

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
LUONNONVARA- JA YMPÄRISTÖALA

# NESTEYTETTY BIOKAASU MAATALOUDEN MOOTTORITYÖKONEIDEN KÄYTTÖVOIMANA

Kirjallisuuskatsaus nesteytetyn biokaasun teknisistä ominaisuuksista ja  
kyselytutkimus hankinnallisista edellytyksistä

TEKIJÄ Janne Henrik Hellström

Koulutusala Luonnonvara- ja ympäristöala	
Tutkinto-ohjelma Agrologin tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Janne Henrik Hellström	
Työn nimi Nesteytetty biokaasu maatalouden moottorityökoneiden käyttövoimana. Kirjallisuuskatsaus nesteytetyn biokaasun ominaisuuksista ja kyselytutkimus hankinnallisista edellytyksistä	
Päiväys	30.12.2022
Sivumäärä/Liitteet	49/2
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) FarmGas-PS 2 -hanke, Saija Rasi	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Maatalousyritysten toiminnallisten edellytysten kehittyminen ja yrityskoon kasvaminen on vaatinut koneellistettujen työtehtävien suunnittelua massiivisten materiaalivirtojen käsittelemiseksi. Maatalouden koneellistuminen on johtanut kuluvan vuosisadan aikana kiihtyvään maatalousteknologian kehitykseen. Maatalouden moottorityökoneiden käyttövoimamuotoina hyödynnettävien uusiutuvien energialähteiden osuus niiden kokonaisenergiankulutuksesta on hyvin alhainen. Tulevaisuudessa on tärkeää vaalia kiertotaloudellisia ratkaisuja etenkin vaihtoehtoisten energialähteiden osalta. Uusiutuvat energialähteet saattavat korvata fossiilisia energialähteitä myös maatalouden kokonaisenergiankulutuksesta. Uusiutuvat energialähteet vähentävät riippuvaisuutta tuontien energiasta ja kasvattavat kansallista energiaomavaraisuusastetta.</p> <p>Opinnäytetyöprosessin tavoitteena oli toteuttaa kirjallisuuskatsaus nesteytetyn biokaasun ominaisuuksista. Kirjallisuuskatsauksen lisäksi opinnäytetyössä laadittiin kvantitatiivinen kyselytutkimus. Sen avulla kartoitettiin maatalousyrittäjien asenteita vaihtoehtoisten uusiutuvien energialähteiden käytön yleistymiseen maatalouden moottorityökoneissa. Kyselytutkimuksen kaksi keskeisintä tutkimusongelmaa olivat nesteytetyn biokaasun hankinnallisten edellytysten ja energialähteen yleistuntemuksen kartoittaminen. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi FarmGas-PS 2 -hanke.</p> <p>Kyselytutkimuksen suunnittelu aloitettiin toukokuussa vuonna 2022. Kyselytutkimuksen aineiston keruu toteutettiin heinä-elokuussa 2022. Kyselytutkimuksen kohderyhmänä toimivat aktiivista maataloutta harjoittavat maatalousyrittäjät tai maataloutta palvelevaa tai siihen rinnastettavaa yritystoimintaa harjoittavat yrittäjät. Kyselytutkimus toteutettiin suullisesti opinnäytetyön toteuttajan asiantuntijaharjoittelun yhteydessä Siilinjärvellä. Kyselytutkimukseen osallistui 61 henkilöä. Tutkimuksen yleistettävyyttä ei ole optimaalisella tasolla pienen perusjoukon vuoksi.</p> <p>Tutkimuksen tulosten perusteella nesteytetyn biokaasun jo olemassa olevan potentiaalin hyödyntäminen on hyvin vähäistä. Kokonaisvaltaiseen kiertotalouteen pyrkiminen ja maatalouden sivuvirtojen hyödyntäminen energiantuotannossa on herättänyt huomattavaa kiinnostusta maatalousyrittäjien keskuudessa. Sivuvirtojen muuntaminen energiavalmisteiksi mahdollistaa asetetun kansallisen ilmastotavoitteen saavuttamisen. Kiertotaloudellisten ratkaisuiden haasteet maatalouden energiantuotannossa koostuvat toistaiseksi yleisten resurssien riittämättömyydestä ja maatalouden heikosta kannattavuustilanteesta. Hankinnallisiin kynnysarvoihin vaikuttaa etenkin EU:n yhteisen maatalouspolitiikan ohjelmakausien heikko ennustettavuus.</p> <p>Nesteytetty biokaasu käyttövoimamuotona on tietyissä olosuhteissa käyttökelpoinen ja kustannustehokas ratkaisu. Tulevaisuuden maatalouden moottorityökoneet saattavat kokea käyttövoimamuotojen murroksen. Tämä siirtymäkausi muuttaa käyttövoimamuotojen markkinaosuuksia. Siirtymäkauden voi havaita alkaneeksi vaihtoehtoisen käyttövoiman yleistymässä tilastoiduissa markkinaosuuksissa. Nesteytetty biokaasu polttoainemateriaalina luokitellaan täysin uusiutuvaksi energialähteeksi. Opinnäytetyön jatkokehitysideat ovat muun muassa tutkia nesteytetyn biokaasun hyödyntämismahdollisuuksia eri moottorityökoneissa ja suunnitella nesteytetyn biokaasun taloudellisen käytön laskuri.</p>	
Avainsanat nesteytetty biokaasu, biometaani, kiertotalous, maatalousteknologia, raskas kalusto	

Field of Study Natural Resources and the Environment		
Degree Programme Degree Programme in Agriculture and Rural Industries		
Author(s) Janne Henrik Hellström		
Title of Thesis Liquefied biogas as an alternative fuel for agricultural machinery. A literature review on the properties of liquefied biogas and an explanation of procurement conditions		
Date	30.12.2022	Pages/Appendices 49/2
Client Organisation /Partners FarmGas-PS 2 -project, Saija Rasi		
<p><b>Abstract</b></p> <p>The development of functional requirements of agricultural enterprises and the increase in business operations have required the engineering of mechanized work performance in the process of voluminous material flows. The mechanization of agricultural processes has led to an accelerated development of agricultural technology during the current century. The quantity of renewable energy sources as motive power for agricultural motorized machines in total energy consumption is very low. In the near future, it is important to accelerate and develop circular economy solutions, especially regarding renewable energy sources. Those energy sources may replace fossil energy sources of total energy consumption in agriculture. Renewable energy sources reduce imported energy volume and develop equity ratio.</p> <p>The aim of the thesis process was to conduct a literature review on the properties of liquefied biogas. In addition to the literature review, the thesis included a quantitative survey. By means of the survey, the attitude of agricultural entrepreneurs to the increasing use of alternative renewable energy sources in agricultural motorized machines was canvassed. The most central research problems of the survey were the clarification of the procurement conditions for liquefied biogas and the general knowledge of the energy source. The thesis was commissioned by the mandator FarmGas-PS 2 project.</p> <p>The planning of the survey began in May 2022. The collection of survey data was carried out from July to August 2022. The target group of the survey was agricultural entrepreneurs engaged in active agriculture or entrepreneurs engaged in business activities that serve agriculture or comparable activities. The survey was conducted orally in connection with the expert practice of the thesis executor in Siilinjärvi municipality. The number of reported individuals who participated in the survey was 61. The generalizability of the survey is not optimal due to the small universe.</p> <p>Based on the results of the study, the utilization of the already existing potential of liquefied biogas is very limited. Pursuing of a comprehensive circular economy and utilizing agricultural loss currents in energy production have aroused interest among agricultural entrepreneurs. The conversion of agricultural loss currents into renewable energy sources enables to achieve the aims of national climate policy. The challenges of circular economy solutions of agricultural energy sources for the time are being consisted of the insufficiency of general resources and the weak profitability of agriculture. Procurement threshold values are affected especially by the low predictability of the program periods of the EU's common agricultural policy.</p> <p>Liquefied biogas as a form of motive power is a usable and cost-effective solution under certain conditions. The agricultural motorized machines of the future may experience a period of transition in the forms of motive powers. The transition period changes the market shares of the motive powers. Liquefied biogas as a fuel material is classified as a completely renewable energy source. The ideas for the further development of the thesis are to investigate the utilization possibilities of liquefied biogas in different motorized machines and to pilot a counter for the economical use of liquefied biogas.</p>		
<p><b>Keywords</b> liquefied biogas, biomethane, circular economy, agricultural technology, heavy equipment</p>		

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	NESTEYTETTY BIOKAASU ENERGIALÄHTEENÄ.....	7
2.1	Nesteytetyn biokaasun alkuperä ja sen tekniset ominaisuudet .....	8
2.2	Huoltovarmuuden haasteet ja sen järjestyminen .....	9
2.3	Ympäristövaikutukset .....	11
2.4	Kaasumoottorin sovellettavuus ja suorituskyky.....	13
2.5	Väliaikainen varastointi.....	14
2.5.1	Vastuullinen varastointi ja rakennesijoittelu .....	18
2.6	Turvallisuustekijät .....	19
2.7	Elinkaarikustannukset ja taloudellisuuteen vaikuttavat tekijät.....	21
2.8	Kiertotaloutta edistävät tukimekanismit .....	22
3	TUTKIELMAN TOTEUTUS JA SEN KESKEISET TAVOITTEET .....	24
3.1	Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen toteutus.....	24
3.2	Opinnäytetyön toimeenpano ja sille asetetut tavoitteet.....	25
4	EETTISYYS JA LUOTETTAVUUS .....	27
5	KYSELYTUTKIMUSTULOKSET .....	29
5.1	Havainnollistavat taustakysymykset.....	30
5.2	Syventävät taustakysymykset .....	31
5.3	Varsinaiset tutkimuskysymykset.....	33
5.4	Teema- ja asiantuntijahaastatteluiden tulokset .....	38
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	40
7	POHDINTA.....	43
	LÄHTEET .....	45
	LIITE 1: KYSELYTUTKIMUKSEN HAVAINNOLLISTAVAT- JA TARKENTAVAT TUTKIMUSKYSYMYKSET.....	50
	LIITE 2: VIRALLINEN KYSELYTUTKIMUSPOHJA.....	51

## KUVALUETTELO

KUVA 1. Prototype New Holland T7.270 Methane Power LNG (Kelsey Media Ltd 2022).....	7
KUVA 2. Biokaasun muuttaminen nesteytetyksi biokaasuksi ja hiilidioksidiksi (Cryo Pur 2022a). ....	8
KUVA 3. Raakabiokaasun nesteytysprosessi (Cryo Pur 2022b).....	9
KUVA 4. Polttoainesäiliön paineistustoimenpide New Holland T7.270 (Irish Farmers Journal 2022).....	12
KUVA 5. Volvo FH LNG G13C-moottori (Volvo Finland Ab 2022). ....	14
KUVA 6. Uudelleen nesteytysyksiköllä varustettu varastointisäiliö (Worthington Industries 2022a).....	15
KUVA 7. Advanced liquid natural gas onboard storage system (United States Department of Energy 2003b). ....	17
KUVA 8. Nesteytetyn maa- tai biokaasun säilöntäjärjestelmä (Palladian Publications Ltd 2014). ....	17
KUVA 9. Suojaetäisyydet ulkopuolisiin kohteisiin (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2018a). ....	19
KUVA 10. Nesteytetyn biokaasun paineistaminen ajoneuvoon (Gasum Oy 2022a). ....	19
KUVA 11. Biokaasun kasvupolun arvoketju (Suomen itsenäisyyden juhlarahasto 2016).....	23
KUVA 12. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden ikäjakauma (n=61). ....	30
KUVA 13. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden keskeinen koulutustaso ja sen mittarit (n=61). ....	31
KUVA 14. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden hallinnoimien moottorityökoneiden lukumäärä (n=61). ....	31
KUVA 15. Kyselytutkimukseen vastanneiden maataloutta harjoittavien tai sitä palvelevien yrittäjien patentti- ja rekisterihallinnon mukaiset toimialat eli päätuotantosuunnat (n=61). ....	32
KUVA 16. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden sivuvirtojen yleinen hyödyntämistäaste (n=61). ....	33
KUVA 17. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden taloudellinen näkökanta sivuvirtoihin (n=61).....	34
KUVA 18. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden asennoituminen kiertotalouden ratkaisujen edistämiseen (n=61).....	34
KUVA 19. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden näkökanta biokaasureaktorin hankintaan (n=61). ....	35
KUVA 20. Vaihtoehtoisen käyttövoiman hankinnallisten edellytysten esiselvitys (n=61).....	36
KUVA 21. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden näkökulmat polttoaineenjake- lun järjestämisestä (n=61).....	37
KUVA 22. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden asennoituminen hankinta- tai investointitukimahdollisuuteen (n=61). ....	37

## 1 JOHDANTO

Uusiutuvien energialähteiden käyttö raskaan kaluston käyttövoimamuotona vähentää pakokaasupäästöjä ja säästää energiaa (United States Department of Energy 2003a). Elintarvikkeiden raaka-aineiden alkutuotannossa muodostuu erilaisia sivuvirtoja ja muutoin tuotannossa hyödyntämätöntä hävikkä. Maatalouden sivuvirrat ovat kasvipöeräisistä tai eläinperäistä lähteistä muodostuneita orgaanisia materiaaleja. Muutoin tuotannossa hyödyntämätön orgaaninen materiaali voidaan hyödyntää energiavalmisteen anaerobisen hajoamisen myötä. Anaerobiset bakteerit hajottavat eloperäistä ainesta vähähappisissa tai hapettomissa olosuhteissa mädättämällä. Biokaasun tuotanto perustuu mädätysteknologiaan eli anaerobiseen orgaanisen materiaalin hajoamiseen. (Luonnonvarakeskus 2022.)

Kiertotaloudellisten ratkaisuiden vaalimisessa korostuu etenkin kotieläintuotannon orgaanisten lantamateriaalien ja erilaisten kasvibiomassojen taloudellinen hyödyntäminen tulevaisuuden energialähteinä (Pyykkönen ym. 2021). Kiertotaloutta edistävää biokaasua voi tuottaa biokaasureaktoreissa lähes kaikesta orgaanisesta materiaalista. Myös kaatopaikoilla muodostuvaa kaatopaikkakaasua on mahdollista hyödyntää biokaasuna. Energiavalmisteen kustannustehokas hyödyntäminen perustuu sen resurssitehokkuuteen ja keskeisiin käyttökohteisiin. Raakabiokaasun käyttökohteet ovat lämmön- ja sähköntuotanto. Raakabiokaasua voi jalostaa biometaaniksi. Biometaanin jatkojalostus mahdollistaa energiavalmisteen paineistamisen tai nesteyttämisen työkoneiden polttoaineeksi. (Motiva Oy 2020.)

Moottorityökoneiden käytöstä aiheutuvien päästöjen vähentäminen on noussut kiinnostuksen kohteeksi Suomen ilmasto- ja energiapolitiikassa. Työkoneiden sähköistyminen on vasta hyvin varhaisella tasolla. Päästöjen vähentämistarve voi nopeuttaa työkoneiden sähköisten voimalinjojen kehitystä tai moottorityökoneiden siirtymistä kiertotaloutta edistäviin biopolttoaineisiin. Työkoneiden sähköistyminen pienitehoisten tai -kokoisten työkoneiden osalta on osoittautunut toimivammaksi ratkaisuksi kuin suurikokoisten työkoneiden sähköistäminen. Suurikokoisten työkoneiden sähköistyminen on osoittautunut haasteelliseksi. Haasteellisuutta lisää akkutehon riittämättömyys ja työkoneen liialliseksi kasvava kokonaisuudessa. (Markkanen & Lauhkonen 2021).

Tässä opinnäytetyössä on koostettu kattava kirjallisuuskatsaus ja toteutettu suljettu kyselytutkimus. Kirjallisuuskatsauksessa käsitellään nesteytetyn biokaasun käytön mahdollisuuksia maatalouden moottorityökoneiden vaihtoehtoisena käyttövoimana. Opinnäytetyöprosessin keskeinen tarkoitus on pyrkiä selvittämään nesteytetyn biokaasun käytön merkittävimpiä ympäristövaikutuksia ja turvallisuustekijöitä. Kyselytutkimuksen tavoitteena on kartoittaa hankinnallisia näkökulmia nesteytetyn biokaasun käytön yleistymisestä. Tämä kartoitus on toteutettu suljettuna kyselytutkimuksena, jossa selvitettiin nesteytetyn biokaasun yleistymisen edellytyksiä Pohjois-Savon alueella maatalousyrittäjien näkökulmasta. Opinnäytetyön primäärinen tavoite on edistää esikartoituksen keinoin tulevaisuuden maatalousteknologian kehitystä ja aiheesta kiinnostuneiden henkilöiden yleistä perehtymistä maatalouden bioteknologiaan.

## 2 NESTEYTETTY BIOKAASU ENERGIALÄHTEENÄ

Maatalouden työtehtävissä hyödynnettävien moottorityökoneiden käyttövoimavaihtoehdot ovat tois-  
taiseksi varsin yksipuoliset. Moottorityökoneen käyttövoimamuoto tarkoittaa työkoneen toimintaa  
ylläpitävää polttoainetta eli ensisijaista energialähdettä. Perinteisin raskaan kaluston ja moottorityö-  
koneiden energialähde on diesel. (Markkanen & Lauhkonen 2021.) Käyttövoimamuotojen rajoitteelli-  
sus voi vaikuttaa maatalousyritysten kustannusrakenteeseen sitä heikentäen. Tuonnista riippuvais-  
ten energiavalmisteiden saatavuus voi heikentyä, mikäli maailmanpoliittinen tilanne muuttuu enna-  
koimattomasti. (Geologian tutkimuskeskus 2022.) Raakaöljyn hinnanvaihtelut voivat myös aiheuttaa  
yleistä kustannuspainetta. Soveltamalla nesteytettyä biokaasua maatalouden moottorityökoneiden  
käyttövoimana rutiininomaisissa tai sesonkimuotoisissa työtehtävissä, moottorityökoneiden kirjoa  
voisi laajentaa käyttövoimamuotoperusteisesti (kuva 1). Tämä mahdollistaisi energiavalmisteen eli  
biokaasuntuotannon hajauttamisen siten, että maatalousyritykset voisivat saavuttaa osittaisen tai  
kokonaisvaltaisen omavaraisuuden energiantuotannon osalta.



KUVA 1. Prototype New Holland T7.270 Methane Power LNG (Kelsey Media Ltd 2022).

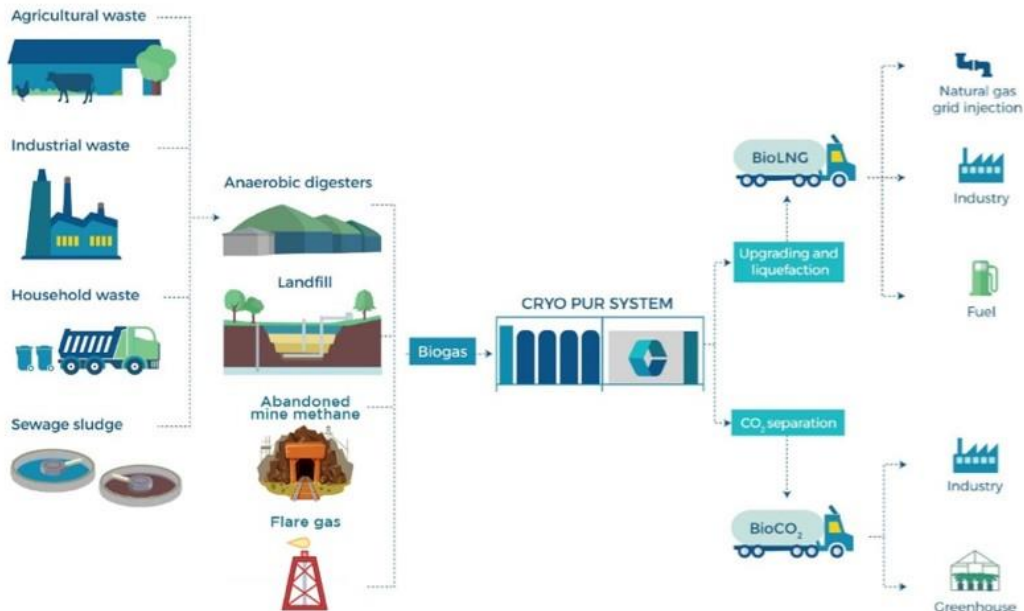
Uusiutuvalla energialla voi olla merkittävä vaikutus energiaomavaraisuuden ja kansallisen huoltovar-  
muuden vahvistamiseen. Uusiutuvien energiavalmisteiden jalostus maatalouden sivuvirroista edistää  
ravinteiden perusteltua taloudellista kierrätystä ja ympäröivän biodiversiteetin terveyttä (Markkanen  
& Lauhkonen 2021). Moottorityökoneen käytöstä aiheutuva hiilijalanjälki muuttuu hiilinegatiiviseksi,  
mikäli moottorityökone kykenee hyödyntämään ensisijaisena energialähteenään maatalouden sivu-  
virroista muodostuvan biometaanin. Hiilijalanjäljen muutos aiheutuu kiertotaloudellisista tekijöistä ja  
samalla estetään biometaanin haihtuminen ilmakehään. (Cummins Inc 2020a.) Kiertotalouden ta-  
voittelu vähentää maatalousyritysten riippuvaisuutta tuontienergiasta. Vähentynyt tuontienergiariip-  
puvuus ja uusiutuvista lähteistä tuotetun energian hyödyntäminen vaikuttavat maatalousyritysten  
kustannusrakenteeseen. Ulkoiselta toimijalta hankittavien fossiilisten energiatuotteiden määrä vä-  
hentyy ja sitä sivuuttaen tuontienergiasta aiheutuvat kustannukset romahtavat. (Sipilä ym. 2021.)

## 2.1 Nesteytetyn biokaasun alkuperä ja sen tekniset ominaisuudet

Metaanin olomuoto on riippuvainen sen lämpötilasta ja ilmanpaineesta. Metaani on alailmakehän ilmanpaineessa nestemäistä alle  $-164\text{ °C}$  lämpötilassa (Söderna, Suomalainen, Kajolinna & Melin 2019). Nestemäisiksi jalostetuista kaasumateriaaleista käytetään lyhenteitä **LNG** tai **LBG**. Kyseiset lyhenteet ovat peräisin englanninkielisistä sanoista *liquified natural gas* ja *liquified biogas*. Tässä opinnäytetyössä keskitytään uusiutuvan energialähteen eli nesteytetyn biokaasun ominaisuuksiin ja sen käytön mahdollisuuksiin.

Maataloussektorin alkutuotannon raaka-aineet ovat orgaanista materiaalia. Maatalouden sivuvirrat tai orgaaniset jätevirrat ovat muutoin alkutuotannossa hyödyntämätöntä raaka-ainepotentiaalia. Maatalouden jätevirtojen hyödyntäminen raakabiokaasuntuotannossa edistää kiertotaloutta ja parantaa maatalousyritysten omavaraisuusastetta. Kiertotalouden tavoittelulla on myös merkittävä vaikutus maatalousyritysten kilpailukykyyn niin kansallisesti kuin kansainvälisesti. (Söderna ym. 2019).

Ongelmallisin maatalouden jätevirtana muodostuva, kasvihuoneilmiötä edistävä yhdiste on metaani eli  $\text{CH}_4$ . Maatalouden päätuotantosuunnista kotieläintilat ovat potentiaalisimpia tulevaisuuden raakabiokaasuntuottajia. (Rasi ym. 2022a.) Metaanista aiheutuvien negatiivisten ilmastovaikutusten estämiseksi tulevaisuudessa on tärkeää paneutua uudenlaisten karjasuojien tai tuotantorakennusten rakenneratkaisuihin. Tehokkain rakenneratkaisu on eristää metaani katetuista lietevarastoista (kuva 2). Tulevaisuudessa metaani saatetaan eristää myös tuotantorakennuksen poistoilmasta.



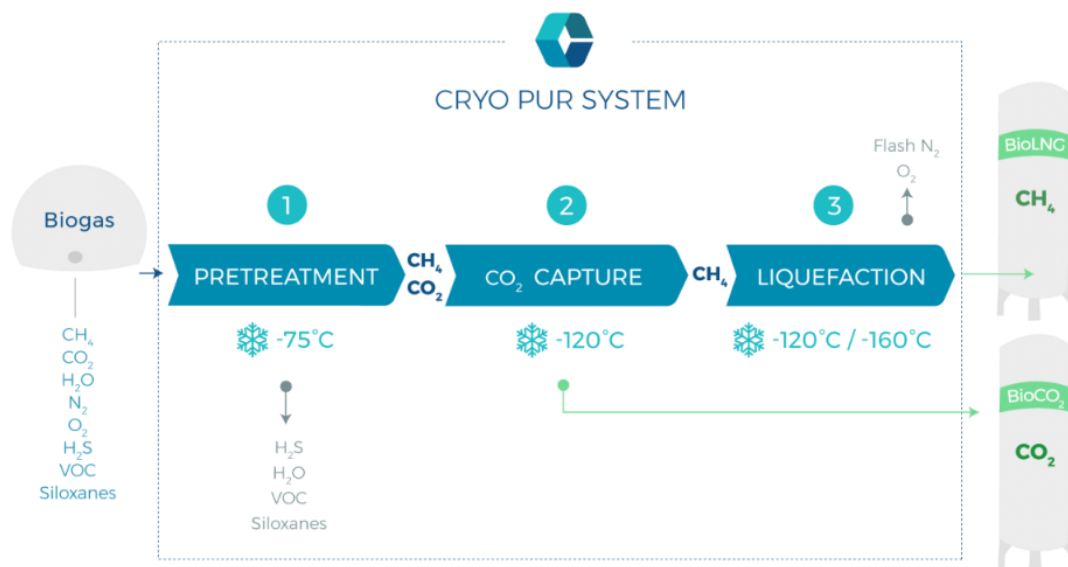
KUVA 2. Biokaasun muuttaminen nesteytetyksi biokaasuksi ja hiilidioksidiksi (Cryo Pur 2022a).

