Oulun yliopiston Kerttu Saalasti Instituutin julkaisuja, 3/2022

Biokaasureaktorien paikkatieto- ja saavutettavuusperusteinen sijainnin optimointi

Tulevien ja lähtevien sivuvirtojen saavutettavuusanalyysi biokaasureaktorien verkostolle Pohjois-Pohjanmaalla

Ossi Kotavaara, Jenna Finnilä & Ulla Lehtinen
Oulun yliopiston Kerttu Saalasti Instituutti,
Alueellisen erinomaisuuden tutkimusryhmä

OULUN YLIOPISTO
Kerttu Saalasti Instituutin julkaisuja 3/2022

Ossi Kotavaara, Jenna Finnilä & Ulla Lehtinen

BIOKAASUREAKTORIEN PAIKKATIETO- JA SAAVUTETTAVUUSPERUSTEINEN SIJAINNIN OPTIMOINTI – TULEVIEN JA LÄHTEVIEN SIVUVIRTOJEN SAAVUTETTAVUUSANALYYSI BIOKAASUREAKTORIEN VERKOSTOLLE POHJOIS-POHJANMAALLA

ISSN 2814-4406 (verkkojulkaisu)
ISBN 978-952-62-3495-3 (elektroninen)

Tiivistelmä

Pohjois-Pohjanmaa ja varsinkin alueen eteläosa ovat vahvaa eläintuotantoaluetta. Tässä tutkimuksessa kartoitettiin Pohjois-Pohjanmaan lietelantaperusteisen biokaasutuotannon alueellista potentiaalia. Tavoitteena oli syventää tiedollista pohjaa eri kokoluokan biokaasureaktorien sijoittamispäätösten tueksi. Tutkimuksessa mitattiin alueellisesti biokaasun tuotantopotentiaalia eri mittakaavoilla muutaman tilan yhteisen biokaasureaktorin kokoluokasta suurten teollisten yksiköiden kokoluokkaan. Reaktorien optimisijaintien paikkatietoperusteinen analyysi tehtiin laskemalla tulevien syötteiden eli naudan ja sian lietelannan kokonaissaavutettavuus 5-40 kilometrin kuljetusmatkoilla. Vastaava saavutettavuusanalyysi tehtiin myös lähtevien sivuvirtojen eli mädätteen (reaktorirejektin) lannoitekäytön potentiaalista.

Biokaasureaktoreilta saavutettavissa olevat naudan ja sian lantojen sivuvirrat arvioitiin tilakohtaisten paikkatietojen perusteella hyödyntämällä Ruokaviraston hallinnoimia tuotantoeläintietoja, jotka yhdistettiin Luonnonvarakeskuksen tuottamaan Normilanta-malliin. Biokaasureaktorille tulevien ja sieltä lähtevien sivuvirtojen logistiikka ja kuljetusmatkat huomioitiin tieverkkoperusteisella reitittämisellä ja saavutettavuuslaskennalla. Lantavirtojen kuljetusten mallintamiseen tilasijaintien ja biokaasureaktorien kilpailevien kandidaattisijaintien (eli sijainnin optimoinnin kannalta mahdollisten sijaintipaikkojen) välillä käytettiin tieverkon Digiroad -paikkatietomallia, joka mahdollistaa raskaan kaluston reitityksen tieverkossa nopeusrajoitus- ja tieluokkatietoja hyödyntäen. Koska etäisyyden kasvaessa tulevien ja lähtevien virtojen hyödyntäminen todennäköisesti vähenee, tämä huomioitiin laskennoissa käyttämällä potentiaalisen saavutettavuuden laskentamallia. Biokaasu on reaktorien päätuote, mutta mädäte on pääasiassa lannoitekäyttöön sellaisenaan tai jatkojalosteena soveltuva sivuvirta. Mädätteelle laskettiin vastaavalla tavalla lannoitekäytön saavutettavuuden potentiaali lähialueiden vilja- ja nurmikasvustoisten peltolohkojen pinta-alojen avulla.

Laskentojen lopputulokset on esitetty tiivistelmäraportissa karttoina ja yhteenvetotaulukkona. Tutkimuksen keskeisin tulos on, että Pohjois-Pohjanmaan eteläpuolisessa osassa on vahva potentiaali biokaasutuotannolle erikokoisten reaktoreiden verkostolle. Biokaasureaktorien parhaat sijaintipaikat useiden tilojen sivuvirtoja hyödyntäville biokaasureaktoreille löytyvät Kalajokilaaksosta. Lyhyiden kuljetusmatkojen tarkasteluissa erityisen hyviä kohteita on Nivalan ja Kalajoen sekä Ylivieskan, Haapaveden, Haapajärven ja Reisjärven alueilla. Pohjois-Pohjanmaan eteläpuolisessa osassa on muutoinkin lukuisia hyviä pienenpien biokaasureaktorin sijaintipaikkoja. Pidempien kuljetusten ja suurempien reaktorien sijoittamiseen erityisesti Nivala ja lähialueet näyttäytyvät erityisen vahvana, samoin kuin Kalajoen alue.

Tämä tutkimus oli osa ”Vähähiilinen yritysekosysteemi maaseudun ratkaisuna kestävään kasvuun (ARVO)” -hanketta, jonka toteuttivat yhteistyössä Oulun yliopiston Kerttu Saalasti Instituutti ja Nivala-Haapajärven seutu NIHAK ry. Hankkeen rahoittaja olivat Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR) Pohjois-Pohjanmaan liitto, Nivala-Haapajärven seutu NIHAK ry, Nivalan kaupunki, Nivalan Teollisuuskylä Oy ja Nivalan Kaukolämpö Oy.

Abstract

Ossi Kotavaara, Jenna Finnilä & Ulla Lehtinen

Network accessibility-based location optimisation of biogas reactors – Accessibility incoming and outgoing side streams for biogas reactor network in Northern Ostrobothnia

Publication of Kerttu Saalasti Institute of the University of Oulu 3/2022, Nivala, Finland

Northern Ostrobothnia, and especially the southern part of the region, have a strong emphasis in animal production. This study analysed the regional potential of manure-based biogas production within whole Northern Ostrobothnia. The aim was to deepen the knowledge base to support location decisions of biogas reactors of different sizes. The study measured the regional biogas production potential at different scales, from the farm specific reactors to large industrial units. A spatial analysis of the optimal locations was carried out by calculating the total accessibility of the incoming side stream flows, i.e. cattle and pig manure, from transport distances of 5-40 km. A similar accessibility analysis was also performed for the outgoing side streams, i.e. reactor reject slurry or digestate, which is widely used as a fertiliser.

The available side streams of cattle and pig manure from the biogas reactors were estimated on the basis of farm-specific geographic information data, which is managed by the Finnish Food Authority. Data combined with the Normilanta manure estimation model produced by the Natural Resources Institute Finland. The logistics and transport distances of the side streams to and from the biogas reactor sites were analysed by road network routing-based accessibility calculations. While biogas is the main product of the reactors, the digestate is main side stream and suitable for fertilising. The potential accessibility of outgoing side stream potential based on estimated fertiliser needs was calculated by farm field and production plant data.

The main finding of the study is that the southern part of Northern Ostrobothnia has a strong potential for biogas production by using a network of different size reactors. The most favourable locations for biogas reactors are found in the Kalajoki river valley. In terms of high accessibility, potential sites for biogas reactors are found in the Nivala and Kalajoki as well as within Ylivieska, Haapavesi, Haapajärvi and Reisjärvi areas. In the southern part of Northern Ostrobothnia there are also a number of other good locations for smaller biogas reactors. particularly Nivala and the surrounding areas appear to have a strong accessibility potential when for longer distances are included to the analyses.

This study was carried out by the University of Oulu, Kerttu Saalasti Institute's Regional Excellence research team as part of the project " Low Carbon Business Ecosystem as a Rural Solution for Sustainable Growth (ARVO)" together with Nivala-Haapajärven seutu NIHAK ry. The funding of the project was from the European Regional Development Fund (ERDF) by Council of Oulu region, Nivala-Haapajärven seutu NIHAK ry, City of Nivala, Nivalan Teollisuuskylä Oy and Nivalan Kaukolämpö Oy.

Lyhenteet

CHP	Combined heat and power, sähkön ja lämmön yhteistuotanto
ha	hehtaari
TWh	Terawattitunti S(1 TWh = 1 000 GWh = 1 000 000 MWh = 1 000 000 000 kWh)
GWh	Gigawattitunti
MWh	Megawattitunti
t	Tonni
kg	Kilogramma
m^3	Kuutiometri

Sisällys

Tiivistelmä 3
Abstract 4
Lyhenteet 5
Sisällys 6
1. Biokaasutuotannon kehittyminen eri toimintaympäristöissä 8
   1.1. Tutkimusasetelma 9
2. Analytiikan lähtöasetelma asiantuntijoiden haastattelujen perusteella 11
   2.1. Biokaasuprosessit ja tuotantotavat 11
   2.2. Biokaasun markkinat 12
   2.3. Sivuvirtajakeiden koontialue, mädätteen jakelualue ja logistiikkaratkaisut 12
   2.4. Logistiikka- ja porttimaksut 13
   2.5. Mädätysjäännöksen hyödyntäminen ja markkinat 13
3. Sijainnin optimoinnissa hyödynnettävät paikkatietoaineistot 15
   3.1. Tilakohtaiset tuotantoeläintiedot ja naudan ja sian lannantuotannon arviointi 15
   3.2. Peltolohkojen paikkatieto mädätteen lannoitekäytön arvioimiseen 16
   3.3. Liikenneverkko 17
   3.4. Reaktorien mahdollisten sijaintipaikkojen rajaus tarkasteluun 17
4. Paikkatietoperusteiset saavutettavuus-tarkastelut ja sijainnin optimointi 20
5. Biokaasureaktorien optimaaliset sijainnit Pohjois-Pohjanmaalla 25
6. Yhteenveto 28
7. Lähdeluettelo 29
   Liite 1. Tuloskartat biokaasureaktorien optimisijainneista tulevien ja lähtevien virtojen perusteella 5-40 km etäisyyksillä.
   Liite 2. Tuotantoeläinten luokittelu Ruokaviraston aineistossa

1

Biokaasutuotannon kehittyminen eri toimintaympäristöissä

1. Biokaasutuotannon kehittyminen eri toimintaympäristöissä

Uusiutuvan energian tuotanto kasvaa nopeasti EU:n alueella ja globaalisti. Biokaasun tuotantoratkaisut ovat osa YK:n kestävän kehityksen tavoitteita, ja viime vuosina kiinnostus biokaasun tuotantoon on lisääntynyt monissa maissa. Euroopan unionissa (ko. aikana 28 jäsenmaassa) biokaasun tuotanto kaksinkertaistui vuosien 2008 ja 2016 välillä 93:sta 187:ään terawattituntiin (Gustafsson & Anderberg 2022). On arvioitu, että tuotanto voisi vielä kaksinkertaistua vuoteen 2030 mennessä, ja jopa suurempi kasvu on mahdollinen monissa maissa (Kampman ym. 2016). EU:n biokaasun tuotanto on noin puolet maailman tuotannosta (Winquist ym. 2021). Saksa on EU:n suurin biokaasun tuottaja 11 000 biokaasutehtaan ja 90,1 TWh tuotannolla vuonna 2019. Tämä vastaa 1,09 MWh tuotantoa asukasta kohti ja luku oli kaksinkertainen Suomen 0,41 MWh tuotantoon asukasta kohden kokonaistuotannon ollessa 2,3 TWh 96 biokaasulaitoksella (Gustafsson & Andersberg, 2022). Tilastokeskuksen (2022) tietojen mukaan biokaasutuotanto olisi laskenut Suomessa 0,95 TWh tasolta 0,88 TWh tasolle vuosina 2017-2020.

Biokaasulla tarkoitetaan metaanin (50-70 %) ja hiilidioksidin (30-50 %) sekoitusta. Biokaasu voidaan jalostaa biometaaniksi, jolloin suurin osa muista kaasuista on poistettu. Biokaasua syntyy, kun mikrobit hajottavat eli mädättävät orgaanista materiaalia anaerobisissa olosuhteissa. Biokaasun raaka-aineena voidaan käyttää kunnallista jätevesilietettä ja biojätettä, puu- ja paperiteollisuuden sivuvirtoja sekä maatalouden sivuvirtoja kuten lantaa, heinää, olkia ja muita kasvien jäännöksiä. Biokaasua voidaan käyttää lämmön sekä lämmön ja sähkön (CHP) integroituun tuotantoon. Jalostettua biometaania käytetään liikennepolttoaineena ja korvaamaan maakaasua eri kohteissa. (Winquist 2021).

Kotimaisesti tuotettu biokaasu auttaa pienentämään maatalouden ja liikenteen hiilipäästöjä sekä lisää kotimaisen energian saatavuutta ja huoltovarmuutta. Vuonna 2019 Suomen 96 biokaasulaitosta tuottivat 2,3 terawattituntia energiaa (EBA, 2020), ja vastaavasti biokaasun liikennekäyttö oli 111 GWh vuonna 2020 (Duplissy ym. 2021). Suomen hallitus on asettanut vuoden 2030 biokaasun tuotantotavoitteeksi 4 TWh budjetti- ja ilmastoneuvotteluiden yhteydessä syksyllä 2021. Kaikkiaan noin 2,5 TWh suuntautuisi tieliikenteeseen (Suomen Biokierto & Biokaasu ry, 2022). Suomi voisi kaksinkertaistaa nykyisen biokaasutuotannon pelkästään pohjautuen maatilojen lannan hyödyntämiseen (Winquist ym. 2021).

Biokaasureaktorit voidaan jakaa 1) kunnallisiin jätteenkäsittelyyn pohjautuviin laitoksiin tai 2) teollisuuden jätevesien käsittelylaitoksiin 3) keskitettyihin käsittelylaitoksiin ja 4) tilakohtaisiin laitoksiin. Biokaasua voidaan tehdä maaseudulla keskitetysti teollisen mittakaavan tuotantolaitoksilla, tilojen yhteisillä tuotantoyksiköillä tai pienemmillä tilatasoisilla reaktoreilla. Biokaasun tuotantoa voidaan parhaimmillaan rakentaa Suomen tuotantointensiivisen maaseudun kattavaksi verkostoksi etenkin alueilla, missä on paljon tuotantoeläimiä sekä viljakasvien ja nurmirehun peltoalaa. Biokaasun raaka-aineena voidaan käyttää monia syötteitä, mutta lannan käyttö tekee reaktorin sivutuotteesta eli mädätteestä helposti prosessoitavaa ja hyvää lannoitetta. Biokaasun tuotantoon riittävä syötteiden määrällinen saatavuus ja hyvä logistinen saavutettavuus eli lyhyet kuljetusmatkat ja pieni tonnikilometrikertymä ovat tärkeitä.

Sekä keskitettyjen että tilakohtaisten laitosten määrä on kasvanut Suomessa viime aikoina (Winquist ym. 2019). Yhtenä syynä on, että tilakohtaista lämmitystä tarvitaan, koska kaukolämpöä ei ole saatavilla maaseudulla. Tilakohtaisten biokaasulaitosten investointikustannukset ovat olleet korkeat ja lopputuotteen hinta matala, mikä on johtanut pitkään takaisinmaksuaikaan. Vaikka keskitetyt laitokset eivät ole taloudellisesti olleet kannattavia, tilakohtaiset laitokset ovat parantaneet ravinneomavaraisuutta tiloilla. Kun biokaasulaitoksen mädätysjäännöstä käytetään lannoitteena lannan sijaan, tarvitaan vähemmän typpilannoitteita. Siten biokaasun

tuotanto tarjoaa monia kustannussäästöjä lannan käsittelyssä ja käytössä. Ravinneaineiden kierrätys edistää tilojen välistä yhteistyötä. Yhteisissä biokaasulaitoksissa tiloilla voi olla erilaisia rooleja: tilat voivat toimittaa lantaa ja kasvimateriaalia raaka-aineeksi, osa taas voi käyttää laitosten jäännöstä lannoitteena ja paikallinen kasvihuone voi hyödyntää saatavaa lämpöenergiaa. Luostarinen ym. (2019) arvioivat, että biokaasutuotannosta saataisiin eniten lisäarvoa jalostamalla liikennebiokaasua, ja samalla lannan prosessointia edistämällä voitaisiin tehokkaasti vähentää maatalouden haitallisia ympäristövaikutuksia sekä lisätä ruuantuotannon materiaali- ja energiatehokkuutta.

Ventelä ym. (2014) ovat tutkineet lannan ravinteiden kiertoa Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla, joissa on erityisen paljon suuria kotieläintiloja. Maatilojen erikoistuminen kotieläintuotantoon tai kasvinviljelyyn keskittää helposti lantaa sijainteihin, missä sen ravinteille ei ole tarvetta. Lanta koetaan useimmiten ongelmaksi, josta pyritään hankkiutumaan eroon. Laajenevilla tiloilla lannan levitysalan löytäminen voi muodostua haasteeksi. Lannan arvo määrittyy tilakohtaisten tarpeiden ja ravintosisällön perusteella ostolannoitteisiin verrattuna. Luostarinen ym. (2019) arvioivat, että lannan tehokas prosessointi olisi kannattavaa kytkeä biokaasutuotantoon riittävän kokoisilla tuotantoyksiköillä. He arvioivat myös, että peltokasveista biokaasua muodostuu enemmän kuin lannasta, ja sian lannan biokaasupotentiaali sekä kannattavuus ovat hieman parempia kuin naudan lannan.

