

# Keskitetyn biokaasulaitoksen logistiikka

Reima Oikari

Opinnäytetyö  
Maaliskuu 2015

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma  
Luonnonvara- ja ympäristöala



JYVÄSKYLÄN  
AMMATTIKORKEAKOULU



Tekijä(t) Oikari, Reima	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 05.03.2015
	Sivumäärä 41	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi <b>Keskitetyn biokaasulaitoksen logistiikka</b>		
Koulutusohjelma Luonnonvara- ja ympäristöala		
Työn ohjaaja(t) Jyrki, kataja		
Toimeksiantaja(t)		
Tiivistelmä <p>Keskitetty biokaasulaitos parantaisi maatilojen energiaomavaraisuutta ja vähentäisi ostettavien ravinteiden tarvetta, jos yhtenäisellä viljelyalueella on riittävä määrä karjataloja. Toiminnalla on myös mahdollista lisätä tilojen välistä yhteistyötä lannan käsittelyssä.</p> <p>Työssä selvitettiin keskitetyn biokaasulaitoksen logistiikkaa Karstulan Kimingillä. Keskitetyn biokaasulaitoksen toiminnan logistiikan osuus työnkäytössä on merkittävä, joten logistiikan suunnitteluun pitää kiinnittää huomiota. Opinnäytetyössä on tutkittu lannan kuljetusketjua tilalta pellolle. Peltovityksen osuutta logistiikkaketjussa ei työssä tutkittu, vain ainoastaan tiekuljetusosuuksia.</p> <p>Työ toteutettiin yhteistyössä Kimingin maatilallisten kanssa. Logistiikan optimoinnissa auttoi yliopettaja Hannu Lähdevaara Jyväskylän ammattikorkeakoulusta yhdessä logistiikan opiskelijoiden kanssa.</p> <p>Logistiikan työmenekistä ja kustannuksista on mahdollista saada merkittäviä säästöjä tilojen välisellä yhteistyöllä. Tilanteesta, jossa kaikki tilalliset hoitavat itse kaiken logistiikan, on mahdollista saavuttaa säästöä työmenekissä noin 12 %. Tämä edellyttää lannan yhteiskuljetuksia ja lannan noutoa pellolle myös muiden tilojen lantavarastoista.</p> <p>Biokaasulaitokselta saatava kokonaishyöty voisi mahdollistaa myös logistiikan ulkoistamisen kokonaan tilojen ulkopuolelle, jolloin tilojen suuri työkuorma laskisi merkittävästi. Biokaasulaitokselta saatavia hyötyjä olisivat mm. jalostettavan biokaasun myynti liikennepolttoaineeksi, polttoaineen käyttö omissa työkoneissa, lannoitushyödyt ja ulkoisten syötteidien porttitulot. Saatavaa energiaa on myös mahdollista myydä lämpönä tai sähköinä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) biokaasu, keskitetty biokaasulaitos, biokaasulaitoksen logistiikka		
Muut tiedot		



Author(s) Oikari, Reima	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 05.03.2015
	Pages 41	Language Finnish
		Permission for web publication ( X )
Title <b>Centralised biogas plant logistic</b>		
Degree Programme Degree Programme in Agriculture and Rural Industries		
Tutor(s) Jyrki, Kataja		
Assigned by		
Abstract <p>A centralized biogas plant would improve farms' energy self-sufficiency and reduce the need for bought nutrients, in the case that a certain farming area include a sufficient number of cattle farms. Additionally, through these actions it is possible to increase the co-operation between farms in manure handling.</p> <p>The aim for this study was to examine the centralized logistics of a biogas plant in Kiminki, Karstula. The logistics represents a significant share of the functionalities of a centralized biogas plant; therefore one should pay attention to planning the logistics carefully. The focus of the bachelor's thesis was in studying the transportation chain of the manure from a farm to a field. The logistical share of spreading manure upon fields was not studied in this thesis but solely road transportation shares.</p> <p>The study was executed in co-operation with the farmers in Kiminki. Hannu Lähdevaara from the Jyväskylä University of Applied Sciences (Jyväskylä) helped in optimizing the logistics together with the logistics students.</p> <p>The co-operation between farms enables notable savings in the work costs and the logistics expenses. From a situation in which all farmers manage all logistics independently it is possible to gain savings of 12%. This requires joint transportation of manure and fetching manure from the manure storages of other farmers to the fields.</p> <p>The gross benefit gained from a biogas plant could enable outsourcing logistics completely away from the farms, which would significantly reduce their workload. A biogas plant would enable the sales of unrefined biogas for traffic fuel and fuel consumption in farmers' own farm machines, and it would offer fertilization possibilities and function as an external source of income etc. In addition the produced energy could be sold as heat or as electricity.</p>		
Keywords  biogas, centralized biogas plant, the logistics of a biogas plant		
Miscellaneous		

