasulaitosten kysyntä on kasvanut maataloudessa osana ilmastonmuutoksen vastaista kamppailua. Biokaasulaitoksissa pystytään hajottamaan hapettomissa oloissa erilaisia orgaanisia materiaaleja, ja maatilat pystyvät tuottamaan biokaasu-prosessin avulla sekä energiaa että orgaanisia lannoitteita. Biokaasuntuotanto on loistava esimerkki kiertotaloudesta, jossa pystytään tuottamaan kestäväää energiaa ja kierrättämään hyödyllisiä ravinteita takaisin peltoon. Biokaasu on mahdollisuus varsinkin suurilla karjatilastoilla, joissa syntyy paljon lantaa ja biokaasulla on mahdollista korvata kallista ostoenergiaa. Maatilojen eläinmäärien kasvu aiheuttaa sen, että yksi maatila tuottaa ylimäärin lantaa levitysmääräyksiin nähden. Tässä tilanteessa lantaa on usein pakko jalostaa jollain tekniikalla. Biokaasu onkin varsin monipuolinen vaihtoehto, sillä se mahdollistaa lämmöntuotannon ohella myös sähkön- ja ajoneuvopolttoaineiden tuotannon (Luostarinen ym. 2016).

Maatiloilla on suuri biokaasupotentiaali Suomessa. Suomen teknis-taloudelliseksi biokaasupotentiaaliksi on arvioitu 9,2 TWh vuodessa, joista suurin osa koostuu peltobiomassoista ja lannoista (Tähti & Rintala 2010). Yleensä maatilat voivat tuottaa ja käyttää biokaasua joko tilakohtaisissa ratkaisuissa tai maatilojen välisissä ns. osuuskuntapohjaisissa keskitetyissä biokaasulaitoksissa. Suomesta löytyy näitä molempia. Tilakohtaisissa ratkaisuissa hyödynnetään tilan omaa karjanlantaa ja esimerkiksi rehunurmea ja orgaanisia jätteitä, kun taas keskitetyissä biokaasulaitoksissa kerätään erilaisia sivuvirtoja usealta tilalta tai toimijalta ja kuljetetaan ne mahdollisimman järkevästi yhteiseen biokaasulaitokseen. Biokaasulaitoksia on Suomessa toistaiseksi suhteellisen vähän verrattuna esimerkiksi Ruotsiin, Tanskaan tai Saksaan. Suomessa oli Biokaasulaitosrekisterin mukaan 13 maatilakohtaista biokaasulaitosta vuonna 2016 (Huttunen & Kuittinen 2017), mutta määrä on kasvanut Biokaasuyhdistyksen ylläpitämän karttarekisterin mukaan 20:een vuoden 2018 aikana (Suomen biokaasulaitokset 2018). Nopeampaa kehitystä ovat rajoittaneet esimerkiksi kannattavuus, mukaan lukien investoinnin koko, tulot sekä lopputuotteiden, erityisesti ylimääräisen lämmön ja ravinteiden, hyödyntämiseen liittyvät haasteet (Luostarinen ym. 2016). Toisaalta huonommat viljelykasvien kasvuolosuhteet vaikeuttavat Suomen tilannetta muuhun Eurooppaan nähden. Esimerkiksi runsassatoista ja biokaasulaitosten lisäsyötteenä käytettyä energia- maissia ei ole toistaiseksi otettu laajamittaiseen käyttöön Suomessa.

Suomen maaseutu on harvaanasuttua ja maatilat sijaitsevat usein melko kaukana toisistaan. Tästä syystä Suomen hajallaan olevan biokaasupotentiaalın hyödyntämiseksi on etsitty erilaisia ratkaisuja. Kaasun energiamarkkinoihin liittyvät ongelmat tulevat esille erityisesti Keski- ja Pohjois-Suomessa, jotka eivät sijaitse kaasuverkon alueella, ja missä asutus on huomattavasti harvempaa Etelä-Suomeen verrattuna. Esimerkiksi Keski-Pohjanmaalla on mietitty jopa mobiiliin biokaasun puhdistuslaitteiston perustamista, jolloin maatilat voisivat keskittyä pelkästään raakakaasun tuottamiseen ja varastointiin (Vierilu Kokkolan biolaakossa 2017). Idean taka-ajatuksena on, että järjestely laskisi biokaasulaitosten investointikustannuksia: samalla kun laitteisto suorittaisi kaasun puhdistuksen ja nesteytyksen, se ottaisi mukaansa kaasua samaan tapaan kuin maitoauto käy hakemassa maitoa lypsytiloilta. Tämän jälkeen kaasu voitaisiin myydä asiakkaille keskitetyissä polttoaineen jakelupisteissä.