Pohjois-Pohjanmaa ja varsinkin alueen eteläosa ovat vahvaa eläintuotantoaluetta. Maatalouden raaka-ainevirtoja hyödyntävien biokaasutuotantoyksikköjen sijoittaminen voidaan optimoida paikkatietoperusteisesti raaka-aineiden ja lopputuotteen kuljetuksien perusteella (ks. Kotavaara ym. 2014). Optimointi voidaan tehdä pienemmille usean maatilan yhteislaitoksille tai suurille teollisille yksiköille raaka-aineen kuljetusmatkat minimoiden. Optimoinnin keskeisimpinä tekijöinä ovat maatilakohtainen raaka-ainemäärä, kuljetussuorite ja biokaasutuotantoyksikön kapasiteetti sekä maatilojen kyky ottaa vastaan mädätettä lannoitteeksi. Tässä tutkimuksessa kartoitettiin Pohjois-Pohjanmaan lietelantaperusteisen biokaasutuotannon alueellista potentiaalia tavoitteena rakentaa tiedollinen pohja eri kokoluokan biokaasureaktorien sijoittamiseksi alueelle. Paikkatietoperusteisen laskennan tavoitteena on optimoida yhden yksikön sijaan alueellinen tai maakunnallinen laajempi tuotantoverkosto.

1.1. Tutkimusasetelma

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää Pohjois-Pohjanmaan alueelta eri sijaintien soveltuvuus eri kokoisille biokaasureaktoreille, jotka käyttävät syötteinä naudan ja sian lantaa sekä toimittavat mädätettä lannoitekäyttöön viljelyä varten. Tavoitteena on luoda paikkatietoperusteinen laskentamalli, joka toimii tarkalla mittakaavatasolla eri kokoluokan biokaasureaktorien sijoittamista varten – muutaman tilan yhteisen biokaasureaktorin kokoluokasta suurten teollisten yksiköiden kokoluokkaan. Laskentamallilla selvitetään missä sijainneissa 1) mahdollisimman suuri määrä lantaa voidaan kuljettaa reaktorille mahdollisimman pienellä kuljetussuoritteella sekä 2) missä mahdollisemman suuri määrä mädätettä voidaan kuljettaa peltolohkoille niin ikään mahdollisimman pienellä kuljetussuoritteella. Aineistoina hyödynnetään Ruokaviraston tuottamia paikkatietoja tilojen tuotantoeläimistä ja peltotuotannosta yhdessä Suomen normilanta-järjestelmän (Luostarinen ym. 2017) laskentamallin kanssa, tieverkon Digiroad (Liikennevirasto 2018) paikkatietomallia sekä maankäytön paikkatietoja. Sijainnin optimointi -mallin lähtöluvut on kerätty tutkimuskirjallisuudesta ja tietoja täydennetty lietelantaa hyödyntävien biokaasuyritysten asiantuntijahaastatteluilla. Analyysien tulokset esitetään karttamuodossa. Vastaavaa laajaa alueellista tulevien ja lähtevien virtojen logistiikan huomioivaa sijainnin optimointia ei ole tehty Suomessa aikaisemmin.

2

Analytiikan lähtöasetelma asiantuntijoiden haastattelujen perusteella

2. Analytiikan lähtöasetelma asiantuntijoiden haastattelujen perusteella

Paikkatietoperusteisen sijainnin optimointi -analyysin lähtötietoja varten haastateltiin viiden keskeisen biokaasuyritysten asiantuntijoita analyysien asetelman ja lähtölukujen kartoittamiseksi. Haastatteluihin tai heidän antamiinsa tietoihin ei viitata raportissa suoraan vaan kokonaisuutena. Haastatellut yritykset ja asiantuntijat sekä tuotannon perustiedot on esitetty alla tiivistetysti.

BioHauki Oy:stä haastateltiin laitoksen yhdyshenkilö Jussi Nykänen. Laitos on aloittanut toimintansa vuonna 2017. Raaka-aineet ovat lehmänlanta, kanankakka ja heinä. Syötekapasiteetti on 14 000 tonnia vuodessa ja kaasun tuotanto 700 tonnia. Biokaasu jalostetaan liikennebiometaaniksi ja kaasusta tuotetaan kaukolämpöä. Mädätysjäännös käytetään luomuviljelyyn sopivana lannoitteena. (BioHauki Oy 2021)

BioKymppi Oy:stä haastateltiin toimitusjohtaja Mika Juvonen. Laitos aloitti toimintansa 2010. Keskeiset raaka-aineet ovat erilaisia biohajoavia jätteitä ja tähteitä. Syötekapasiteetti 35 000 tonnia vuodessa ja energiantuotanto 10 GWh vuodessa. Mädätysjäännös käytetään luomu- tai tavanomaisen viljelyn lannoitteena. (BioKymppi Oy 2021)

Gasum Oy:stä haastateltiin logistiikkapäällikkö Jerkko Jyläntöä. Gasumilla on Suomessa yhdeksän biokaasulaitoksen verkosto, joka tuottaa vähän alle puolet Suomessa tuotetusta biokaasusta. Yrityksen laitoksiin kuuluu muun muassa Vehmaan biokaasulaitos, joka on Suomen vanhin teollisen mittakaavan biokaasulaitos. Se käsittelee pääasiassa entsyymiteollisuuden sivuvirtoja, elintarviketeollisuuden sivuvirtoja sekä sikalietteitä. Laitoksen syötekapasiteetti on 90 000 tonnia vuodessa biokaasun tuotantopotentiaalin ollessa 30 GWh. Oulun Ruskon biokaasulaitos on ollut toiminnassa vuodesta 2015 ja käyttää raaka-aineina puhdistamolietettä, elintarviketeollisuuden sivuvirtoja ja biojätteitä. Laitoksen syötekapasiteetti on 60 000 tonnia vuodessa ja biokaasun tuotantopotentiaali 35 GWh. Turun biokaasulaitoksella käsitellään noin 130 000 tonnia biomassoja ja tuotetaan noin 60 GWh nesteytettyä biokaasua vuodessa. (Gasum Oy 2021)

Jepuan Biokaasu Oy:stä haastateltiin toimitusjohtaja Kurt Stenvallia. Laitos aloitti toimintansa vuonna 2013. Keskeiset raaka-aineet ovat elintarvike- ja maatalousjätteet. Syötekapasiteetti 130 000 tonnia vuodessa ja biokaasun tuotanto 30 GWh vuodessa. Biokaasu jalostetaan liikennebiokaasuksi, teollisuuden polttoaineeksi tai käytetään lämmöntuotannossa. Mädätysjäännös käytetään lannoitteena ja se soveltuu myös luomutuotantoon. (Jepuan Biokaasu Oy 2021)

Juvan Bioson Oy:stä haastateltiin hallituksen puheenjohtaja Heikki Teittinen. Laitos aloitti toimintansa vuonna 2011. Keskeiset raaka-aineet ovat lanta, kanan kuivalanta ja vihannesjäte. Syötekapasiteetti on 19 500 tonnia vuodessa ja kaasun tuotanto 2-2,5 MWh vuodessa. Biokaasu käytetään sähkön- ja lämmöntuotantoon. Mädätysjäännös käytetään lannoitteena osakastiloilla. (Juvan Bioson Oy 2021)

2.1. Biokaasuprosessit ja tuotantotavat

Yksikään haastatelluista yrityksistä ei ole täysin keskittynyt eläinten lannoilla tehtävään tuotantoon. Eri syötteiden käytön vaikutus kannattavuuteen nähtiin hyvin tapauskohtaisena, mutta kaasuntuotantopotentiaalia pidettiin suurempana, mikäli kyseessä on lantojen lisäksi muiden biomassojen sekakäsittely. Vastaavasti kuitenkin sekakäsittelystä voi aiheutua mädätteen käyttörajoituksia tai käsittelytarpeita, kuten puhdistamolietettä käsiteltäessä. Vastaavasti erilliskerätty tai kaupan biojäte tarvitsee lisäksi esikäsittelylaitteiston. Biokaasua tuotettiin

myyntiin paineistettuna raakabiokaasuna, jalostettuna biometaanina sekä myös nesteytettynä kaasuna. Laitoksilla oli käytössä kuiva- ja märkämädätysprosesseja sekä meso- ja termofiilisiä tuotantotapoja.

Kaikki haastatellut näkivät, että tuotantolaitoksen koko kannattaa mitoittaa mahdollisimman suureksi tulevien sivuvirtojen saatavuuden ja lähtevän mädätteen käyttöpotentiaali ja kustannukset huomioiden. Tuotannon mittakaavalla ei nähty teknistä tai taloudellista ylärajaa, mutta alarajana pidettiin useimmiten 20 000 ja osin 35 000 tonnin laitosta. Samalla tilakohtaiset edulliset märkämädätyslaitokset nostetiin omaksi kannattavaksi ryhmäkseen pienten investointikulujen ja hyvien avustusten takia.

2.2. Biokaasun markkinat

Kaupallinen hyöty biokaasusta on tullut useilta markkinoilta. Osasta laitoksia kaasu menee suoraan kaasuputken kautta myyntiin paikallisesti tai kaasuverkkoon. Kaasu voidaan toimittaa paineistettuna siirtokonteissa liikenneasemille ja asiakkaille tai osittain nesteytettynä biokaasuna eteenpäin. Kaasusta voidaan tuottaa myös itse sähköä ja lämpöä myyntiin. Biokaasun energiakäytön kannattavuus ja tulevaisuus nähdään kehittyvän erityisesti raskaassa liikenteessä ja kaasun myynnissä.

Ongelmana nähtiin biokaasun kannattavuus liikennepolttoaineena vuoden 2022 alun hintatasolla, joskin kannattavuuden osalta koettiin oltavan hyvin lähellä kannattavan liikennepolttoainejakelun rajaa, joka tulisi helposti jakeluvelvoitteen kautta. Haastattelut tehtiin ennen Venäjän hyökkäystä Ukrainaan ja sitä seurannutta energian hinnan nousua.

2.3. Sivuvirtajakeiden koontialue, mädätteen jakelualue ja logistiikkaratkaisut

Usein lantajakeet tulevat noin 10-20 km säteeltä ja osin lähemmäs 30-40 km maksimietäisyyden piiristä. Lantaa käyttävissä laitoksissa mädätettä viedään usein paluukuljetuksina lannoitteeksi tiloille. Pitkien matkojen logistiikka hoidetaan aina meno-paluuna. Jätesivuvirrat tulevat pääosin sadan kilometrin sisältä ja pisimmillään noin 200 km alueelta, osin jopa 250 kilometrin päästä. Kauempaa nähtiin kannattavaksi ajaa laadultaan hyviä syötteitä, joilla on suurempi kaasun tuotantopotentiaali.

Logistiikka hoidettiin useimmiten ulkoisen palveluntuottajan toimesta sekä osin syötteiden toimittajien itse hoitamilla kuljetuksilla. Ulkoinen palvelun tuottaja on usein vahvin kustannuskilpailukyvyssä. Tyypillisesti lannan ja mädätteen kuljetukset on järjestetty siten, että samalla puoliperävaunutyyppisellä 30-40 m^3 säiliöautolla tuodaan lantaa tiloilta ja viedään mädätettä paluukuljetuksina tiloille lannoitekäyttöön. Mädätteen kokonaismäärä on usein sisään tulevia lantamääriä suurempi. Kuljetukset hoitaa tyypillisesti urakoitsija ulkoistettuna palveluntuottajana. Osa pidemmän matkan kuljetuksista tehdään täysperävaunurekoilla, jolloin kapasiteetti on 50 m^3. Isompien kaupunkien läheisyydessä biojätteet tuodaan kuorma-auton päällä kuljettavalla pakkaavalla jätepuristimella. Kalustona oli käytössä myös koukkulava hydraulisella takalaidalla ja pressukatteella. Liete- ja nestemäiset jakeet voidaan kuljettaa myös imulieteautolla. Tuottajien omia kuljetuksia varten yritykset voivat tarjota asiakkaille kuljetuskontit ja asiakas hoitaa kuljetuksen tai asiakkaalla voi olla omat kuljetuskontit ja asiakas itse tai alihankkija hoitaa kuljetuksen. Kuljetusten määrät vaihtelivat laitoskohtaisesti muutamista kuormista kymmeniin kuormiin päivässä.

Lastaus ja purkaminen ovat osa logistiikan kokonaisuutta. Lastauksien osuus oli hyvin tapauskohtaista, mutta myös laitoksella purkamiseen menevä aika vaihteli huomattavasti vas-

tauksissa. Säiliöautot tyhjennetään osassa laitoksista purkupumppauksella muutamassa minuutissa, mutta ilman pumppausta vapaalla purulla tyhjentämiseen mainittiin menevän jopa 25 minuuttia. Lavakohtaiset ajat purkuun olivat kaikkineen työvaiheineen 5–15 minuuttia.

Putkikuljetukset ovat harvinaisia, mutta osalla laitoksista on käytössä putkistoja lannan kuljetukseen. Putkistojen kannattavuusrajaksi mainittiin yksi kilometri, mutta myös maksimissaan neljä kilometriä todettiin kannattavaksi. Jokaiselle tilalle pidettiin tarpeellisena rakentaa oma putki, koska tukkeumat haittaisivat putkiverkoston toimintaa kokonaisuudessaan. Putkistoilla kytkettyjen tilojen lantamäärä on 15000-25000 tonnia vuositasolla.

2.4. Logistiikka- ja porttimaksut

Kannattavuudelle nähtiin erittäin olennaisena se, kuka maksaa rahdin osuuden. Osalla yrityksistä porttimaksuilla oli suuri merkitys kannattavuudelle. Rahtikustannuksiin ja porttimaksuihin oli useita ratkaisuja. Maatalouden sivuvirroille porttimaksuja ei ole juuri käytössä, jolloin biokaasulaitos saa kaasun ja viljelijä lannoitehyödyn. Käytännössä tuotaville jätteille oli aina käytössä porttimaksut ja tuoja maksoi useimmiten myös kuljetuksen. Yksittäisinä erityistapauksina mainittiin esimerkiksi ylivuotiset heinäpaalit, joille ei pidetty porttimaksuja. Sisään tulevien virtojen logistiikan maksoi osassa tapauksista biokaasulaitos ja poislähtevien virtojen osalta kulut maksoivat mädätevirtojen hyödyntäjät eli viljelijät. Biokaasulaitos saattoi maksaa myös kaikki rahdit, mutta lannasta ei maksettu korvausta eikä vastaavasti peritty myöskään porttimaksua.

2.5. Mädätysjäännöksen hyödyntäminen ja markkinat

Mädäte (mädätysjäännös, reaktorirejekti) pysyy osalla biokaasutuottajista karjatilallisten omistuksessa ja osassa tapauksista mädäte tai siitä jatkojalostetut lannoitetuotteet ovat kaupallisina tuotteina myynnissä. Mädätteen lannoitekäyttöön vaikuttaa merkittävästi peltojen ravintotase. Osa biokaasulaitosten asiakkaista tarvitsee ravinteita lisää ja osa haluaa vastaavasti ravinteista eroon. Ravinteiden tasauksella on paikoin suuri merkitys ja lannan kuljettaminen on merkittävää alueilla, missä on karjataloutta viljelyyn nähden paljon tai vähän.

Osalla laitoksista kaikki mädäte menee hyödynnettäväksi suoraan lannoitekäyttöön pelloille ja osalla laitoksista kokonaan muuhun käyttöön, esimerkiksi viherrakentamiseen. Mädätteen lannoitekäytön potentiaali on aluesidonnaisesti hyvin laitoskohtaista, eli käytännössä viljelyvaltaisilla alueilla on hyvä markkina mädätteen lannoitekäytölle. Lantabiomassan mädätettä ei tarvitse erikseen hygienisoida. Harvoissa tapauksissa mädätteen vastaanottamisesta jopa maksetaan. Esimerkkeinä lannoitetuotteista voidaan mainita luomukelpoinen mädäte, joka voidaan myydä lannoitteeksi nestemäisenä tai kiinteänä jakeena sekä luomulle sopimaton kiinteä mädäte, joka tuotetaan hygienisoituna myyntiin. Lähtevä mädäte kuljetetaan pääosin lannoitteeksi pelloille 30 kilometrin vyöhykkeelle, mutta osin jopa 60 kilometrin etäisyydelle. Kannattavuusrajana voidaan pitää 40 kilometriä lähtevien virtojen osalta. Halutuimpana lannoitteena mainittiin jalostettu separoitu nestemäinen mädäte. Suurilla laitoksilla voidaan jatkojalostaa mädäte paremmin tuotannon mittakaavaetujen myötä.

Esimerkkinä virtojen hallinnasta voidaan mainita kasvavien karjatilojen satelliittisäilöt lannan tai mädätteen varastointiin peltojen laitamilla. Mädätteen varastoinnin osalta nostettiin esiin myös mahdollisuus separoida kuivajae ja varastoida se patteroimalla. Säädösten pohjalta patterointia ei saa kuitenkaan tehdä vuodenvaihteen yli. Viemällä mädäte suoraan pellolle, eikä välivarastointiin, saadaan tilojen lantaloihin kokonaiskannattavuutta paremmaksi.