Raakabiokaasun tuotantoprosessi toteutetaan kaasutiiviissä säilössä eli biokaasureaktorissa. Biokaasua voidaan tuottaa hajautetusti yrityksissä, jotka tuottavat jätevirtoina orgaanisia syötteitä. Mädätysprosessin aikaansaamiseksi biokaasureaktorin sisällä tulee vallita täysin anaerobiset olosuhteet. Biokaasureaktorissa käsitellään orgaanista materiaalia eli syötettä soveltuvan lämpötilan vaikutuksessa. Mädätysprosessissa hyödynnetään mikrobivalintaa. (Rasi ym. 2022a.)



Raakabiokaasu omaa erittäin alhaisen energiatihedyyden alailmakehässä (United States Department of Energy 2003a). Energiatiheys tarkoittaa tilavuuteen varastoituneen energian määrää tiettyä mittayksikköä kohden. Kustannustehokkaan energiatihedyyden saavuttamiseksi raakabiokaasu tulee jalostaa nesteytetyksi biokaasuksi. (Alm 2022.) Energiatuotteen käyttötarkoitukseen soveltuva energiatiheys mahdollistaa paremman säilötyvyyden ja resurssitehokkaan ominaiskulutuksen (United States Department of Energy 2003a). Nesteytettyyn biokaasuun ominaisuuksiltaan verrannollisen nesteytetyn maakaasun energiatiheys on noin 450 kg/m<sup>3</sup>. (Gasum Oy 2021b.)

Biokaasun nesteytysprosessi toteutetaan tyypillisesti jäähdyttämällä raakabiokaasua. Tällä menetelmällä saavutetaan jalostettavalle kaasulle nestemäinen olomuoto nesteytysprosessin päätteeksi. (Biovoima Oy 2019.) Nesteytettävästä kaasumateriaalista poistetaan nesteytysprosessissa nesteytettävän kaasumateriaalin laatua heikentävät kemialliset yhdisteet. Näitä yhdisteitä ovat muun muassa vesi, hiilidioksidi, metyleeni, typpi, happi, rikkivety, haihtuvat orgaaniset yhdisteet sekä siloksaanit. (kuva 3.) Kaasumateriaalin nesteytysprosessi on kehitetty 1800-luvulla. Nesteytysprosessi mahdollistaa nykyaikaisen biokaasun kuljettamisen kustannustehokkaammin myös raskaan kaluston ensisijaiseksi energialähteeksi. (United States Energy Information Administration 2020.)



KUVA 3. Raakabiokaasun nesteytysprosessi (Cryo Pur 2022b).

## 2.2 Huoltovarmuuden haasteet ja sen järjestäminen

Siirtymäkausi energialähteestä toiseen ja sen murros on yksi kuluvan vuosikymmenen suurimpia kysymyksiä. Siirtyminen fossiilisten polttoaineiden käytöstä kohti vähäpäästöisempiä energialähteitä haastaa myös kansallisen energiahuoltovarmuuden toiminnan ja sen järjestämisen. Huoltovarmuuskeskusten toimeenpanevan Energia 2030 -hankkeen ohjelmakokonaisuuden tarkoitus on kehittää innovatiivisia ja toimivia ratkaisuita häiriöttömän energiansaannin turvaamiseksi myös vähäpäästöisessä yhteiskunnassa. Toistaiseksi länsimainen yhteiskunta on monin tavoin riippuvainen energian riittävydestä, mikä on aiheuttanut fossiilisten energialähteiden tuontiriippuvuuden. Energiankulutuksesta riippuvainen tuontiriippuvuus aiheuttaa merkittäviä huoltovarmuudellisia riskejä, sillä Suomessa sijaitsee huomattava määrä energiaintensiivistä teollisuutta. (Sipilä ym. 2021.)

Huoltovarmuuden lähtökohta koostuu pääsääntöisesti energiavalmisteen varastoimismahdollisuuksista. Fossiilisten polttoaineiden etuna on toistaiseksi ollut hyvä varastoitavuus. Uusiutuvista energiälähteistä tuotettujen polttoaineiden tai kaasujen säilönnällisistä tekijöistä on toistaiseksi havaittu haasteita sekä säilönnällisiä epävarmuuksia. (Sipilä ym. 2021.) Energiatuotteiden saatavuuteen eli huoltovarmuuden turvaamiseen vaikuttanevat materiaalien raaka-aineiden saatavuus, katkeamaton jakelu, hajautettu tuotanto, jakelumahdollisuudet sekä niiden käytön monipuolisuus. Maatalousyritysten huoltovarmuudelle erilaisia uhkakuvia aiheuttavat erityisesti poikkeukselliset sääolosuhteet ja energiavalmisteiden saatavuuden ennakoimaton heikentyminen. Hajautetulla biokaasuntuotannolla on mahdollista pyrkiä eroon erilaisista energiavalmisteiden tuontiriippuvuudesta aiheutuvista riskitekijöistä. (Pyykkönen ym. 2021.)

Suomalaisten maatalous- ja puutarhayritysten käyttämä vuosittainen kokonaisenergiankulutus on noin 10 TWh. Tästä kokonaisenergiankulutuksesta on tuotettu lähes viidesosa moottorityökoneiden energiaksi fossiilisista energiälähteistä. (Luonnonvarakeskus 2021.) Mikäli maatalouden moottorityökoneiden käyttövoimana hyödynnettäisiin nesteytettyä biokaasua moottorityökoneiden energiantarve voisi olla tyydytettävissä lähes kokonaan tai osittain hajautetulla biokaasuntuotannolla. Mikäli maatalousyritys kykenee tuottamaan uusiutuvaa energiaa yli tarpeidensa, energiantuotannosta voi muodostua uusi markkinakelpoinen myyntituote. Energiaomavaraiset maatalousyritykset voivat hyötyä tulevaisuudessa energiatuotteen myynnistä tulo-rahoituksella. Energiatuotteen myynti voi kohentaa yrityksen liikevaihtoa ja sen keskeistä tulosta. Mahdollisen lisätulon arvioiminen on hyvin haastavaa kaupallisten ehtojen puutteellisuuden vuoksi. (Pyykkönen ym. 2021.)

Maatalousyritysten toteuttamat kiertotaloutta edistävät investoinnit mahdollistavat myös alueellisen elinkeinoelämän pysymisen elinvoimaisena. Hajautetulla bioenergiantuotannolla voi olla myös merkittävä vaikutus uusien innovatiivisten konseptien jatkuvaan käyttäjäkokemuksesta aiheutuvaan kehittymiseen. Omavarainen biokaasun tuotanto voi osaltaan mahdollistaa myös osaratkaisun yhteiskunnalliseen kysymykseen ympäristöystävällisen logistiikan järjestämiseksi tulevaisuudessa. (Impola ym. 2020.)

Fossiilisten polttoaineiden kuljetustarpeisiin verrannollisten uusiutuvien polttoaineiden jakeluun ei nähdä Huoltovarmuuskeskuksessa ylitsepääsemättömiä haasteita. Mikäli vaihtoehtoisen polttoaineen kuljetuskalustotarpeet ovat rinnastettavissa fossiilisten polttoaineiden kuljetuskalustoon ja jakeluverkostoon, niiden jakelussa ei ole havaittu suurempia haasteita nykytilanteessa. Huoltovarmuuden kannalta poikkeusoloja voi aiheutua esimerkiksi tuonnin tai viennin pysähtymisestä. Merkittävimpiä huoltovarmuudellisia riskejä aiheuttavat tuontipolttoaineiden kokonaisvaltaiset saatavuushäiriöt tai kotimaisen polttoaineen tuotantokapasiteetin häiriöt. (Huoltovarmuuskeskus 2022.) Huoltovarmuuden poikkeusoloja voi aiheutua tulevaisuudessa uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineiden laadun heikentyessä tai niiden saatavuuden pysähtyessä (United States Energy Information Administration 2016).

Energiavalmisteiden jakelun osalta nesteytetyn biokaasun säilöntään soveltuvat varmuusvarastot tai yhtiöiden hallussa oleva säilöntäkapasiteetti varmistaa polttoainematerin yleisen saatavuuden. Tuontienergian osalta huoltovarmuus koostuu nesteytettyjen kaasujen tuontiterminaalien keskeisestä säilöntäkapasiteetista. Nesteytetyn biokaasun säilöntään soveltuvia tuontiterminaaleja

on sijainnut Suomessa vuonna 2022 Porissa ja Torniossa. (Gasum Oy 2022b.) Rakenteilla olevia nesteytetyn biokaasun vastaanottoon ja jakeluun soveltuvia terminaaleja avataan muun muassa Haminassa ja Vieremällä. Vieremälle avataan nimenomaan nesteytettyä biokaasua jakeleva terminaali, joka tulee nesteyttämään tulevaisuudessa paikallisista maatalousyrittäjistä hankittua ja puhdistettua biometaania henkilöautoille ja raskaalle kalustolle. (Remes 2022.)

### 2.3 Ympäristövaikutukset

Ympäristötekijät ja energiavalmisteen riskienhallinta koostuu vaihtoehdoisen polttoainemateriaalin resurssitehokkaasta hyödynnettävyydestä. Energianlähde on mahdollista luokitella ympäristön kannalta kestäväksi sen elinkaariselvityksen perusteella. Elinkaariselvityksessä tarkastellaan energialähteen vaikutuksia biodiversiteettiin. Energialähde voidaan luokitella ympäristön kannalta kestäväksi, mikäli sen elinkaaren aikana aiheutunut ilmastokuormitus on matala tai se ehkäisee suurempien ilmastovaikutusten aiheutumisen. (Direktiivi 2018/2001/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä.)

Kokonaiselinkaari tuotettavan materiaalin osalta voidaan tulkita alkaneeksi tuotteen tekemiseen tarvittavien raaka-aineiden tuotannon aikana. Tuotteen elinkaari päättyy lopputuotteen käytön päättämiseen ja sen hävitykseen. Nesteytetyn biokaasun osalta energiavalmisteen elinkaari voidaan tulkita alkaneeksi alkutuotannon raaka-aineen tuotannossa, etenkin biokaasuntuotannossa hyödynnettävän orgaanisen syötteen osalta. Alkutuotannosta muodostuvaa hiilijalanjälkeä tulee kuitenkin tarkastella vain biokaasuntuotannossa hyödynnettävän raaka-aineen osalta. Nesteytetyn biokaasun kokonaiselinkaari etenee raaka-aineen tuotannosta, jatkojalostukseen eli nesteytysprosessiin, mistä se etenee työkoneen energialähteeksi eli polttoaineeksi. Polttoainemateriaalin elinkaareen vaikuttaa myös polttoainemateriaalin jakelu ja sen käyttämisestä aiheutuvat päästöt. (Direktiivi 2018/2001/EU.)

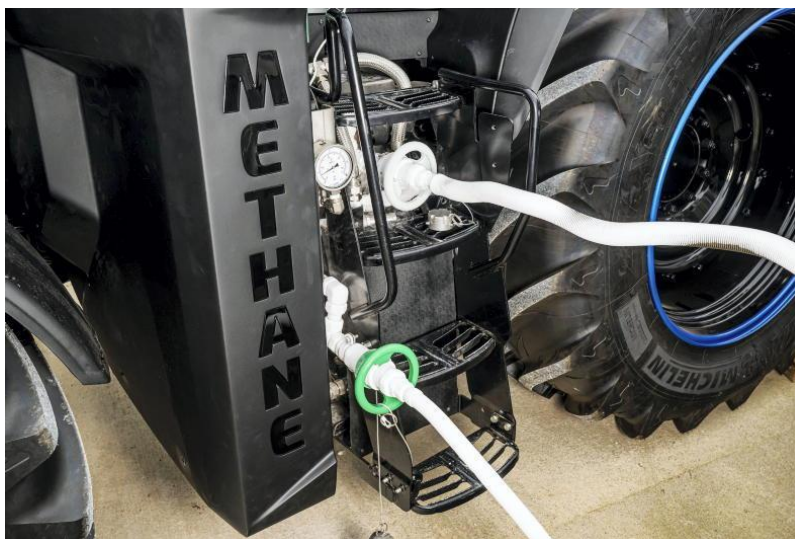
Uusiutuvan energian tuotannollisia ellytyksiä edistävä direktiivi RED II täydentää polttoaineiden laatudirektiiviä uusiutuvien polttoaineiden luokituksen osalta. Kyseisessä direktiivissä uusiutuvaksi energiaksi luokitellaan biokaasu ja kierrätetyt hiilipitoiset polttoaineet, mikäli niiden tuotantomenetelmät täyttävät direktiiville asetetut kriteerit. (Direktiivi 2018/2001/EU.) Kiertotalouden edistäminen mahdollistaa myös Suomen hallituksen kansallisen ilmastotavoitteen eli hiilineutraaliuden saavuttamisen vuoteen 2035 mennessä (Ympäristöministeriö 2022). Biokaasun tuottaminen alkutuotannossa muodostuneista sivuvirroista voi vähentää yksittäisen yrityksen energiankäytöstä aiheutuvaa negatiivista ympäristövaikutusta. Haitallisen metaanin pääsyä ilmakehään on mahdollista rajoittaa hyödyntämällä biokaasu energiantuotannossa oleellisessa muodossa. Nesteytetty biokaasu on huomattavasti puhtaammin palava ja vähäpäästöisempi polttoainemuoto. (Cummins Inc 2020b.)

Vaihtoehtoisia ympäristöystävällisiä biopolttoaineita luonnehditaan potentiaalisimmiksi ehdokkaiksi maatalouden kiertotalouden edistämiseksi. Maatalousyrittäjien yleisellä energiaomavaraisuudella eli energiariippumattomuudella voi olla merkittävä rooli kansallisten ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi sekä keskeisen huoltovarmuuden järjestämiseksi. (Direktiivi 2021/1119/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi puitteet ilmastoneutraaliuden saavuttamiseksi ja asetusten (EY) N:o 401/2009 ja (EU) 2018/1999 muuttamisesta ("Euroopan ilmastolaki")) Yksittäisten maatalousyrittäjien energiaomavaraisuuden tavoittelun lähtökohtana pidetään usein maatalousyrittäjien yleistä asennoitumista

ja yrittäjien arvojen mukaista toimintaa. Liiketoiminnan kehittämisen lähtökohtana pidetään yleisesti myös taloudellista kannattavuutta. (Williams 2012.) Hyödyntäessä energiantuotannossa osittain uusiutuvia tai täysin uusiutuvia polttoainemateriaaleja, fossiilisten polttoaineiden kulutusta sekä työkonen käytöstä aiheutuvien päästöjen muodostumista on mahdollista ehkäistä (Alm, Markku 2022). Hyödyntämällä nesteytettyä biokaasua raskaan kaluston käyttövoimana liiketoiminnan harjoittajalle tarjotaan mahdollisuus kuljetuksesta tai työtoimenpiteen suorituksesta aiheutuvien päästöjen vähentämiseen tinkimättä moottorisoidun työkonen suorituskyvystä. (Cummins Inc 2020b.)

Nesteytetyn biokaasun eroavaisuudet tavanomaiseen moottoripolttoöljyyn ovat havaittavissa epäpuhtauksien, kuten hiilidioksidin (CO<sub>2</sub>), typen oksidien (NO<sub>x</sub>), rikin oksidien (SO<sub>x</sub>) sekä muiden terveydelle haitallisten hiukkasten esiintyvyyden vähäisyydellä moottorijärjestelmän aiheuttamista pakokaasupäästöistä. Hyödyntämällä nesteytettyä biokaasua moottorityökoneen energialähteenä voidaan vähentää erityisesti haitallista savusumua aiheuttavia NO<sub>x</sub>-päästöjä. (Cummins Inc 2020b.) Terveydelle haitalliset pakokaasupäästöt ovat merkittävä tekijä ihmisten yleiseen terveyden turvaamisessa ja biodiversiteetin monipuolisuuden säilyttämisessä.

Nesteytettyä biokaasua täydennetään moottorityökoneeseen paineistamalla polttoainesäiliötä (kuva 4). Nesteytetty biokaasu on lähes puhdasta hyvin voimakkaaksi kasvihuonekaasuksi luokiteltavaa metaania. Metaanin ilmakehän lämmitysvaikutuspotentiaali on 84 kertaa hiilidioksidin lämmitysvaikutusta korkeampi. (Jensen 2022.) Nesteytetty kaasu voi aiheuttaa tavallisuudesta poikkeavassa tilanteessa palovammoihin verrannollisia paleltumia nestemäisen kaasumateriaalin kulkeutuessa suoraan tai johtuen ihokosketukseen (Gasum Oy 2021b).



KUVA 4. Polttoainesäiliön paineistustoimenpide New Holland T7.270 (Irish Farmers Journal 2022).

Maatalouden moottorisoituja työkonetta valmistavat yhtiöt ovat kehittäneet erilaisia kiertotaloutta edistäviä bioenergiapohjaisia ratkaisuja moottorityökoneiden kehitystoiminnassa. Traktorivalmistaja New Holland on pilotoinut nesteytettyä metaania ensisijaisena energialähteenä käyttävän traktoriprototyypin. New Holland julkisti uuden prototyypin T7.270 joulukuussa 2022. (Abbott 2022.)

Ruotsin maatalousvirasto toteutti vuonna 2015 tutkimuksen biokaasukäyttöisten maataloustraktoreiden ominaisuuksista. Tämän tutkimuksen yhteydessä havaittiin ensimmäisen sukupolven biokaasutraktorin vähentävän haitallisia hiilidioksidipäästöjä jopa 40 % tavanomaiseen eli dieselin käyttövoimakonseptiin verrattuna. Tutkimuksen yhteydessä havaittiin ensimmäisen tuotesukupolven biokaasutraktoreiden oikean ajoituksen aiheuttavan metaanipitoista hävikkiä. Ympäristövaikutusten toteutumista vaikutti moottorin heikossa palamisprosessissa hyödyntämätön metaani. (Lindvall, Törnquist, Enghag, Lundström, Laurell 2015.)

Maatalouden moottorityökoneiden moottorivalmistaja AGCO Power on pilotoinut vuonna 2013 biokaasutraktorin prototyypisarjan. Kyseistä paineistettua biokaasua polttoaineenaan hyödyntävää prototyyppiä on valmistettu piensarjatuotantona kolme kappaletta. Biokaasutraktorin tuotekehitysprojekti alkoi MEKA-hankkeen yhteydessä. Pilotointihankkeen aikana oli tarkoitus suunnitella täysin toimiva prototyyppi. Kyseisen tutkimuksen yhteydessä on havaittu biokaasutraktoreiden yleisten käyttövoimakustannusten olevan hankkeen toteutuksen aikana moottoripolttoöljyä alhaisemmat.

#### 2.4 Kaasumoottorin sovellettavuus ja suorituskyky

Materiaalina nesteytetty biokaasu on täysin väritön ja hajuton neste. Käyttövoimamuotona nesteytettyyn biokaasuun verrannollista nesteytettyä maakaasua hyödynnetään nykyisin pääsääntöisesti meriliikenteessä ja kehittyvässä maantiiliikenteessä. Polttoaineena nesteytetyllä biokaasulla on samat ominaisuudet kuin paineistetulla biokaasulla. Nesteytetyksi olomuodoksi jalostetun biokaasun suhteellinen energiatiheys on merkittävästi paineistettua biokaasua korkeampi. (Gasum Oy 2022b.)

Polttoainemateriaalin haihtumista ehkäisevä väliaikainen varastointi mahdollistaa työtoimenpiteiden resurssitehokkaan suorituksen. Yksi merkittävimmistä resurssitehokkuuden edellytyksistä on kohtalaiset polttoaineen täydennysvälit eli nesteytetyn biokaasun osalta paineistusvälit. Nesteytetyn biokaasun energiatiheys on noin 21 MJ/l, joka on lähes 2,4 kertaa suurempi kuin paineistetun biokaasun energiatiheys. Työkoneissa tavanomaisesti käytettävän kevyen polttoöljyn energiatiheys on noin 35,86 MJ/l. (Hashemi ym. 2019.) Moottorityökoneen polttoainemateriaalin täydennysvälit ovat lähes verrannollisia tavanomaisesti hyödynnettävään dieseliin nesteytetyn biokaasun energiatiheyden takia. Polttoainemateriaalin täydennysvälit ovat kuitenkin suhteessa polttoainemateriaalin paineistettävien polttoaineseiliöiden tilavuuteen.

Moottorijärjestelmän kustannustehokkaan käytön varmistamiseksi sytytyksen ajoituksella on suuri vaikutus työkoneen ominaiskulutukseen. Sytytysmenetelmällä on merkittävä vaikutus moottorin vääntömomenttiin, polttoaineenkulutukseen, yleiseen ajettavuuteen sekä keskeisiin pakokaasupäästöihin. Moottoreiden vääntömomentin ja kulutuksen optimoinnin ajoitus kasvattaa usein kipinäsytytteisissä moottoreissa hiilivety- ja typenoksidipäästöjä. Sytytyksen optimoinnissa ei kuitenkaan voi onnistua hyötyäkseen kaikista edellä mainituista ominaisuuksista. Polttomoottorin ajoituksen suunnittelussa on täten tyydyttävä sopivaan kompromissiin. Sytytyksen optimoinnin lisäksi polttoainemateriaalin seosuhde vaikuttaa keskeisesti polttoaineseoksen syttymisherkkyyteen. (Reif & Dietsche 2014.)

Katalysaattorilla varustetun polttomoottorijärjestelmän seossuhteen ohjelmoinnissa tulee huomioida katalysaattorin keskeinen suorituskyky, mikäli työkone on varustettu pakokaasujen käsittelylaitteistolla.

Katalysaattorin suorituskyvyn turvaamiseksi joudutaan tinkimään resurssitehokkaimmasta vääntömomentista ja polttoainenkulutuksesta. (Reif & Dietsche 2014.) Toistaiseksi nesteytettyä bio- tai maakaasua ensisijaisena energialähteenä käyttävän moottorityökoneelle ei ole asetettu pakokaasujen jälkikäsittelyvaatimusta.

Nesteytettyä kaasua ensisijaisena energialähteenä eli käyttövoimamuotona hyödyntävien kaasumootoreiden tarjonta on kattava. Nestekaasumootorit on suunniteltu pääsääntöisesti tuottamaan energiaa suurille rahtilaivoille, raskaalle kalustolle sekä vetureille. Tunnetuimpia kaasumootoreiden valmistajia ovat Cummins, Volvo, Scania, Iveco sekä kotimainen Wärtsilä. Raskaalle kalustolle suunnitelluissa nestekaasumootoreissa voidaan käyttää nesteytetyn biokaasun lisäksi paineistettua biokaasua. Vaihtoehtoinen polttoainemateriaali mahdollistaa työtehtävän suorituksen vaihtelevissa olosuhteissa, mikäli paineistettua biokaasua olisi helpommin saatavilla. (Cummins Inc 2022.)



KUVA 5. Volvo FH LNG G13C-moottori (Volvo Finland Ab 2022).

Kaasumootorit ovat perustekniikaltaan pääosin kipinäsytytteisiä moottoreita. Nesteytetyn biokaasun syttymisraja on noin 5–15 tilavuusprosenttia ottoilmasta (Gasum Oy 2021b). Vaikka kaasumootorit poikkeavat yleisesti dieselmootoreiden tekniikasta, raskaan kaluston moottoritekniikkaan erikoistunut Volvo Finland Ab on kehittänyt dieselmootorille ominaisella syklillä toimivan kaasumootorin (kuva 5). Kyseisessä moottorissa on täysin sama hyötysuhde ja suorituskyky kuin normaalissa dieselmootorissa. Verraten Volvon moottorikonseptia dieselmootoriin CO<sub>2</sub>-pääsöt ovat 20–100 % pienemmät. Päästöarvioiden vaihtelevuus aiheutuu ensisijaisen energialähteen eli nesteytetyn kaasun alkuperästä ja biokaasun tuotannossa hyödynnetyistä raaka-aineista. (Volvo Finland Ab 2019.)