Hajallaan olevia biomassoja voidaan tarkastella myös paikkatietojärjestelmien avulla ja ratkaista kuljetusetäisyyksiin liittyviä ongelmia matemaattisesti. Tämän artikkelin tarkoitus on kertoa SeAMKin, Jyväskylän yliopiston ja Tampereen teknillisen yliopiston yhteistyönä tehdyn optimointimallin tuloksia maankäytöllisistä näkökulmista. Tämä artikkeli pohjautuu Seinäjoen ammattikorkeakoulun (SeAMK) hankkeessa Biotalouskilta - Etelä-Pohjanmaan biotalouden osajaverkosto kerät-

tyyn dataan ja kehitetyn menetelmän kuvaamiseksi tehtyyn tieteelliseen artikkeliin (Laasasenaho ym. 2019). Hanketta rahoitti Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR) ja SeAMK.

## 2 BIOMASSOJEN KULJETUSTA VOIDAAN OPTIMOIDA

Paikkatietojärjestelmien avulla pystytään käsittelemään paikkatietoa, joka on yksinkertaistettuna koordinaatteihin sidottua tietoa. Biokaasun näkökulmasta paikkatieto voi olla esimerkiksi maatilain sijainti, saavutettavuus tieverkkoa pitkin tai eläinmäärä. Tämä eläinmäärää koskeva paikkatieto voidaan muuttaa keskimääräiseksi lantamääräksi vuodessa yksinkertaisella muunnoslaskulla ja saada tietoon vuosittainen biomassan ja edelleen biokaasun potentiaali. Paikkatietojärjestelmillä voidaan laskea useamman paikkatietopisteen välisiä ominaisuuksia, kuten suoraa etäisyyttä, ajomatkaa tai tiettyä eroavaisuutta, kuten energiatiheyttä. Näin päästään kiinni mautilojen keskinäisiin eroavaisuuksiin ja voidaan laittaa niiden biokaasupotentiaalit suuruusjärjestykseen.

Hyödynsimme juuri näitä luokittelutapoja, kun teimme biokaasulaitosten sijainnin optimointimallin. Malli on esitelty tarkemmin tutkimusartikkelissa, mutta lyhyesti kerrottuna sen tarkoitus oli automatisoida potentiaalisten osuuskuntapohjaisten biokaasulaitosten etsintä minimoimalla lähinnä lanta- ja jättepohjaisten biomassojen kuljetusmatkat. Laskentamalli rakennettiin R-tilasto-ohjelmalla ja esimerkkinä käytettiin eteläpohjalaista Kuusiokuntien aluetta (Alavus, Kuortane, Soini ja Ähtäri). Optimointimalli huomioi tieverkkoa pitkin kaikki sellaiset maatilat ja biomassojen keräyskohteet, kuten lannan ja biojätteen erilliskeräyskohteet, jotka olivat 10 km kuljetusetäisyyden sisällä toisistaan. Malli ryhmitteli eli klusteroi tällaiset keskittymät yhteen ja valitsi klustereiden joukosta sellaiset osuuskuntapohjaiset ratkaisut, jotka tuottaisivat 300 kW tehon verran bruttoenergiaa. Näiden klustereiden sisällä laskettiin edelleen klustereiden sisäinen biokaasulaitoksen paikka, kuljetuskerrat ja kokonaismatkat minimoiden. Eriolaisten tekijöiden, kuten laitoksen koon (tehon) tai kuljetusmatkan, raja-arvot ovat siis muutettavissa, mikäli mallia halutaan soveltaa toisessa ympäristössä. Testasimme klusteroinnissa myös esimerkiksi 12 ja 15 km rajaetäisyyksiä sekä erottelimme suuret, usean mautilan yhteiset biokaasulaitokset erilleen pienemmistä mautilakohtaisista ratkaisuista (>100 kW teho) (Laasasenaho ym. 2019).

Optimointiajo antoi mielenkiintoisia ja hyödynnettävissä olevia tuloksia. Malli tunnisti yhteensä kahdeksan osuuskuntapohjaista klusteria eri kyliltä (Taulukko 1). Malli auttoi tunnistamaan otollisimmat paikat biokaasuntuotannolle Kuusio-

kunnissa. Seuraavana heräsikin kysymys, voidaanko tuloksia viedä käytännön toteutukseen?