3

Sijainnin optimoinnissa hyödynnettävät paikkatietoaineistot

3. Sijainnin optimoinnissa hyödynnettävät paikkatietoaineistot

3.1. Tilakohtaiset tuotantoeläintiedot ja naudan ja sian lannantuotannon arviointi

Eläintuotantoa kuvaava paikkatietoaineisto on Ruokaviraston tilauksesta toimittama rekisteriajo maatiloista eläintietoineen (Liite 2, Taulukko 5). Aineiston tiedot ovat vuodelta 2021. Aineisto käsittää yhteensä 1453 tilaa, joissa on tuotantoeläiminä nautoja tai sikoja. Yksittäisten tilojen tietoja ei esitetä tietosuojan vuoksi. Hankkeen saavutettavuustarkastelut ja karttaesitykset on myös rakennettu tietosuoja huomioiden. Ruokavirasto osoittautui ainoaksi mahdolliseksi aineiston toimittajaksi aineiston laadun, kattavuuden ja saatavuuden sekä tietosuojaehtojen perusteella. Aineiston hankinnan jälkeen tila-aineisto tuotiin paikkatietojärjestelmään koordinaattitietojen avulla.

Luonnonvarakeskuksen tuottamalla Suomen normilanta -järjestelmällä voidaan laskea lantojen kokonaismäärät (taulukko 1.) ja ominaisuudet tonneina eläintä tai eläinpaikkaa kohti vuodessa (Luostarinen ym. 2017). Laskentamallista lantamäärät eläinpaikkaa kohti ovat estimoitavissa eritettynä eläimestä (ex animal), eläinsuojan jälkeen (ex housing) ja varastoidulle lannalle (ex storage). Tarkasteluissa käytettiin ex storage -lukuja. Tilakohtainen lantamäärä voi kuitenkin poiketa normilantamallin tuloksesta esimerkiksi erilaisen ruokinnan tai lannankäsittelyn ratkaisujen vuoksi. Malli arvioi myös kokonais- ja liukoisen typen, kokonaisfosforin, kokonaiskaliumin, kuiva-aineen ja orgaanisen aineen pitoisuudet lannassa eri eläinluokille ja lantatyypeille, mutta ravinnemäärät ja ravinnetase rajattiin ulos tarkasteluista. Lisäksi laskenta mahdollistaa lantojen metaanintuottopotentiaalin laskennan biokaasuprosesseja varten.

Taulukko 1. Normilanta mallin lantamäärä eläinpaikkaa (ep) kohti vuodessa

Naudat	Lanta ex storage* (tn/ep/v)
Lypsylehmä	23,46
Emolehmä	17,77
Hieho yli 1 vuotta	11,5
Sonni yli 1 v	14,01
Vasikka** alle 1 v	8,69
Siat	**Lanta ex storage* (tn/ep/v)**
Emakko (ja porsaat)	6,23
Karju yli 50 kg	3,44
Lihasika yli 50 kg)	3,35
Vieroitettu porsas 20-50 kg	1,93
Siipikarja	**Kuivikepohja (tn/ep/v)**
Munituskana	0,032
Broileri	0,014
Kalkkuna	0,039
Hevoset	**Kuivikelanta (kg/ep/v)**
Hevonen	13,43
Poni	6,57

*Kaikki lanta eläinsuojasta (teoreettinen, ei laidunnusta ja ulkotarhoja)
** Painotettu keskiarvo

3.2. Peltolohkojen paikkatieto mädätteen lannoitekäytön arvioimiseen

Mädätteen käyttöpotentiaalia mitattiin nurmi- ja viljakasvien kasvulohkojen paikkatietoaineistolla, joka on myös Ruokaviraston tilauksesta toimittama rekisteriajo. Aineistossa on tiedot pelto- ja kasvulohkojen keskipisteen koordinaattitieto, pinta-ala sekä viljeltävät tuotantokasvit (Liite 3). Aineiston sisältämät passivoidut eli pysyvästi käytöstä poistetut kasvulohkot poistettiin tarkastelusta. Aineisto sisälsi tiedot myös luomutuotannosta tai tuotannon siirtymävaiheesta. Pohjois-Pohjanmaan kattava aineisto sisälsi peltojen kasvulohkoja yhteensä 98429 ja yhteispinta-alalla noin 245800 hehtaaria. Naudan kuivalantaa saa levittää yleisesti rehupelloille, nurmelle, viljamaille sekä perunalle syksyllä. Kuivalantaa ei saa levittää kesannoille eikä luonnonhoitopelloille. Yleisesti pelloille, joista ei korjata satoa, ei myöskään saa levittää lantaa. Tyypillisinä levitysmäärinä kuivalannalle voidaan pitää 25-30 t/ha ja syksyllä 20 t/ha. Tarkasteluun rajattiin vilja- ja nurmikasvustot, joita viljellään vähintään 10 ha alalla Pohjois-Pohjanmaalla (Taulukko 2).

Taulukko 2. Tarkasteluun valittujen tuotantokasvien viljelyalat Pohjois-Pohjanmaalla.

Tuotantokasvi	Viljelyala
Moniv. kuivaheinä-, säilörehu- ja tuorerehunurmet	105489,1
Rehuohra	49017,6
Kaura	28438,6
Seoskasvusto (viljat)	5862,3
Monivuotiset laidunnurmet	5814,1
Kevätvehnä	2486,7
Kevätrypsi	1898,2
1-vuot. kuivaheinä-, säilörehu-, tuorerehunurmet	1832,4
Vihantavilja (kaura)	1444,3
Vihantavilja (viljaseos)	1093,7
Kevätruisvehnä	717,9
Vihantavilja (ohra)	678,6
Timotein siemen, valvottu tuotanto	486,6
Ruokohelpi (kuivike/rehu)	464,3
Syysvehnä	460,6
Syysruis	397,9
Monivuotinen siemennurmi, yksilajinen	300,7
1-vuotiset laidunnurmet	221,7
Pysyvä kuivah.,säilör., tuorer. (väh 5, alle10 v)	166,4
Vihantavilja (vehnä)	97,9
Monivuotiset siemennurmet	97,1
Tattari	94,7
Mallasohra	83,8
Yhteensä	207645

Tarkasteluun otettiin nurmi ja viljakasvit, joiden yhteenlaskettu lajikohtainen viljelyala Pohjois-Pohjanmaalla on vähintään 80 ha[1]. Näiden kasvulohkojen määrä on 76839 ja yhteispinta-ala noin 207600 ha. Laskennassa kasvulohkolle kohdennettiin 25 t mädätettä per ha, eli 0,25 kg per m³. Vertailukohtana voidaan mainita, että kuivatun mädätysjäännöksen tyypillinen annostus on 20 t/ha (Tontti ym. 2015), ympäristökorvauksen tukiperusteena on lietelannan sijoittaminen peltoon vähintään 20 m³/ha ja ravinteiden ja orgaanisten aineiden kierrättämisen minimimäärä on vähintään 15 m³/ha (Ruokavirasto 2021).

3.3. Liikenneverkko

Tutkimuksen tarkasteluissa saavutettavuus mitattiin tieverkon Digiroad-paikkatietomallin 2018 avulla (Liikennevirasto 2018). Kaikki toteutettujen tarkastelujen saavutettavuuslaskelmat perustuvat raskaan liikenteen nopeimman reitin laskentaan paikkatietojärjestelmää hyödyntäen. Matkanopeus lasketaan tieosuuskohtaisten nopeusrajoitustietojen avulla, kuitenkin maksiminopeudella 80 km/h. Nopein reitti on lyhintä reittiä perustellumpi valinta mittariksi, koska lyhin reitti voi kulkea matalan tason hitaita tieluokkia pitkin, jolloin reitit eivät vastaisi todellista ajosuoritetta. Matkan pituus ei myöskään ole samalla tavalla voimakkaasti riippuvainen liikenneverkon reitin laskennassa tarvittavista nopeusarvioista ruuhkien ja risteysnopeuksien suhteen. Tämä mahdollistaa eri tieverkon paikkatietomallien sujuvamman käytön tarkasteluissa, joka taas parantaa laskelmien vertailtavuutta. Saavutettavuustarkasteluissa reitityksestä poistettiin mm. kevyen liikenteen väylät ja ajoneuvoliikenteeltä kielletyt tieosuudet. Nopeusrajoitustiedon puuttuessa tien ajonopeudeksi arvioitiin 30 km/h ja ajopoluille 20 km/h. Lauttayhteyksille arvioitiin nopeudeksi 20 km/h ja losseille 10 km/h ja odotusaika on huomioitu. Taajama-alueilla matka-aikaa pidennettiin 25 % viiveiden ja ruuhkien huomioimiseksi.

3.4. Reaktorien mahdollisten sijaintipaikkojen rajaus tarkasteluun

Reaktorien mahdollisiksi sijaintipaikoiksi valitut kandidaattisijainnit eli sijainnin optimointi -analyysin kannalta mahdolliset sijaintipaikat kohdennettiin kattamaan koko Pohjois-Pohjanmaa, mutta rajattiin maankäytön perusteella sellaisille aluille, joissa on olemassa olevaa infrastruktuuria. Kandidaattisijainneiksi valittiin laaja joukko kohteita, koska syötteiden ja lannoitetarpeen saavutettavuuden lisäksi paikallinen ja alueellinen maankäyttö sekä niihin liittyvät rajoitteet ja myös tahtotila vaikuttavat huomattavasti mahdollisuuksiin sijoittaa toimintoja. Erityisesti teollisen mittakaavan biokaasutuotannon investoinnit ovat vahvasti yhteydessä maankäyttöön. Tästä tarkastelujoukosta voidaan saavutettavuuden perusteella valita jatkosuunnitteluun maankäytön kannalta soveltuvimmat kohteet. Koska kohtalaisen vähäinenkin muutaman kilometrin siirtymä voi vaikuttaa analyysien tuloksiin paikallisella tasolla paljon, kandidaattisijainnit rakennettiin alueellisesti tarkan 500×500 m tilastoruudukon avulla. Pohjois-Pohjanmaalta tarkasteluun valikoitui yhteensä 14011 ruutua.

[1] Vähäisen pinta-alan vuoksi tarkastelusta rajattiin pois 1-vuotinen siemennurmi, Apila, Apilan siemen (valvottu tuotanto), Härkäpapu, Kevätruis, Kevätspelttivehnä, Maissi, Nurminadan siemen (valvottu tuotanto), Pysyvä laidunnurmi (väh 5, alle 10 v), Ruokohelpi (energia), Seoskasvusto (typensitojakasvia yli 50 %), Syysohra, Syysrapsi, Syysruisvehnä, Syysrypsi, Vihantavilja (ruis) Öljyhamppu. Lisäksi rajattiin pois kuituhamppu sekä seoskasvustot, joissa on mukana valkuaiskasveja.

Biokaasutuotantoa on useiden maatilojen yhteydessä, joten Pohjois-Pohjanmaan kaikki 1453 nauta- tai sikatilaa sisältävät 500×500 m ruudut sekä niitä naapuroivat ruudut sisällytettiin tarkasteluun. Lisäksi tarkasteluun otettiin kaikki tilastolliset taajamat. Sellaisiksi määritellään kaikki vähintään 200 asukkaan rakennusryhmät, joissa rakennusten välinen etäisyys ei yleensä ole 200 metriä suurempi. Taajamien rajauksissa otetaan huomioon asuinrakennusten lisäksi mm. liike-, toimisto- ym. työpaikkoina käytettävät rakennukset. Lisäksi tarkasteluihin sisällytettiin Corine maanpeiteaineiston rakennetuista alueista kaksi luokkaa: 1) teollisuuden, palveluiden ja liikenteen alueet (luokka 1.2), johon kuuluu teollisuuden, tuotannon, kaupan ja rahoitusalan sekä palvelujen ja liikenteen toimintojen alueet, sisältäen myös tie- ja rautatieliikenteen rakennukset, lentokentät ja satamat liitännäisalueineen ja infrastruktuureineen sekä 2) Maa-aineisten ottoalueet, kaatopaikat ja rakennustyöalueet (luokka 1.3), joka sisältää myös maa-aineisten täyttöalueet, jätehuoltoalueet sekä rakennustyöalueiden liitännäisalueet.

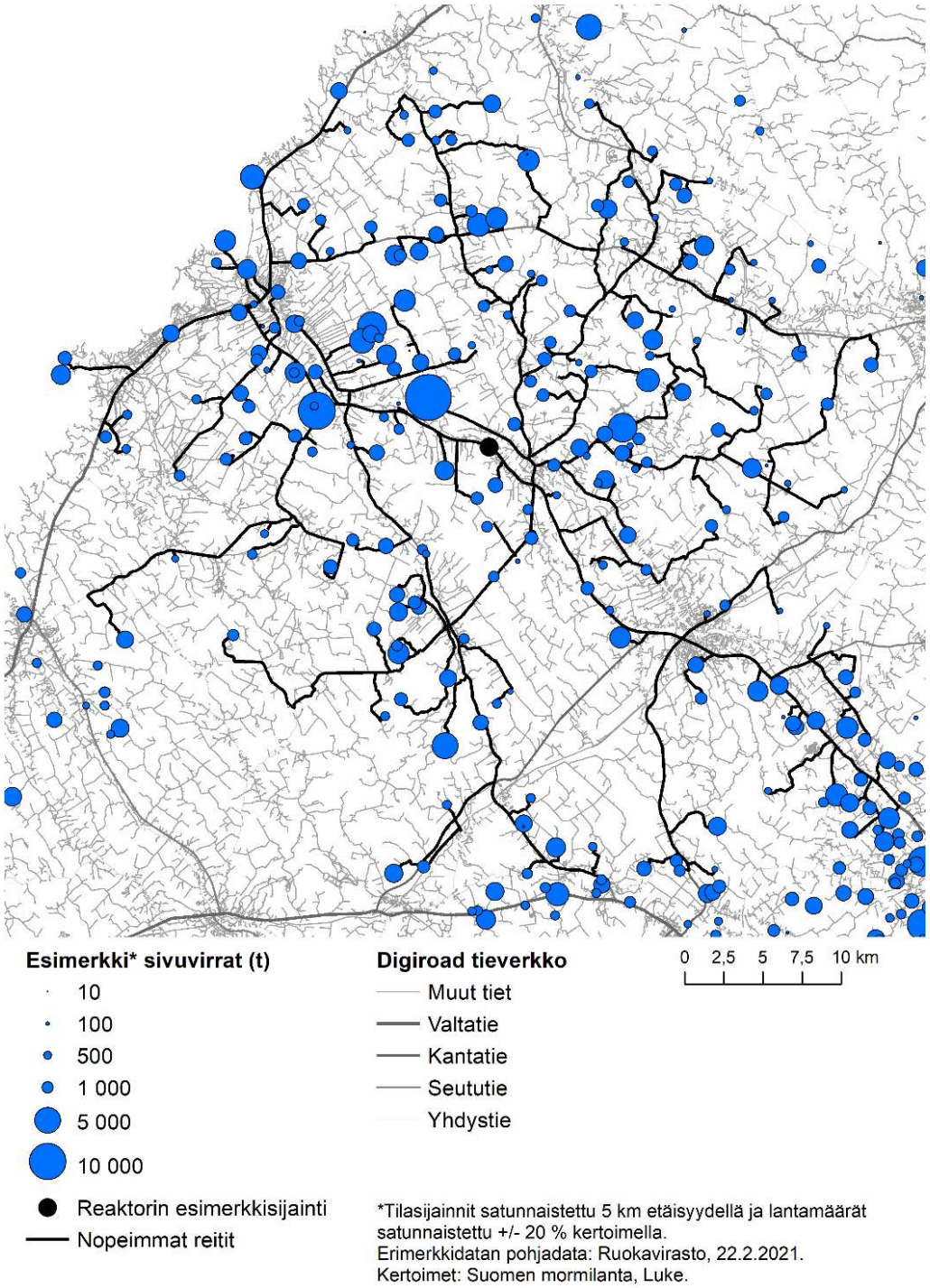
4

Paikkatietoperusteiset saavutettavuustarkastelut ja sijainnin optimointi

4. Paikkatietoperusteiset saavutettavuus -tarkastelut ja sijainnin optimointi

Paikkatietoa voidaan visualisoida ja analysoida paikkatietojärjestelmässä (geographic information systems, GIS). Paikkatietoperusteisella saavutettavuusanalytiikalla voidaan mitata ja optimoida muun muassa tuotannon ja palvelujen sijaintien saavutettavuutta, jakelu- ja keräilylogistiikan tehokkuutta sekä liikennejärjestelmän kapasiteettia kokonaisuutena (Black 2003, Knowles ym. 2008, Páez ym. 2012, Rodrigue ym. 2020). Paikkatietoa voidaan käyttää logistiikan tiedonhallinnassa, toiminnan tarkastelussa ja suunnittelussa sekä tuotannon sijoittamisessa sekä mitoittamisessa hyödyntäen liikenneverkon tai logistiikkajärjestelmän paikkatietomallia, tuotannon, resurssien ja asiakasrajapinnan paikkatietoja sekä operaatiotutkimuksen alalla luotuja optimointialgoritmejä (ks. Miller & Shaw 2001, Hesse & Rodrigue 2004, Lei ym. 2016, Korhonen ym. 2017, Kotavaara ym. 2017). Datan hallinta, muokkaus ja saavutettavuusanalyysit toteutettiin paikkatietojärjestelmällä hyödyntäen kaupallista ArcGIS 10.7 ohjelmistoa sekä Python 3.0 ohjelmointia.