## Sisältö

1	Biokaasuntuotannon logistiikan haasteita .....	3
1.1	Työn taustat.....	3
1.2	Tutkimusongelman esittely .....	6
1.3	Menetelmät .....	7
2	Biokaasutus.....	8
2.1	Yleistä .....	8
2.2	Lainsäädäntö ja tukipolitiikka .....	9
2.3	Syötteet .....	11
2.4	Mädätejäännös.....	14
3	Tutkimuskohteen logistiikka.....	14
3.1	Mahdolliset syötteet .....	14
3.2	Käsittelylaitos ja maatilat .....	16
3.3	Lannan kuljetusmäärät ja kalusto .....	20
3.4	Kuljetusten toteuttaja .....	27
4	Johtopäätökset .....	28
4.1	Logistiikan tehostaminen keskitetyssä biokaasuntuotannossa .....	28
4.2	Jatkokehitysideat.....	30
4.3	Pohdinta .....	30
	Lähteet.....	31
	Liitteet .....	34
	Liite 1. Biokaasulaitoksen ja tilojen sijainti.....	34
	Liite 2. Tilan 1 pellot ja lantalat .....	35
	Liite 3. Tilan 2 pellot ja lantalat .....	36
	Liite 4. Tilan 3 pellot ja lantalat .....	37

Liite 5. Tilan 4 pellot ja lantalat .....	38
Liite 6. Tilan 5 pellot ja lantalat .....	39
Liite 7. Tilan 6 pellot ja lantalat .....	40
Liite 8. Tilan 7 pellot ja lantalat .....	41

## Kuviot

Kuvio 1. Biokaasulaitoksen pelkistetty materiaalikierto .....	5
Kuvio 2. Biokaasun tuotanto laitostyypeittäin 2012 .....	5
Kuvio 4. Tilan 1 logistinen ketju .....	23
Kuvio 5. Tilan 2 logistinen ketju .....	24
Kuvio 6. Tilan 3 logistinen ketju .....	24
Kuvio 7. Tilan 4 logistinen ketju .....	25
Kuvio 8. Tilan 5 logistinen ketju .....	25
Kuvio 9. Tilan 6 logistinen ketju .....	26
Kuvio 10. Tilan 7 logistinen ketju .....	26

## Taulukot

Taulukko 1. Biokaasun ominaisuuksia .....	9
Taulukko 2. Esimerkkejä syötteiden metaanintuotopotentiaaleista .....	13
Taulukko 3. Lantalat .....	17
Taulukko 4. Lantamäärät .....	20
Taulukko 5. Kuljetuskertojen määrä .....	22

# 1 Biokaasuntuotannon logistiikan haasteita

## 1.1 Työn taustat

Työssä on tutkittu keskitetyn biokaasulaitoksen logistiikkaa lannan osalta tiloilta pelolle. Työssä on keskitytty tiekuljetuksiin, joten lannan peltolevitys on jätetty tutkimuksen ulkopuolelle

Tutkimuksen kohteena oli kuviteltu biokaasulaitos Pohjoisessa Keski-Suomessa Karskulassa Kimingin kylällä. Tutkimuskohteena Kiminki on ideaalinen, koska siellä on maatalouden keskittymä. Pienellä alueella on viisi maitotilaa ja kaksi lihakarjatilaa. Asun myös ko. kylällä, joten tunnen alueen hyvin.

Keskitetyn biokaasulaitoksen logistiikan suunnittelu on erittäin tärkeää, koska kuljetuskustannukset ovat iso osa laitoksen kokonaiskustannuksista. Tanskassa keskitetyn biokaasulaitoksen kuljetuskustannukset ovat noin 1/3 kokonaiskustannuksista. Keskitetyn laitoksen yksi ongelmista on suuri lantakuljetusten määrä. Kuljetukset tehdään myös usein lähellä muuta asutusta, mikä voi haitata ulkopuolisia. Käsittelylaitos tulee tämän vuoksi sijoittaa niin, että se on logistiikan näkökulmasta mahdollisimman keskeisellä paikalla. (Kapuinen 2002.)