**Taulukko 1. Potentiaalisten osuuskuntapohjaisten biokaasulaitosten (>300 kW) sijainti Kuusiokunnissa kylätasolla ja niiden energiapotentiali.**

Kunta/kylä	Biomassan koostumus	Bruttometaanisaanto (MWh/vuosi)
Alavus/Taipaleenkylä	7 karjatilaa, 1 turvatuotannosta vapautuva alue	2 613
Alavus/Ritola, Mutkankylä, Ylipää	6 karjatilaa	2 797
Kuortane/Löyä	7 karjatilaa	2 948
Alavus/Kätkänjoki	8 karjatilaa, 1 turvetuotannosta vapautuva alue	3 535
Kuortane/Ruona	6 karjatilaa, 1 matkailukeskus, 7 kunnallisen biojätteen keräyskohdetta, 2 ruokamarkettia (ylijäämäruoka)	3 163
Kuortane/Salmi	6 karjatilaa	2 409
Kuortane/Leppälänkylä	9 karjatilaa	2 749
Ähtäri/Alastaipale	4 karjatilaa	3 004

### 3 SATELLIITTI- JA KATUKUVAT PALJASTAVAT MAANKÄYTTÖMUODON

Kun optimointiajo saatiin suoritettua, tarkasteltiin tuloksia satelliitti- ja kartta-kuvien perusteella, joita on saatavissa Google Mapsin ja Street View kautta. Tarkemmalla maankäyttömuodon selvittämisellä haluttiin varmistaa se, kuinka realistista biokaasulaitoksen rakentaminen voisi olla kyseisellä alueella. Huomattiinkin, että kahdeksasta optimaalisesta biokaasulaitoksen sijainnista kolme sijaitsi välittömästi maatilojen yhteydessä (Ähtäri/Alastaipale, Alavus/Taipaleenkylä sekä Kuortane/Löyä). Usein tämä tarkoitti esimerkiksi yhden ison maatilan dominointia, jolloin ympärillä olevien pienempien maatilojen vaikutus oli vähäistä. Mikäli optimaalinen sijainti on maatilalla, voidaan yleisesti olettaa, että biokaasulaitoksen rakentaminen voi olla taloudellisempaa ja helpompaa, sillä lietealtaita ja muuta

infrastruktuuria ei tarvitsisi rakentaa alusta alkaen. Toisaalta tämä yksinkertaistaa myös maaomistajuuskysymyksiä, kun sijainti ei ole tilan ulkopuolella.

Klusterin sisältämien mautilojen määrällä on myös merkittävä rooli tulosten sovellettavuuteen. Osuuskuntapohjaisten ratkaisujen syntyminen voi olla sitä monimutkaisempaa, mitä enemmän biokaasulaitoksella on osakkaita. Mitä enemmän on toimijoita, sen vaikeammaksi voi käydä esimerkiksi logistiikka ja hallinnointi. Paras tilanne on suurilla, vähintään 4 500 t vuodessa lantaa tuottavilla karjatilajoilla, jotka harkitsevat yhden maatilakohtaisen biokaasulaitoksen rakentamista, sillä silloin päästään biokaasulaitoksella n. 100 kW bruttotehoon. Eläinmääränä tämä tarkoittaa n. 200 lypsylehmää tai n. 300 sonnia. Keskimääräiset eläinyksiköiden tuottamat lantamäärät vuodessa löytyvät esim. Rasin ym. (2012) tutkimuksesta. Näissä tapauksissa voi olla helppoa tuoda lisäsyötteitä myös läheisiltä pienemmilta mautiloilta, jolloin lannan kuljetus tietä pitkin on suhteessa kokonaismäärään vähäistä. Optimointimallin mukaan tilanne on erityisen haastava silloin, jos potentiaalisen klusterin sisällä on 2-3 samankokoista navettaa, joiden oma lannantuotanto ei aivan riitä maatilakohtaiseen laitokseen, ja joudutaan tekemään valinta siitä, mihin pisteeseen biokaasulaitos on rakennettava. Logistinen haaste muodostuu siitä, että lantaa joudutaan siirtämään teitä pitkin suuria määriä pisteestä pisteelle, mikä lisää kuljetuskertojen määrää.

Toisaalta viidessä tapauksessa kahdeksasta voitaisiin kohdata jonkinlaisia maankäyttöllisiä ristiriitatilanteita, kuten maanomistajuuskysymyksiä. Näistä viidestä paikasta kaksi sijaitsi peltoalueella (Alavus/Kätkänjoki ja Kuortane/Salmi), toiset kaksi asutuksen välittömässä läheisyydessä (Kuortane/Ruona ja Kuortane/Lepäänkylä) ja yksi metsätalousalueella (Alavus/Mutkankylä). Rakentaminen ei olisi mahdollista yksinkertaisilla menetelmillä nykyisestä maankäytöstä johtuen. Näistä oli matkaa linnuntietä lähimmälle maatilalle 200 metristä hieman yli 1 kilometriin. Kuvassa 1 on esitetty esimerkkipiste Kuortaneen kunnasta, johon optimointimalli ehdotti kyläkohtaisen laitoksen paikkaa Kuortaneen Ruonalla.