Saavutettavuuslaskentoja varten rakennettiin nopeimpien reittien lähtö-määränpää reittimatriisi, jolla reaktorien kandidaattisijainnit sekä tilasijainnit ja peltolohkojen koontiruutujen sijainnit kytkettiin toisiinsa (Kuva 1). Tarkasteluissa käytettävät reitit pohjautuvat nopeimman reitin (least cost path) laskentaan tieverkossa klassisen Dijkstran (1959) algoritmin avulla. Reittien muodostamisessa hyödynnetään Suomen tieverkon paikkatietomallia (Liikennevirasto 2018), mikä on tarkkoihin sijainti- ja ominaisuustietoihin pohjautuva kansallinen tie- ja katutietojärjestelmä. Aineiston kattavat ja laadukkaat nopeusrajoitustiedot mahdollistavat nopeimpien reittien sekä matka-aikojen ja matkan pituuden mittaamisen eri kohteiden välillä osana paikkatietoperusteista saavutettavuuden mittausta ja optimointia.



Kuva 1. Esimerkki tiloilta biokaasureaktorin kandidaattisijaintiin kohdentuvista nopeimmista reiteistä tieverkkoa pitkin.

Biokaasureaktorien optimisijainteja tai sijainnin optimaalisuutta mitattiin potentiaalisella saavutettavuudella sekä sisään tulevien syötteiden (eli kuljetetun lannan) ja lähtevän mädätteen osalta. Kumulatiivinen kertymä on toinen usein käytetty mittaustapa, joka laskee halutut kohteet tai niiden arvon määritellyn matka-aikavyöhykkeen piirissä. Kumulatiivisen kertymän indeksin avulla voidaan esittää kuinka paljon eri sijainneista lanta- tai lannoitetarve resurssia on

yhteensä saavutettavissa esimerkiksi 40 kilometrin kuljetusetäisyydellä. Menetelmän heikkoutena voidaan pitää saavutettavien kohteiden etäisyyksien tai laadun vaikutusten huomioimatta jättämistä. Tarkastelu ei ota myöskään välittömästi vyöhykkeen ulkopuolella sijaitsevia palveluita huomioon. Potentiaalinen saavutettavuus on indeksi, joka kuvaa saavutettavien kohteiden, kuten raaka-aineen tai esimerkiksi asiakkaiden suhteellista saavutettavuutta huomioiden myös kuljetusmatkan pituuden ja osallistumistodennäköisyyden vaikutukset. Mitä kauempana kohteet ovat, sitä pienemmällä osuudella tai todennäköisyydellä niiden vaikutus lasketaan mukaan. Indeksi huomioi sen, että läheltä osallistutaan aktiivisemmin kuin kaukaa. Etäisyyden vaikuttavuus huomioidaan etäisyyshaittafunktiolla, joka noudattaa tässä tutkimuksessa exponenttifunktion muotoa. Etäisyyshaittafunktion jyrkkyyttä säädetään etäisyyshaittaparametrillä ja funktio osoittaa kuinka jyrkkä osallistumisen väheneminen on suhteessa kasvavaan etäisyyteen. Esimerkiksi saavutettavuuden laskemisessa 20 km käytettiin etäisyyshaittaparametrille arvoa 0,035, jolloin 20 km päästä raaka-ainesaatavuus on enää 50 % (Taulukko 3). Kaavana potentiaalinen saavutettavuus kirjoitetaan:

$$\mathrm{A(P)} = \sum_{j=1}^{n} \mathrm{P_i} \times \mathrm{e}^{-\beta d_{ij}}$$

Taulukon 3. kaavoissa A(P) on saavutettavuuteen perustuvien tulevien tai lähtevien virtojen määrä tonneina reaktorien kandidaattisijainneissa; d on raskaan kaluston nopeimman reitin pituus kilometreinä, P on tilakohtainen lukema naudan ja sian lannalle tulevien virtojen osalta tai peltolohkoille levitettävissä oleva lantamäärä lähtevien virtojen osalta; β on etäisyyshaittaparametri, joka kuvaa reaktorille tulevien tai sieltä lähtevien virtojen tilakohtaista osuutta tai osallistumistodennäköisyyttä suhteessa etäisyyteen; eksponenttifunktion kantalukuna on e (Páez ym. 2012).

Taulukko 3. Etäisyyshaittafunktion vaikutus tilojen lantamäärien ja mädätteen levittämisen osallistumistodennäköisyyteen tai osallistumisaktiivisuuteen eri kuljetusmatkoilla ja etäisyyshaitta funktion parametreilla (β). Reaktorin välittömässä läheisyydessä arvo on laskennassa 100 % ja maksimietäisyyksillä 5-40 km 50 %.

		Kuljetusetäisyyden (km) vaikutus osallistumistodennäköisyyteen (%)									
		0	**1**	**2**	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**40**
Maksimimatka eri skenaarioissa ja käytetty etäisyyshaittaparametri (β)	**5 km β=0,138**	100	87,1	75,8	50						
	10 km β=0,069	100	93,3	87,1	70,7	50					
	15 km β=0,046	100	95,5	91,2	79,4	63,0	50				
	20 km β=0,035	100	96,6	93,3	84,1	70,7	59,5	50			
	25 km β=0,028	100	97,3	94,6	87,1	75,8	66,0	57,4	50		
	30 km β=0,023	100	97,7	95,5	89,1	79,4	70,7	63,0	56,1	50	
	40 km β=0,017	100	98,3	96,6	91,7	84,1	77,1	70,7	64,8	59,5	50

5

Biokaasureaktorien optimaaliset sijainnit Pohjois-Pohjanmaalla

5. Biokaasureaktorien optimaaliset sijainnit Pohjois-Pohjanmaalla

Paikkatietotarkasteluissa määritettiin Pohjois-Pohjanmaan alueelta eri sijaintien soveltuvuus eri kokoisille biokaasureaktoreille. Tulokset on esitetty karttoina liitteessä 1 tulevien ja lähtevien virtojen saavutettavuuden osalta matkojen pituusjärjestyksessä. Tarkasteluun rajattiin reaktorit, jotka käyttävät syötteinä naudan ja sian lantaa sekä toimittavat mädätettä lannoitekäyttöön viljelyä varten. Laskentamallissa biokaasureaktorin sijainti on optimaalisin silloin, kun 1) mahdollisimman suuri määrä lantaa voidaan kuljettaa reaktorille mahdollisimman pienellä kuljetussuoritteella, eli tonnikilometrikertymällä ja 2) mahdollisemman suuri määrä mädätettä voidaan kuljettaa peltolohkoille niin ikään mahdollisimman pienellä kuljetussuoritteella. Analyysit toteutettiin 5, 10, 15, 20, 25, 30 ja 40 kilometrin maksikuljetusetäisyyksillä, mikä mahdollistaa eri kokoluokan reaktorihankkeiden suunnittelun huomioiden joustavasti tarvittavien syötteinen määrä, kuljetuskustannukset ja niiden hinnan muutokset sekä maankäytölliset mahdollisuudet ja rajoitukset. Reaktorien kandidaattisijainneille tulevien ja lähtevien virtojen potentiaalisen saavutettavuuden tulokset on esitetty kartoilla Liitteen 3 kuvissa. Lisäksi eri kuljetusmatkoilla havaitut parhaiden sijaintien tarkat lukemat on esitetty referenssinä taulukossa 4. Tarkastelujen tulokset esitetään lyhimmästä kuljetusetäisyydestä pisimpään.

Lyhimmällä 5 km maksietäisyydellä mitattuna suurin tulevien virtojen kokonaiskertymä olisi Nivalassa ylittäen 62 000 t (Taulukko 4 ja Liite 1). Kun huomioidaan etäisyyden vaikutus tilojen todennäköisyyteen osallistua toimituksiin, maksimaaliseksi lannan saavutettavuuden potentiaaliksi voidaan arvioida noin 42 000 t, joka sijoittuu Kalajoelle. Realistisempana lukuna saavutettavuuden potentiaalia käytetään jatkossa reaktorin sijoittamisen vertailulukuna. Nivalan ja Kalajoen alueelta löytyy useita sijainteja, joissa saataisiin koottua syötteitä noin 40 000 t korkeintaan 5 km kuljetusmatkalla. Lisäksi yli 30 000 t potentiaalisen saavuttavuuden sijainteja on Kalajokilaaksossa Ylivieska-Nivala ja Nivala-Haapajärvi kuntarajojen tuntumassa. Yli 20 000 t saavuttavia alueita on löydettävissä laajasti: Reisjärveltä, Kärsämäeltä, Haapavedeltä, Siikajoelta ja Vaalasta. Pienemmän reaktorikokoluokan kohteita alueelta löytyy kymmeniä muun muassa Lumijoen, Siikalatvan ja Muhoksen rajaamalta alueelta. Tulevien virtojen lisäksi samalla tulee tarkastella myös mädätteen levittämiseen soveltuvien peltolohkojen saavutettavuutta. Esimerkiksi Ylivieska-Nivala-Haapajärvi alueella 5 km kuljetusmatkalla saavutettava peltoala riittää hyvin mädätteen jakeluun niistä sijainneista, joissa myös syötteitä on hyvin saavutettavissa. Vastaavasti Kalajoella taas peltolohkojen saavutettavuus ei ole yhtä hyvällä tasolla suhteessa syötteiden saavutettavuuteen ja vaikka Lumijoki-Muhos vyöhykkeellä peltoalan saavutettavuus on hyvin korkealla tasolla, alue ei tuota läheskään vastaavaa määrää syötteitä.

Kun siirrytään pidemmille kuljetusetäisyyksille, saavutettujen syötteiden ja peltoalan lannoitetarpeen määrä kasvaa huomattavasti. Myös saavuttavuuden vyöhykkeet ovat laajempia, koska pidemmät kuljetusmatkat eivät tuota yhtä laajaa paikallista saavutettavuuden vaihtelua. Korkeintaan 10 km kuljetuksilla paras lannan saavutettavuuden potentiaali on Nivalan alueella ylittäen 80 000 t ja yli 70 000 t alueita on Kalajoella ja Ylivieska-Nivala rajalla. Yli 40 000 t potentiaalisen saavutettavuuden alueita löytyy laajasti Nivalan, Ylivieskan, Haapajärven, Reisjärven ja Haapaveden alueilla sekä myös Siikajoella. Näillä alueilla syötteiden kannalta hyvin saavutettavissa sijainneissa myös mädätteen jakelun kannalta tarvittavat peltoalat ovat pääosin hyvin saavutettavissa, joskin Kalajoen alueella niukemmin.

Laajennettaessa kuljetusmatka 15 ja 20 kilometrin maksipituuksiin Kalajokilaakson alueelta korkeimman potentiaalin alueena erottuu Nivala, josta 20 km matkalla voidaan saavuttaa yli 200 000 tonnia lantaa. Yli 100 000 tonnia syötteitä saavuttava vyöhyke kattaa laajasti Ylivieska-Nivala aluetta ja osin Haapajärveä sekä Kalajoen ja Alavieskan alueita. Lisäksi yli 100

000 tonnin alueita on Sievissä ja Haapavedellä. Pienemmille reaktoreille löytyy Pohjois-Pohjanmaan alueelta lukuisia hyviä sijainteja. Kuljetusmatkan pidentyessä 25 kilometrin matkalle Nivalan ja Kalajoen alueet erottuvat vahvasti maksimaalisen potentiaalin ollessa vajaat 248 000 tonnia. Pidemmillä kuljetusmatkoilla syötteiden määrät kasvavat huomattavasti ja 40 km matkalla saavutettavuuden potentiaaliksi saadaan yli 400 000 tonnia, kun koko alueen lantamäärä olisi jo 623 000 tonnia. Mädätteen lannoitekäyttöön tarvittava peltoala on löydettävissä pääosin erittäin helposti 15 km – 40 km maksimikuljetusmatkoilla. Oulun eteläpuolisella alueella Lumijoki-Muhos välillä mädätteelle olisi laajasti käyttöä, mutta lantaan pohjautuvien syötteiden määrä on selvästi pienempää.

Taulukko 4. Tulevien virtojen ja lähtevien virtojen maksimiarvot sekä tulevien ja lähtevien virtojen yhteiset maksimiarvot Pohjois-Pohjanmaalla eri maksimikuljetusetäisyyksillä

	Tulevat virrat (t)		Lähtevät virrat (t)		Tulevat ja lähtevät (t)*	
Maksimi kuljetus-matka	Maksimi potentiaali	Maksimi kertymä	Maksimi potentiaali	Maksimi kertymä	Maksimi potentiaali	Maksimi kertymä
5 km	41 746	62 022	39 398	609 056	37 687	60 670
10 km	85 411	127 857	125 561	194 590	85 411	127 857
15 km	147 934	226 409	222 001	339 195	147 934	226 409
20 km	205 079	302 164	333 607	501 262	205 079	302 164
25 km	248 469	352 827	442 425	649 938	248 469	352 827
30 km	276 543	417 306	524 084	775 370	276 543	417 306
40 km	402 166	623 258	784 858	1224 801	402 166	623 258

* Tulevien ja lähtevien virtojen potentiaaleista pienempi, eli kokonaiskapasiteettia rajoittava maksimiarvo.

6

Yhteenveto

6. Yhteenveto

Tutkimuksessa selvitettiin Pohjois-Pohjanmaan lietelantasyötteiden alueellinen biokaasupotentiaali. Tutkimuksen keskeisin tulos on, että Pohjois-Pohjanmaan eteläpuolisessa osassa on vahva potentiaali biokaasutuotannolle eri kokoisten reaktoreiden verkostona. Biokaasureaktorien parhaat sijaintipaikat useiden tilojen sivuvirtoja hyödyntäville biokaasureaktoreille löytyvät Kalajokilaaksosta. Lyhyiden kuljetusmatkojen tarkasteluissa erityisen hyviä kohteita löytyy Nivalan ja Kalajoen sekä Ylivieskan, Haapaveden, Haapajärven ja Reisjärven alueilta. Pohjois-Pohjanmaan eteläpuolisessa osassa on muutoinkin lukuisia hyviä pienempien biokaasureaktorin sijaintipaikkoja, kuten kartalta ilmenee. Pidempien kuljetusten ja suurempien reaktorien sijoittamiseen erityisesti Nivala ja lähialueet näyttäytyvät erityisen vahvana, samoin kuin Kalajoen alue.

Rekisteriaineistojen avulla myös muut maatalouden sivuvirtasyötteet, kuten peltobiomassat, voidaan sisällyttää biokaasureaktorien sijainnin ja sivuvirtojen logistiikan optimointiin. Suomen laadukkaiden ja kattavien tilakohtaisten rekisteriperusteisten paikkatietojen avulla laskennat olisivat myös laajennettavissa koko Suomen kattaviksi. Tulokseksi saatava koko Suomen alueellinen ja paikallinen biokaasupotentiaali auttaisi tekemään kattavan arvioinnin parhaista tuotantokohteista sekä loisi tutkimukseen perustuvaa puolueetonta vertailutietoa investointisuunnitelmia ja biokaasuun nojaavaa vihreää siirtymä varten. Lannoitetarpeen ja sivuvirtoihin perustuvien lannoitteiden alueellisen käyttöpotentiaalin tarkempaan selvittämiseen tarvittaisiin peltojen ravintotasetiedot, joita ei ole valmiina rekisteriperusteisesti saatavilla. Tilakohtaisesti peltojen ravintotasetietoja on kattavasti selvillä ja tietojen kokoaminen alueellisesti voisi hyödyttää sivuvirtojen käytön optimointia ja sen osana biokaasutuotannon suunnittelua merkittävästi.

Tämä tutkimus oli osa ”Vähähiilinen yritysekosysteemi maaseudun ratkaisuna kestävään kasvuun (ARVO)” -hanketta, jonka toteuttivat Oulun yliopiston Kerttu Saalasti Instituutin Alueellisen erinomaisuuden ja Mikroyrittäjyyden tutkimusryhmät yhteistyössä Nivala-Haapajärven seutu NIHAK ry:n kanssa vuosina 2020–2022. Raportin tarkastelut olivat Alueellisen erinomaisuuden päävastuualueella hankkeen työpaketissa 2. ”Biokaasulaitosverkon optimointi, mitoitus ja raaka-ainelogistiikka”. Hankkeen rahoittaja olivat Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR) Pohjois-Pohjanmaan liitto, Nivala-Haapajärven seutu NIHAK ry, Nivalan kaupunki, Nivalan Teollisuuskylä Oy ja Nivalan Kaukolämpö Oy.

7. Lähdeluettelo

Black, W. R. (2003). Transportation: a geographical analysis. Guilford Press.

Dijkstra, E. W. (1959). A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische mathematik*, 1: 1, 269-271.

Duplissy, E-M., Monni, S. & Liljeström E. (2021). Uusiutuvan energian vaikuttavuusarviointi 2021.

https://www.motiva.fi/files/19599/Uusiutuvan_energian_vaikuttavuusarviointi_2021__Arviot_vuosilta_2010-2020.pdf

EBA statistical report: 2019: European overview (2020). European biogas association, Belgium.

Gustafsson, M. & Anderberg, S., (2022). Biogas policies and production development in Europe: a comparative analysis of eight countries. *Biofuels*, 1-14.

Hesse, M. & Rodrigue, J. P. (2004). The transport geography of logistics and freight distribution. *Journal of transport geography*, 12: 3, 171-184.