## 2.5 Väliaikainen varastointi

Energiavalmisteen varastointi on usein kannattavan liiketoiminnan perusedellytys. Moottoripolttoöljyn varastointimuotoa maatilakeskuksen läheisyydessä tilasäiliössä tai moottorityökoneen polttoainesäiliössä kutsutaan polttoaineen väliaikaiseksi varastoinniksi. Nesteytetyn biokaasun säilöntä poikkeaa tavanomaisen moottoripolttoöljyn säilönnästä säilönnällisin menetelmin. Ajoneuvoissa tai moottorityökoneissa nesteytetty biokaasu varastoidaan neste- tai kaasufaaseissa tai polttoainemateriaali absorboidaan väliaikaisesti toiseen materiaaliin. (United States Department of Energy 2003a.) Nestemäistä biokaasua säilötään lähes normaalia ilmanpainetta vastaavan tai lievästi korotetun paineen

olosuhteessa. Säilönnässä hyödynnetään kylmäteknikkaa eli kryogeniikkaa. Nestemäisessä olomuodossa oleva kaasu varastoidaan väliaikaisesti ajoneuvoissa tyypillisesti noin 200–260 baarin paineessa. Nestemäiselle kaasulle oleellinen paineistustaso on täysin verrannollinen lakisääteiseen turvallisuusstandardiin EN ISO 16923:2018. (Söderna ym. 2019.)

Nesteytetyn biokaasun käyttö osana fossiilittoman tieliikenteen ratkaisua tai maatalouden koneellisia työtarpeita tyydyttävää energiaratkaisua edellyttää kattavaa kaasutankkausverkostoa (Imppola ym. 2020). Nesteytetyn biokaasun varastointi on haasteellista sen olomuodon säilyttämisen vuoksi. Nesteytetyn biokaasun säilytyksen keskeisin haaste muodostuu nesteytetyn biometaanin lämpenemisestä. Nesteytetyn biometaanin lämpeneminen johtaa kyseisen energiavalmisteen höyrystymiseen. Mikäli nestemäinen biometaani menettäisi säilönnälliset perusedellytykset, sen höyrystyvyys olisi noin 0,1–0,5 % kokonaismassastaan päiväkohtaisesti. (Söderna ym. 2019.)

Höyrystynyt biometaani poistetaan nestekaasusäiliöstä väliaikaiseen kaasusäiliöön. Mikäli kaasusäiliön paine pääsisi nousemaan liialliseksi, ylipaineventtiili eli paineenmadallusventtiili laskisi höyrystyneen biometaanin polttoainejärjestelmän ulkopuolelle. Höyrystynyt biometaani voidaan hyödyntää ohjaamalla polttoainelinjastossa höyrystynyt biometaani välisäiliön kautta moottorille tai nesteyttämällä höyrystynyt biometaani uudelleen. (United States Department of Energy 2003a.) Nestemäisen biokaasun olomuodon vuoksi polttoainemateriaalia ei voi säilöä kestävästi työkonneissa, joihin ei kohdistu jokapäiväistä käyttöä (Lajunen, Sainio, Laurila, Pippuri-Mäkeläinen & Tammi 2018).

Nesteytetyn biokaasun säilöntään suunniteltuja yksityisomistukseen soveltuvia tilasäiliöön verrannollisia polttoainemateriaalin väliaikaisia säilöntäratkaisuja on saatavissa markkinoilta (Worthington Industries 2022b). Nesteytetyn biokaasun säilöntäjärjestelmät on varustettu usein uudelleen nesteytysyksiköllä (kuva 6). Maatalousyrittäjien työpäivät venyvät usein pitkiksi ja tilanteet voivat muuttua erittäin nopeasti. Nesteytetyn biokaasun säilönnälliset ratkaisut voivat aiheuttaa tilapäisen riskin polttoainejärjestelmän vauriotilanteessa tai polttoaineen loppuessa yllättäen. Muuttuviin tilanteisiin tulisi suunnitella nopeasti mobilisoitavia täydennysyksiköjä. Täydennysyksiköt voisivat olla ajoneuvoliitännäisissä tai kannettavissa tilapäiseen varastointiin suunniteltuja säiliöitä. Polttoaineen täydennys eli paineistusyksiköissä tulee voida säilöä joko nestemäistä biometaania tai paineistettua biokaasua. (United States Department of Energy 2003a.)



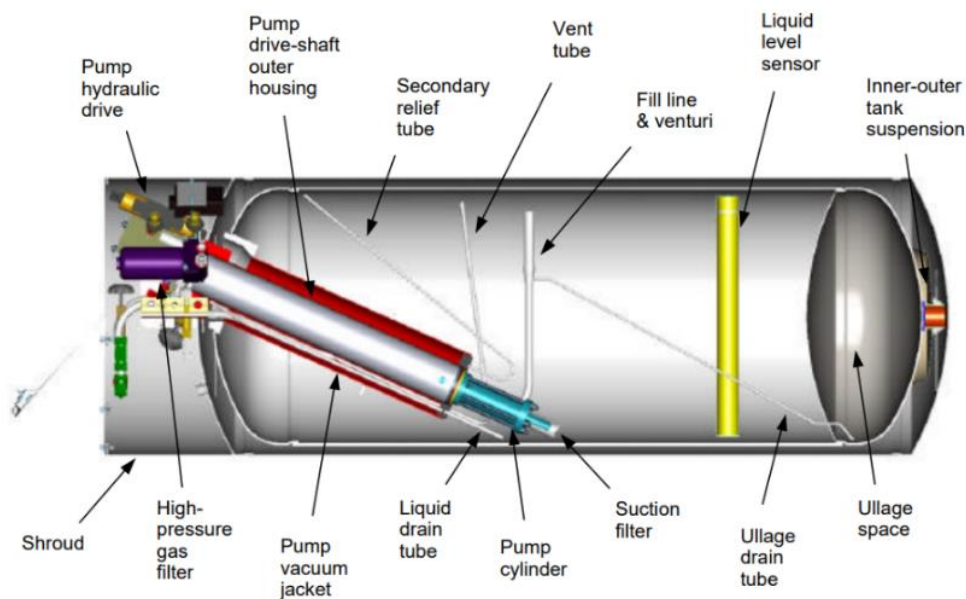
KUVA 6. Uudelleen nesteytysyksiköllä varustettu varastointisäiliö (Worthington Industries 2022a).

Nesteytetyn biokaasun väliaikainen varastointi ei kuitenkaan rajoitu vain kasvukaudella tarvittavan polttoaineen varastointiin. Maatalouden moottorityökoneet on suunniteltu monikäyttöisiksi sesonki-riippuvaisiksi työkoneiksi. Koneellistettujen työtehtävien tarve tai yleinen menettelytapa vaihtelee päätuotantosuunnittain tai toimialoittain. Työkoneen hyötysuhteen ja käytönasteen yleinen tarkastelu on yksi merkittävimmistä kustannustekijöistä pohdittaessa nesteytetyn biokaasun käyttömahdollisuuksia tietyn liiketoimintakonseptin osalta. Mikäli moottorityökoneita käytetään lähes ympärivuotisesti, nesteytetyn biokaasun käyttö ei rajoita polttoainetalouden kustannustehokkuutta.

Sääolosuhteiden vaihtelevuudella tai vuodenajoissa vaihtelevilla lämpötiloilla ei ole merkitystä nesteytettyä biokaasua käyttövoimamuotonaan hyödyntävän moottorityökoneen käytettävyyteen. Nesteytetyn biokaasun leimahduspiste on  $-188^{\circ}\text{C}$ , minkä takia sitä ei tarvitse kuumentaa ennen kuin se palaa. Nesteytetty biokaasu höyrystetään käyttökohteessa kaasuksi. (Gasum Oy 2021b.) Tuttavallisemman energiavalmisteen eli dieselin leimahduspiste on  $+55^{\circ}\text{C}$ , mikä vaikuttaa kylmäkäynnistysominaisuuksiin niitä heikentäen (Neste Oyj 2022). Nestemäisen biokaasun väliaikaisen varastoinnin suunnittelu tulee toteuttaa siten, ettei metaanin itsesyttymislämpötila  $537^{\circ}\text{C}$  aiheuta haasteita (Gasum Oy 2021b). Nesteytettyä biokaasua säilövää polttoainesäiliötä ei tule sijoittaa korkealle lämpötilalle alttiiden tai osittain johtavaa hankauslämpöä aiheuttavien liikkuvien osien välittömään läheisyyteen (United States Department of Energy 2003a).

Nesteytetyn biokaasun säilöntään suunniteltu nestekaasusäiliö on varustettu kaksoiskuorella siten, että itse kryogeniikkaa hyödyntävä säiliö on eristetty tyhjiökerroksella (kuva 7). Tyhjiökerroksella varmistetaan nesteytetyn kaasun olomuodon säilyttämiselle tarvittavat edellytykset. Nesteytettyä biokaasua varastoiva polttoainemateriaalisäiliö tulee olla varustettu tavanomaiseen polttoainesäiliöön verrannollisella huohotusjärjestelmällä. Nesteytettyä kaasua varastoiva polttoainemateriaalisäiliön huohotusjärjestelmä mittaa säiliön sisäistä painetta. Mikäli nesteytetty kaasu pääsisi lämpenemään, polttoaineen säilöntäjärjestelmässä aiheutuisi ketjureaktio. Säiliön sisäisen paineen noustessa yli sallittujen raja-arvojen polttoainesäiliön automatiikka vapauttaisi polttoainemateriaa hallitusti varasäiliöön tai säiliön ulkopuolelle turvaten säiliön sisäisen paineen turvallisen tason. (Volvo Finland Ab 2019.) Itse polttoainejärjestelmä eli polttoainelinjasto on varustettava ylipaineventtiilein ja varasäiliöön paineistuksesta aiheutuvien vaurioiden estämiseksi. Paineistettujen terässäiliöiden (kuva 7) lisäksi nesteytettyä biokaasua voidaan varastoida sen luontaisessa kaasumaisessa olomuodossa kaasupullo- ja monisäiliökonteissa. Säilytettävän kaasun määrän vaihdellessa kustannustehokkain tapa voi perustua kaasun säilytykseen hajautetuina yksittäisin säiliöin. (United States Department of Energy 2003a).





KUVA 7. Advanced liquid natural gas onboard storage system (United States Department of Energy 2003b).

Nestemäistä biokaasua polttoainemateriaalina hyödyntävän työkoneen vähäinen käytön aste eli ajoittainen tai hyvin vähäinen käyttö voi aiheuttaa polttoainetaloudellisia haasteita. Boil-offista eli nesteytetyn biokaasun höyrystymisen takia nestemäisen biometaanin säilöminen voi aiheuttaa biometaanin huomattavaa hävikkiä, mikäli työkoneen käyttö ei ole lähes jatkuvaa. Lähes jatkuva työkoneen käyttö muodostuu työkoneen päivittäisestä käytöstä erilaisissa maatalouden työtehtävissä. Boil-offissa biometaanin vapautuu huohotusjärjestelmästä säilöntäjärjestelmän ulkopuolelle, mikä johtaa taloudellisesti kannattamattomaan toimintaan korkean hävikin vuoksi. (Volvo Finland Ab 2018). Nesteytetyn biokaasun huohotusjärjestelmä on hyvin monimutkainen (kuva 8).



KUVA 8. Nesteytetyn maa- tai biokaasun säilöntäjärjestelmä (Palladian Publications Ltd 2014).

Kotieläintilojen tuotannollisten prosessien ylläpito vaatii kohtalaisesti energiaa. Nesteytetty biokaasu voi olla tulevaisuudessa yksi merkittävimmistä karjatilojen kustannussäästöjen aiheuttajista etenkin jatkuvakäyttöisten työkoneiden osalta. Haihtuvan metaanin käsittely väliaikaisen säilytyksen yhteydessä tulee huomioida yhtenä merkittävimpänä kustannustekijänä ajoneuvon tai työkoneen hankinnan suunnitteluvaiheessa. Nesteytettyä biokaasua käyttövoimamuotona hyödyntävän moottorityökoneen elinkaaren aikana tulee pyrkiä välttämään nesteytetyn kaasun haihtumista. (Mutikainen, Sormunen, Paavola, Haikonen & Väisänen 2016.) Yksi vaihtoehto ylläpidon yleiseksi järjestämiseksi nesteytetyn biokaasun väliaikaisen säilönnän osalta on kaasumateriaalin uudelleen nesteytysjärjestelmä.

### 2.5.1 Vastuullinen varastointi ja rakennesijoittelu

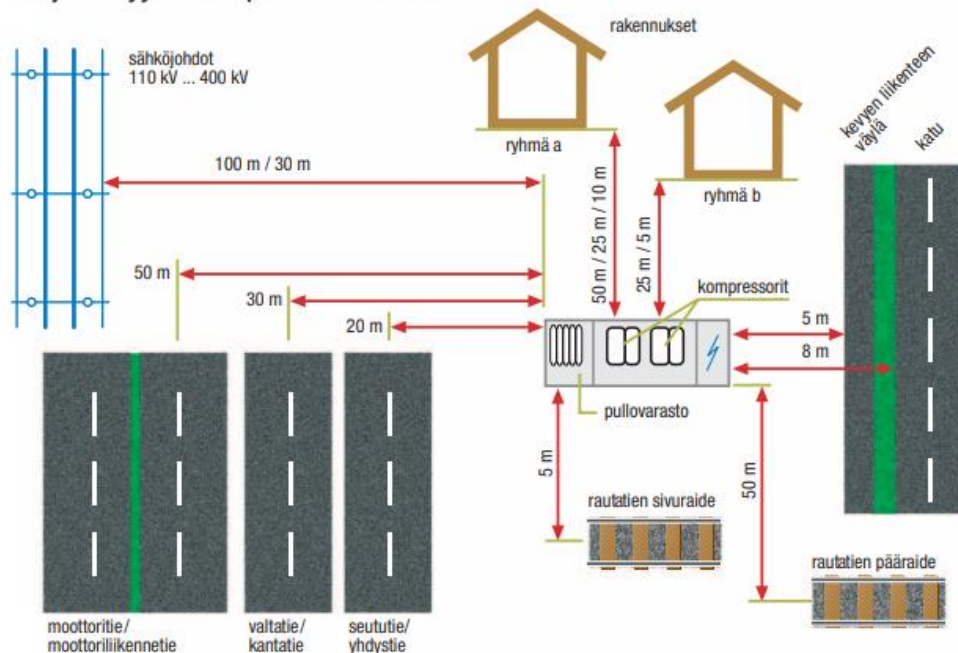
Biokaasun tuotannosta kiinnostuneen tai sen jakeluun erikoistuvan toimijan on pyrittävä kartoittamaan hajautetun biokaasutuotannon paikalliset tuotantomahdollisuudet. Biokaasureaktorin syötteen eli raaka-aineen saatavuudesta on varmistuttava kartoittamalla alueellisen biokaasun tuotannon keskeinen volyyymi ja liiketoiminnan kannalta biokaasuntuotannon tehostamisen mahdollisuudet. Polttoainemateriaalin jakelulle oleellinen tekijä on myös sen kysyntä. Kysyntään vaikuttaa usein polttoainemateriaalin käyttömahdollisuudet ja keskeiset tieliikenneväylät. (Rasi ym. 2022a.)

Mikäli biokaasuntuotannossa hyödynnetään myös maatalouden sivuvirtoja, ravinteiden kierrätysmahdollisuudet ovat varsin merkittävä osa kiertotalouden kokonaisvaltaista hyödyntämistä. Hajautetun energiavalmistetuotannon pohjalta energiaa kuluttava yritys voi toimia tulevaisuudessa myös sen tuottajana. Hajautetuksi biokaasutuotannon ratkaisuksi on kuvailtu yhden tai useamman viljelijän hallinnoimaa keskitettyä alueellista jakelu- tai puhdistusasemaa. Kyseistä konseptia ei ole toteutettu Suomessa toistaiseksi konkreettisin käytännönläheisin keinoin. (Impola ym. 2020.)

Jos yrityksen käyttöön tarkoitettun jakeluaseman yhteyteen rakennetaan liikennebiokaasun jakeluasema tai kaasuväestö, jonka varastointikapasiteetti ylittää 5 tuhatta kiloa, rakennuslupa tulee anoa Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesilta (Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005). Jakeluaseman paineistusmittarin tulee täyttää mittauslaitelain vaatimukset. Varastoidessa nesteytettyä biokaasua ajoneuvoissa asetus UN/ECE 110 (2015) pyrkii yhdenmukaistamaan paineistettua ja nesteytettyä biokaasua polttoaineena käyttävien ajoneuvojen tai työkoneiden erikoisosien yhtenäisyyttä. (Mutikainen ym. 2016.)

Nesteytetyn biokaasun väliaikaiseen säilöntään tarkoitettun jakeluaseman sijoittamiseen on säädetty vähimmäisetäisyyksiä rakennuksista ja liikenneväylistä (kuva 9). Pääasiallisen tieliikennekäyttöön tarkoitettun nesteytetyn biokaasun jakeluaseman tai yksityisen käytön väliaikaiseen varastointiin tarkoitettun tilasäiliön sijoittamisen osalta tulee huomioida vähimmäisetäisyydet asuinrakennuksiin ja muihin tiloihin, joissa oleskellaan säännöllisesti. (Laki maakaasun käsittelyn turvallisuudesta 551/2009.)

### Suojaetäisyydet ulkopuolisiin kohteisiin



KUVA 9. Suojaetäisyydet ulkopuolisiin kohteisiin (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2018a).

## 2.6 Turvallisuustekijät

Nesteytetty biokaasu luokitellaan jäädytetyksi paineen alaiseksi ja erittäin helposti syttyväksi kaasuksi. Erittäin helposti syttyvät kaasut tulee varastoida hyvin ilmastoiduissa varastotiloissa suoja-ten polttoainemateriaalia kaikilta mahdollisilta kipinän- tai tulenaiheuttajilta. Nesteytetyn biokaasun paineistustoimenpiteen toteuttaminen vaatii sitä toteuttavalta henkilöltä asianmukaisia kylmäeristäviä suojaimia ja materiaalin käsittelyluvan. Käsitellessä nesteytettyä biokaasua nestemäinen ja kylmä kaasuvirta voivat aiheuttaa vakavia paleltumavammoja materiaalin kulkeutuessa suorasti tai epäsuorasti ihokosketukseen. (Gasum Oy 2022b.) Varusteiden käyttöön ja polttoainejärjestelmän komponenttien huoltoon vaadittavien turvallisuustekijöiden huomioiminen erilaisissa huolto- ja korjaustoimenpiteissä työkoneen tai ajoneuvon välittömässä läheisyydessä korostuu käsitellessä vaarallisia materiaaleja (kuva 10).



KUVA 10. Nesteytetyn biokaasun paineistaminen ajoneuvoon (Gasum Oy 2022a).

Polttoainemateriaalin täydennyksen eli paineistuksen aikana tavallisuudesta poikkeava tilanne voi aiheuttaa vakavia paleltumavammoja henkilöille ja kylmävaurioita ympäröivälle kasvillisuudelle. Nesteytetty biokaasu on -107 °C:n lämpötilassa ilmaa raskaampaa. Nestemäisen kaasun palaessa hallitsemattomasti sitä ei tule sammuttaa vedellä. Sammutustoimenpide tulee toteuttaa automatisoidulla jauhe- tai vaahtosammutusjärjestelmällä. Palava nestemäinen kaasumateriaali reagoi veden vaikutukseen aiheuttaen hengenvaarallista ja erittäin voimakasta lämpösäteilyä polttoainemateriaalin haihtuessa tavallista nopeammin. (Gasum Oy 2021b.)

Nesteytetyn biokaasun itsesyttymislämpötila on noin +580 °C eli lähes 2,5-kertainen rikittömän dieselin itsesyttymislämpötilasta +220 °C. Nesteytettyyn biokaasuun verrannollisen fossiilisen energialähteen eli nesteytetyn maakaasun lämpöarvo 12,8 kWh/kg on dieselin lämpöarvoa 11,8 kWh/kg yli 8 % korkeampi. (Gasum Oy 2021b.) Nesteytetylle biokaasulle on asetettu useita vaara- ja turvallisuuslausekkeita (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Nesteytetyn biokaasun vaara- ja turvalausekkeet (Wega Oy 2019).

#### Vaaralausekkeet

- **H220** – Erittäin helposti syttyvä kaasu
- **H280** – Paineen alainen kaasu; voi räjähtää kuumennettaessa
- **H281** – Jäähdytetty kaasu; voi aiheuttaa jäätymisvamman

#### Turvalausekkeet

- **P210** – Suojattava tulenaiheuttajilta
- **P243** – Staattisen sähkön johtumisesta aiheutuva kipinäointi estettävä
- **P282** – Käytä kylmäeristävien suojaimia
- **P403** – Varastotilassa oltava hyvä ilmanvaihto

Nesteytetyn biokaasun nopea höyrystyminen troposfäärissä eli alailmakehässä vähentää maaperän ja pohjavesien pilaantumiseriskiä vuoto- tai onnettomuustilanteessa. Mikäli nesteytetyn biokaasun säilöntään tarkoitetun kryogeniikkaa hyödyntävän polttoainesäiliön paineistuksessa aiheutuisi hetkellinen vuoto, nesteytetty biokaasu höyrystyisi välittömästi ilmakehään. Nesteytetty biokaasu ei aiheuta pysyvää maaperän saastumista vuoto- tai onnettomuustilanteessa. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2018b.) Ilmakehään purkautuvalla metaanilla on kuitenkin korkea ilmakehän lämmitysvaikutuspotentiaali, minkä vuoksi vuototilanteita tulisi välttää (Gasum Oy 2021b).

Nesteytetyn biokaasun säilöntään tarkoitetun paineistetun nestekaasusäiliön tulee täyttää kansainvälisesti suositellun asetuksen SAE J2343:n mukaiset käytännön pudotustestit (United States Department of Energy 2003a). Työkoneilla työskentely ilman asianmukaisia suojainvarusteita voi altistaa kuskin tai ulkopuoliset henkilöt yleisesti kuuloa heikentäville korkeille melutasoille. Kaasumoottoreiden melutaso on yleisesti alhaisempi kuin dieselmootoreiden melutaso. Matala melutaso edistää myös kaupunkien melumääräysten noudattamista pitäen huolta kuljettajan kuuloaistista. Lähes kaikille alle 72 dB:n melutason saavuttaville kaasukäyttöisille ajoneuvoille on myönnetty Piek Quiet Truck -sertifikaatti. (Cummins Inc 2022.)

Yhdysvaltain energiatietohallinto on ennustanut nesteytetyn maa- ja biokaasun kasvavan raskaan kaluston keskeisenä käyttövoimana, etenkin kehittyneiden maiden liikenneinfrastruktuurissa lähes 12 % kokonaisliikenteen käyttövoimamuotojen osalta vuoteen 2040 mennessä. Liikenneinfrastruktuurin siirtymä ympäristöystävällisempään muotoon johtuu Yhdysvaltain energiatietohallinnon mukaan logistiikan toimijoiden segmenttien mukautumisesta muuttuville markkinoille asiakkaiden mieltymysten mukaisesti. (United States Department of Energy 2003a.) Logistiikan toimijat pyrkivät muuttamaan toimintaansa kustannustehokkaampaan suuntaan investoiden korkean teknologian uusiin käyttäjäystävällisiin laitteisiin, jotka on varustettu nesteytettyllä maa- tai biokaasulla toimivilla moottorijärjestelmillä, jos investointi on taloudellisesti kannattava. (Garthwaite 2013.)

Kansainvälisen energiajärjestö IEA:n kohtuullisemman arvion mukaan nykyisten sivuvirtojen osittaisesta tai kokonaistaloudellisesta hyödyntämisestä peräisin oleva biokaasu voi kattaa noin 6–9 % maailmanlaajuisen primäärienergian kulutuksesta (United States Energy Information Administration 2020). Ajoneuvojen ja työkoneiden markkinavetoinen saatavuus asettaa omat rajoitteensa kaasukäyttöisten ajoneuvojen yleistymiselle. Kaasukäyttöisten ajoneuvojen mallivalikoima on toistaiseksi rajoitetumpi kuin perinteisillä käyttövoimamalleilla. (Imppola ym. 2020.) Vaihtoehtoisen käyttövoimamuodon yleistyessä myös useiden turvallisuustekijöiden tai ajoneuvo kohtaisten kehitystoimenpiteiden edellytykset paranevat käyttäjäkokemuksen perusteella.

## 2.7 Elinkaarikustannukset ja taloudellisuuteen vaikuttavat tekijät

Markkinaehtoista liiketoimintaa harjoittavien yritysten toimintaedellytykset ovat täysin riippuvaisia yrityksen kannattavuudesta ja sen keskeisestä tuloksesta. Mikäli kannattavuus on heikko, yrityksellä ei ole pitkällä aikavälillä liiketoiminnallisten toimien jatkuvuuden edellytyksiä. Yrityksen vuosittainen tappiollinen tulos on usein merkki kannattamattomasta liiketoiminnasta. (Hetemäki 2019.) Käyttövoimaperusteisesti fossiilista polttoainetta käyttövoimanaan hyödyntävät ajoneuvot tai työkoneet ovat erittäin riippuvaisia maailmanmarkkinahintojen muutoksista (Geologian tutkimuskeskus 2022).

Raakaöljyn hintakehityksen ennustamisen vaikeutta lisää nopeat muutokset Opecin eli öljynviejämaiden yhteistyöorganisaation toiminnassa. Raakaöljyn hintaan vaikuttaa maailmanpoliittinen vakaustilanne erityisesti merkittävässä öljyntuottajamaissa. (Geologian tutkimuskeskus 2022.) Biokaasun tuotannossa taloudellisuuden mittarit ja toiminnan luvanvaraisuus ovat riippuvaisia raaka-aineen tuotantomäärästä ja sen määrittämisestä. Muuttuvassa yhteiskunnassa teknologian siirtymäkauden murroksessa monet määritykset voivat muuttua ajan saatossa niin verotuksellisesta näkökulmasta kuin myös säädösten osalta. (Mutikainen ym. 2016.)