Tutkimuksessa oli mukana seitsemän maatilaa, joissa syntyy karjan lantaa. Maitotiloja oli viisi ja sonnitiloja kaksi. Keskimäärin lypsylehmiä maitotiloilla on 59 ja sonneja lihatiloilla 90. Lantaa tiloilla syntyy vuodessa yhteensä noin 15 750 m<sup>3</sup> eli noin 2250 m<sup>3</sup>/tila. Lantaa biokaasulaitokselle voitaisiin toimittaa noin 43 m<sup>3</sup> päivässä. Lietteenlevitysalaa tiloilla on keskimäärin 66,2 ha eli yhteensä 464 ha. Muita mahdollisia syötteitä olisivat kasvibiomassat, biojätteet, yhdyskuntalietteet, teollisuuden sivutuotteet ja glyseroli.

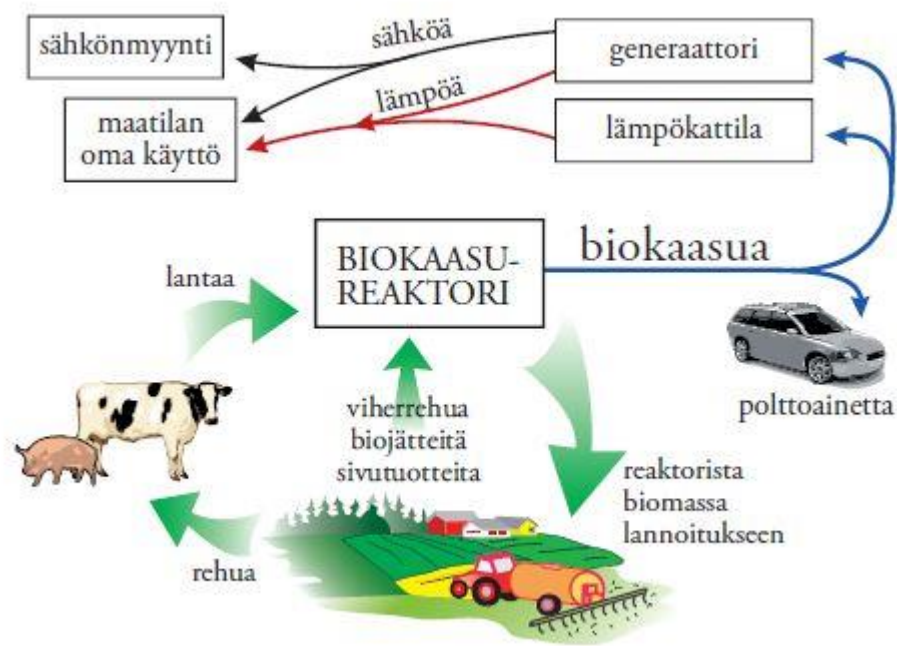
Jotta kokonaisedullinen logistinen ratkaisu olisi saavutettavissa, on tilojen kyettävä tekemään yhteistyötä ja muutettava hieman tuttuja ajatus- ja toimintatapoja. Kaikilla

tiloilla, yhtä lukuun ottamatta, on oma lannankuljetuskalusto. Kaikki, joilla oma kalusto on, hoitavat nykyisellään lannan peltolevityksen itse.

Nykyisestä maaomistus pohjasta ja vuokrasuhteista johtuen tilojen pellot ovat hajallaan ympäri kylää. Tästä johtuen lantaa joudutaan ajamaan muiden tilojen läheisyyteen, mutta etäälle omasta tilasta. Tällaisessa tilanteessa biokaasulaitoksesta tuleva mädätejäännös, jota olisi jokaisella tilalla ja tietyissä satelliittitaloissa varastoituna, voisi vähentää lannan kuljetusmatkoja. Koska kaasulaitoksella käsiteltäisiin sekaisin kaikkien tilojen lantaa, on palautuksena tiloille tuleva mädätejäännös kaikille samantyyppistä. Tällöin on periaatteessa yhdentekevää, kenen säiliöstä noutaa lantaa peltolevitykseen.