Kampman, B., Leguijt, C., Scholten, T., Tallat-Kelpsaite, J., Brückmann, R., Maroulis, G., Lesschen, J.P., Meesters, K., Sikirica, N. and Elbersen, B., (2017). Optimal use of biogas from waste streams: an assessment of the potential of biogas from digestion in the EU beyond 2020.

Korhonen, K., Kotavaara, O., Muilu, T. & Rusanen, J. (2017). Accessibility of local food production to regional markets-case of Berry production in Northern Ostrobothnia, Finland. *European Countryside*, 9: 4, 709.

Kotavaara, O., Korhonen, K., Miettinen, M., Lehtinen, U., Muilu, T., Juga, J. & Rusanen, J. (2014). Lähi- ja luomuruoan saavutettavuus Pohjois-Pohjanmaalla. RuokaGIS-hankkeen loppuraportti. MTT raportti 152. http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti152.pdf

Kotavaara, O., Pohjosenperä, T., Juga, J. & Rusanen J. (2017). Accessibility in designing centralised warehousing: case of health care logistics in Northern Finland. *Applied Geography,* 84: 83-92.

Knowles, R. D., Shaw, J. & Docherty, I. (2008). Transport geographies: mobilities, flows and spaces. Blackwell Publishing.

Lei, T. L., Church, R. L. & Lei, Z. (2016). A unified approach for location-allocation analysis: integrating GIS, distributed computing and spatial optimization. *International Journal of Geographical Information Science*, 30(3), 515-534.

Liikennevirasto (2018) Digiroad tietolajien kuvaus 2/2018.

https://vayla.fi/documents/25230764/35410102/Tietolajien+kuvaus_2_2018.pdf

Luostarinen, S., Grönroos, J., Hellstedt, M., Nousiainen, J. & Munther, J. (2017). Suomen normilanta–laskentajärjestelmän kuvaus ja ensimmäiset tulokset. Luonnonvara- ja biotaloudentutkimus 47/2017. Luonnonvarakeskus (Luke). https://jukuri.luke.fi/handle/10024/540239

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 (Luke). https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/544244/luke-luobio_40_2019.pdf

Miller, H. J., & Shaw, S. L. (2001). Geographic information systems for transportation: principles and applications. Oxford University Press on Demand.

Páez, A., Scott, D. M. & Morency, C. (2012). Measuring accessibility: positive and normative implementations of various accessibility indicators. *Journal of Transport Geography*, 25: 141-153.

Rodrigue, J. P. (2020). The geography of transport systems. Routledge.

Tontti, T., Kapuinen, P., Ojajärvi, J., Joki-Tokola, E., Laurila M., Ikäläinen T., Kekkonen J. & Veijalainen A.-M- (2015). Orgaanisten lannoitevalmisteiden varastointi, levittäminen ja annostelu. Luonnonvara. ja biotalouden tutkimus 46/2015. Luonnonvarakeskus, Helsinki https://jukuri.luke.fi/handle/10024/518969

Ruokavirasto (2021). Syysilmoitukset. https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/ymparistokorvaus/syysilmoitukset/

Suomen Biokierto & Biokaasu ry (2022). Biokaasu 2030. https://biokierto.fi/biokaasu/biokaasu2030/

Tilastokeskus (2022). 127t -- Biokaasun tuotanto ja kulutus laitostyypeittäin, 2017-2020 https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehk/statfin_ehk_pxt_127t.px/?rxid=73a06a21-

Ventelä S. (toim.) Sankari, T., Karhunen, K., Saarela, A., Salo, T., Lakso, M., & Karsikas, T. (2014). Lannan ravinteet kiertoon Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla: Hydro-Pohjanmaa-hankkeen loppujulkaisu 1.

Winquist, E., Rikkonen, P., Pyysiäinen, J. and Varho, V., (2019). Is biogas an energy or a sustainability product? – Business opportunities in the Finnish biogas branch. *Journal of cleaner production*, 233: 1344-1354.

Winquist, E., Van Galen, M., Zielonka, S., Rikkonen, P., Oudendag, D., Zhou, L. & Greijdanus, A., 2021. Expert views on the future development of biogas business branch in Germany, The Netherlands, and Finland until 2030. *Sustainability,* 13: 3, 1148.

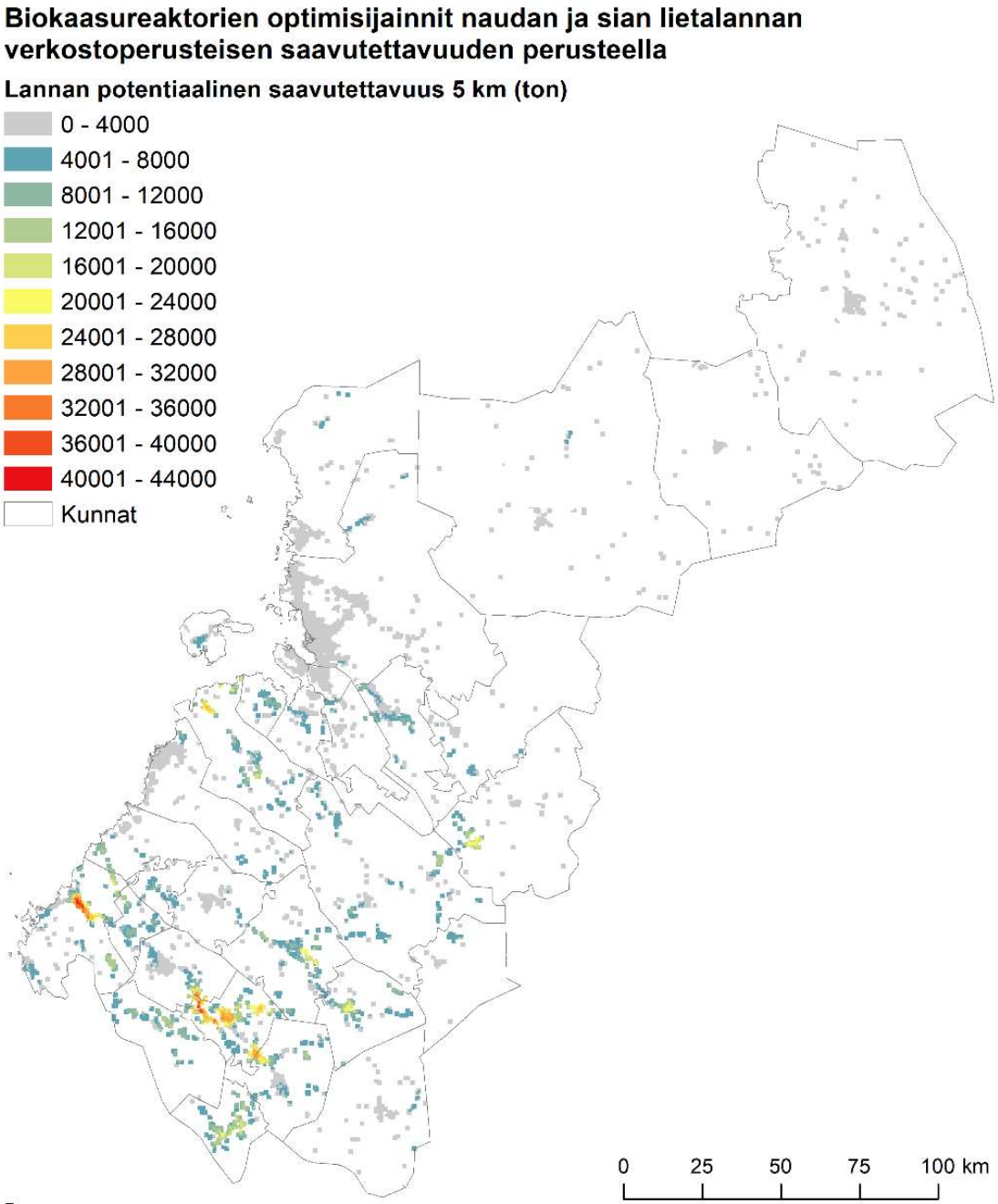
Biokaasu yritysten verkkosivut taustatietojen lähteinä

BioHauki Oy (2021) https://www.biohauki.fi/
BioKymppi Oy (2021) https://bio10.fi/
Gasum Oy (2021) https://www.gasum.com/
Jepuan Biokaasu Oy (2021) https://jeppobiogas.fi/
Juvan Bioson Oy (2021) https://www.bioson.fi/

Liite 1. Tuloskartat biokaasureaktorien optimisijainneista tulevien ja lähtevien virtojen perustella 5-40 km etäisyyksillä.

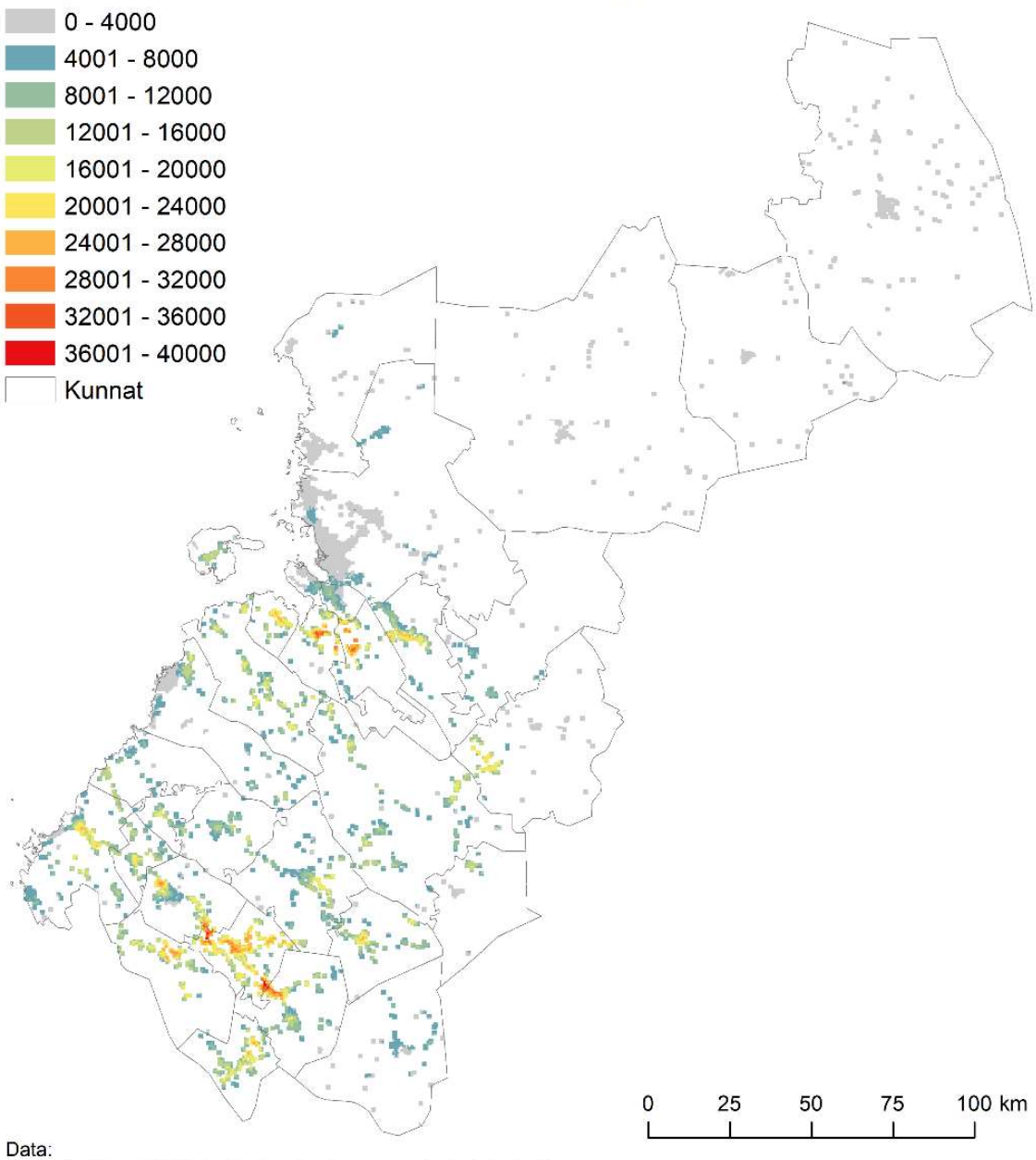
Liite 2. Tuotantoeläinten luokittelu Ruokaviraston aineistossa

LIITE 1



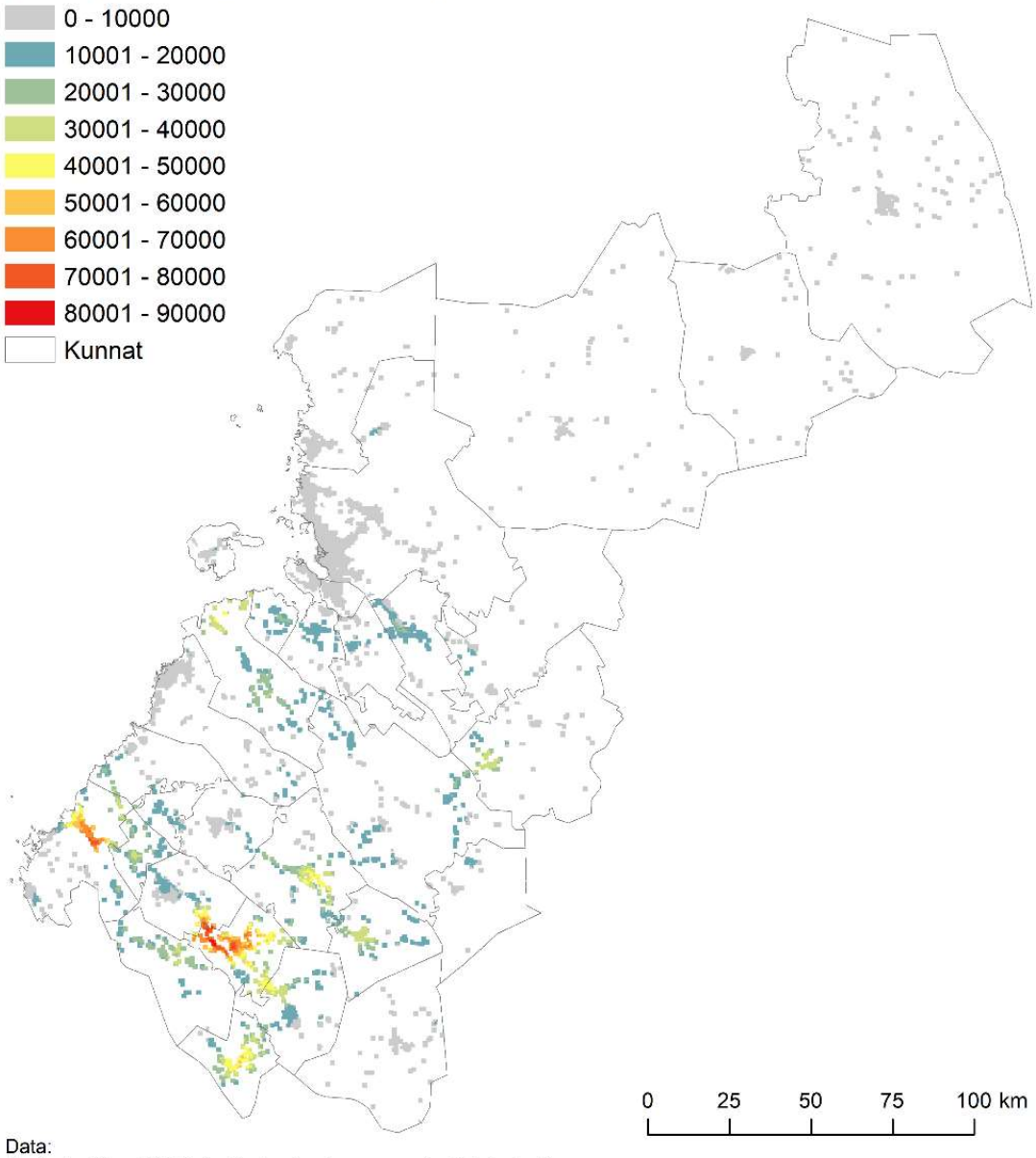
Data:
Tuotantoeläimet tiloittain: Ruokavirasto, maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmä, 22.2.2021.
Lannan tuotantokertoimet: Suomen mormilanta (2017), Luke.
Tieverkko: Digiroad, Väylävirasto (2018).
Kartta: Oulun yliopisto, Kerttu Saalasti Instituutti (2022).