Moottorityökoneiden käyttövoimamuotojen välinen taloudellinen paremmuus ei ole lainkaan selkeä. Kokonaiselinkaarikustannusten paremmuutta on hankala osoittaa aukottomasti oikeanmukaiseen suuntaan vertaillen eri käyttövoimavaihtoehtoja. Kirjallisuudessa on käsitelty runsaasti erilaisia vertailulaskelmia, mutta loppujen lopuksi moottorityökoneen kokonaiselinkaarikustannukset ja yrittäjän arvotus määrittävät hankinnan kokonaistaloudelliset vaikutukset. (Imppola ym. 2020.) Nesteytettyä biokaasua käyttövoimana hyödyntävien ajoneuvojen polttoainekustannukset ovat Volvon tutkimusten mukaan tavanomaista dieseliä käyttövoimanaan käyttäviä ajoneuvoja huomattavasti pienemmät (Volvo Finland Ab 2022). Epävakaa maailmanpoliittinen tilanne voi vaikuttaa fossiilisten polttoaineiden

hintakehitykseen noususuhdanteisesti, mutta biokaasun tuotantokustannukset pysyvät riippuvaisina alkutuotannon kustannusrakenteesta (Geologian tutkimuskeskus 2022).

Nesteytettyä biokaasua käyttövoimamuotona käyttävien ajoneuvojen kustannussäästöt muodostuvat jatkuvakäyttöisyydestä ja pidemmistä ajosuorituksista. Merkittävimmät kustannussäästöt käyttövoima-perusteisesti aiheutuvat ominaiskulutuksesta. Nesteytetty kaasu on suhdanteellisesti ja tavanomaisesti dieseliä edullisempaa koostaen kokonaistaloudelliset kustannussäästöt vähäisemmästä polttoaineenkulutuksesta. (Volvo Finland Ab 2022.) Työkoneen elinkaarikustannukset koostuvat hankinnallisista kustannuksista ja käyttökustannuksista. Nesteytettyä kaasua käyttövoimanaan käyttävän ajoneuvon hankintakustannukset ovat toistaiseksi tavanomaista dieseliä käyttövoimana käyttävää ajoneuvoa verraten korkeammat. Toistaiseksi nesteytettyä biokaasua käyttövoimanaan hyödyntäviä maataloustraktoreita ei ole saatavissa markkinoilta. Nesteytettyä biokaasua käyttövoimanaan käyttävien kuorma-autojen hankintaan kohdistetaan kuitenkin erilaisia hankintatukimahdollisuuksia (Gasum Oy 2021a).

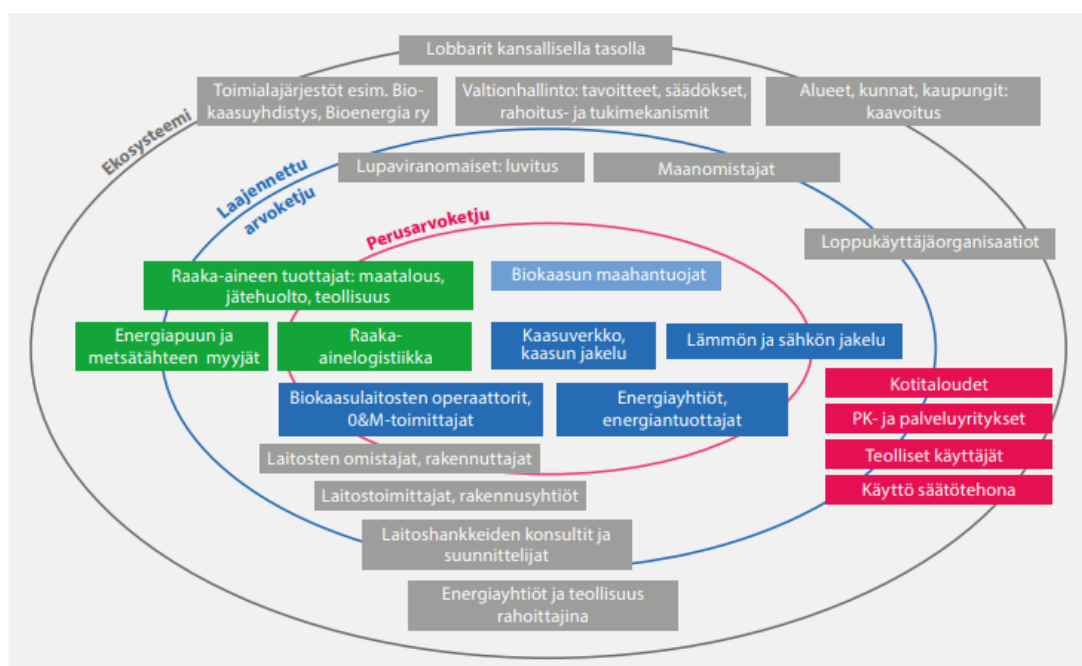
## 2.8 Kiertotaloutta edistävät tukimekanismit

Maatalouden erityisluonne on pyritty ottamaan huomioon maatalouspoliittisissa ohjaustoimissa. Maatalouden harjoittaminen elinkeinona on erittäin riippuvainen vaihtelevista kasvukausista ja geopoliittisista rajoituksista. Euroopan Unionin yhteisen maatalouspolitiikan tavoitteena on lisätä maatalouden tuottavuutta edistämällä teknistä kehitystä siten, että maatalouden harjoittajille mahdollistetaan kohtuullinen elintaso. Maatalouden tukemisen tarkoitus on vakauttaa elintarvikkeiden markkinat ja turvata niiden jatkuva saatavuus. (Euroopan parlamentti 2022.)

Toistaiseksi maatalouden moottorityökoneiden hankintaan ei ole kohdistettu hankintatukimekanismeja (Laki maatalouden rakennetuista 1476/2007, 7 §). Biokaasuinvestointien haasteeksi Suomessa on koettu tukimekanismien muutosten heikko ennustettavuus. Nykyisten investointitukien tasot kannustavat yrittäjiä investoimaan ympäristöystävällisten energiaratkaisujen hankintaan ja erityisesti biokaasuntuotantoon. (Alm 2022.)

Kiertotaloutta edistävien ratkaisuiden edistäminen liiketoiminnassa vaatii aina selkeän tavoitteen ja investointiin kohdistettavaa pääomaa. Kiertotaloutta edistävien hankintatukimahdollisuuksien yleinen havainnollistaminen tuen kohteena olevalle kohderyhmälle on tukimuodollisuuden onnistumisen perusedellytys. Tukimuodollisuuden kohteena olevan kohderyhmän on koettava investoinnin hyödyttävän liiketoimintaansa taloudellisesti ja investoinnin kokonaishyötyjä eli tukimuodollisuuden toteutus-tarvetta laajemmin. (Alm 2022.)

Tukipoliittisen näkökulman osalta liiallinen byrokraatia voi heikentää tuen hakemisen edellytyksiä. Alkutuotannon kiertotaloutta edistävien ratkaisujen tukeminen tukipoliittisin menetelmin vaatii maatalousyrittäjille kohdistettavaa selkeää viestintää eli yksinkertaistettua tukimekanismia. Erityisesti ravinteiden kierrätykseen liittyvää lainsäädäntöä pyritään yksinkertaistamaan. (Hetemäki 2019.) Biokaasun yleishyödyllisen kasvupolku koostuu monista toimijoista (kuva 11).



KUVA 11. Biokaasun kasvupolun arvoketju (Suomen itsenäisyyden juhlarahasto 2016).

Maaseudun investointitukea voi hakea myös kaikkiin toimiympäristöä tai ympäristön tilaa edistäviin investointihankkeisiin (Laki maatalon investointituen kohdentamisesta 241/2015, 18 §). Hankintatukeen verrannollisia Euroopassa sovellettuja tukimekanismeja ovat yhteiskunnan varoista rahoitetut investointitukimuodollisuudet ja yleiset verotukselliset linjaukset erilaisten käyttövoimamallien välille. Valtiot voivat muodostaa esimerkiksi erilaisia kiintiöitä biopolttoaineiden osuudelle nestemäisten liikennepolttaineiden kokonaismyynnin osalta. Kiintiöiden tarkoitus on aiheuttaa keinotekoisia biopolttaineiden korkeampaa kysyntää. (Hetemäki 2019.)

Hajautetun biokaasuntuotannon edistämiseksi biokaasureaktoreiden rakentamiskustannuksiin on kohdennettu tukialueeseen sidottuja investointitukimahdollisuuksia. Investointitukimahdollisuudet ja investointitukitasot vaihtelevat täten tukialueittain. Biokaasureaktorin hankintaan kohdistetun investointituen tarkoitus on kattaa merkittävä osa investoinnin kokonaiskustannuksista avustuksen ja hankinnalle myönnettävän korkotukilainan avulla. Korkotukilainamahdollisuuksien kohdentaminen kiertotaloutta edistävään investointiin madaltaa osaltaan investoinnin rahoituskynnystä siten, että se tarjoaa osittaisen korkosuojausinvestoinnin laina-ajaksi edistäen myös tuotannon toimintaedellytyksiä. (Luostarinen ym. 2019.)

Varsinaiseen maatalouteen liittyviin moottoriyökoneiden investointeihin ei yleisesti myönnetä investointitukea. Kaasukäyttöisten kuorma-autojen hankintaan on kuitenkin kohdennettu portaittainen investointituki. (Gasum Oy 2021a.) Mikäli maataloustraktoreille tai maatalouden moottoriyökoneille myönnettäisiin portaittainen investointituki tai valtion korkotukilainamahdollisuus, etenkin hankittavan kaasukäyttöisen moottoriyökoneen hankintakynnys voisi madaltua (Rautio 2018). Yhteiskunnan varoista rahoitettavan investointituen myöntämisen haasteita aiheuttaa kuitenkin kilpailun vääristymisestä ja tasa-arvon toteutumattomuudesta. Raakabiokaasun tuotanto edellyttää toistaiseksi jatkosakin taloudellista tukea, koska alkuperätakuista saatava lisäkassavirta ei oletettavasti riitä takamaan biokaasun taloudellista kilpailukykyä ainakaan lyhyellä aikavälillä. (Alm 2022.)

### 3 TUTKIELMAN TOTEUTUS JA SEN KESKEISET TAVOITTEET

Opinnäytetyö on olennainen osa korkeakoulututkinnon oppimistavoitteiden sisäistämistä ja merkittävä osa henkilökohtaisen arvioinnin laadullista tarkastelua. Tutkimuksellisen opinnäytetyön voi tehdä joko määrällisenä tai laadullisena tutkimuksena. Määrällisessä tutkimuksessa käytetään laajoja numeraalisia aineistoja ja samoin tulokset saadaan numeromuodossa, kun taas laadullisessa tutkimuksessa aineisto on usein pienempi ja tuloksena saadaan havaintoja, tulkintoja ja muita ei-numeraalisia johtopäätöksiä. Määrällistä tutkimusta kutsutaan kvantitatiiviseksi tutkimukseksi. Vaihtoehtoisesti laadullista tutkimusta kutsutaan kvalitatiiviseksi tutkimukseksi. (Vilka 2021, 17–23.)

Tutkimuspainotteisesti opinnäytetyön tarkoitus on kuitenkin seurata, kykeneekö henkilö tiettyyn suoritukseen täysin omatoimisesti. Korkeakoulututkinto mahdollistaa usein tutkinnon suorittaneelle uusia edellytyksiä ammattitaitonsa akateemiseen kehittämiseen. Edellytykset voivat mahdollistaa elinikäiseen oppimiseen vaadittavien henkilökohtaisten viestintätaitojen kehityksen. (Valtioneuvoston asetus ammattikorkeakouluista 1129/2014 1 luku 4 §.) Korkeakoulututkintoon osallistuvien henkilöiden omatoimisuuden ja itseohjautuvuuden astetta voi tarkastella lähes koko opinnäytetyöprosessin ajan. Itseohjautuvuuden aste korostuu ja on tarkasteltavissa usein opinnäytetyön aiheen valinnan aikana. Tutkimusongelmaa ei ole useinkaan mahdollista tarjota opiskelijalle valmiina. (Hirsjärvi & Hurme 2014, 13.) Erilaiset opinnäytetyöt ovat tutkimuksellisia tai toiminnallisia opinnäytetöitä (Vilka & Airaksinen 2003, 9).

#### 3.1 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen toteutus

Tämä opinnäytetyö on muodoltaan kvantitatiivinen tutkimus- ja selvittämistyö. Tutkimuksellisen opinnäytetyön tavoite on pyrkiä selvittämään aineistoperusteisesti nesteytetyn biokaasun käyttömahdollisuuksista maatalouden moottorityökoneissa. Opinnäytetyön tueksi on toteutettu kyselytutkimus maatalousyrittäjien näkökulmista nesteytetyn biokaasun säilönnällisistä ja hankinnallisista edellytyksistä. Määrällinen tutkimustyö mahdollistaa kerätyn aineiston tarkastelun numeraalisin menetelmin. Tällä tekijällä tarkoitetaan tutkimuksen ominaisuuksien kuvailua ja havainnollistamista numeraalisten arvojen avulla. (Vilka 2021, 13–15.)

Tutkiessa aivan uutta aihetta myös tutkimustulosten oikeellisuus korostuu. Nesteytetyn biokaasun käyttöedellytysten tutkiminen voidaan tulkita haastavaksi opinnäytetyöprosessiksi aiheen rajauksesta alkaen. Tutkimusmenetelmän on sovelluttava tutkittavalle aiheelle tutkimustulosten luotettavuuden varmistamiseksi. Oppilaan perehtyneisyys teorian tulkintaan, kuten myös tutkimusprosessin kulkuun korostuu opinnäytetyöprosessin aikana. Teoreettinen lähestymistapa ohjaa työn tietoperustan ja siitä muotoutuvan työn tuotoksen luotettavuutta. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Opinnäytetyöprosessissa on tarkoitus syventyä nesteytetyn biokaasun turvallisuus- ja ympäristötekijöihin. Opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksen on tarkoitus sisältää nesteytetyn biokaasun ominaisuuksien lisäksi sen käytön turvallisuustekijöitä. Opinnäytetyön tueksi on tarkoitus toteuttaa kohdennettu ja suljettu kyselytutkimus aktiivisille maataloudenharjoittajille. Opinnäytetyössä on pyritty hyödyntämään EU:n ja Suomen kansallisia ilmastotavoitteita edistävää näkökulmaa vaihtoehtoisten käyttövoimamuotojen perustalta.



Tutkimusaineistoa voi pyrkiä keräämään kyselyin, haastatteluin tai havainnoinnin keinoin. Aineiston yleinen keräysmenetelmä on riippuvainen tutkittavasta aiheesta. Etenkin kyselytutkimuksen aineiston keräysmenetelmä on riippuvainen kohderyhmästä, joka pyritään tavoittamaan. Kyselytutkimuksen sisältämät kysymykset ovat usein standardoituja. Standardoidut kysymykset mahdollistavat kyselytutkimuksen tulosten numeraalisen tarkastelun, sillä kaikilta kyselytutkimukseen vastaavilta henkilöiltä pyritään tiedustelemaan vähintään näiden kysymysten mukainen sisältö. Tämän opinnäytetyön kyselytutkimus toteutetaan suullisesti asiantuntijaharjoittelun yhteydessä. Suullinen toteutusmenetelmä mahdollistaa yleisen verkostoitumisen edellytykset alan toimijoiden piirissä sekä muutoin raportoimattoman aineiston keräämisen alkeet.

Tutkielman teoriaosan aineistona pyritään käyttämään tieteellisiä raportteja sekä luonnonvarakeskukselta tai kaupallisilta bioteknologianalan yrityksiltä saatavaa tutkimusaineistoa. Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa varsin informatiivinen koontitutkielma nesteytetyn biokaasun käyttömahdollisuuksista maatalouden moottorityökoneissa. Lopullisen opinnäytetyön saavuttamiseen vaaditaan vahva teoreettinen pohja, kun tutkija tulkitsee objektiivisesti kaikkia lopputulokseen vaikuttavia tekijöitä. Materiaalin luotettavuus on verrannollinen lähdeaineiston laajuuteen, sen vertaisarvointiin sekä aineistona käytetyn materiaalin tulkintaan.

### 3.2 Opinnäytetyön toimeenpano ja sille asetetut tavoitteet

Opinnäytetyöprosessin tavoitteiden suorittamisen kannalta oleellisin asia on sisäistää tavoitteiden täyttymiseen tarvittavat kriittiset tekijät. Portaittaisen opinnäytetyöprosessin tavoite on ollut kerätä mahdollisimman paljon kattavaa ja luotettavaa tutkimusmateriaalia tulevaisuuden kehittämistyölle. Opinnäytetyön sisältämä tutkimusaineisto käsittelee nesteytetyn biokaasun käyttöedellytyksiä maatalouden moottorityökoneiden osalta. Opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksen lisäksi on laadittu ja toteutettu kyselytutkimus. Kyselytutkimusrunko laadittiin Excel-tietokantaan. Kyselytutkimuksen pääsääntöisenä kohderyhmänä on toiminut aktiivista maataloutta tai sitä palvelevaa liiketoimintaa harjoittavat yrittäjät. Kyselytutkimuksen tarkoitus on kerätä mahdollisimman paljon näkökulmia maatalouden parissa työskenteleviltä henkilöiltä vaihtoehdoisen käyttövoiman eli nesteytetyn biokaasun käyttömahdollisuuksista.

Opinnäytetyöprosessin työsuunnitelmavaiheen aikana toteutettiin suppea kirjallisuuskatsaus nesteytetyn biokaasun käyttömahdollisuuksista maatalouden moottorityökoneissa. Työsuunnitelmaraportissa keskityttiin nesteytetyn biokaasun turvallisuustekijöihin ja sen yleisiin käyttömahdollisuuksiin. Kyselytutkimusrunko toteutettiin työsuunnitelmaseminaarin jälkeen. Työsuunnitelmaseminaarin aikana tiedusteltiin siihen osallistuneiden henkilöiden näkökulmia erilaisista vaihtoehdoiseen käyttövoimaan liittyvistä haasteista. Kyselytutkimuspohja koostettiin valmiiksi kesäkuun 2022 lopussa. Ennen kyselytutkimuksen toteuttamista pohdittiin erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja kyselytutkimuksen tehokkaaksi toteutustavaksi. Suulliseen toteutukseen päädyttiin, jotta voitiin esittää tarkentavia kysymyksiä ja selvennyksiä sekä verkostoitua alan asiantuntijoiden parissa. Mikäli olisin toteuttanut kyselytutkimuksen sähköisesti kyselytutkimuksen aineisto olisi voinut olla huomattavasti kattavampi. Suullinen toteutusmenetelmä mahdollistaa myös sellaisen tutkimukselle hyödyllisen materiaalin saamisen, jota ei valmiilla kysymyspohjalla saataisi. Kyselytutkimus suoritettiin pääasiassa asiantuntija-

harjoittelun yhteydessä. Tutkimus pyrittiin toteuttamaan aina ruuhka-ajan ulkopuolella, ettei kyselytutkimuksen toteuttamisesta aiheudu haittaa asiantuntijaharjoittelun suoritukselle. Kyselytutkimusta toteutettiin myös maatalousalan tapahtumissa.

Kyselytutkimuksen rakenne suunniteltiin 11 kysymyksen mittaiseksi. Hyvin rajattu ja nopeasti läpikäytävä sisältö mahdollisti kyselytutkimuksen toteuttamisen asiantuntijaharjoittelun ohessa. Sopivan pituinen kyselytutkimus sujuvoittaa myös osallistujien parempaa perehtymistä kysymyksiin. Kyselytutkimus sisälsi siihen vastaavan henkilön profilointiin tarkoitettuja taustakysymyksiä. Näiden kysymysten oli tarkoitus selvittää tutkimukseen vastaavien keski-ikä, kouluttautumistaustat eli korkein koulutus, henkilön hallinnoimien moottorityökoneiden määrä, päätuotantosuunta eli yleinen toimiala sekä maatalouden harjoittamisesta muodostuvien orgaanisten sivuvirtojen hyödyntämistapa. Täydentävien taustakysymysten ohessa tiedusteltiin myös kyselytutkimukseen osallistuvan henkilön yleistä asennoitumista maatalouden sivuvirtojen taloudelliseen hyödyntämiseen.

Varsinaisina tutkimuskysymyksinä pyrittiin tiedustelemaan kyselytutkimukseen osallistuvilta henkilöiltä heidän yrityksessään muodostuvien orgaanisten sivuvirtojen kokonaismäärää. Kokonaismäärän analysoinnilla pyrittiin arvioimaan orgaanisen biokaasun raaka-aineen riittävyttä karkaan kuutiolavuusperusteisen ( $m^3$ ) arvion pohjalta. Raaka-aine-arvion jälkeen tiedusteltiin yleisen kiinnostumisen astetta biokaasureaktoreista ja sen soveltuvuudesta tilan tuotantoon. Ensimmäisten varsinaisten opinnäytetyön aiheeseen liittyvien tutkimuskysymysten jälkeen tiedusteltiin vaihtoehtoisten käyttövoimamuotojen tuntemusta. Keskusteltuaamme kyselytutkimukseen osallistuneiden henkilöiden kanssa erilaisista käyttövoimista, kysyttiin henkilökohtaista kiinnostuksen tasoa hankkia nesteytettyä biokaasua käyttövoimanaan hyödyntävä traktori tai muu maatalouden moottorityökone. Kyselytutkimuksen edetessä tiedusteltiin polttoainemateriaalin eli nesteytetyn biokaasun säilönnällisiä ja jakelullisia mieltymyksiä. Lopuksi kysyttiin alentaisiko kansallinen hankinta- tai investointituki kiertotaloutta edistävän moottorityökoneen hankintakynnystä. Kyselytutkimus toteutettiin pääsääntöisesti suomalaiselle virikkeellisessä ja osin stimuloivassa ympäristössä eli kahviossa.

Opinnäytetyöprosessista suoriutumiselle on asetettu tiettyjä tavoitteita. Opinnäytetyön suorittaja laatii opinnäytetyönsä suunnittelusta, toteutuksesta ja lopullisista tuloksista kattavan raportin Savonian raporttipohjaan. Opinnäytetyön suorittajan henkilökohtainen tavoite on perehtyä tutkittavaan nesteytettyyn biokaasuun tulevaisuuden mahdollisuuksien mukaan. Opinnäytetyön suorittaja näkee opinnäytetyön aiheen olevan merkittävä etu tulevaisuuden työllistymis- ja jatko-opiskelumahdollisuuksien osalta.

## 4 EETTISYYS JA LUOTETTAVUUS

Tutkimuksen yleinen luotettavuus pohjautuu aina esimerkilliseen tutkimuskäytäntöön. Esimerkillinen tutkimuskäytäntö edellyttää aina puolueetonta ja riippumatonta tutkimusaineiston keräystä ja aineiston objektiivista käsittelyä. Puolueeton tutkimustulosten tulkinta on täysin riippuvainen tutkimusta toteuttavan tahon arvoista ja moraalikäsitteistä. Etenkin kyselytutkimusta suorittavan tahon tai henkilön on huomioitava eleiden ja yleisten sanavalintojen vaikutus haastateltavaksi soveltuvan henkilön todellisiin näkökulmiin. Kattava perehtyneisyys kyselytutkimuksen aihepiiriin mahdollistaa todenmukaisen havainnollistamisen toistuviin tai muuttuviin vaikeiksi tulkittaviin kysymyksiin. Tutkimusaineiston käsittelyn eettisiä lähtökohtia ovat muun muassa luottamuksellisuus ja anonymiteetti. Tutkimustulosten julkaisu edellyttää kyselytutkimukseen osallistuneiden henkilöiden yksityisyydensuojan kunnioittamista. (Jyväskylän yliopisto 2021.)

Opinnäytetyöprosessin toteuttamisen eettiset näkökulmat koostuvat tutkimusaiheen eettisestä oikeuttamisesta. Eettinen oikeuttaminen käsittelee tutkimusaiheen tutkinnallista perustelua. Tämän opinnäytetyön aihe on ajankohtainen ja kansallista ilmastotavoitetta edistävä selvitystyö. Riippuvuus fossiilisista energialähteistä voi aiheuttaa tietylle organisaatiolle tai valtion hallinnolle riippuvuutta raakaöljyn tuottajamaista. Teollisuusmaiden yleinen energiantuontiriippuvuus voi aiheuttaa epäoikeudenmukaista toimintaa tai vaikuttamista geopolitiikan vuoksi. Energiatuotteiden tuontiriippuvuus voi aiheuttaa valtiolle tai organisaatiolle strategisia ja informaatiovaikuttamisesta aiheutuvia haasteita. Energiaomavaraisuuden tavoittelu on merkittävässä roolissa tuontiriippuvuuden ehkäisemiseksi. Siirtyminen fossiilisista polttoaineista uusiutuviin energianlähteisiin on myös yleisesti eettisesti hyväksyttävää (Rasi ym. 2022b).