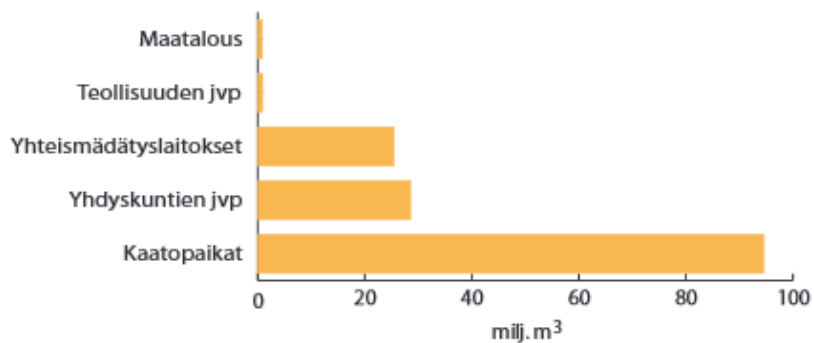
Jotta suunnitelmissa kokonaisedulliseen logistiseen loppuratkaisuun voitaisiin päästä, on tiedettävä kylän lantalakapasiteetti, kuljetettavat lantamäärät kullekin peltoalueelle, käsittelylaitoksen sijainti ja kuljetuskalusto.

Biokaasulaitoksen myötä myös tilojen energiaomavaraisuusaste nousisi huomattavasti. Itse käsittelylaitos olisi sähkön ja lämmön osalta täysin omavarainen. Maatilat voisivat käyttää traktoreissaan biokaasusta jalostettavaa liikennekaasua. Tämä laskisi tilojen vuotuisia polttoainekustannuksia huomattavasti. Myös ravinnekierrossa olisi mahdollista päästä lähemmäs suljettua kiertoa. Yksinkertaistettu havainnekuva ravinne ja energiakierrosta on esitetty kuviossa 1.



Kuvio 1. Biokaasulaitoksen pelkistetty materiaalikierto (Huttunen & Kuittinen 2012)

Vuoden 2012 lopussa Suomessa tuotettiin biokaasua yhteensä 150,4 miljoonaa m<sup>3</sup>. Kaasua tuotettiin 16 jätevedenpuhdistamolla, teollisuuden jätevesiä käsiteltiin kolmella laitoksella, maatilakohtaisia biokaasulaitoksia oli 10 paikkakunnalla ja yhdyskuntien kiinteitä jätteitä käsiteltiin 10 laitoksella. Energiaa tuotettiin yhteensä sähkönä, lämpönä ja mekaanisena energiana 256,2 GWh. Valtaosa kaasusta tuotettiin 40 kaatopaikalla, jotka keräsivät biokaasua yhteensä 94,5 miljoonaa m<sup>3</sup> (Huttunen & Kuittinen 2012.) Kuviossa 2 on kuvattu eri laitostyyppien kaasuntuotanto vuonna 2012.



Kuvio 2. Biokaasun tuotanto laitostyypeittäin 2012 (Huttunen & Kuittinen 2012)

Saksa on edelläkävijämaa maailmassa maatalouden bioenergian tuotannossa. Vuoden 2006 lopussa Saksassa oli 3400 maatalouden biokaasulaitosta, joiden sähköteho oli yhteensä 1100 MW. Kannustava tukipolitiikka on ollut avainasemassa biokaasutuksen kasvuun Saksassa. Yksi maailman ensimmäisistä yhdyskuntalietetteitä syötteenään käyttävistä biokaasulaitoksista rakennettiin 1980 luvulla Vaasan Mustasaareen. (Lehtomäki, Paavola, Luostarinen & Rintala 2007.)

Vuonna 2012 Suomessa oli rekisteröitynä 1300 kaasua polttoaineenaan käyttävää autoa. Määrän nousu on ollut nopeaa, sillä vuonna 2005 määrä oli yksi auto. 2013 vuodelle ennustettiin määrän nousevan 1700 autoon. (Huttunen & Kuittinen 2012.)

Uusiutuvana energiana biokaasu on myös erittäin ympäristöystävällistä. Biokaasun käyttö ei periaatteessa lisää ilmakehän nettokasvihuonekaasupitoisuutta, koska kaasun poltosta vapautuva hiilidioksidi vastaa kasvien fotosynteesissä ilmasta sitomaa hiilidioksidin määrää. (Lehtomäki ym. 2007, 5). Myöskään kasvien biologisessa hajomisessa vapautuva metaani ei pääse ilmakehään, vaan se poltetaan energiaksi. Käyttämällä kaasutuksessa kotimaisia raaka-aineita voidaan myös vähentää ulkomaisen tuontienergia tarvetta.

## 1.2 Tutkimusongelman esittely

Lannan siirto voidaan käytännössä hoitaa kahdella eri tavalla. Lanta voidaan pumpata putkistoja pitkin tai kuljettaa ajoneuvoilla. Putkiston rakentaminen ei Kimingin olosuhteissa ole järkevää, koska jouduttaisiin rakentamaan meno ja tuloputkistot jokaiselta maatilalta, ja osa lannasta jouduttaisiin silti kuljettamaan lietevaunulla satelliittitalantoihin. Jos jokin tiloista lopettaisi karjanpidon, jäisi putkisto käyttämättömäksi.