Biokaasureaktorien optimisijainnit naudan ja sian lietalannan verkostoperusteisen saavutettavuuden perusteella



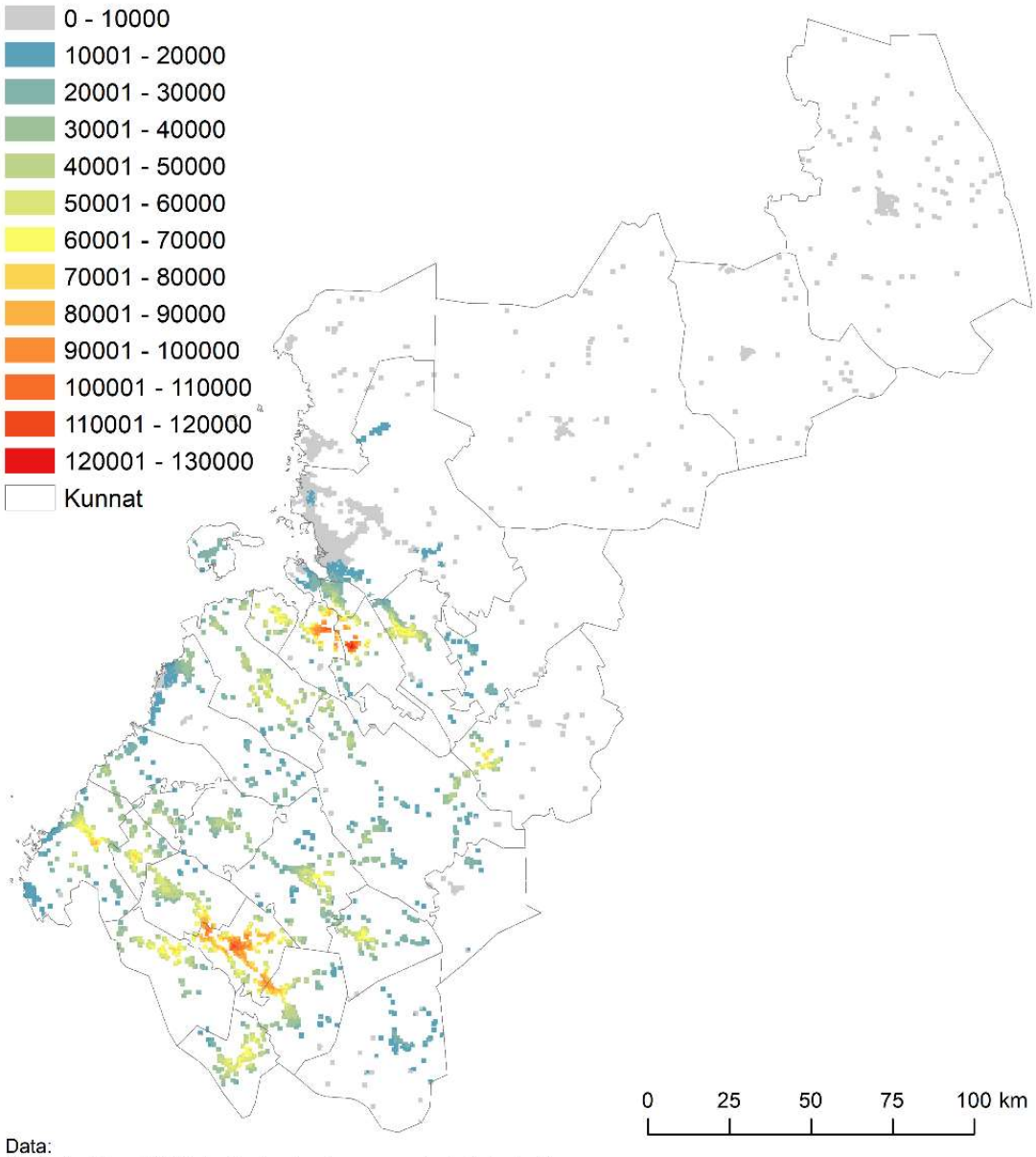
Data:
Tuotantoeläimet tiloittain: Ruokavirasto, maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmä, 22.2.2021.
Lannan tuotantokertoimet: Suomen mormilanta (2017), Luke.
Tieverkko: Digiroad, Väylävirasto (2018).
Kartta: Oulun yliopisto, Kerttu Saalasti Instituutti (2022).

Biokaasureaktorien optimisijainnit naudan ja sian lietalannan verkostoperusteisen saavutettavuuden perusteella



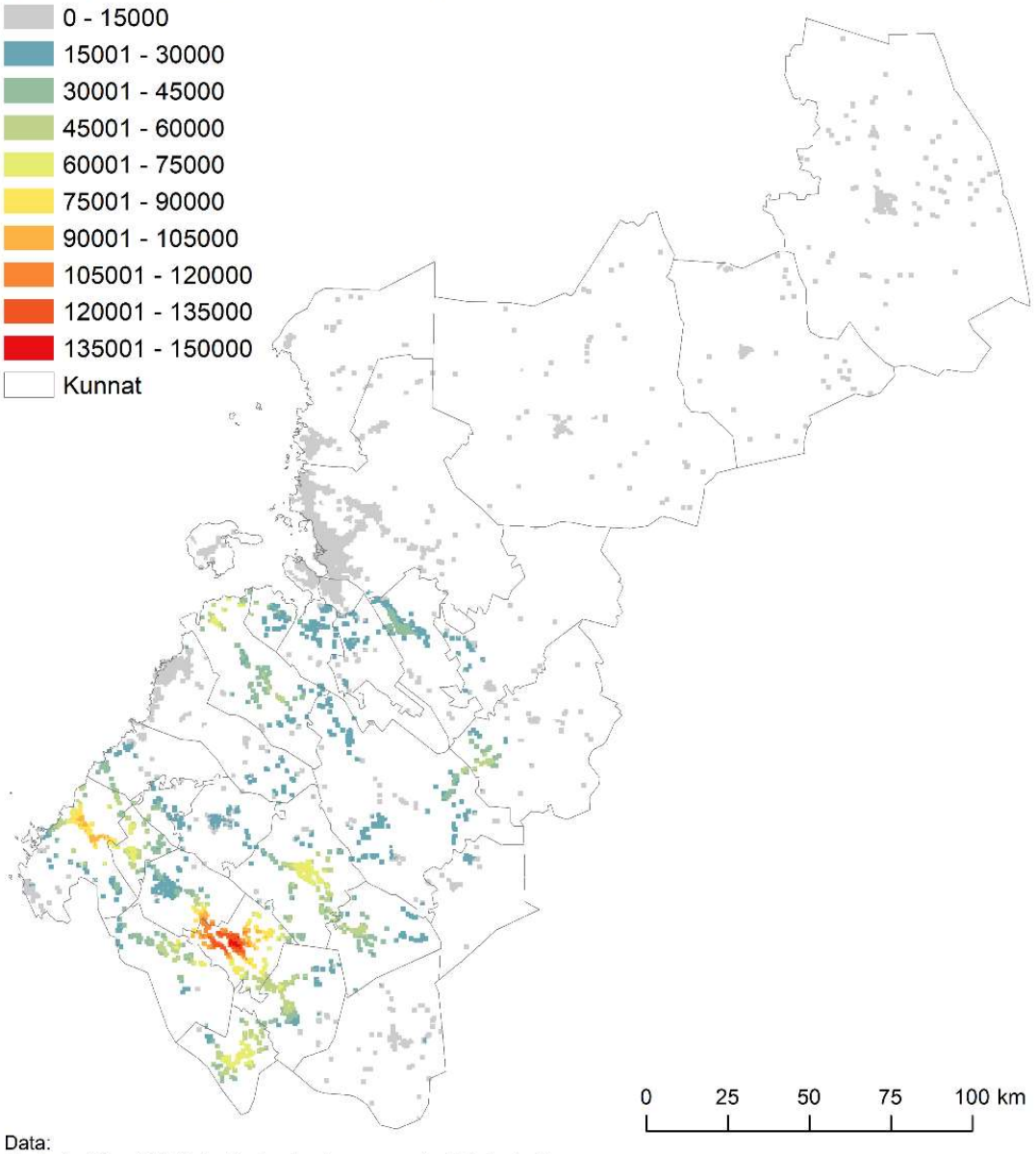
Data:
Tuotantoeläimet tiloittain: Ruokavirasto, maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmä, 22.2.2021.
Lannan tuotantokertoimet: Suomen mormilanta (2017), Luke.
Tieverkko: Digiroad, Väylävirasto (2018).
Kartta: Oulun yliopisto, Kerttu Saalasti Instituutti (2022).

Biokaasureaktorien optimisijainnit naudan ja sian lietalannan verkostoperusteisen saavutettavuuden perusteella



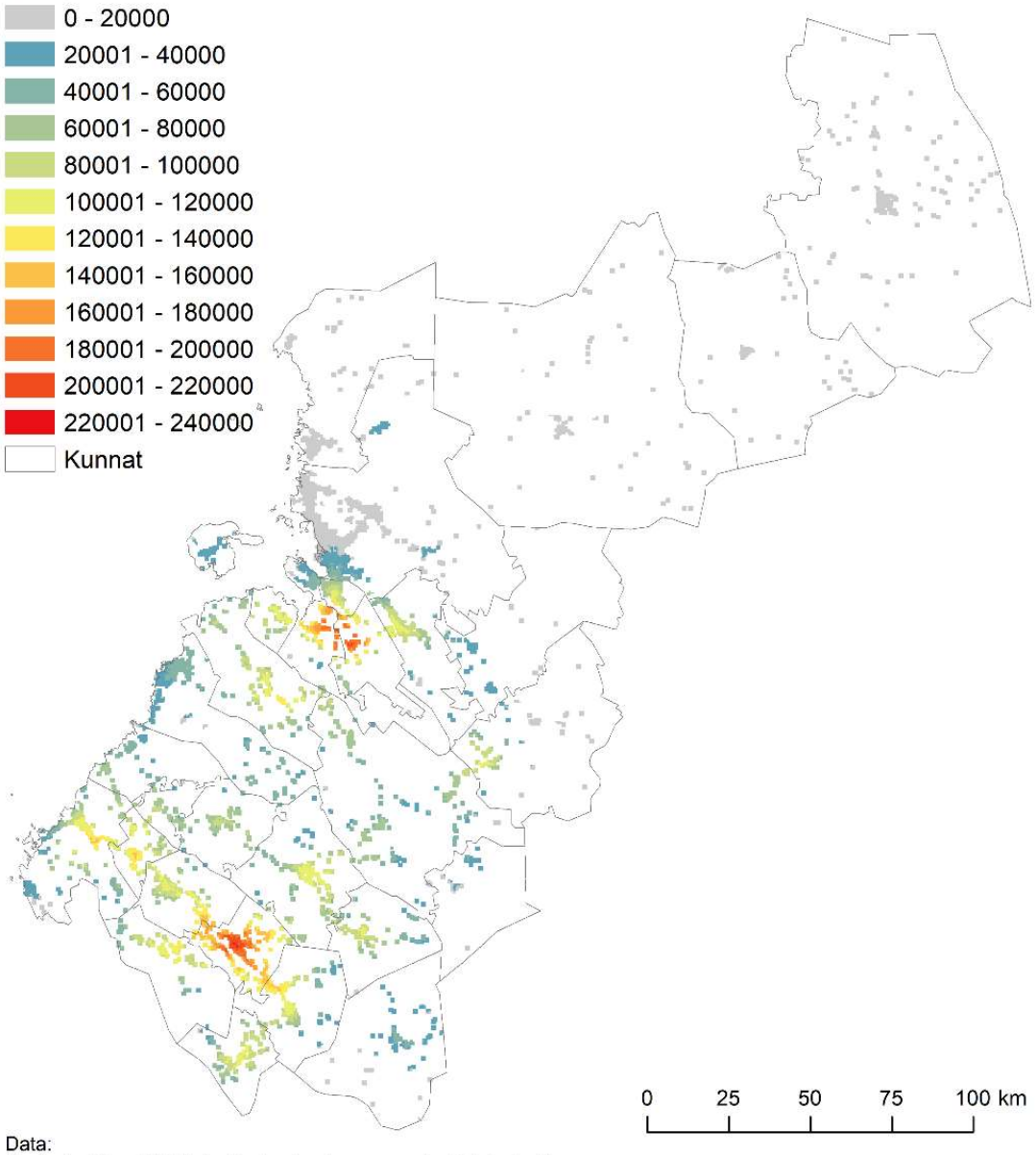
Data:
Tuotantoeläimet tiloittain: Ruokavirasto, maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmä, 22.2.2021.
Lannan tuotantokertoimet: Suomen mormilanta (2017), Luke.
Tieverkko: Digiroad, Väylävirasto (2018).
Kartta: Oulun yliopisto, Kerttu Saalasti Instituutti (2022).

Biokaasureaktorien optimisijainnit naudan ja sian lietalannan verkostoperusteisen saavutettavuuden perusteella



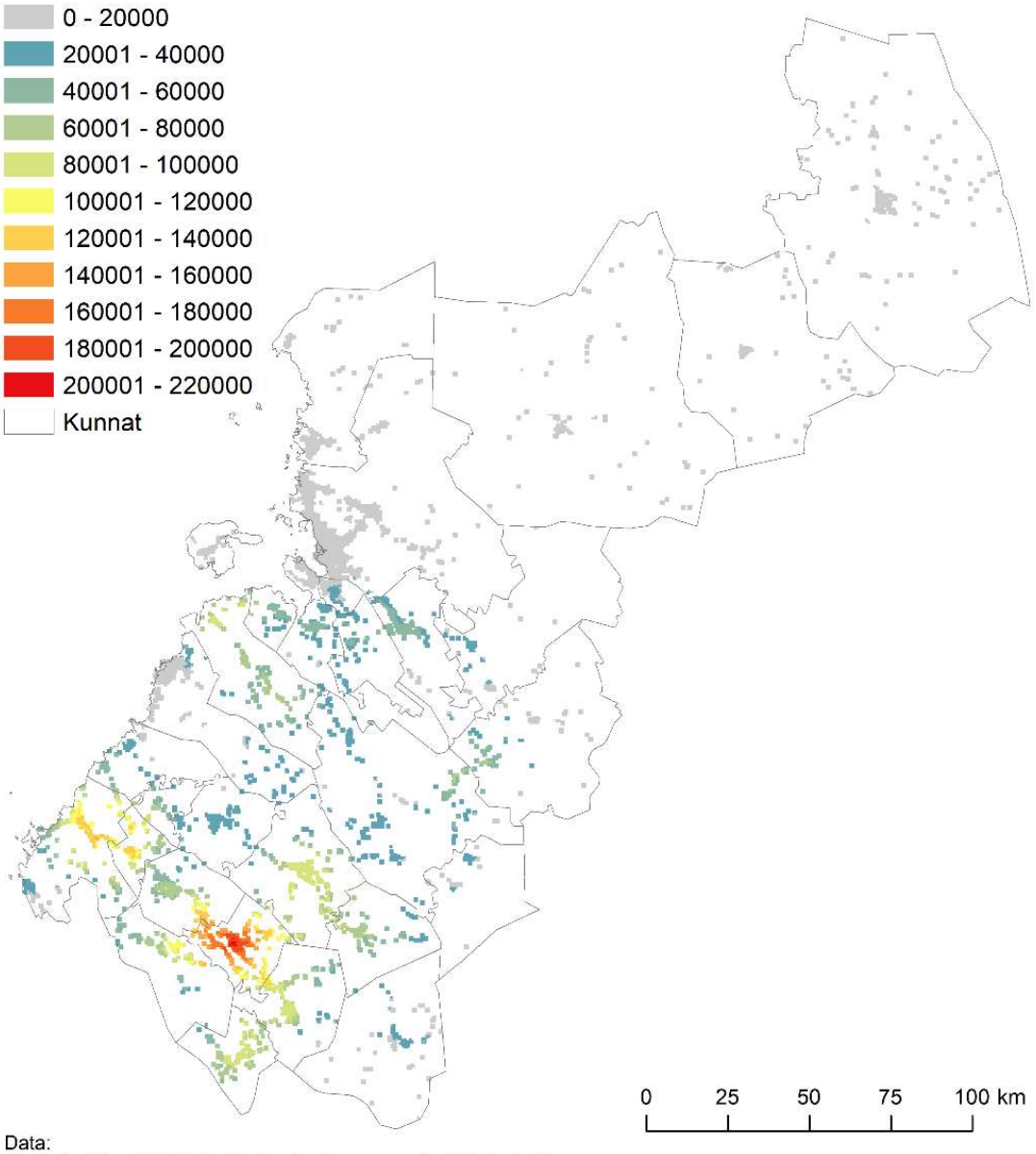
Data:
Tuotantoeläimet tiloittain: Ruokavirasto, maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmä, 22.2.2021.
Lannan tuotantokertoimet: Suomen mormilanta (2017), Luke.
Tieverkko: Digiroad, Väylävirasto (2018).
Kartta: Oulun yliopisto, Kerttu Saalasti Instituutti (2022).