Opinnäytetyön aihe on rinnastettavissa ympäristöystävällisyyttä vaalivaan maailmanlaajuiseen trendiin. Maatalouden moottorityökoneiden päästöt ovat nousseet kansallisen ilmastostrategian kohteeksi. Vaihtoehtoisten energialähteiden vaaliminen moottorityökoneiden käyttövoimana korostuu tulevaisuudessa. Kiertotaloutta edistävän bioenergian kysyntä ja yleinen hyväksyttävyyden on toistaiseksi varsin korkealla tasolla. Bioenergialla voi olla tulevaisuudessa suuri rooli kotimaisen energiaomavaraisuuden ja huoltovarmuuden järjestämisessä. Maatalouden moottorityökoneiden käyttövoimanlähteet ovat nykyisin varsin rajoitetut. Rajoitteellisuus voi vaikuttaa tutkimuksen tuloksiin luotettavuutta heikentäen. Yksipuoliset käyttövoimavaihtoehdot ovat voineet muodostaa kyselytutkimukseen osallistuvalla henkilöllä vain yhteen vaihtoehtoon tyytymisen. Mikäli kyselytutkimukseen osallistuva henkilö suhtautuu muutoksiin niitä vieroksuen, kyselytutkimuksen aineisto voi jäädä varsin suppeaksi. Suppean tuloksen ehkäisemiseksi kyselytutkimuksen otannan tulee olla hyvin laaja.

Opinnäytetyöprosessissa hyödynnettävät tutkimusmenetelmät painottuvat opinnäytetyön tueksi toteutetun kyselytutkimuksen toimeenpanoon ja tulkintaan. Kirjallisuuskatsauksen lisäksi toteutettu kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimus käsittelee anonymisti kyselytutkimukseen vastanneiden tuloksia. Määrällisen tutkimuksen numeraalisin keinoin tarkasteltavia tuloksia on käsitelty hyvän tutkimuskäytännön mukaisesti. Todenmukaisuus ja riippumattomuus ovat merkkejä onnistuneesta kyselytutkimuksesta. Kyselytutkimuksen tulosten pohdinta on toteutettu tuloksia vertaillen. Tulosten vertailussa on otettu huomioon kyselytutkimukseen vastanneiden innovatiivisia näkökulmia, mikäli

tutkimukseen osallistunut henkilö on siihen suostunut. Kyselytutkimuksen lähtökohtana on tehdä siihen vastanneiden henkilöiden henkilöllisyyden paljastumisesta mahdollisimman vaikeaa.

Opinnäytetyöprosessin kattava analysointi ja sen etenemisen raportointi on tärkeä eettinen näkökulma. Onnistunut raportointi sisältää kaikki opinnäytetyöprosessin aikana toteutetut suoritukset opinnäytetyön aloituksesta sen päätepisteeseen. Dokumentoimalla tutkimuksen vaiheet ja tutkimusvaiheiden perustelu helpottaa lukijaa ymmärtämään tutkimuksen kulun. Tutkimuksen yhteydessä toteutettujen valintojen tarkoituksenmukaisuuden ja ratkaisuiden sopivuuden selventäminen on merkittävässä roolissa tulosten luottavuuden osalta. Tutkijan on kyettävä tarkastelemaan objektiivisesti tekemiensä valintojen tarkoituksenmukaisuutta tutkimusprosessin eri vaiheissa kyeten havainnollistamaan sekä perustelevaan valintansa kattavasti. (Vilka 2021, 196–197.)

Kyselytutkimukseen osallistuvilla henkilöillä on pyritty ilmaisemaan tutkimustulosten käyttötarkoitus selkeästi. Haastatteluista muodostuneet tulokset analysoidaan todenmukaisesti ja huolellisesti dokumentoiden kaikki haastattelut valikoitumisharhan poistamiseksi. Haastateltavien henkilöiden nimiä tai muita henkilötietoja ei julkaista opinnäytetyössä ilman haastateltavan omaa suostumusta. Mikäli puhelimitse tapahtuvaa haastattelua nauhoitetaan, haastateltavalta on anottu lupa keskustelun nauhoittamiseen puhelun alussa.

## 5 KYSELYTUTKIMUSTULOKSET

Opinnäytetyöprosessin tueksi toteutettiin aktiivista maataloutta harjoittaville maatalousyrittäjille kohdennettu suljettu kyselytutkimus. Kyselytutkimus toteutettiin agrologin tutkinto-ohjelmaan sisällytetyn asiantuntijaharjoittelun yhteydessä Siilinjärvellä sijaitsevan maatalousteknologiayhtiön asiakaskunnalle. Kyselytutkimukseen osallistuneet henkilöt asioivat maataloutta palvelevan teknologiayrityksen myymälässä pääsääntöisesti ruuhka-ajan ulkopuolella. Kyselytutkimuksen tuloksissa on huomioitu myös maataloustapahtumien aikana toteutettu tiedonkeruu. Kyselytutkimus on suunnattu ja toimeenpantu vain aktiivista maataloutta tai maataloutta palvelevaa liiketoimintaa harjoittavien yritysten päättävässä roolissa oleville luonnollisille henkilöille.

Kyselytutkimuksen oleellinen suoritusmenetelmä vaikuttaa usein saatekirjeen sisältöön ja sen vaikuttavuuteen. Suullinen kyselytutkimuksen toteutusmenetelmä vaatii sosiaalisia taitoja motivoida potentiaalista kohdehenkilöä vastaamaan kyselytutkimukseen luotettavasti. Kyselytutkimukseen osallistuvan henkilön paras vastaamismotivaatio edellyttää sitä, että kyselytutkimuksen aihepiiri kiinnostaa jo valmiiksi potentiaalista kohdehenkilöä. Tutkimuksen toteuttajan eleet ja perehtyneisyys kyselytutkimuksen aihepiiriin voi vaikuttaa vastaajan yleiseen kiinnostukseen ja vastausten keskeiseen luotettavuuteen. Aihepiiriin liittyvän taustakeskustelun herättäminen tai henkilön mielipiteiden tiedustelu tulee toteuttaa porrastetusti ja johdonmukaisesti.

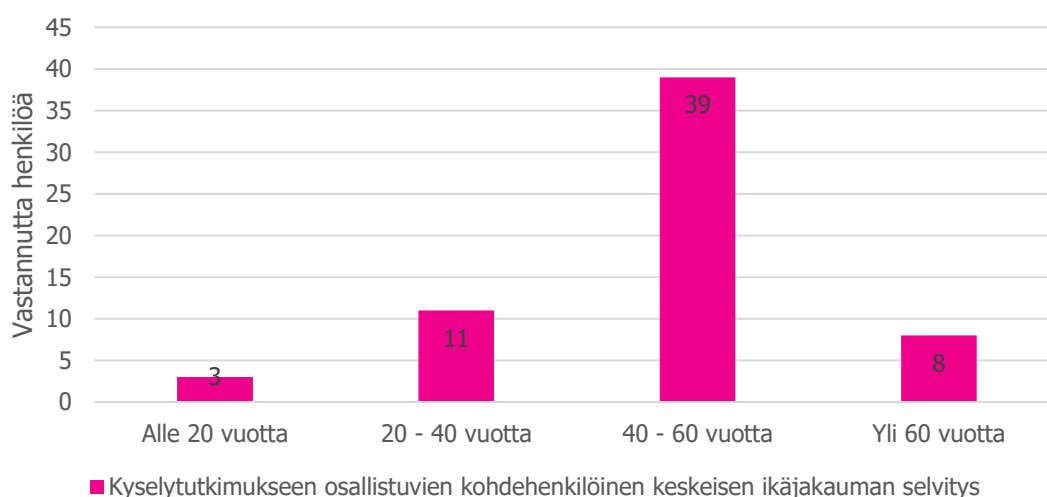
Kyselytutkimuksen osioita voidaan kutsua joko avoimiksi tai suljetuiksi. Tutkimuskyselyn avoimeen osioon vastataan vapaamuotoisesti. Suljetun osion vastausvaihtoehdot ovat usein laadittu valmiiksi siten, että kyselytutkimukseen vastaavalle henkilölle tarjotaan rajatut vastausvaihtoehdot. Suljettujen kysymysten vaihtoehdot tulee olla toisensa poissulkevia. Kyselytutkimuksen menestyksessä suullinen suorittaminen vaatii sitä toteuttavalta taholta tai henkilöltä mukaan heittäytymistä ja kohderyhmän mieltymyksiin samaistumista. Kyselytutkimuksen suorittajan tulee kuitenkin huomioida tutkimukseen osallistuvan kohdehenkilön persoonallisuuden vaikutus psykometrisiin ominaisuuksiin. henkilökohtaisten emootioiden kognitiivisten arvioinnin teoria on merkittävässä roolissa luotettavan aineiston keräämisen osalta. Mikäli kyselytutkimukseen osallistuva kohdehenkilö luokittelee tietyn tutkimuskysymyksen ominaisuuksiltaan kielteiseksi, vastauksen luotettavuus voi heikentyä. (Vehkalahti 2014.)

Kyselytutkimukseen osallistuvan henkilön sosiaalisen luottamuksen saavuttaminen on tärkeää, jotta hän kykenee vastaamaan kysymyksiin objektiivisesti. Sosiaalinen luottamus terminä käsittelee henkilöiden luottamiskykyä asiantuntijoihin tai instituutioihin, ja sen merkitys korostuu tiedonhankinnallisten riskien osalta. (Leikas 2005.) Kyselytutkimus tavoitti 61 kokenutta ja asiallisesti vastannutta henkilöä. Kaikki kyselytutkimukseen osallistuneet henkilöt eivät olleet asiallisia eivätkä myöskään täysin analyysikelpoisia. Vastauksia ei ole kuitenkaan valikoitu vaan kaikki aiheeseen liittyvät vastaukset tai olettamukset on huomioitu kyselytutkimuksessa. Kyselytutkimuslomake laadittiin kesäkuussa 2022 ja kyselytutkimus toteutettiin heinä-elokuussa 2022.

## 5.1 Havainnollistavat taustakysymykset

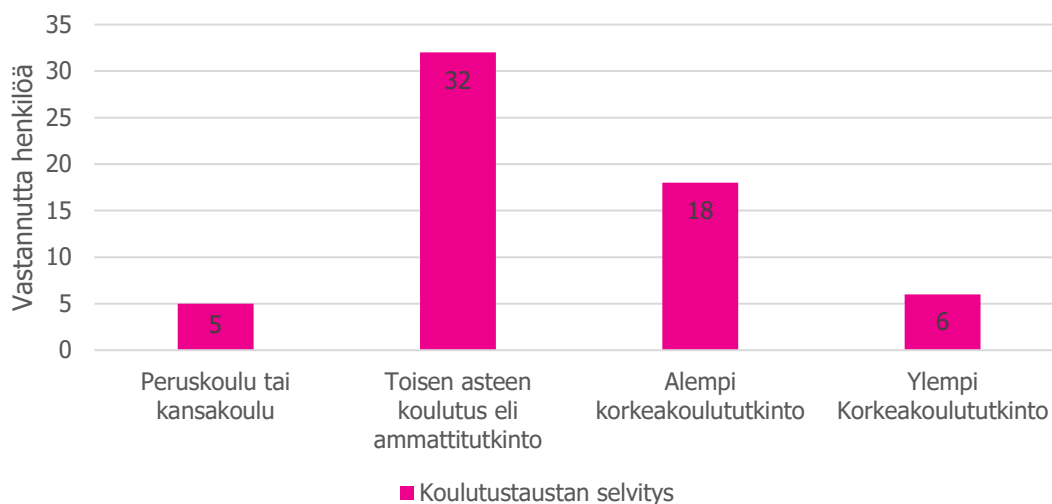
Maatalousteknologiayhtiön toimipaikassa asioivan tai maataloustapahtumaan osallistuvan kyselytutkimuksen kohderyhmään kuuluvan henkilön ilmaistessa mielenkiintonsa osallistumisesta kyselytutkimukseen henkilölle on toteutettu osittainen taustaprofilointi. Kyselytutkimuksen alussa pyrittiin profiloimaan siihen vastaava henkilö erilaisin taustakysymyksin. Keskeiset taustakysymykset koostuivat iästä, yleisestä koulutustasosta, henkilön hallinnoimien moottorityökoneiden määrästä, päätuotantosuunnasta sekä maatalouden orgaanisten sivuvirtojen muodostumisesta tuotantosuunnan mukaan.

Tarkastellessa kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden ikäjakaumaa voidaan laskea vastanneiden henkilöiden keski-ikä pääpiirteittäin. Kyselytutkimukseen vastanneiden keski-ikä, 53 vuotta, on lähes täysin vertailukelpoinen suomalaisten maatalousyrittäjien tilastoituun keski-ikään (kuva 12). Suomalaisten maatalousyrittäjien keski-ikä on ollut vuonna 2020 noin 53 vuotta. (Tilastokeskus 2022.) Maatalousyrittäjien korkea keski-ikä voi osin johtua EU:n maatalouspolitiikan yleisestä epävarmuudesta. Taloudellinen epävarmuus on yksi merkittävimmistä liiketoiminnallisista lähtökohdista, joka heikentää alan houkuttavuutta. Kyselytutkimukseen on vastannut myös maatalousyrittäjä tulevaisuudessa jatkava henkilö ja pian eläköityviä maatalouden harjoittajia.



KUVA 12. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden ikäjakauma (n=61).

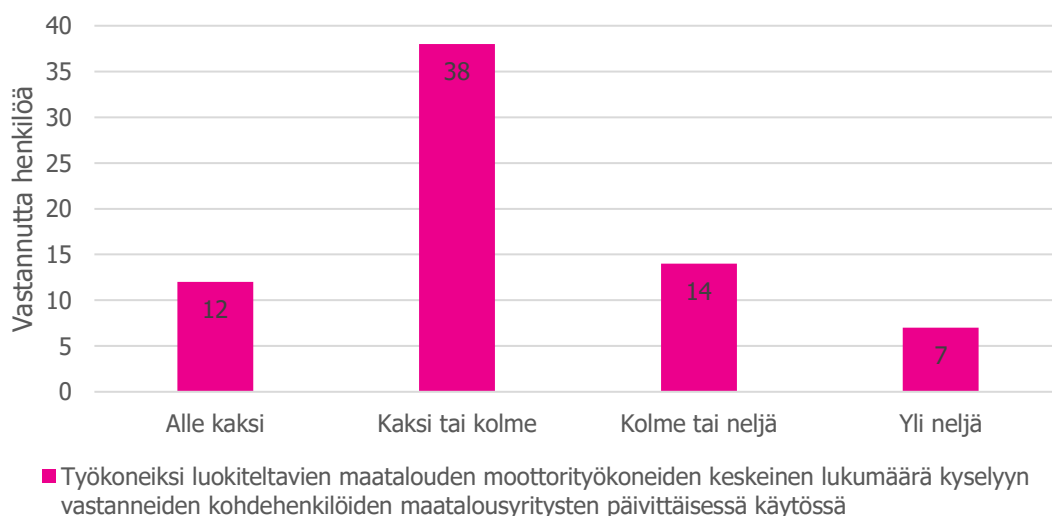
Kyselytutkimukseen osallistuneiden henkilöiden koulutustaso oli suurimmalla osalla toisen asteen koulutus (kuva 13). Kyselytutkimuksessa tiedusteltiin myös yleisimpiä ammattiopistoja, joista kyselytutkimukseen osallistuneet henkilöt olivat valmistuneet. Ammattiopistot olivat Muuruveden ammattiopisto eli nykyisin lakkautettu Savon ammatti- ja aikuisopiston yksikkö ja Peltoniemen maatalousoppilaitos eli nykyisin Ylä-Savon ammattiopisto. Kyselytutkimukseen vastanneista lähes kolmannes koostui alemman korkeakoulututkinnon suorittaneista henkilöistä. Yksikään kyselyyn vastanneista ei ollut täysin kouluttautumaton. Kyselytutkimuksessa varauduttiin myös raportoimaan tieteellisen jatkokutkinnon suorittaneet henkilöt, mutta yksikään kyselytutkimukseen osallistuneista ei ollut suorittanut tieteellistä jatkokutkintoa eli tohtorintutkintoa.



KUVA 13. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden keskeinen koulutustaso ja sen mittarit (n=61).

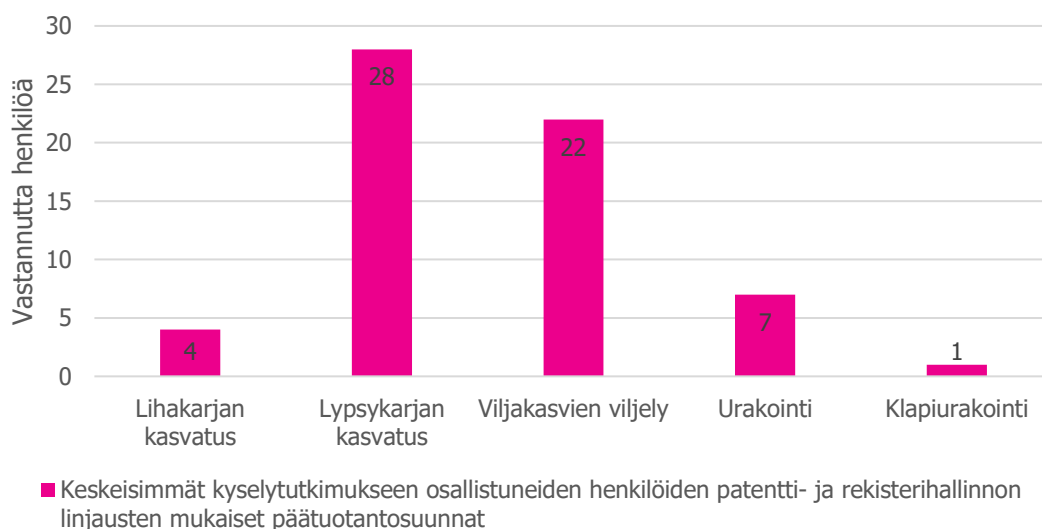
## 5.2 Syventävät taustakysymykset

Kyselytutkimuksessa selvitettiin henkilön omistaman kaluston määrää yhtenä kyselytutkimuksen indikaattorina. Työkoneiksi katsottiin vain rekisterissä ja liikennevakuutuksissa olevat suorituskykyiset työkoneet. Kyselytutkimuksessa moottorityökoneiksi luokiteltiin maataloustraktorit, kuormaajat, pienkuormaajat, metsäkoneet ja maatalouden moottoroidut sesonkityökoneet eli ajosilppurit, puimurit, itsekulkevat lietteenlevitysyksiköt ja -kasvinsuojeluruiskut. Kysymykseen asetettiin myös rajoite kohdistuen työkoneen nimellisvoimaan huomioiden raportissa vain yli 74 kW:n työkoneet. Tämä teholuokitus on täysin verrannollinen yli 100 hevosvoiman traktoreihin. Työkoneiksi ei luokiteltu kyselytutkimuksessa myöskään työkoneeksi rekisteröityjä kuorma-autoja, kevytkuorma-autoja, pakettiautoja tai sarvitraktoreita. Suurin osa kysymykseen vastanneista hallinnoi kahta tai kolmea maataloustraktoria mainiten kyseisten työkoneiden käytön olevan lähes jokapäiväistä (kuva 14).



KUVA 14. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden hallinnoimien moottorityökoneiden lukumäärä (n=61).

Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden yleisin päätuotantosuunta oli kotieläintalous (kuva 15). Usea lypsykarjatalouteen suuntautunut maatalousyritys harjoitti kyselytutkimuksen mukaan myös lihanautojen loppukasvatusta. Kyseisiä tiloja olisi voinut raportoida osin yhdistelmätuotantotiloina. Kyselytutkimuksessa hyödynnettiin kuitenkin vain patentti- ja rekisterihallinnon ohjeistamia toimialoja eli keskeisiä päätuotantosuuntia. Tarkoituksena oli yksinkertaistaa tulosten tulkintaa. Toiseksi suurin kyselytutkimukseen vastanneiden keskuudessa vallitseva päätuotantosuunta oli viljakasvien viljely. Tätä päätuotantosuuntausta harjoittavat yrittäjät totesivat kyselytutkimuksen aikana nesteytetyn biokaasun olevan mahdollisesti ratkaisu myös kostean viljamateriaalin kuivatukseen tai maatalouden kokonaisenergiantuotannon täydentämiseen. Kyselytutkimukseen vastasi myös koneurakoitsijoita ja yksittäinen klapiurakointia harjoittava yrittäjä.



KUVA 15. Kyselytutkimukseen vastanneiden maataloutta harjoittavien tai sitä palvelevien yrittäjien patentti- ja rekisterihallinnon mukaiset toimialat eli päätuotantosuunnat (n=61).

Viimeisenä taustakysymyksenä tiedusteltiin yleisesti maatalouden sivuvirtojen hyödyntämistä. Maatalouden sivuvirtojen hyödyntämistä oli kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden osalta kohdalla tasolla. Maatalouden harjoittamisesta muodostuvat jäte- ja sivuvirrat pyrittiin hyödyntämään peltolannoitteina tai eläinten kuivikkeina. Osa kyselytutkimukseen vastanneista henkilöistä kykeni hyödyntämään maatalouden harjoittamisesta muodostuneet sivuvirrat markkinakelpoisena materiaalina tai tuotantoon sidotussa lämmön- ja energiantuotannossa. (Kuva 16.)





KUVA 16. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden sivuvirtojen yleinen hyödyntämistäaste (n=61).

### 5.3 Varsinaiset tutkimuskysymykset

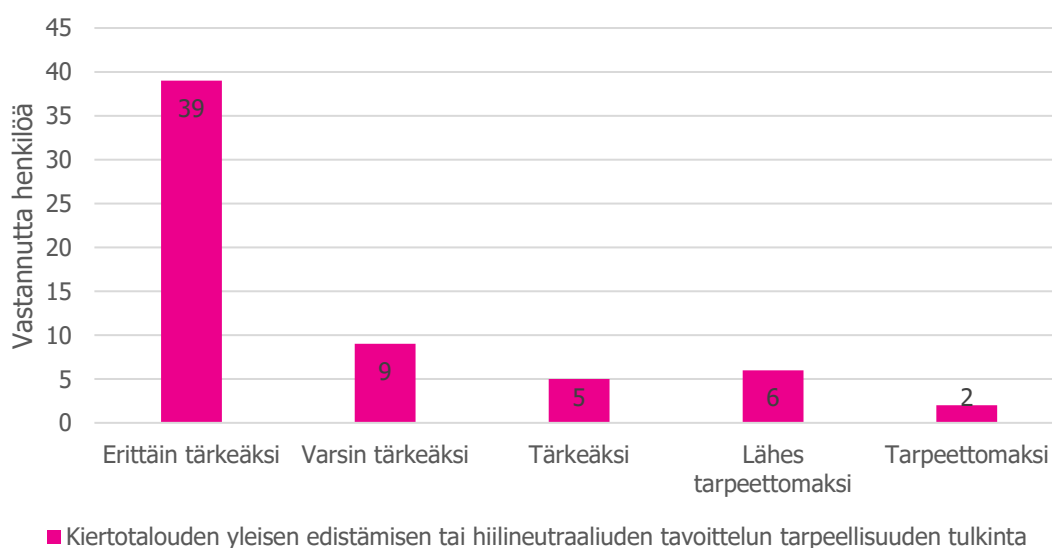
Lähestymistapa ja teema vaikuttaa kyselytutkimukseen vastaavan henkilön yleiseen asennoitumiseen. Liian pinnallinen tai irrallaan käsiteltävä aihepiiri saattaa aiheuttaa osittaista pahennusta tai tulosten vääristymistä. Toteuttaessa kyselytutkimus kahvikupposen äärellä siihen vastaavien henkilöiden on mahdollista pohtia kysymysvaihtoehtoja syvällisesti, mikäli kyselytutkimusta toteuttava henkilö on perehtynyt aihepiiriin tai sen tieteenalaan. Ilman henkilön taustoja profiloivia taustakysymyksiä henkilö ei saata vastata hänelle asetettuun kysymykseen oman tai todellisen näkökulmansa perusteella. Kyseisiä poikkeuksia saattavat aiheuttaa paineenalainen pohdinta, uhkaava toimiympäristö tai oman yleisen aseman säilyttämisen keinot. Kyselytutkimuksen ulkopuolisen keskustelun tarkoitus on mahdollistaa yleinen ja avoin keskusteluyhteys kyselytutkimuksen toteuttajan ja siihen osallistuvan henkilön välille. Yleinen taustakeskustelu voi hyödyttää kyselytutkimuksen toteuttajaa myös kyselytutkimukseen kuulumattoman aineiston saannin osalta. Yleinen keskusteluyhteys eli attraktio vaikuttaa myös jatkuvan ja monipuolisen vuorovaikutuksen määrään. (Kinnunen ym. 2012, 154–155).

Ensimmäisenä varsinaisena tutkimuskysymyksenä kyselytutkimukseen osallistuneelta henkilöltä tiedusteltiin kiinnostuksen tasoa maatalouden sivuvirtojen taloudellisesta hyödyntämisestä. Tutkimuskysymykseen vastanneiden henkilöiden kesken maatalouden sivuvirtojen taloudellinen hyödyntäminen koettiin erittäin tarpeelliseksi toimenpiteeksi. Kyselytutkimukseen vastanneista henkilöistä lähes kolme neljäsosaa (n = 46) koki maatalouden sivuvirtojen taloudellisen hyödyntämisen tarpeellisenä tekijänä maatalouden tulevaisuuden kustannusrakenteen muodostumisessa. Osa kyselytutkimukseen vastanneista ei kokenut maatalouden sivuvirtojen hyödyntämistä lainkaan tarpeellisenä tekijänä. (kuva 17.) Nämä henkilöt halusivat keskittyä vain alkutuotannon raaka-aineen taloudelliseen hyödyntämiseen vedoten työajallisiin ja yleisiin kustannustekijöihin.