Optimointimallin soveltaminen käytäntöön onkin aiheellista ja erityisen tarpeellista vasta silloin, kun löytyy biokaasulaitoksen rakentamisesta kiinnostuneita mautiloja kohtuullisen ajomatkan etäisyydellä toisistaan. Optimointiajon tulosten perusteella voidaan tarkastella, mikä maatila on lähimpänä optimaalisinta sijaintia ja valita tämän jälkeen kyseinen tila toiminnan keskiöksi. Tällöin voidaan sijoittaa laitos kuljetuskustannusten näkökulmasta oikeaan paikkaan jo suunnitteluvaiheessa. Toisaalta, optimointimallia voidaan soveltaa myös siinä tapauksessa, jos halutaan tunnistaa biokaasuntuotannon kannalta keskeisimmät toimijat bioenergiayrittäjyyden edistämistä varten.



**Kuva 1. Osuuskuntapohjaisen biokaasulaitoksen ehdotettu sijainti Kuortaneen Pouskuntien ja Lapuan tien risteyksessä. Paikka on lähellä asutusta ja lähimmälle klusteriin kuuluvalla maatilalla on matkaa yli 1 km. Esimerkiksi nämä tekijät rajoittavat toimintaa tässä pisteessä. (Kuva: Kari Laasasenaho.)**

## 4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Maatilojen sivuvirtoihin perustuvat biokaasulaitokset tarjoavat mahdollisuuden tuottaa uusiutuvaa energiaa sekä jalostaa lantaa esimerkiksi lannoitetuotteiksi. Biokaasulaitokset eivät kuitenkaan ole jokaisella maatilalla kannattava investointi, sillä niiden taloudellinen kannattavuus voi olla heikko. Jos lantaa ei ole yhdellä maatilalla riittävästi, voi olla kannattavaa perustaa useamman maatilan yhteisiä biokaasulaitoksia.

Tässä työssä tarkasteltiin osuuskuntapohjaisten biokaasulaitosten optimaaliseen sijoitteluun kehitetyn paikkatietomenetelmän tulosten pätevyyttä maankäyttömuotojen valossa. Kehitetty optimointimalli tunnisti klustereita, jotka olivat useamman maatilan muodostamia ryhmiä 10 km rajaetäisyyden sisässä. Lisäksi haluttiin selvittää, kuinka optimoinnin tuloksia voisi soveltaa käytäntöön.

Paikkatietoanalyysin perusteella havaittiin, että suurimmassa osassa optimaalisia sijoitusratkaisuja, laitos sijoittuisi muualle kuin klusteriin kuuluville mautiloille kohteeseen, jossa maakäyttömuoto oli maanviljely, asuinalue tai metsätalous. Kolmessa tapauksessa kahdeksasta osuuskuntapohjaisen biokaasulaitoksen sijainti osui maatilalle. Näissä tapauksissa sijoittumiseen vaikutti yksittäinen suuri

karjatila, johon tuotaisiin läheisiltä pienemmiltä karjailoilta lantaa. Tässä tilanteessa biokaasulaitoksen rakentaminen voi olla taloudellisempaa ja helpompaa, sillä lietealtaita ja muuta infrastruktuuria ei tarvitsisi rakentaa alusta alkaen.

Logistisessa mielessä paras tilanne on suurilla, vähintään 4500 t vuodessa lantaa tuottavilla 200 lypsylehmän tai 300 sonnin karjailoilla, jolloin päästään n. 100 kW bruttotehoon. Lisäyötöitä on mahdollista tuoda läheisiltä pienemmiltä maataloilta. Tilanne on kuitenkin haasteellisempi silloin, kun potentiaalinen klusteri sisältää 2-3 samankokoista navettaa. Jos oma lannantuotanto ei riitä maatalakohtaiseen laitokseen, joudutaan tekemään valinta, minne biokaasulaitos on rakennettava. Tällöin lantaa joudutaan siirtämään teitä pitkin suuria määriä, mikä ei välttämättä ole logistisesti järkevää ja pitkät kuljetusmatkat aiheuttavat samalla kasvihuonekaasupäästöjä.