Biokaasureaktorien optimisijainnit naudan ja sian lietalannan verkostoperusteisen saavutettavuuden perusteella



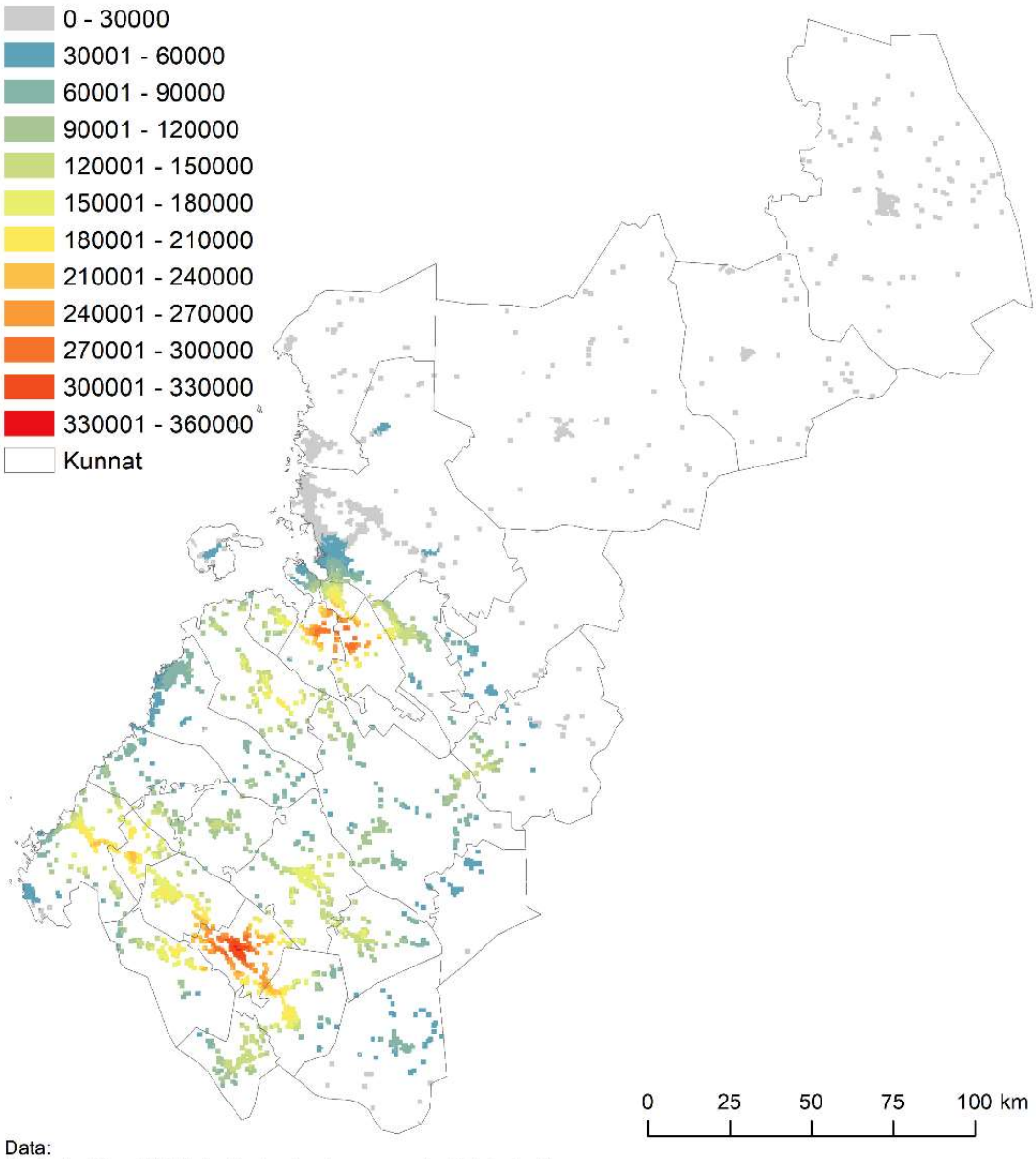
Data:
Tuotantoeläimet tiloittain: Ruokavirasto, maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmä, 22.2.2021.
Lannan tuotantokertoimet: Suomen mormilanta (2017), Luke.
Tieverkko: Digiroad, Väylävirasto (2018).
Kartta: Oulun yliopisto, Kerttu Saalasti Instituutti (2022).

Biokaasureaktorien optimisijainnit naudan ja sian lietalannan verkostoperusteisen saavutettavuuden perusteella



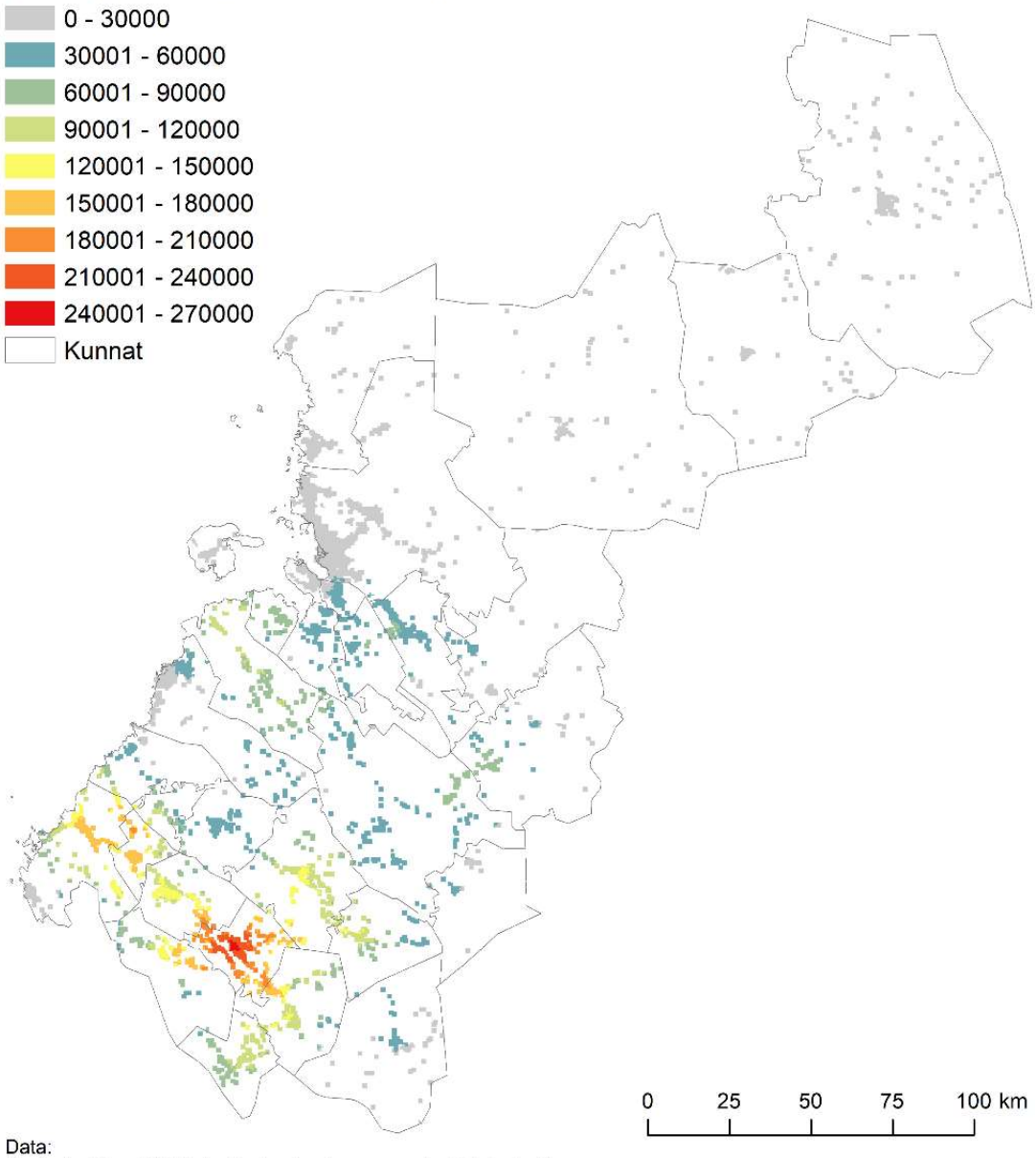
Data:
Tuotantoeläimet tiloittain: Ruokavirasto, maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmä, 22.2.2021.
Lannan tuotantokertoimet: Suomen mormilanta (2017), Luke.
Tieverkko: Digiroad, Väylävirasto (2018).
Kartta: Oulun yliopisto, Kerttu Saalasti Instituutti (2022).

Biokaasureaktorien optimisijainnit naudan ja sian lietalannan verkostoperusteisen saavutettavuuden perusteella



Data:
Tuotantoeläimet tiloittain: Ruokavirasto, maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmä, 22.2.2021.
Lannan tuotantokertoimet: Suomen mormilanta (2017), Luke.
Tieverkko: Digiroad, Väylävirasto (2018).
Kartta: Oulun yliopisto, Kerttu Saalasti Instituutti (2022).

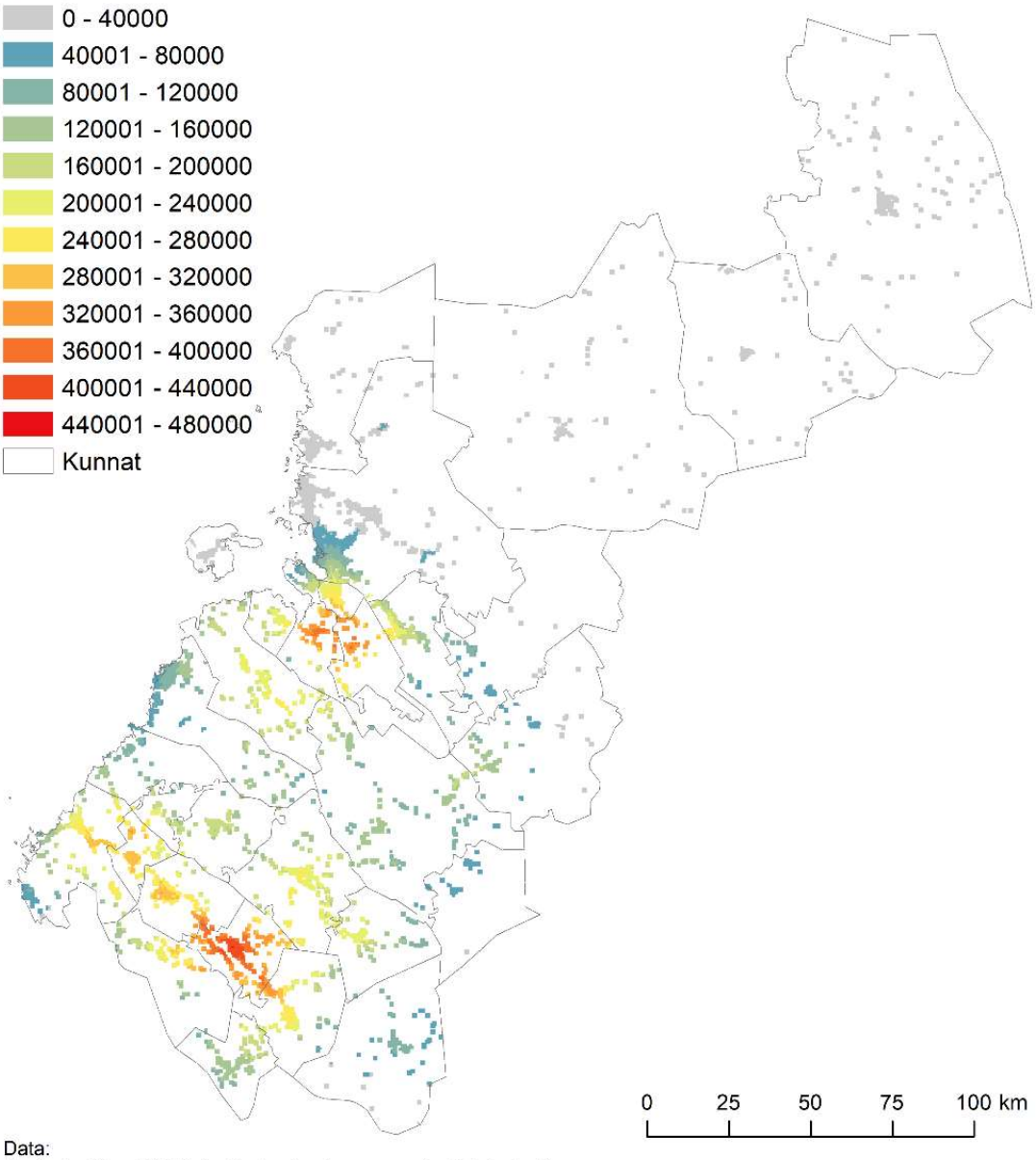
Biokaasureaktorien optimisijainnit naudan ja sian lietalannan verkostoperusteisen saavutettavuuden perusteella



Data:
Tuotantoeläimet tiloittain: Ruokavirasto, maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmä, 22.2.2021.
Lannan tuotantokertoimet: Suomen mormilanta (2017), Luke.
Tieverkko: Digiroad, Väylävirasto (2018).
Kartta: Oulun yliopisto, Kerttu Saalasti Instituutti (2022).

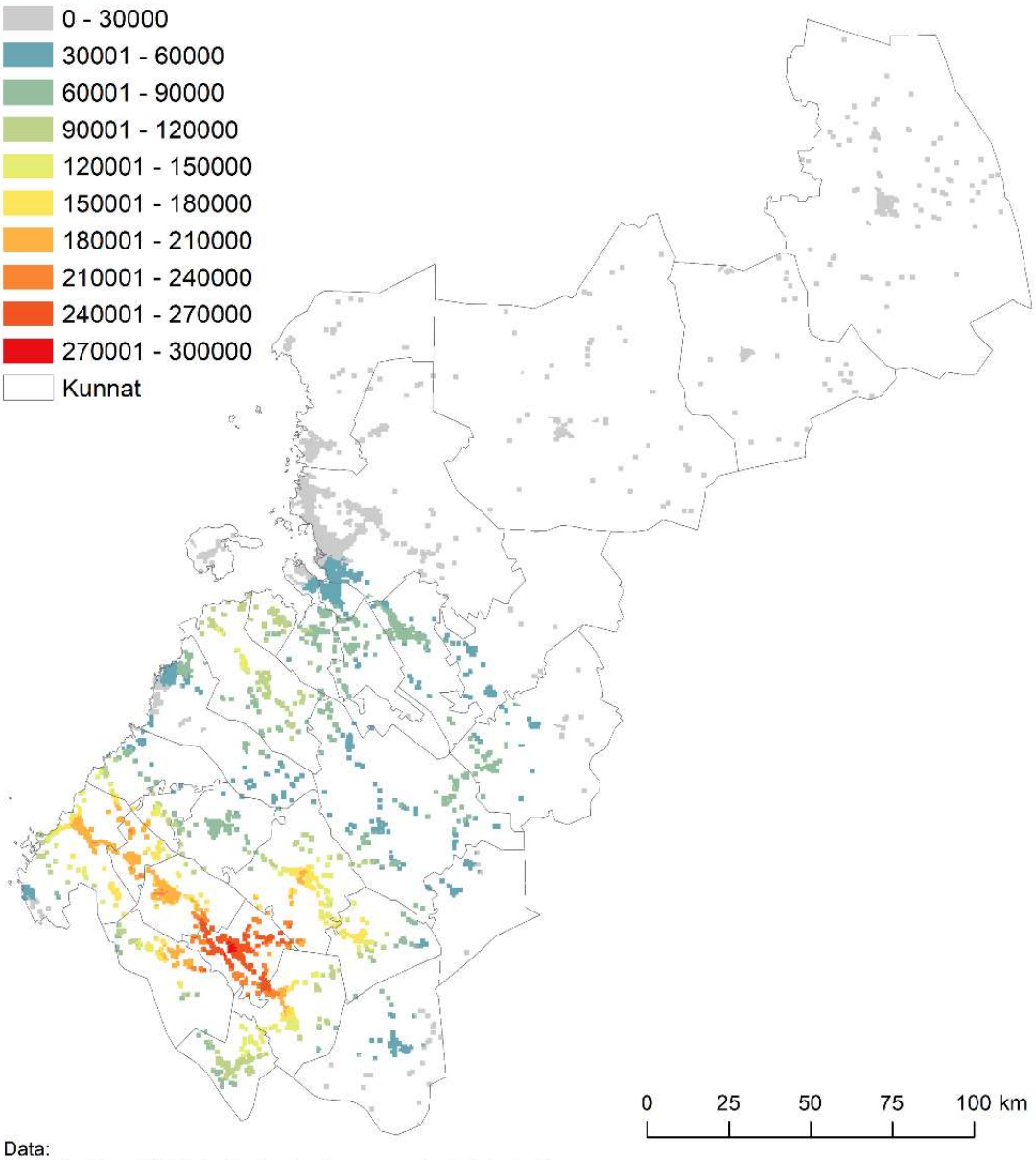
Biokaasureaktorien optimisijainnit naudan ja sian lietalannan verkostoperusteisen saavutettavuuden perusteella

Levityskohteiden potentiaalinen saavutettavuus 25 km (ton)