KUVA 17. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden taloudellinen näkökanta sivuvirtoihin (n=61).

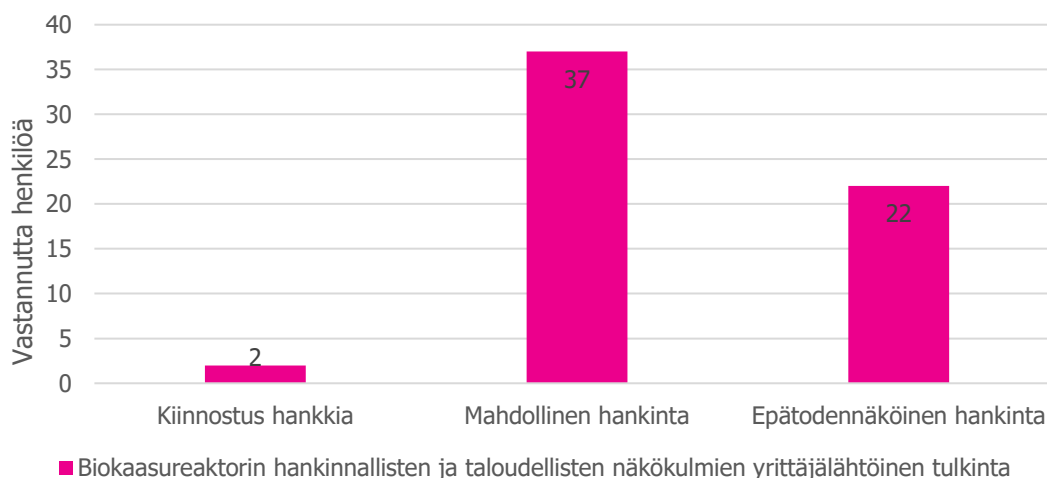
Tiedustellessa kyselytutkimukseen osallistuneilta henkilöiltä yksittäisen maatalousyrityksen kiertotalouden edistämisen tärkeyttä voi tuloksia tulkita niin, että omavaraistalous on varsin lähellä suomalaisen maatalousyrittäjän arvomaailmaa. Lähes kaikki (n = 53) kyselytutkimukseen osallistuneet henkilöt kokivat kiertotalouden edistämisen olevan tärkeä tekijä kehittyvän maatalousyrityksen inhimillisen kasvun mahdollistajana. (kuva 18.) Hiilineutraaliuden sisällyttäminen kyseiseen tutkimuskysymykseen aiheutti osaltaan huomattavin määrin ivaa ja vihaa vallitsevan tilanteen vuoksi. Usea kyseiseen kysymykseen vastannut henkilö koki energiatuotteiden hankintahintojen olevan sietämättömällä tasolla. Tutkimuskysymyksen pohjalta kävi myös ilmi, ettei maatalousyritysten kustannusrakenne kulje samaa matkaa alkutuotannon raaka-aineelle asetettujen tuottajahintojen kanssa. Kyseinen tekijä on osaltaan yksi kustannuskriisien aiheuttajista.



KUVA 18. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden asennoituminen kiertotalouden ratkaisujen edistämiseen (n=61).

Kyselytutkimuksen edetessä henkilön yleisestä asennoitumisesta kiertotalouteen pystyy tarkastelemaan asettamalla yleisesti pohdittavan kysymyksen sivuvirtojen hyödyntämisestä taloudellisesti energiantuotannossa. Tarkoituksena oli selvittää henkilön asennoituminen kiertotaloutta kohtaan, pyrkien tiedustelemaan kyselytutkimukseen osallistuneiden henkilöiden liiketoiminnasta aiheutuvien sivuvirtojen keskimääräistä volyymia. Orgaanisten sivuvirtojen keskeisestä volyyymista pystyttiin tulkitsemaan materiaalin keskimääräinen riittävyys resurssitehokkaaseen raakakaasun tuotantoon. Mikäli kyselytutkimukseen vastanneen henkilön maatalousyrityksestä syntyi vuosittain yli 499 m<sup>3</sup> orgaanista mädätyskelpoista materiaalia tiedusteltiin henkilön kiinnostusta biokaasureaktorin hankintaan. Kaikilta kyselytutkimukseen vastanneilta henkilöiltä muodostui heidän omasta näkökulmastaan asetetun raja-arvon verran orgaanisia sivuvirtoja. Yleisimpiä sivuvirtoja olivat muun muassa lanta, olkimateriaali tai viljankuivauksessa syntyvä kuona.

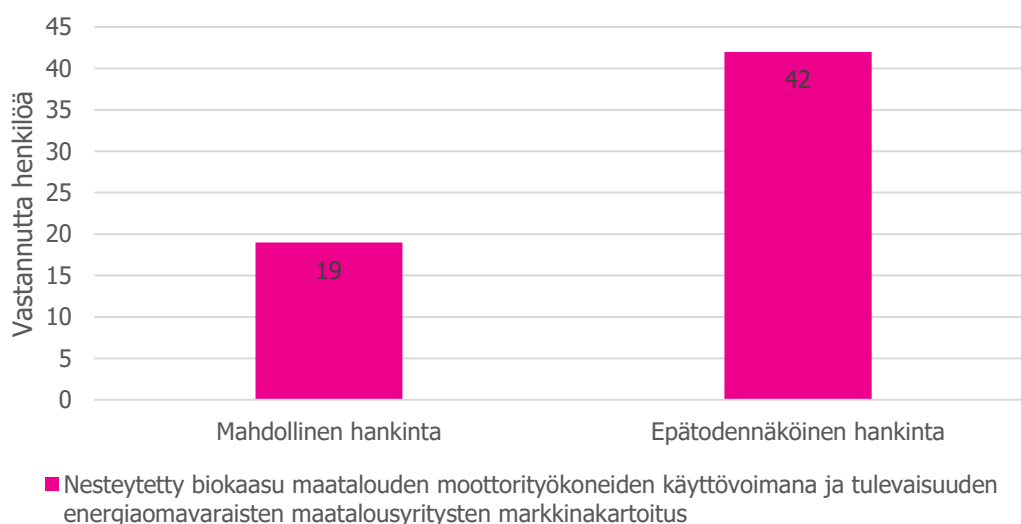
Lähes kaksi kolmasosaa (n = 39) kyselytutkimukseen vastanneista henkilöistä tulkitsebiokaasureaktorin hankinnan tulevaisuudessa yhdeksi mahdollisuudeksi. Kaksi kyselytutkimukseen osallistunutta henkilöä kertoivat harkinneensa omaan toimintaansa soveltuvan biokaasureaktorin hankkimista lähitulevaisuudessa. Kolmasosa kyselyyn vastanneista (n = 22) ei kuitenkaan kokenut biokaasureaktoriin investoimista todennäköiseksi epävakaan maatalouspolitiikan jatkuvan muutoksen vuoksi. (kuva 19.) Myös opinnäytetyön toimeksiantajan hanke herätti yleisesti kiinnostusta lantamateriaalin hyödyntämisestä energiantuotannossa.



KUVA 19. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden näkökanta biokaasureaktorin hankintaan (n=61).

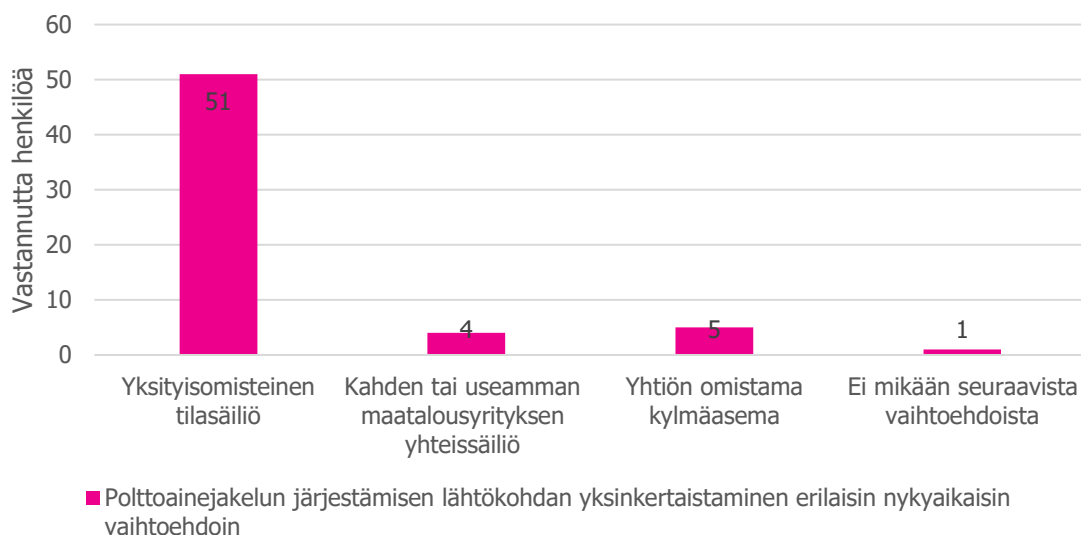
Yksi merkittävimmistä kyselytutkimuksen varsinaisista tutkimuskysymyksistä liittyi erittäin olennaisesti opinnäytetyön keskeiseen aiheeseen. Kyselytutkimukseen osallistuneilta henkilöiltä tiedusteltiin mielenkiintoa tulevaisuudessa siirtyä tavanomaisesta käyttövoimamallista eli dieselistä ympäristöystävällisempään vaihtoehtoon. Alle yksi kolmasosa (n = 19) kyselytutkimukseen vastanneista henkilöistä koki energiaomavaraisuuden olevan yksi merkittävimmistä eduista vaihtoehtoisen käyttövoimamallin osalta. Kuitenkin yli kaksi kolmasosaa (n = 42) koki vaihtoehtoisen käyttövoimamallin hyö-

dyntämisen maatalouden moottorityökoneissa varsin haasteelliseksi. (kuva 20.) Taustatekijät vaikuttivat tämän kysymyksen tuloksiin. Lypsykarjankasvatusta harjoittavat ja korkeakoulutetut henkilöt vastasivat tähän kysymykseen myönteisemmin kuin viljakasvienviljelyä tai lihakarjankasvatusta harjoittavat alemmin kouluttautuneet henkilöt. Tämän kysymyksen aikana havaittuja haasteita olivat vaihtoehdoisen polttoaineen jakelu ja sen säilöntä. Haasteelliseksi koettiin myös kehitysvaiheessa olevan käyttövoimamuodon sovellettavuus maatalouden työtehtäviin ja keskeytymättömän työsuorituksen turvaaminen.



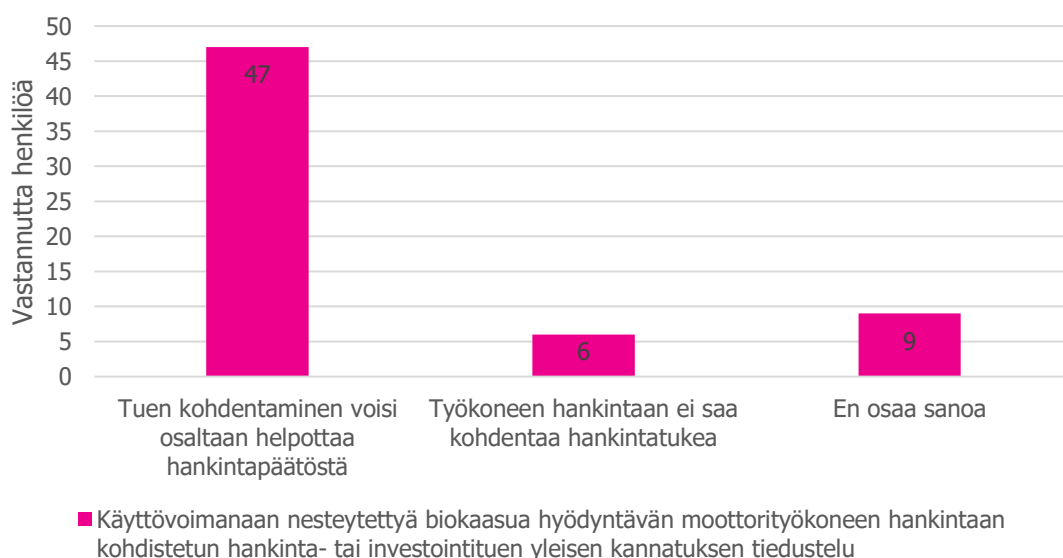
KUVA 20. Vaihtoehdoisen käyttövoiman hankinnallisten edellytysten esiselvitys (n=61).

Pohdittuamme kyselytutkimuksen keskeisintä tutkimuskysymystä henkilöiltä tiedusteltiin vaihtoehdoisen energialähteen säilönnällistä näkökulmaa. Yli viisi kuudesosaa vastanneista (n = 51) totesi käytäntöön soveltuvimman säilöntäratkaisun olevan yksityisen maatalousyrityksen omistuksessa oleva tilasäiliö. Tämä näkökulma muodostunee yleisestä olettamuksesta, ettei mikään lainaamalla parane. Murto-osa kyselytutkimukseen vastanneista (n = 4) totesi yhteiskäyttösäiliöiden olevan ratkaisu nesteytetyn biokaasun jakeluun. Maataloutta palvelevaa yritystoimintaa eli urakointia harjoittavat henkilöt (n = 5) tulkitsivat tavanomaisen miehitetyn tai miehittämättömän kylmäaseman olevan paras säilönnällinen ratkaisu. (kuva 21.) Yksi kyselytutkimukseen vastannut henkilö totesi nesteytetyn biokaasun jakelun onnistuvan parhaiten mobiilisoidulla polttoaineenjakeilyyksiköllä. Tämä henkilö luonnehti polttoaineenjakeilyyksikön olevan säiliöautoon verrattava ajoneuvo, joka saapuisi koneen luo polttoaineen tason saavuttaessa sille asetetun raja-arvon.



KUVA 21. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden näkökulmat polttoaineenjake- lun järjestämisestä (n=61).

Kyselytutkimuksen viimeisenä kysymyksenä tiedusteltiin mieluisinta menettelyä käyttövoimamuotojen murroksen eli siirtymävaiheen työkonerahoitukseen. Ennen tietyn käyttövoiman yleistymistä sen hankintakynnystä on mahdollista madaltaa erilaisin hankinta- tai investointitukimahdollisuuksin. Kyselyyn vastanneista lähes kolme neljäsosaa (n = 47) kannatti kansallisen investointitukimuodollisuuden kohdentamista hankinnalle, jotta hankintakynnys voisi madaltua. Vähemmistö (n = 6) ei kannattanut minkään tuen kohdentamista moottorityökoneen hankinnalle. (kuva 22.) Osa kyselytutkimukseen vastanneista henkilöistä koki tietylle käyttövoimamuodolle asetettavan tuen lisäävän eriarvoisuutta eri käyttövoimamuotojen välillä. Tasa-arvon toteutumattomuutta perusteltiin julkisten hankintakilpailuiden mahdollisella vääristymisellä ja valtion ohjauskeinojen vaikutuksella alkutuotantoon.



KUVA 22. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden asennoituminen hankinta- tai investointitukimahdollisuuteen (n=61).

Maatalousyrittäjien perehtyneisyys muita vaihtoehtoisia käyttövoimamuotoja kohtaan on ollut kyselytutkimuksen aikana varsin vähäistä. Opinnäytetyöprosessin aikana toteutettuun esiselvitykseen eli kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden ikäjakauma voi aiheuttaa muuttujia tutkimuksen tuloksiin. Tähän kyselytutkimukseen vastanneiden luontaisten henkilöiden yleinen keski-ikä oli korkeahko.

#### 5.4 Teema- ja asiantuntijahaastatteluiden tulokset

Asiantuntijahaastattelun teoria vastaa kyselytutkimuksen yleisiä periaatteita. Haastateltavaa asiantuntijaa pyritään haastattelemaan opinnäytetyöprosessin aiheen tarkoituksen ja tavoitteiden mukaisesti. Asiantuntijahaastattelumenetelmä soveltuu sekä laadullisen että määrällisen tutkimuksen yhteyteen. Asiantuntijahaastattelu on sopiva haastattelumuoto käsitellessä vähäistä tutkimusaineistoa. (Hirsjärvi & Hurme 2014, 34–35.)

Asiantuntijahaastattelun tavoite tälle opinnäytetyölle on pyrkiä tiedustelemaan maataloustyökoneiden markkinoinnin asiantuntijoiden näkökulmia nesteytetyn biokaasun mahdollisesta tulevaisuuden yleistymisestä vaihtoehtoisena käyttövoimamuotona. Asiantuntijahaastattelun perusteella koottu aineisto on usein laaja kattavan aineiston vuoksi. Aineiston tarkastelu laajasta perspektiivistä ja kokonaisuudesta on tärkeää erilaisten näkökulmien saavuttamiseksi. (Hirsjärvi & Hurme 2014, 108–109.)

Asiantuntijahaastattelun tarkoituksena oli muodostaa esiselvitys vaihtoehtoista käyttövoimamuotoa eli nesteytettyä biokaasua hyödyntävien maatalouden moottorityökoneiden tulevaisuuden markkinanäkymistä. Asiantuntijahaastattelun primääriseksi aihepiiriksi valikoitui maataloustraktoreiden vuosittainen menekki, ympäristötekijöiden vaikutus maatalouskonekauppaan sekä nesteytettyä biokaasua käyttövoimanaan hyödyntävien työkoneiden jälkimarkkinoinnin eli varaosahuollon järjestyminen. Asiantuntijahaastattelu toteutettiin AGCO Suomi Oy:n Siilinjärven toimipisteellä. Kyseinen maatalousteknologiayhtiö on Kuopion seudulla palveleva maataloustyökoneiden myyntiin ja jälkimarkkinointiin erikoistunut yhtiö. Se kuuluu kansainväliseen AGCO konserniin ja edustaa tunnetuimpia maatalouskonemerkkejä.

Maatalouden moottorityökoneiden käyttövoimamuodot pohjautuvat toistaiseksi täysin dieseliä käyttövoimanaan hyödyntäviin moottorityökoneisiin. Työkonemoottoreita koskeva uusi päästöluokka on kuitenkin tiukentanut uusien moottoreiden päästövaatimuksia pienhiukkasten osalta. Usea maatalouden moottorityökone on varusteltu pakokaasujen jälkikäsittelylaitteistolla ja urean ruiskutuslaitteella. AGCO:n ratkaisu uusien madallettujen päästöluokkien rajojen saavuttamiseen on kaksivaihteinen ahdinjärjestelmä. Tämä järjestelmä lisää moottorin tehoa ala- ja yläkierroksilla. Korkeapaineahdinta hyödynnetään matalilla kierroksilla ja matalapaineahdinta yläkierroksilla. Ahtimien väliin on sijoitettu nestetoiminen välijäähdytin, jonka tarkoitus on pienentää korkeapaineahtimeen kohdistuvaa lämpökuromaa. Uudet päästövaatimukset ovat osaltaan muuttaneet maatalouden moottorityökoneiden huoltotottumuksia. Nykyaikaisten moottorityökoneiden huolto-osat poikkeavat vanhojen mallisarjojen huolto-osista rakenteeltaan ja käsittelykyvyltään.

Suomen mittakaavassa maatalousmoottorityökoneiden markkinat ovat hyvin rajalliset. Rajallisuus muodostunee maatalouden heikosta kannattavuustilanteesta ja vallitsevasta kustannuspaineesta. Maataloustraktoreita ensirekisteröidään Suomessa vuosittain keskimäärin noin 1 500 kappaletta. Suomessa myytävien maataloustraktoreiden keskiteho vaihtelee vuosittain. Nykyisin hankittavan

maataloustraktorin keskiteho vaihtelee 190 hevosvoiman molemmin puolin. Lisävarusteiden ja -laitte-liittännäisten määrä on täysin riippuvainen maataloustraktorin päämääräisestä käyttötarkoituksesta ja ostajan arvoista.

Kiertotaloudellisten osaratkaisujen kiinnostus on toistaiseksi noususuhdanteessa. Moottorityökoneen ominaiskulutus ja sen käytön taloudellisuus ovat kasvattaneet merkitystään. Energialähteen eli tässä tapauksessa moottoripolttoöljyn hinta ja sen vaihtelut ovat merkittävässä roolissa. Mikäli markkinoille saapuisi uusi vaihtoehtoista käyttövoimaa hyödyntävä maataloustraktori, kysyntä voisi olla aluksi alhaisella tasolla. Työkoneiden käyttötottumukset ja merkkiuskollisuus ovat merkittävä osa maatalouden moottorityökonekauppaa. Myös polttonesteiden saatavuus ja niiden jakelu ovat merkittävässä roolissa keskeytymättömän käytön turvaamiseksi. Asiakastyytyväisyys on merkittävässä roolissa positiivisen käyttäjäkokemuksen turvaamiseksi.

Moottorityökoneen suunnittelussa korostuvat asiakkaiden mieltymykset ja heidän vaatimuksensa. Työkoneteknologian kehittyessä markkinoille saapuu usein uudenlaisia komponentteja ja teknisiä ratkaisuja. Tuotekehityksen tuloksena toteutetut tekniset ratkaisut voivat olla periaatteessa käyttökelpoisia, mutta ratkaisuiden vieminen käytäntöön todistaa lopullisen käyttökelpoisuuden. Yksi merkittävimmistä tekijöistä suunnitteluvaiheessa on moottorityökoneita rasittavat testit ja koeajot.

Maatalouden moottorityökoneiden jälkimarkkinointi eli varaosahuolto on teknologian kiihtyvässä kehittyessä jatkuvassa muutoksessa. Varaosien eli kuluvien komponenttien saatavuus on turvattava. Käyttövoimamuodoltaan täysin uuden maatalouden moottorityökoneen varaosahuolto voi teettää alkuun ennakoimattomia haasteita. Tällainen haaste voi aiheutua esimerkiksi sopimushuollon järjestämisestä. Varaosakirjojen tulee olla selkeitä ja tuotekehityksellisiin virheisiin tulee vastata välittömästi.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyöprosessin tarkoituksena on asettaa henkilön suoriutumiseksi inhimillinen haaste. Inhimillinen haaste edistää suoriutumista ja helpottaa opiskelijan toimimista tulevaisuuden haasteellisissa tehtävissä työuransa varrella. Opinnäytetyöprosessi mahdollistaa opiskelijalle myös kehittymisen alkeet palautteiden syvälliseen käsittelyyn ja aineiston kriittiseen arviointiin (Valtioneuvoston asetus ammattikorkeakouluista 1129/2014). Ennen ammattitaidon muodostumista henkilön psyykkistä toimintakykyä pyritään haastamaan ja kehittämään. Psyykkisen toimintakyvyn kehittymiseksi henkilö muodostaa itselleen erilaisia yhtenäisiä arvoja, yksilöllisiä asenteita sekä yleisiä toimitapoja. Ammattitaito nähdään työelämässä ja sen ulkopuolella konkreettisenä osaamisena. Konkreettinen osaaminen antaa pohjan päätöksenteolle ja tietyn kokonaisuuden hallintakyvylle. Ihminen on kuitenkin erehtyväinen, eikä inhimillisiä virheitä tule pelätä. Henkilön ongelmanratkaisukykyä puhutteleva korkeakoulututkinto mahdollistaa jatkuvan elinikäisen oppimisen edellytykset.

Opinnäytetyön kyselytutkimus mahdollistaa kerätyn tutkimusaineiston objektiivisen tarkastelun. Kyselytutkimuksen aineisto sisältää siihen osallistuneiden maatalousyrittäjien eli kyselytutkimuksen perusjoukon arvomaailman mukaisia henkilökohtaisia tulkintoja mahdollisessa muutostilanteessa. Kyselytutkimuksen avulla toteutetun kartoituksen tuloksena voi tarkastella perusjoukon arvojen merkitystä tiettyyn tutkimuskysymykseen eli onko nesteytettyä biokaasua energialähteenään käyttävällä maatalouden moottorityökoneella hankinnallisia edellytyksiä Pohjois-Savon alueella.

Kyselytutkimukseen osallistuneet maatalousyrittäjät tai maataloutta palvelevaa liiketoimintaa harjoittavat yrittäjät toivat ilmi kyselytutkimuksen aikana omia näkemyksiään nesteytetyn biokaasun käyttömahdollisuuksista ja kiertotalouden yleisestä edistämisestä paikallisesti. Tietyn käyttövoiman yleistymiseen vaikuttaa erityisesti yleinen viestintä käyttövoiman keskeisistä ominaisuuksista ja sen taloudellisista hyödyistä. Vaihtoehtoista käyttövoimaa tulee markkinoida potentiaaliselle asiakasryhmälle sen hyötyjä korostavin menetelmin. Toistaiseksi maatalouden moottorityökoneiden käyttövoimamuotojen eroavaisuus on hyvin vähäistä.