Tulevaisuudessa optimointimalliin on mahdollista tuoda mukaan myös energian loppukäyttäjien sijoittuminen sekä mädätteen varastointiin ja kuljetukseen liittyviä parametrejä. Kaasun ja mädätteen loppukäyttäjien sijainti määrittelee myös laitosten lähtökohtia. Tämän lisäksi erilaisten lain rajaamien kohteiden erityismääräykset tulee ottaa lopullisessa optimoinnissa huomioon.

Otsikon lausahuksella on kaksi merkitystä: paikkatietojärjestelmät voivat todellakin osoittaa keskitettyjen biokaasulaitosten sijainnin olevan metsässä tien varressa. Toinen merkitys voi olla se, että metsäenergia on biokaasua selvästi yleisempi energianlähde maataloilla. Metsäenergialla toimivaan lämpölaitokseen päädytään maataloilla useammin luultavasti siksi, että se on biokaasulaitokseen verrattuna yksinkertaista, varmatoimisempaa ja logistisesti helpompaa. Metsäenergian suurempi energiatiheys vähentää osuuskuntapohjaisten ratkaisujen tarvetta, kun riittävä lämpöenergiatarve pystytään saavuttamaan ja ylläpitämään oman metsän puulla. Optimointimallin soveltaminen käytäntöön onkin tarpeellista silloin, kun löytyy biokaasulaitoksen rakentamisesta kiinnostuneita maataloja kohtuullisen kuljetusmatkan etäisyydellä toisistaan. Optimointiajon tulosten perusteella voidaan tarkastella, mikä maatila on lähimpänä optimaalisinta sijaintia ja valita tämän jälkeen kyseinen tila toiminnan keskiöksi. Näin voidaan minimoida kuljetuskustannusten syntyminen ja kasvihuonekaasupäästöjä jo laitoksen suunnitteluvaiheessa.



## LÄHTEET

Huttunen, M. & Kuittinen, V. 2017. Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 20: Tiedot vuodelta 2016. [Verkkojulkaisu]. Joensuu: University of Eastern Finland. Publication of the University of Eastern Finland. Reports and studies in forestry and natural sciences 29. [Viitattu 28.8.2019]. Saatavana: <http://www.biokaasuyhdistys.net/wp-content/uploads/2018/04/2016-No20.pdf>

Laasasenaho K, Lensu, A., Lauhanen, R. & Rintala, J. 2019. GIS-data related route optimization, hierarchical clustering, location optimization, and kernel density methods are useful for promoting distributed bioenergy plant planning in rural areas. Sustainable energy technologies and assessments 32, 47 - 57.

Luostarinen, S., Pyykkönen, V., Winquist, E., Kässi, P., Grönroos, J., Manninen, K. & Rankinen, K. 2016. Maatilojen biokaasulaitokset: Mahdollisuudet, kannattavuus ja ympäristövaikutukset. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 11/2016. [Viitattu 26.9.2019]. Saatavana: [https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/532222/luke-luobio\\_11\\_2016.pdf?sequence=1](https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/532222/luke-luobio_11_2016.pdf?sequence=1)

Rasi, S., Lehtonen, E., Aro-Heinilä, E., Höhn, J., Ojanen, H., Havukainen, J., Uusitalo, V., Manninen, K., Heino, E., Teerioja, N., Andersson, R., Pyykkönen, V., Ahonen, S., Marttinen, S., Pitkänen, S., Hellstedt, M. & Rintala, J. 2012: From waste to traffic fuel projects: Final report. [Verkkojulkaisu]. Jokioinen MTT Agrifood Research. MTT Report 50. [Viitattu 26.9.2019]. Saatavana: <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/438253/mttraportti50.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Suomen biokaasulaitokset 2018. [Kartta]. [Viitattu 26.9.2019]. Saatavana: <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=13rXLSSjC122A6tKMt7MladExekzAaQeu&ll=62.1235128893541%2C25.810524789062583&z=7>

Tähti, H. & Rintala, J. 2010. Biometaanin ja -vedyn tuotantopotentiaali Suomessa. [Verkkojulkaisu]. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 90. [Viitattu 26.9.2019]. Saatavana: [https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/37062/Tahti\\_Hanne\\_2010.pdf?seq](https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/37062/Tahti_Hanne_2010.pdf?seq)

Vierailu Kokkolan biolaaksossa. 2017. [Verkkolehtiartikkeli]. @SeAMK 28.8.2017. [Viitattu 26.9.2019]. Saatavana: <https://verkkolehti.seamk.fi/index.php/agroblogi/vierailu-kokkolan-biolaaksossa/>