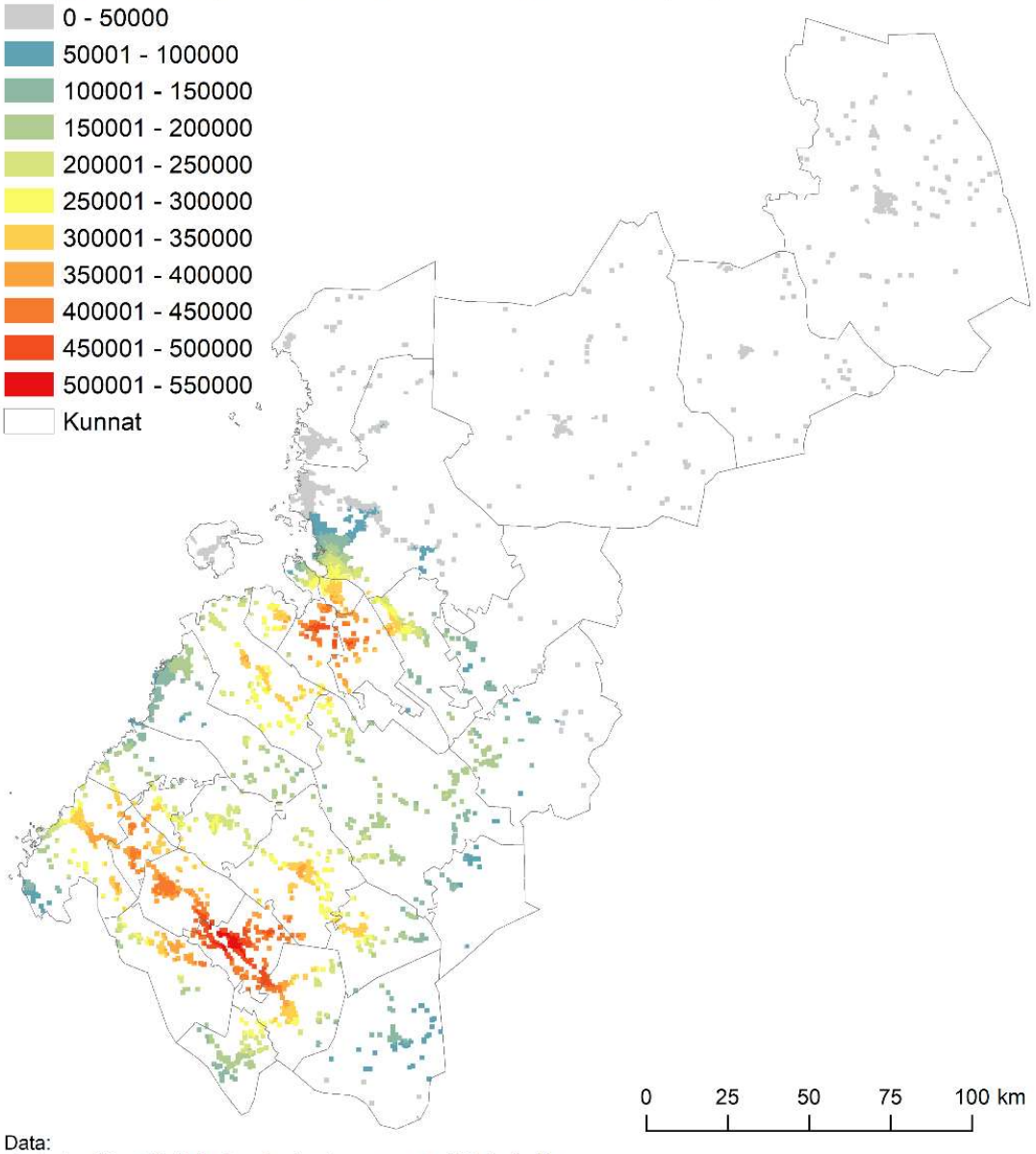
Data:
Tuotantoeläimet tiloittain: Ruokavirasto, maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmä, 22.2.2021.
Lannan tuotantokertoimet: Suomen mormilanta (2017), Luke.
Tieverkko: Digiroad, Väylävirasto (2018).
Kartta: Oulun yliopisto, Kerttu Saalasti Instituutti (2022).

Biokaasureaktorien optimisijainnit naudan ja sian lietalannan verkostoperusteisen saavutettavuuden perusteella



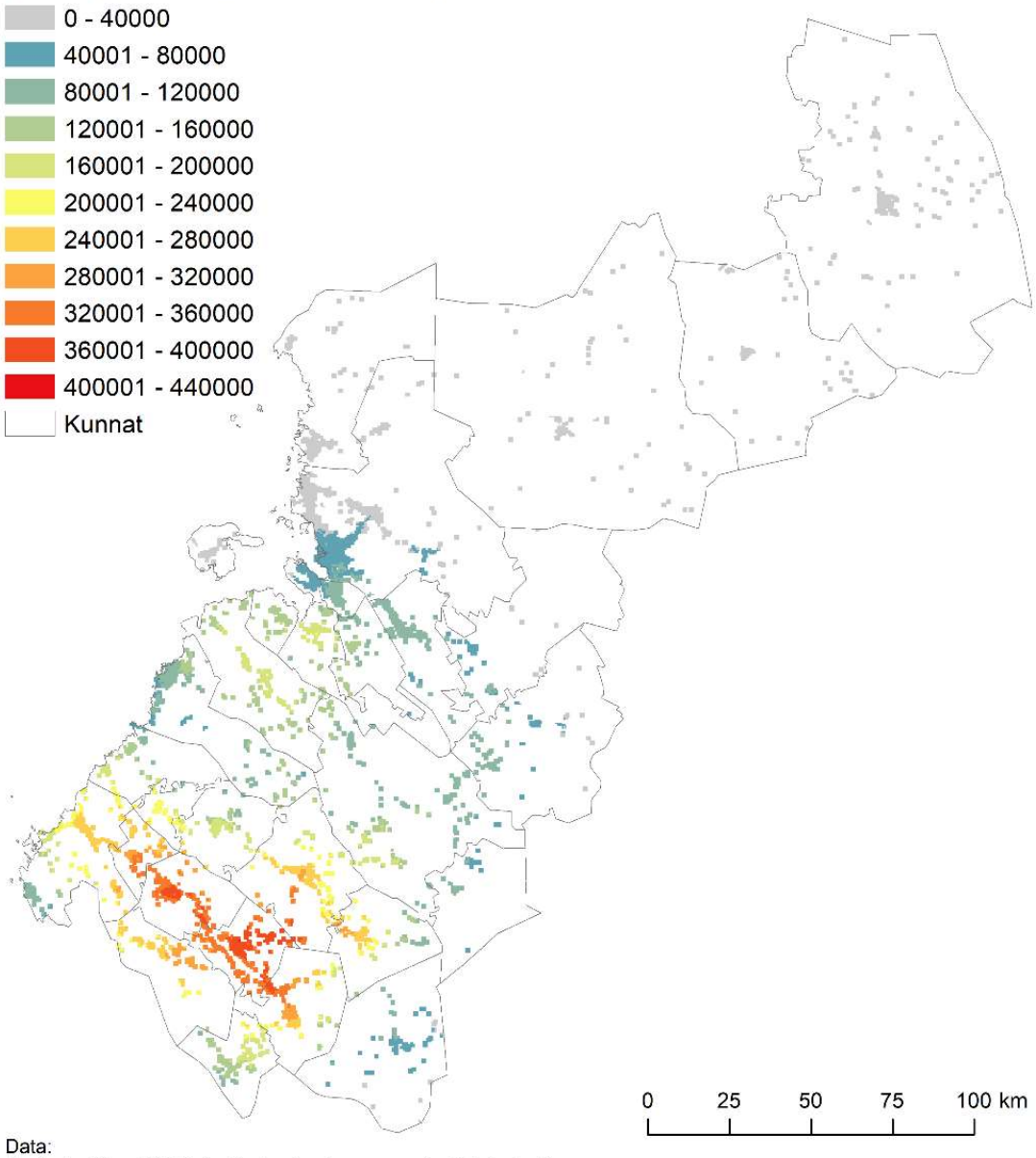
Data:
Tuotantoeläimet tiloittain: Ruokavirasto, maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmä, 22.2.2021.
Lannan tuotantokertoimet: Suomen mormilanta (2017), Luke.
Tieverkko: Digiroad, Väylävirasto (2018).
Kartta: Oulun yliopisto, Kerttu Saalasti Instituutti (2022).

Biokaasureaktorien optimisijainnit naudan ja sian lietalannan verkostoperusteisen saavutettavuuden perusteella



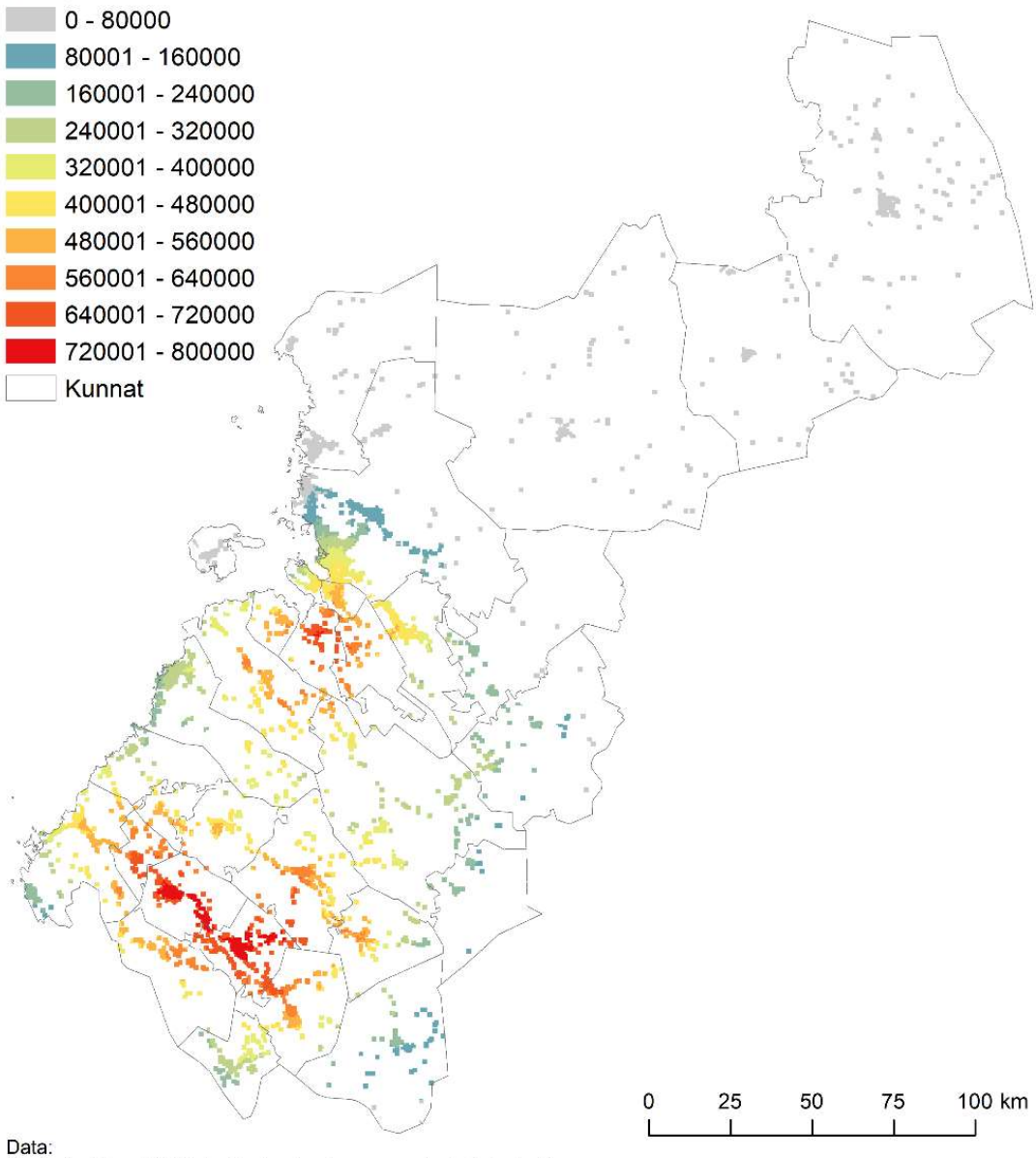
Data:
Tuotantoeläimet tiloittain: Ruokavirasto, maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmä, 22.2.2021.
Lannan tuotantokertoimet: Suomen mormilanta (2017), Luke.
Tieverkko: Digiroad, Väylävirasto (2018).
Kartta: Oulun yliopisto, Kerttu Saalasti Instituutti (2022).

Biokaasureaktorien optimisijainnit naudan ja sian lietalannan verkostoperusteisen saavutettavuuden perusteella



Data:
Tuotantoeläimet tiloittain: Ruokavirasto, maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmä, 22.2.2021.
Lannan tuotantokertoimet: Suomen mormilanta (2017), Luke.
Tieverkko: Digiroad, Väylävirasto (2018).
Kartta: Oulun yliopisto, Kerttu Saalasti Instituutti (2022).

Biokaasureaktorien optimisijainnit naudan ja sian lietalannan verkostoperusteisen saavutettavuuden perusteella



Data:
Tuotantoeläimet tiloittain: Ruokavirasto, maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmä, 22.2.2021.
Lannan tuotantokertoimet: Suomen mormilanta (2017), Luke.
Tieverkko: Digiroad, Väylävirasto (2018).
Kartta: Oulun yliopisto, Kerttu Saalasti Instituutti (2022).

LIITE 2

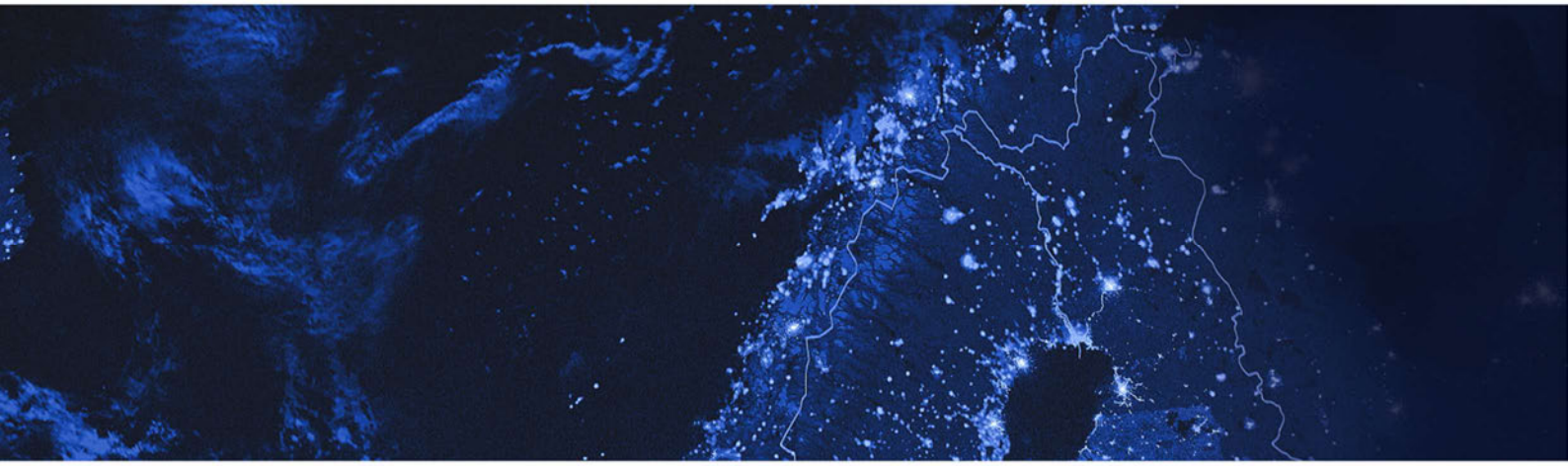
Taulukko 5. Tuotantoeläinten luokittelu Ruokaviraston aineistossa

Naudat
Lehmävasikat alle 6kk, emolehmäksi
Lehmävasikat alle 6kk, jalostukseen
Lehmävasikat ja hiehot alle 6kk, lihantuot./emol.
Lehmävasikat ja hiehot alle 6kk, lypsylehmiksi
Lehmävasikat 6kk-12kk, emolehmäksi
Lehmävasikat 6kk-12kk, jalostukseen
Lehmävasikat ja hiehot 6kk-12kk, lihantuot./emol.
Lehmävasikat ja hiehot 6kk-12kk, lypsylehmiksi
Lehmävasikat ja hiehot 12kk-24kk, lihantuot./emol.
Lehmävasikat ja hiehot 12kk-24kk, lypsylehmiksi
Hiehot 12kk-24kk (ei poikineet), emolehmäksi
Hiehot 24kk- (ei poikineet), emolehmäksi
Alle 24kk poikinut emolehmähieho
Alle 24kk poikinut lypsylehmähieho
Hiehot 24kk- (ei poikineet), lihantuotantoon
Lypsylehmä 24kk-
Emolehmä 24kk-
Sonni alle 6kk, jalostukseen
Sonni alle 6kk, lihantuotantoon
Sonni väh. 6kk, alle 8kk, jalostukseen
Sonni väh. 6kk, alle 8kk, lihantuotantoon
Sonni väh. 8kk, alle 12kk, jalostukseen
Sonni väh. 8kk, alle 12kk, lihantuotantoon
Sonni väh. 12kk, alle 16kk, jalostukseen
Sonni väh. 12kk, alle 16kk, lihantuotantoon
Sonni väh. 16kk, alle 21kk, jalostukseen
Sonni väh. 16kk, alle 21kk, lihantuotantoon
Sonni väh. 21kk, alle 24kk, jalostukseen
Sonni väh. 21kk, alle 24kk, lihantuotantoon
Sonni väh. 24kk, jalostukseen
Sonni väh. 24kk, lihantuotantoon
Muu nauta 6-24 kk
Muu nauta yli 24 kk
Muu vasikka alle 6 kk
Siat
Porsaat
Emakot
Lihasiat
Karjut
Nuoret siitossiat

***** Tarkasteluista rajattiin pois Hevonen, Kettu, Minkki, Muu turkiseläin, Supikoira, Kanat, Siitoskukot, Kananpoikaset ja Muu siipikarja.

KERTTU SAALASTI INSTITUUTTI

OULUN YLIOPISTO



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020

POHJOIS-POHJANMAA
COUNCIL OF OULU REGION

ISSN 2814-4406 (verkkojulkaisu)
ISBN 978-952-62-3495-3 (elektroninen)

Oulun yliopiston
Kerttu Saalasti Instituutti
Nivala, https://oulu.fi/ksi