Kyselytutkimuksen tulosten ja sen aikana havainnoidun otannan perusteella nesteytetyn biokaasun tuntemus etenkin pääasiallisena käyttövoimana on maatalousyrittäjien piirissä lähes tuntematon teorian ja käytännön käsite. Kyselytutkimuksen haastattelut toteutettiin erilaisissa vaihtelevissa olosuhteissa, mikä voi vaikuttaa tutkimustulosten poikkeavuuteen. Uuden teknologian käytännönläheisten kokemusten puutteen vuoksi ei löydetty vastaavia tutkimuksia tai aineistoja nesteytetyn biokaasun hyödyntämisestä maatalouden moottorityökoneissa. Opinnäytetyön toteutuksessa ja kirjallisuuskatsauksen koonnissa hyödynnettiin nesteytettyyn biokaasuun lähes verrannollista energiatuotetta eli nesteytettyä maakaasua koskevaa tutkimusaineistoa. Määrällisenä tutkimuksena toteutetun opinnäytetyön tuloksia on mahdollista tutkia ja vertailla numeraalisin menetelmin.

Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden taustat vaihtelivat perusjoukon harjoittaman päätuotantosuuntauksen ja koulutustasoa koskevien kysymysten osalta. Kyselytutkimukseen vastanneen perusryhmän keskeisin päätuotantosuuntaus oli lypsykarjatalous eli lypsykarjankasvatus. Perusjoukon päätuotantosuuntauksen yleisyyteen vaikuttaa kyselytutkimuksen suorittamisen sijainti eli geo-



poliittinen näkökulma. Kyselytutkimus suunnattiin vain C1- ja C2-tukialueen maatalousyrittäjille. Kyselytutkimukseen vastanneen perusjoukon keski-ikä vastasi maatalousyrittäjien tilastoitua keski-ikää. Kyselytutkimuksessa tiedusteltujen varsinaisten tutkimuskysymysten tulosten perusteella ilmeni perusjoukon arvomaailman olevan lähellä omavaraista elämäntapaa. Tämän tuloksen pohjalta voi tulkita kiertotaloudellisten ratkaisujen edistämiseksi löytyvän erinomaiset puitteet etenkin paikallisesti. Taustaselvityksen jälkeen tiedusteltu varsinainen tutkimuskysymys eli selvitys siitä, olisivatko maatalousyrittäjät halukkaita hankkimaan nesteytettyä biokaasua käyttövoimanaan käyttävän moottorityökoneen, aiheutti kuitenkin osittaista hämmennystä perusjoukon kesken. Kyselytutkimuksen perusjoukosta vain yksi kolmasosa (n = 19) ilmaisi kiinnostusta mahdolliselle hankinnalle (kuva 20).

Kyselytutkimuksen aikana esiin nousseita merkittävimpiä haasteita mahdollisesta käyttövoimanmuotojen murroksesta olivat taloudelliset tekijät ja täysin omavaraisen energiahuollon järjestäminen. Mikäli maatalousyrittäjä hankkii nesteytettyä biokaasua käyttövoimanaan hyödyntävän maatalouden moottorityökoneen, hän pohtii siirtymäkauden aiheuttavan yritykselleen välttävää ylimääräistä työpanosta. Käyttövoimien murros voi aiheuttaa myös suoriutumisstressiä tuotannon jatkuvuuden turvaamisesta. Kiinnostuksen tason oletettiin olevan alhainen vaihtoehdoisen käyttövoiman yleisyyden ja sen varhaisen kehitysentason vuoksi. Mikäli sama kyselytutkimus toteutettaisiin reilun kymmenen vuoden kuluttua, tulos voisi poiketa jo toteutetusta kyselytutkimuksesta. Ennakoitu tulosten poikkeavuus saattaa aiheutua kiertotaloudellisten tekijöiden ja uusiutuvan energiantuotannon yleistymisestä. Kyselytutkimukselle asetettu päämäärä eli opinnäytetyön aiheen mukainen hankinnallisten edellytysten kartoittaminen täytettiin.

Kyselytutkimuksen tulosten ja kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan todeta, että maatalouden moottorityökoneiden suunnittelussa korostuu niiden käyttötarkoitusten monipuolisuus. Nykyaikaiset maataloustraktorit sisältävät usein täysin samanlaisia toimintoja merkistä riippumatta. Toimintojen hallintalaitteet on kuitenkin pyritty sijoittamaan merkkikohtaisesti tai työkonevalmistajan mallikohtaisten menetelmien mukaisesti. Toimintojen laajuus ja niiden tehokkuus saattaa vaihdella eri luokkien ja mallien välillä. Yleiset tekniset toiminnot ovat kuitenkin käytettävissä lähes jokaisessa maataloustraktorissa. Maatalouden moottorityökoneiden keskeisessä suunnittelussa korostuu työkoneen käyttötarkoitus ja sen monipuolinen hyödyntäminen. Asiantuntijaharjoittelun yhteydessä selvitettiin usean asiakkaan toivovan markkinoille yksinkertaistettua ja monipuolisiin työtehtäviin soveltuvaa, kohtuuhintaista maataloustraktoria. Maataloustraktorin lisävarusteet voivat aiheuttaa työkoneen tarkoituksenmukaisen käytön ylittäviä haasteita tai vikoja.

Teknologian yksinkertaisuus vaikuttaa työkoneiden kestävyys- ja huoltomenetelmiin. Mikäli maatalouden moottorityökoneiden suunnittelussa pyrittäisiin kehittämään työkoneita yksinkertaisten niiden tekniikkaa soveltaen jo tuotettujen mallien parhaita ominaisuuksia työkoneiden suunnittelussa, niiden markkinaosuus voisi saavuttaa uuden tason. Tuotekehityksen tuloksena muodostuneiden vaihtoehdoista käyttövoimaa hyödyntävien maatalouden moottorityökoneiden markkinointitoimenpiteitä edeltäviä tehtäviä on kuitenkin runsaasti. Työkoneen koekäyttö ja rasiustestit ovat olennaisia osia tarkasteltaessa maatalouden moottorityökoneen luotettavuutta ja sen toimivuutta. Mikäli moottorityökone lasketaan markkinoille ilman perusteellista testausta, sitä valmistavan tahon maine

voi tuhoutua pysyvästi. Toimiva konsepti tarvitsee aina maksukykyisen ja tyytyväisen asiakasryhmän. Jos asiakasryhmän mieltymyksiin ei kyetä syytä tai toisesta vastaamaan, asiakas saattaa siirtyä käyttämään liiketoiminnassaan kilpailevan yhtiön tuotteita tai palveluita.

Kuluvan vuosikymmenen epävakaa maailmanpoliittinen tilanteen ja ilmastonmuutoksen yleisen hillitsemisen vuoksi ympäristöystävällisten ratkaisujen merkitys moottoriteknologiassa tulee korostumaan. Teollistuneiden länsimaiden korkea energiantuontiriippuvuus on poliittisia päätöksiä ohjaileva tekijä. Energiatuontiriippuvuus voidaan yleisesti selittää energiaomavaraisuudella. Haasteet tai keskeytykset energiatuonnissa eli dieselin saatavuudessa voivat johtaa kiihtyvään siirtymäkauteen. Yksi vaihtoehto olisi kohdentaa tukea jo olemassa olevan kaluston moottorijärjestelmän muutostöihin.

Nesteytetty biokaasu ei ole energialähteenä uusi keksintö. Sen käyttäminen moottorityökoneiden käyttövoimana tekee aiheesta uuden teknologiaratkaisun. Tulevaisuuden maataloustraktorimarkkinat saattavat koostua tavanomaista dieseliä käyttövoimanamuotonaan käyttävistä maataloustraktoreista ja nesteytettyä biokaasua tai siihen rinnastettavaa vaihtoehtoista polttoainemateriaalia käyttövoimanaan hyödyntävistä maataloustraktoreista tai muista moottorityökoneista. Tulevaisuuden maatalouskonemarkkinat saattavat muuttua hyvin radikaalisti. Seuraavan puolivuosisadan aikana teknologiakehitys voi olla hyvin nopeatempoista. Nopean kehityksen tuloksena seuraavat sukupolvet eivät saata tuntea traktoria taloudellisena käsitteenä vaan nykyisiin hevosvetoisiin työkonisiin verrannollisena muinaisjäänneksenä tai museoajoneuvona.

Nesteytetyn biokaasun yleistyminen vaatii kuitenkin säilönnällisten ja nesteytyksellisten menetelmien kehittymistä. Nesteytettyä biokaasua tulisi kyetä säilömään kestävästi moottorityökoneen polttoainejärjestelmässä ilman päivittäistä käyttöä. Nesteytetty biokaasu voi olla tulevaisuudessa potentiaalinen energialähde myös maatalouden ulkopuolisissa käyttökohteissa. Erittäin helposti syttyvä ja palavana nesteenä nesteytetyn biokaasun käytön monipuolisuus korostuu etenkin kylmissä olosuhteissa.

Opinnäytetyössä on pyritty syventymään jokaiseen tutkimuskysymykseen tuloksia ja tuloksien syitä vertaillen. Kyselytutkimuksen luotettavuus on kohtalaisella tasolla, kun oletetaan siihen vastanneiden henkilöiden vastanneen täysin riippumattomasti eli oman näkökulmansa mukaisesti. Kyselytutkimusta ei toteutettu verkkokyselynä, mikä osaltaan voi selittyä pienempänä otantana. Mikäli kyselytutkimus olisi toteutettu verkkokyselynä, se olisi saavuttanut laajemman otannan eri paikkakunnilta. Kyselytutkimus on kuitenkin toteutettu paikallisesti ehkäisten yleisiä tietoturvariskejä ja valeprofiileiden osallistumista kyselytutkimukseen. Tarkasteltaessa opinnäytetyötä kokonaisuutena sen luotettavuus on kuitenkin kohtalaisella tasolla. Kyselytutkimuksen kattavuus on kohtalainen ja kirjallisuuskatsauksessa on tutkittu nesteytetyn biokaasun hyödyntämismahdollisuuksia ja sen teknisiä vaatimuksia vertailukelpoisista tieteellisistä lähteistä.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyön pohdintaosiota voi kuvailla useilla mittareilla raportin loppuhuipennukseksi. Pohdintaosiossa on tarkoitus arvioida ja havainnollistaa opinnäytetyöprosessin kulkua suunnittelusta toteutukseen. Osio antaa myös mahdollisuuden pohtia työn lopputulosta ja arvioida opinnäytetyöprosessista suoriutumista. (Vilka & Airaksinen 2003, 86, 96.) Toimintaympäristön kehitys on jatkuva, kiihtyvä sekä hyvin vaikeasti ennustettavissa oleva muutos. Muutoksen hallinnassa menestyvät parhaiten sopeutumiskykyiset henkilöt ja organisaatiot. (Kinnunen ym. 2012, 32)

Opinnäytetyöprosessin eteneminen toteutui aikataulun mukaisesti. Opinnäytetyöprosessia tai sen yleistä edistymistä ei tule käsitellä lainkaan ylitsepääsemättömänä haasteena. Opinnäytetyöprosessia voi kuvailla luovaksi ja inhimillisen tahdon toteuttamisen prosessiksi. Opinnäytetyöprosessin luovuus mahdollistaa siitä suoriutuvan henkilön inhimillisten voimavarojen tehokkaan hyödyntämisen ja kohdentamisen. Opinnäytetyön suorittaminen vaatii opiskelijalta usein merkittäviä psyykkisen toimintakyvyn näyttöjä koko opinnäytetyöprosessin ajan. Opinnäytetyöprosessin aihepiiri on usein merkittävässä roolissa valmistuvan opiskelijan työuralla. Opinnäytetyön aihepiiri voi antaa myös suuntaa mahdollisiin jatko-opintoihin.

Opinnäytetyöprosessin aiheen kokonaisvaltainen tai osittainen sisäistäminen mahdollistaa opiskelijalle toimintakyvyn havainnollistaa opinnäytetyössä käsiteltyjä tutkimustuloksia tai yleistä aineistoa myös riskiviestinnän keinoin. Toimintakyvyn käsite viittaa erityisesti toteutettavissa olevaan toimintaan, mikä mahdollistaa kyvyn toimia muuttuvissa tilanteissa. Toimintakykyä tulee tarkastella vain yksilötason käsitteenä. Opinnäytetyöprosessista suoriutuminen mahdollistaa opiskelijalle toimintakyvyn kannalta usein kyvyn soveltaa omaksuttuja tietoja ja taitoja. Opiskelija hyödyntää ja soveltaa opinnäytetyöprosessin aikana kertynyttä tietoa haasteiden selättämiseksi. Kyselytutkimuksen suullinen suorittaminen edisti verkostoitumista paikallisten maatalousyrittäjien keskuudessa. Kyselytutkimuksen aikana havainnoituja haasteita aiheutui sen suorituspaikan kohtalaisen vilkkaasta asiakasliikenteestä.

Tämän opinnäytetyöprosessin aihetta eli nesteytetyn biokaasun käyttömahdollisuuksia maatalouden moottorityökoneissa voi kuvailla hyvin ajankohtaiseksi. Opinnäytetyöprosessi tutustutti minut nesteytetyn biokaasun käyttömahdollisuuksiin moottorityökoneiden käyttövoimana. Minun näkökulmastani opinnäytetyöprosessin aikainen pohdinta ja aineiston etsintä mahdollistaneet aihepiirin soveltamisen alkeet. Tarkasteltaessa erilaisia opinnäytetyöprosessin aikana esiintyneitä haasteita esille nousivat aiheen rajaus ja ajankäytön hallinta. Opinnäytetyöprosessin toteuttaminen vaati runsaasti erilaisia resursseja ja työaika. Opinnäytetyön aihe on vielä toistaiseksi maatalousyrittäjien keskuudessa hyvin tuntematon. Kuitenkin aihetta käsittelevää tutkimusaineistoa ja yksittäisiä nesteytettyä maakaasua käyttövoimamuotona hyödyntäviä raskaan kaluston prototyyppejä ja markkinakelpoisia kuorma-autoja on jo olemassa.

Tarkastellessa tutkimuksen käsitteitä, tarkastelu tulee kohdistaa selvityksen toteuttamiseen ja siihen liittyviin järjestelyihin. Tutkimuksen tarkoitus on pyrkiä tuottamaan lisätietoa tietystä aiheesta tai edistää tutkimuksellisen ongelman osaratkaisua. Tämän opinnäytetyön tuloksista hyötyvät erityisesti innovatiiviset maatalousyrittäjät kehittäessään oman maatalousyrittäjänsä energiaratkaisuita. Yksi

merkittävimmistä hyötyjistä on opinnäytetyön toimeksiantaja. Toimeksiantajalle mahdollistetaan maatalousyrittäjien konkreettisten näkökulmien objektiivinen tarkastelu vaihtoehtoisen käyttövoiman yleistymismahdollisuudesta. Muita merkittäviä opinnäytetyön tuloksista hyötyjiä ovat muun muassa maatalousteknologian kehityksestä kiinnostuneet yksittäiset opiskelijat tai yleisesti tiedonjanoiset henkilöt.

Henkilökohtaisesti voisin kuvailla opinnäytetyön aihepiiriä erittäin mielenkiintoiseksi. Ammattitaitooni perustuvat valmiudet ovat kehittyneet opinnäytetyöprosessin aikana merkittävästi. Maatalousteknologia on varsin vaativa tieteenala teknologian nopean kehittymisen vuoksi. Siirtyessäni jatko-opiskelmaan tai työelämään en ehkä kykene tarjoamaan yksiselitteistä ratkaisua nesteytetyn biokaasun käyttömahdollisuuksien kehittämiseksi. Kykenen kuitenkin omasta näkökulmastani ideoimaan uutta. Keskittäessä harkinnan uuden innovointiin, henkilö voi tulla tulkinneeksi epäonnistumisen olevan lähes välttämätöntä. Persoonallisuuteni ja luonteenpiirteitteni perustan vahvistamana olen oppinut käsittelemään epäonnistumista. Valmiuteni käsitellä erilaisissa muuttuvissa olosuhteissa kriittisiä tilanteita etenkin vaatimusten mukaisesti on korkealla tasolla henkilökohtaisten taustatekijöiden ja arvomaailman vuoksi.

Vallitseva epävakaa maailmanpoliittinen tilanne on aiheuttanut energiatuotteiden hintojen ennakoimattoman nousun. Venäjän bruttaalin Ukrainaan kohdistuneen hyökkäyksen takia raakaöljyn ja maakaasun ajantasaiset hinnat ja futuurihinnat ovat erittäin korkeat. Nesteytetyn maakaasun hintatilastojen mukaiset tukkutariffi-indeksit ovat seitsemänkertaistuneet opinnäytetyöprosessin aikana. Tarkoitukseni oli sisällyttää opinnäytetyöhön yleistaloudellinen tarkasteluosio. Vallitseva tilanne sai mieleni kuitenkin muuttumaan.

Tämän opinnäytetyön aikana esiin nousseet jatkotutkimustarpeet keskittyvät nesteytetyn biokaasun käytön monipuolisuuden tarkasteluun eri moottorityökoneissa ja mahdollisissa työkoneliitännäisissä. Monipuolisen käytön tarkastelun lisäksi nesteytetyn biokaasun käytön taloudellisuuden laskuri voisi olla yksi merkittävimmistä jatkotutkimustarpeista. Toivon tulevaisuudessa tutustuvani nesteytettyä biokaasua käyttövoimanaan hyödyntäviin moottorityökoneisiin myös käytännössä. Uuden vaihtoehtoisen menetelmän tutkiminen ja sen kehittäminen on henkilökohtaisesta näkökulmastani huomattavaa kiinnostusta herättävä tieteenala.

Opinnäytetyöprosessista suoriutuminen on ollut hyvin haasteellinen polku. Opinnäytetyön aikana on esiintynyt haasteista huolimatta myös onnistumisia. Kasvatukseni ja itäsuomalaisen kulttuurin vaikutuksen myötä muodostuneen arvomaailman perusteella mutkainen polku on ollut varsin mukava kulkea. Mikäli opinnäytetyön toteuttamiselle asetetaan tiettyjä päämääriä, tavoitteellisuus voi lisätä työtehokkuutta. Tavoitteellisuus on tehokasta ja tuloksellista toimintaa, joka on yleisesti saavuttamisen arvoista. Tälle opinnäytetyölle asetetut tavoitteet ovat täyttyneet. Lopuksi haluan kiittää kaikkia opinnäytetyöprosessiini osallistuneita opettajia, toimeksiantajaa, yhteistyökumppaneita, haastateltuja asiantuntijoita sekä kyselytutkimukseen osallistuneita maatalousyrittäjiä.

## LÄHTEET

- Abbott, Gary 2022. New Holland unveils world's first LNG powered tractor. Irish Farmers Journal - verkkolehti 14.12.2022. <https://www.farmersjournal.ie/new-holland-unveils-world-s-first-lng-powered-tractor-740307>. Viitattu 15.12.2022.
- Alm, Markku 2022. Uusiutuva energia – biokaasulla kohti hiilineutraalia tulevaisuutta. Työ- ja elinkeinoministeriö. TEM toimialaraportit 2022:1. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163758/TEM\\_2022\\_01\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163758/TEM_2022_01_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Viitattu 15.3.2022.
- Biovoima Oy 2019. Maakaasun ja biokaasun nesteytys. Verkkojulkaisu. Päivitetty 19.6.2019. <https://biovoima.com/ratkaisut/kaasun-kompressointi-ja-nesteytys>. Viitattu 7.3.2022.
- Brynolf, Selma, Fridell, Erik & Andersson, Karin 2014. Environmental assessment for marine fuels: liquefied natural gas, liquefied biogas, methanol, and bio-methanol. ScienceDirect -verkkolehti 17.12.2013. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652614002832>. Viitattu 13.9.2022.
- Cryo Pur 2022a. Kuvagalleria: biokaasun muuttaminen nesteytetyksi biokaasuksi ja hiilidioksidiksi. Valokuva. <http://www.cryopur.com/en/technology/>. Viitattu 14.12.2022.
- Cryo Pur 2022b. Kuvagalleria: raakabiokaasun nesteytysprosessi. Valokuva. <http://www.cryopur.com/en/technology/>. Viitattu 13.12.2022
- Cummins Inc 2020a. Near zero emissions, natural gas engine portfolio. Pdf-tiedosto. Julkaistu 20.8.2022. <https://mart.cummins.com/imagelibrary/data/assetfiles/0063969.pdf>. Viitattu 17.4.2022.
- Cummins Inc 2020b. Cummins keeps you moving. Pdf-tiedosto. Julkaistu 10.9.2020. <https://mart.cummins.com/imagelibrary/data/assetfiles/0064167.pdf>. Viitattu 15.4.2022.
- Cummins Inc 2022. Natural gas (CNG) Vs. LPG, LNG, RNG and Diesel. Verkkojulkaisu. Päivitetty 5.5.2022. <https://www.cummins.com/news/2022/05/05/natural-gas-cng-vs-lpg-lng-rng-and-diesel>. Viitattu 2.11.2022.
- Direktiivi 2018/2001/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä. Euroopan unionin virallinen lehti 21.12.2018. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L\\_.2018.328.01.0082.01.ENG](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG). Viitattu 2.10.2022.
- Direktiivi 2021/1119/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi puitteet ilmastonutraaliuden saavuttamiseksi ja asetusten (EY) N:o 401/2009 ja (EU) 2018/1999 muuttamisesta ("Euroopan ilmastolaki"). Euroopan unionin virallinen lehti 9.7.2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021R1119>. Viitattu 7.3.2022.
- Euroopan parlamentti 2022. Yhteinen maatalouspolitiikka (YMP) ja perustamissopimus. Verkkojulkaisu. Päivitetty 1.4.2022. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fi/sheet/103/yhteinen-maatalouspolitiikka-ymp-ja-perussopimus>. Viitattu 20.10.2022.
- Garthwaite, Josie 2013. The New Truck Stop: Filling Up With Natural Gas for The Long Haul. National Geographic -verkkolehti 19.3.2013. <https://www.nationalgeographic.com/science/article/130318-natural-gas-truck-stops>. Viitattu 29.3.2022.
- Gasum Oy 2021a. Kaasuajoneuvojen hankintatuki tekee kaasuun siirtymisestä helpompaa ja edullisempää. Verkkojulkaisu. Päivitetty 27.10.2021. <https://www.gasum.com/ajassa/puhdas-liikenne/2020/mahdollinen-kaasuajoneuvojen-hankintatuki-tekee-kaasuun-siirtymisesta-helpompaa-ja-edullisempaa/>. Viitattu 2.10.2022.

- Gasum Oy 2021b. Safety Data sheet LNG FIN: käyttöturvallisuustiedote LNG – nesteytetty maakaasu. Pdf-tiedosto. Julkaistu 23.3.2021. [https://www.gasum.com/globalassets/pdf-files/product-safety-infos/lng-nesteytetty-maakaasu\\_fin.pdf](https://www.gasum.com/globalassets/pdf-files/product-safety-infos/lng-nesteytetty-maakaasu_fin.pdf). Viitattu 12.4.2022.
- Gasum Oy 2022a. Kuvagalleria: puhtaampi tulevaisuus kulkee kaasulla. Valokuva. <https://www.gasum.com/Yrityksille/puhdas-liikenne/kuljeta-kaasulla/>. Viitattu 8.4.2022.
- Gasum Oy 2022b. Vastuullisuutta koko toimitusketju huomioiden. Verkkojulkaisu. Päivitetty 1.4.2022. <https://www.gasum.com/gasum-yrityksena/vastuullisuus/ymparisto/>. Viitattu 11.9.2022.
- Geologian tutkimuskeskus 2022. Energian kysyntä ja tarjonta ohjaavat geopolitiikkaa. Verkkojulkaisu. Päivitetty 17.5.2022. <https://www.gtk.fi/ajankohtaista/energian-kysynta-ja-tarjonta-ohjaavat-geopolitiikkaa-kohtalonyhteys-fossiilista-polttoaineista-luopumisen-ja-siihen-tarvittavien-metallien-valilla-on-vahva-ja-alkanut-kirkastua-yha-laajemmalla/>. Viitattu 2.11.2022.
- Hashemi, Sayed, Ebrahim, Sarker, Shiplu, Lien, Kristian M., Schnell, Sondre k. & Austbø, Bjørn 2019. Cryogenic vs. absorption biogas upgrading in liquefied biomethane production: An energy efficiency analysis. Fuel, 245, -verkkolehti 1.6.2019. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001623611930170X>. Viitattu 29.9.2022.
- Hetemäki, Martti 2019. Investointien edistäminen. Valtioneuvosto. Raportit ja selvitykset 2019:9. [https://valtioneuvosto.fi/documents/10184/321857/investointien\\_edistaminen\\_hetemaki\\_07102019](https://valtioneuvosto.fi/documents/10184/321857/investointien_edistaminen_hetemaki_07102019). Viitattu 12.4.2022.
- Hirsjärvi, Sirkka & Hurme, Helena 2014. Tutkimushaastattelu. Muuttumaton lisäpainos. Helsinki: University Press.
- Huoltovarmuuskeskus 2022. Huoltovarmuus Suomessa. Verkkojulkaisu. <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/tietoa-huoltovarmuudesta/huoltovarmuus-suomessa>. Viitattu 28.9.2022.
- Impola, Ritva, Annunen, Ville, Aho, Panu, Karjalainen, Aimo, Jäkäläniemi Jere & Käyhkö, Virpi 2020. Kaasukäyttöisen kaluston teknistaloudelliset hankinta- ja muunnosmahdollisuudet. Oulun ammattikorkeakoulu. Raportit ja selvitykset 2020:5. <https://circvol.fi/wp-content/uploads/2020/05/Kaasu%C3%A4ytt%C3%B6inen-kalusto.pdf>. Viitattu 13.4.2022.
- Irish Farmers Journal 2022. Kuvagalleria: polttoainesäiliön paineistustoimenpide New Holland T7.270. Valokuva. <https://www.farmersjournal.ie/new-holland-unveils-world-s-first-lng-powered-tractor-740307>. Viitattu 15.12.2022.
- Jensen, Andreas 2022. Mitä metaani on. Tieteen Kuvalehti -verkkolehti 2.3.2021. <https://tieku.fi/luonto/ilmastonmuutos/metaani-mita-metaani-on>. Viitattu 29.9.2022.
- Jyväskylän yliopisto 2021. Tutkimuksen toteuttaminen. Verkkojulkaisu. Päivitetty 27.9.2021. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/tutkimusprosessi/tutkimuksen-toteuttaminen#tutkimustulosten-luotettavuus>. Viitattu 12.4.2022.
- Kelsey Media Ltd 2022. Kuvagalleria: New Holland unveils prototype T7.270 Methane Power LNG. Valokuva. <https://www.profi.co.uk/uncategorized/new-holland-unveils-prototype-t7-270-methane-power-lng/>. Viitattu 14.12.2022.
- Kinnunen, Tommi, Herrala, Janne, Perheentupa, Christian, Aalto, Janne, Intke, Pekka, Ohranämnen, Olli, Halonen, Pekka, Pukaralammi, Pauli, Collin, Rami, Hyppönen, Hannu, Pesonen, Jukka, Horila, Jyrki, Lehtonen, Yrjö, Leskinen, Jukka, Westerdund, Mikko & Jokitalo, Juha 2012. Johtajan käsikirja. 1. painos. Tampere: Juves Print Oy.
- Lajunen, Antti, Sainio, Panu, Laurila, Lasse, Pippuri-Mäkeläinen, Jenni & Tammi, Kari 2018. Overview of Powertrain Electrification and Future Scenarios for Non-Road Mobile Machinery. Aalto University. Raportit ja selvitykset 2018:1. [https://acris.aalto.fi/ws/portalfiles/portal/26941268/energies\\_11\\_01184.pdf](https://acris.aalto.fi/ws/portalfiles/portal/26941268/energies_11_01184.pdf). Viitattu 14.4.2022.

Laki maakaasun käsittelyn turvallisuudesta 551/2009. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090551>. Viitattu 18.11.2022.

Laki maatalouden rakennetuista 1476/2007. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20071476>. Viitattu 19.6.2022.

Laki maatilan investointituen kohdentamisesta 241/2015. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150241>. Viitattu 11.10.2022.

Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20050390>. Viitattu 12.11.2022.

Leikas, Sointu 2005. Riskien havaitseminen, riskiviestintä ja riskikäyttäytyminen psykologisesta näkökulmasta. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Raportit ja selvitykset 2005:2297. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2005/T2297.pdf>. Viitattu 2.11.2022.

Lindvall, Elin, Törnquist, Svante, Enghag, Olof, Lundström, Ella, Laurell, Gunnar 2015. Biogasdrift i arbetsmaskiner. Jordbruksverket. Raportit ja selvitykset 2015:23. [https://www2.jordbruksverket.se/download/18.2da8616d1542c4a496693d75/1461151978334/ra15\\_23v2.pdf](https://www2.jordbruksverket.se/download/18.2da8616d1542c4a496693d75/1461151978334/ra15_23v2.pdf). Viitattu 12.3.2022.

Luonnonvarakeskus 2021. Maatalouslaskenta 2020: Maa- ja puutarhatalouden energiankulutus 2020 (ennakko). Verkkojulkaisu. Päivitetty 18.5.2021. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/maa-ja-puutarhatalouden-energiankulutus/maatalouslaskenta-2020-maa-ja-puutarhatalouden-energiankulutus-2020-ennakko>. Viitattu 6.1.2022

Luonnonvarakeskus 2022. Biokaasu maataloilta liikenteeseen onnistuu yhteistyöllä. Verkkojulkaisu. Päivitetty 22.3.2022. <https://www.luke.fi/fi/uutiset/biokaasu-maataloilta-liikenteeseen-onnistuu-yhteistyolla>. Viitattu 13.4.2022.

Luostarinen, Sari, Tampio, Elina, Niskanen, Olli, Koikkalainen, Kauko, Kauppila, Jussi, Valve, Helena, Salo, Tapio & Ylivainio, Kari 2019. Lantabiokaasutuen toteuttamisvaihtoehdot. Luonnonvarakeskus. Raportit ja selvitykset 2019:40. [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). Viitattu 8.4.2022.

Markkanen, Johanna & Lauhkonen, Arttu 2021. Työkoneiden päästöjen perusennuste ja sähköistymisen vaikutus päästöihin. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Raportit ja selvitykset 2021:1628. [https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/45373802/VTT\\_CR\\_00245\\_21.pdf](https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/45373802/VTT_CR_00245_21.pdf). Viitattu 7.3.2022.

Motiva Oy 2020. Biokaasu. Verkkojulkaisu. Päivitetty 6.8.2020. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/biokaasu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/biokaasu). Viitattu 7.3.2022.

Mutikainen, Mirja, Sormunen, Kai, Paavola, Heli, Haikonen, Turo & Väisänen, Mirva 2016. Biokaasusta kasvua: Biokaasuliiketoiminnan ekosysteemien mahdollisuudet. Suomen itsenäisyyden juhlarahasto. Raportit ja selvitykset 2016:111. <https://www.sitra.fi/app/uploads/2017/02/Selvityksia111-2.pdf>. Viitattu 14.3.2022.

Neste Oyj 2022. Käyttöturvallisuustiedote Diesel, rikitön; Neste Pro Diesel; Neste Futura Diesel. Pdf-tiedosto. Julkaistu 20.1.2022. [https://www.neste.fi/static/ktt/13865\\_fin.pdf](https://www.neste.fi/static/ktt/13865_fin.pdf). Viitattu 21.10.2022.

Palladian Publications Ltd 2014. Kuvagalleria: Nesteytetyn maa- tai biokaasun säilöntäjärjestelmä. Valokuva. [https://www.lngindustry.com/small-scale-lng/18022014/lng\\_fuel\\_systems\\_are\\_top\\_products\\_183/](https://www.lngindustry.com/small-scale-lng/18022014/lng_fuel_systems_are_top_products_183/). Viitattu 15.4.2022.

Pyykkönen, Ville, Seppänen, Ari-Matti, Markkanen, Jukka, Rasi, Saija, Luostarinen, Sari, Virkkunen & Järvinen, Mikko 2021. Pohjois-Savon maakunnalliset erityispiirteet biokaasun tuotannossa ja ravin-

teiden kierrätyksessä. Luonnonvarakeskus. Raportit ja selvitykset 2021:45. [https://juri.luke.fi/bitstream/handle/10024/547639/luke-luobio\\_45\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://juri.luke.fi/bitstream/handle/10024/547639/luke-luobio_45_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Viitattu 7.3.2022

Rasi, Saija, Markkanen, Jukka, Pyykkönen, Ville, Aro, Kalle, Seppänen, Ari-Matti, Niskanen, Olli, Mönkkönen, Seppo, Kahelin, Miika & Luostarinen, Sari 2022a. Kohti biokaasun liikennekäyttöä Pohjois-Savossa. Luonnonvarakeskus. Raportit ja selvitykset 2022:51. [https://juri.luke.fi/bitstream/handle/10024/551930/luke-luobio\\_51\\_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://juri.luke.fi/bitstream/handle/10024/551930/luke-luobio_51_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Viitattu 16.10.2022.

Rasi, Saija, Seppänen, Ari-Matti, Pyykkönen, Ville, Markkanen, Jukka, Aro, Kalle, Luostarinen, Sari, Niskanen, Olli, Kahelin, Miika, Mönkkönen, Seppo 2022b. Biokaasua maataloilta liikenteeseen. Power-Point. FarmGas-PS 2 -hanke 4.4.2022. [https://www.luke.fi/sites/default/files/2022-04/Farm-Gas\\_PS\\_2\\_Tulosseminaari\\_04042022.pdf](https://www.luke.fi/sites/default/files/2022-04/Farm-Gas_PS_2_Tulosseminaari_04042022.pdf). Viitattu 13.4.2022.

Rautio, Erkki 2018. Biokaasua tankkiin – selvitys maatalouden liikennebiokaasun tuotannosta ja jakelusta. Maa- ja metsätalousministeriö. Raportit ja selvitykset 2018:4. <https://mmm.fi/documents/1410837/5810863/Biokaasua+tankkiin+%E2%80%93+selvitys+maatalouden+liikennebiokaasun+tuotannosta+ja+jakelusta/97ecbe1d-322d-4e4a-973f-81e38d540945/Biokaasua+tankkiin+%E2%80%93+selvitys+maatalouden+liikennebiokaasun+tuotannosta+ja+jakelusta.pdf>. Viitattu 11.12.2022.

Reif, Konrad & Dietsche, Karl-Heinz 2014. Automotive Handbook. Robert Bosch GmbH. 9. painos.

Remes, Meri 2022. Vieremälle miljoonainvestointi biokaasuun: tarkoitus ostaa paikallisilta maanviljelijöiltä biokaasua. Yleisradio -verkkolehti 5.7.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-12523782>. Viitattu 13.9.2022.

Saaranen-Kauppinen, Anita, Puusniekka, Anna 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Verkkojulkaisu. Päivitetty 21.9.2006. [https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L3\\_3\\_3.html](https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L3_3_3.html). Viitattu 9.4.2022.

Sipilä, Esa, Kiuru, Heidi, Lilja, Anna, Nylund, Nils-Olof, Mäkelä, Kari & Sipilä, Kai 2021. Liikenteen käyttövoimien kehityksen ennuste – vaikutus polttoaineisiin ja huoltovarmuuteen. AFRY Management Consulting Oy. Raportit ja selvitykset 2021:23. <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/files/3f91aaf3ed8466a15b203d5521d769dee3f700e5/liikenteen-kayttovoimien-kehitys-loppuraportti-11062021.pdf>. Viitattu 28.9.2022

Söderna, Petri, Suomalainen, Marjut, Kajolinna, Tuula & Melin, Kristian 2019. Biometaanin välivarastointi ja varastointi ajoneuvossa – Tulevaisuuden mahdollisuudet. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Raportit ja selvitykset 2019:18. [https://energiayrittajyys.fi/sites/energiatehokkaasti/files/biometaanin\\_varastointi\\_ajoneuvossa\\_002.pdf](https://energiayrittajyys.fi/sites/energiatehokkaasti/files/biometaanin_varastointi_ajoneuvossa_002.pdf). Viitattu 15.3.2022.

Suomen itsenäisyyden juhlarahasto 2016. Kuvagalleria: biokaasun kasvupolun keskeiset toimijat. Valokuva. <https://www.sitra.fi/app/uploads/2017/02/Selvityksia111-2.pdf>. Viitattu 14.3.2022.

Tilastokeskus 2022. Maatilyrittäjien henkilöverotus: Tilojen ja viljelijöiden lukumäärä ja tilojen pinta-ala, 2000–2022. Verkkojulkaisu. Päivitetty 31.12.2021. [https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_mmtal/stat-fin\\_mmtal\\_pxt\\_1211\\_fi.px/table/tableViewLayout1/](https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__mmtal/stat-fin_mmtal_pxt_1211_fi.px/table/tableViewLayout1/). Viitattu 17.10.2022.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2018a. Kuvagalleria: suunnitteluohje maa- ja biokaasun tankkausasemille. Valokuva. <https://tukes.fi/documents/5470659/63219859/Suunnitteluohje+maakaasun+ja+biokaasun+tankkausasemille.pdf/dd4d13ea-e30d-2183-4c53-ade966f1a73d/Suunnitteluohje+maakaasun+ja+biokaasun+tankkausasemille.pdf?version=1.0&t=1614671129148&download=true>. Viitattu 21.4.2022.



Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2018b. Biokaasun turvallisuusohje. Pdf-tiedosto. Julkaistu 1.1.2018. <https://tukes.fi/documents/5470659/63219859/Biokaasun+turvallisuusohje.pdf/50dcbd1e-66d2-3c62-0a98-610ba8e6ba7e/Biokaasun+turvallisuusohje.pdf?version=1.0&t=1614670662172&download=true>. Viitattu 13.4.2022.

United States Department of Energy 2003a. Advanced liquid natural gas onboard storage system. Pdf-julkaisu. julkaistu 31.10.2003. <https://www.osti.gov/servlets/purl/835120>. Viitattu 8.3.2022.

United States Department of Energy 2003b. Kuvagalleria: Advanced liquid natural gas onboard storage system. Valokuva. <https://www.osti.gov/servlets/purl/835120>. Viitattu 15.4.2022.

United States Energy Information Administration 2016. International Energy Outlook 2016. Pdf-tiedosto. [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/nat\\_gas.pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/nat_gas.pdf). Viitattu 21.12.2022.

United States Energy Information Administration 2020. Natural gas explained. Verkkójulkaisu. Päivitetty 20.7.2021. <https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/liquefied-natural-gas.php>. Viitattu 8.3.2022.

Valtioneuvoston asetus ammattikorkeakouluista 1129/2014. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141129>. Viitattu 14.4.2022.

Vehkalahti, Kimmo 2014. Kyselytutkimuksen mittarit ja menetelmät. Selkokirja. Finn Lectura. Helsingin yliopisto. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/305021/Kyselytutkimuksen-mittarit-ja-menetelmat-2019-Vehkalahti.pdf>. Viitattu 5.6.2022.

Vilkka, Hanna & Airaksinen, Tiina 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. 2. päivitetty painos. Helsinki: Tammi.

Vilkka, Hanna 2021. Tutki ja kehitä. 5. päivitetty painos. Jyväskylä: PS-Kustannus.

Volvo Finland Ab 2018. Fact sheet gas tank. Pdf-tiedosto. Julkaistu 12.3.2018. [https://stpi.it.volvo.com/STPIFi-les/Volvo/FactSheet/LGAS115,%20LGAS155,%20LGAS205\\_Eng\\_01\\_309253877.pdf](https://stpi.it.volvo.com/STPIFi-les/Volvo/FactSheet/LGAS115,%20LGAS155,%20LGAS205_Eng_01_309253877.pdf). Viitattu 13.4.2022.

Volvo Finland Ab 2019. Suomen ensimmäinen biokaasulla kulkeva Volvo FH LBG 460 maidonkeräysauto Valiolle. Verkkójulkaisu. Päivitetty 26.2.2019. <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/news/press-releases/2019/feb/lehdistiedote-26022019-valio-volvo-lbg-460.html>. Viitattu 8.3.2022.

Volvo Finland Ab 2022. Kuvagalleria: kaasukäyttöinen Volvo FH LNG sopii kaukokuljetuksiin. Valokuva. <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/trucks/volvo-fh/volvo-fh-lng.html>. Viitattu 29.3.2022.

Wega Oy 2019. Nesteytetty maakaasu (LNG) käyttöturvallisuustiedote. Pdf-tiedosto. 4.10.2019. <https://e-kaasuasemat.fi/wp-content/uploads/Liite-4.-Ka%CC%88ytto%CC%88turvallisuustiedote-LNG.pdf>. Viitattu 8.4.2022.

Williams, Mike 2012. Biogas: the tractor fuel of the future. Farmers Weekly -verkkolehti 18.3.2012. <https://www.fwi.co.uk/machinery/biogas-the-tractor-fuel-of-the-future>. Viitattu 13.9.2022.

Worthington industries 2022a. Kuvagalleria: uudelleen nesteytysyksiköllä varustettu varastointisäiliö. Valokuva. [https://dev.worthingtonindustries.com/getmedia/0bf58b47-e2cd-47cc-a34e-63fb2b11ef0a/skidded\\_product01\\_1.jpg?width=650&height=650&ext=.jpg](https://dev.worthingtonindustries.com/getmedia/0bf58b47-e2cd-47cc-a34e-63fb2b11ef0a/skidded_product01_1.jpg?width=650&height=650&ext=.jpg). Viitattu 14.4.2022.

Worthington industries 2022b. LNG fuel systems. Verkkójulkaisu. Päivitetty 12.2.2022. <https://dev.worthingtonindustries.com/Products/Alternative-Fuels/LNG-Fuel-Systems>. Viitattu 8.4.2022.

Ympäristöministeriö 2022. Hallituksen ilmastopolitiikka: kohti hiilineutraalia Suomea 2035. Verkkolähde. Päivitetty 18.3.2022. <https://ym.fi/hiilineutraalisuomi2035>. Viitattu 26.12.2022.

## LIITE 1: KYSELYTUTKIMUKSEN HAVAINNOLLISTAVAT- JA TARKENTAVAT TUTKIMUSKYSYMYKSET

**1. Keskeisen ikäjakauman yleisselvitys**

(Alle 20 vuotta, 20–40 vuotta, 40–60 vuotta, yli 60 vuotta)

**2. Koulutustason yleisselvitys**

(Peruskoulu tai kansalaisopisto, toisen asteen koulutus eli ammattitutkinto, alempi korkeakoulu-tutkinto, ylempi korkeakoulututkinto), (Ota huomioon tutkijakoulutusaste, mikäli vastaajia löy-tyy)

**3. Työkoneiksi luokiteltavien moottorityökoneiden määrän tarkentava yleisselvitys**

(Alle kaksi, kaksi tai kolme, kolme tai neljä, yli neljä)

**4. Päätuotantosuunnan yleisselvitys**

(Lypsykarjan kasvatus, lihakarjan kasvatus, viljakasvien viljely, jokin muu mikä?)

**5. Sivuvirtojen yleisen hyödyntämisen asteen tarkentava yleisselvitys**

(Kokonaisvaltainen (*Yli 75 %*), osittainen (*50–75 %*), vähäinen (*25–50 %*), lähes olematon (*0–25 %*).

**6. Maatalouden sivuvirtojen hyödyntämisen taloudellinen näkökulma varsinaisena tutkimuskysymyksenä**

(Erittäin tarpeelliseksi, lähes tarpeelliseksi, lähes tarpeettomaksi, täysin tarpeettomaksi)

**7. Kiertotalouden yleisten tekijöiden edistämisen keinot varsinaisena tutkimuskysymyksenä**

(Erittäin tärkeää, varsin tärkeää, lähes tarpeetonta, täysin tarpeetonta)

**8. Biokaasureaktorin hankinnallisten näkökulmien selvitys varsinaisena tutkimuskysymyksenä**

(Varsinainen hankintakynnys on jo ylitetty ja hankinnasta on jo päätetty, hankintakynnystä on pohdittu ja varsinainen hankinta on mahdollinen, hankintakynnys on varsin korkea ja hankinta on erittäin epätodennäköinen)

**9. Biokaasun hyödyntäminen maatalouden moottorityökoneiden käyttövoimana ja sen yleisen asennoitumisen selvitys varsinaisena tutkimuskysymyksenä**

(Mahdollinen hankinta tulevaisuudessa, epätodennäköinen hankinta tulevaisuudessa)

**10. Polttoainemateriaalin säilönnän ja sen jakelun lähtökohdat varsinaisena tutkimuskysymyksenä**

(Yksityisomisteinen tilasäiliö, kahden tai useamman maatalousyrityksen yhteissäiliö, ulkopuolisen yhtiön omistama kylmäasema, ei mikään seuraavista vaihtoehdoista)

**11. Uusiutuvaa polttoainetta käyttävän moottorityökoneen hankinta- ja investointimahdollisuudet varsinaisena tutkimuskysymyksenä**

(Työkoneen hankintaan tulisi kohdentaa investointi- tai hankintatuki, työkoneen hankintaan ei tule kohdistaa hankintatukea, en osaa sanoa)

## LIITE 2: VIRALLINEN KYSELYTUTKIMUSPOHJA

Yleisen kiinnostuksen taso bioenergian hyödyntämisestä maatalouden moottorityökoneiden käyttövoimana syntyneen nesteytetyn biokaasuun Tutkimuskysely osana opinnäytetyötä Hielström Janne Henrik Kyselylomake on toteutettu 11.6.2022 Viimeinen kyselytutkimus toteutettiin 31.8.2022
--

Kyselytutkimuksen kattavuuden ja materiaalin saannin yleiset keinot Herätä yrittäjälähtöiseen yksilöön yleisen keskustelun ohessa kiinnostus vastaamaan lyhyeen kyselytutkimukseen
---

1 Keskeisen ikäjakaman yleiselvitys Tiedustele keski-ikä keskustelun aikana käyttäen hyödyksi yleisen profiloinnin keinoja			
Alle 20 vuotta	20 - 40 vuotta	40 - 60 vuotta	Yli 60 vuotta

2 Koulutustason yleiselvitys Pyri tiedustelemaan yksilön koulutustaso tiedustellen haastateltavan yksilön kokemuksia ja parhaita muistoja viimeisimmästä opiskelupaikasta.			
Peruskoulu tai kansalaisoppisto	Toisen asteen koulutus eli ammattitutkinto	Alempi korkeakoulututkinto	Ylempi korkeakoulututkinto

3 Työkoneiksi luokiteltavien moottorityökoneiden määrän tarkentava yleiselvitys Pyri koostamaan asetettujen luokitusten puitteissa määrällinen ja raportoitava tulos työkoneiksi luokiteltavien moottorityökoneiden määrästä vastaavan yksilön yrityksessä.			
Alle kaksi	Kaksi tai kolme	Kolme tai neljä	Yli neljä

4 Päätuotantosuunnan yleiselvitys Tiedustele kyselytutkimukseen vastaavalta yksilöltä yrityksensä patentti- ja rekisterihallinnon mukainen päätuotantosuunta.			
Lypsykarjan kasvatus	Lihakarjan kasvatus	Viljakasvien viljely	Jokin muu mikä?

5 Sivuvirtojen yleisen hyödyntämisen asteen tarkentava yleiselvitys Tiedustele yksilön harjoittaman maataloustoiminnan ohessa muodostuvien erilaisten sivuvirtojen yleinen hyödyntämistase yksilön liiketoimintaa havainnollistavin keinoin.			
Kokonaisvaltainen (Yli 75%)	Osittainen (50 - 75 %)	Vähäinen (25 - 50 %)	Lähes olematon (0 - 25 %)

6 Maatalouden sivuvirtojen hyödyntämisen taloudellinen näkökulma varsinaisena tutkimuskysymyksenä Tiedustele yksilön yleinen taloudellinen asennoituminen maatalouden sivuvirtojen taloudellisesta hyödyntämisestä.			
Erittäin tarpeellinen	Lähes tarpeellinen	Lähes tarpeeton	Täysin tarpeeton

7 Kiertotalouden yleisten tekijöiden edistämisen keinot varsinaisena tutkimuskysymyksenä Tiedustele kyselytutkimukseen vastaavalta yksilöltä asennoituminen kiertotalouden yleisestä edistämisestä tai hillineutraaluden tavoittelun osalta.			
Erittäin tärkeää	Varsin tärkeää	Lähes tarpeetonta	Täysin tarpeetonta

8 Biokaasureaktorin hankinnallisten näkökulmien selvitys varsinaisena tutkimuskysymyksenä Tiedustele kyselytutkimukseen vastaavalta yksilöltä biokaasureaktorin hankinnalliset ja sen taloudelliset näkökulmat.		
Varsinainen hankintakynnys on jo ylitty	Hankintakynnystä on pohdittu ja hankinta on mahdollinen	Hankintakynnys on varsin korkea ja hankinta on erittäin epätodennäköinen

9 Biokaasun hyödyntäminen maatalouden moottorityökoneiden käyttövoimana ja sen yleisen asennoitumisen selvitys varsinaisena tutkimuskysymyksenä Tiedustele nesteytetyn biokaasun hyödyntämisen näkökulmia moottorityökoneiden käyttövoimana ja kyseistä käyttövoimaa hyödyntävien moottorityökoneiden hankinnallisia näkökulmia.	
Mahdollinen hankinta toistaiseksi	Epätodennäköinen hankinta toistaiseksi

10 Polttoainemateriaalin säilönnän ja sen jakelun lähtökohdat varsinaisena tutkimuskysymyksenä Tiedustele polttoainejakelun järjestämisen lähtökohdat yksinkertaisten kyseinen tutkimuskysymys nykyaikaisin olemassa olevin säilönnällisin keinoin.			
Yksityisomisteinen tilasäiliö	Kahden tai useamman maatalousyrityksen yhteisäiliö	Ulkopuolisen yhtiön omistama kylmäasema	Ei mikään seuraavista vaihtoehdoista

11 Uusiutuvaa polttoainetta käyttävän moottorityökoneen hankinta- ja investointimahdollisuudet varsinaisena tutkimuskysymyksenä Tiedustele yksilöltä yleistä asennoitumista julkisen tai kansallisen investointituen asettamisen kannatusta vaihtoehtoisten käyttövoimamallien osalta		
Työkoneen hankintaan tulisi kohdentaa hankintatuki	Työkoneen hankintaan ei saa kohdentaa hankintatukea	En osaa sanoa