Ajoneuvokuljetuksen voi hoitaa joko traktorivetoisella lietevaunulla tai säiliökuorma-autolla. Johtuen Kimingin pienistä etäisyyksistä ja suhteellisesti pienestä lantamäärästä ei kuorma-auton käyttäminen olisi tehokasta.

Vaihtoehtoista traktorivetoinen lietevaunu on paras vaihtoehto. Kalustoa on jo tiloilla valmiiksi olemassa, ja vaunujen käyttöaste on nykyisellään pieni. Myös traktorien käyttöaste on varsinkin talviaikaan pieni. Lannan kuljetus tiloilta laitokselle ja laitokselta takaisin tiloille ja satelliittilantaloihin voidaan hoitaa tilojen omana työnä tai ulkoistamalla työ ulkopuoliselle yrittäjälle. Myös käsittelylaitoksen käyttäjähenkilö voisi hoitaa kuljetukset.

Tilallisten haastatteluissa tuli ilmi, että logistiikka pitäisi ulkoistaa. (Kirvesmäki 2014; Lahti 2014a; Lahti 2014b; Lahti 2014c; Möttölä 2014; Rantanen 2014; Äijänen 2014). Kuljetuskalusto voisi olla tilojen nykyistä kalustoa, ainakin lietevaunujen osalta. Kolmella tilalla on 17 m<sup>3</sup>:n lietevaunu täyttöpuomilla, jollaisella kuljetukset saisi helposti toteutettua. Tilat itse tarvitsevat vaunuja vain peltolevitysaikaan keväällä, kesällä ja syksyllä.

Porttituloja olisi mahdollista saada käsittelemällä myös tilojen ulkopuolelta tulevia jakeita kuten biojätteitä, kasvimassoja, teollisuuden sivutuotteita ja yhdyskuntalietteitä yms. Porttitulot ovat usein ratkaisevassa asemassa laskettaessa laitoksen kannattavuutta. Niistä saatava lisätulo voi olla joissain tapauksissa ainut tapa saada biokaasulaitosinvestointi kannattavaksi (Kalmari 2006, 54). Lisäksi biojätteet ja kasvi-biomassat ovat erittäin hyviä syötteitä biokaasulaitokselle suuren kaasuntuottopotentiaalinsa ansiosta.

### 1.3 Menetelmät

Tiloja oli tutkimuksessa mukana seitsemän, ja ne on tässä raportissa numeroitu ykkösestä seitsemään (1-7). Tilalliset haastateltiin ja heiltä saatuja tietoja mm. peltolohkojen sijainnista, lanta määristä ja kalustosta käytettiin tutkimuksen laskelmissa.

Jyväskylän ammattikorkeakoulun logistiikan opettaja Hannu Lähdevaara, yhdessä logistiikan opiskelijoiden kanssa, auttoi logistiikan optimoinnissa laskemalla laitokselle optimaalisen sijoituspaikan ja logistiikkaan kuluvaan aikaa.

## 2 Biokaasutus

### 2.1 Yleistä

Biokaasutus on hallittu biologinen prosessi, jossa hapettomissa olosuhteissa erilaiset mikrobit hajottavat orgaanista ainesta. Prosessiin voidaan syöttää lähes kaikkea orgaanista ainetta sisältävää materiaalia. Hyviä syötteitä käytännössä ovat esimerkiksi karjan lanta, yhdyskuntalietteet, kasvibiomassat, biojätteet, elintarviketeollisuuden jätteet ja glyseroli. Biokaasulaitoksella syntyy kahta eri lopputuotetta: mädätettä ja kaasua. (Lehtomäki ym. 2007; Monnet 2003.)

Biokaasuprosessit jaetaan kolmeen ryhmään käsittelylämpötilan mukaan. Käsittelylämpötila määräytyy eri mikrobien optimaalisen elinlämpötilan mukaan. Psykrofiilisten mikrobien optimilämpötila on 0–15 °C, mesofiilisten 30–45 °C ja termofiilisten 50–60 °C. Prosessit jaetaan myös käsittelykosteuden perusteella kuiva- tai märkäprosesseihin. Normaalisti maatilalaitoksilla syötteiden kuiva-ainepitoisuus on alhainen, jolloin käytetään märkäprosessia. Kirjallisuudessa raja-arvona on 15 prosentin kuiva-ainepitoisuus. Märkäprosessin hyötynä on mm. prosessin helpompi automatisointi. Biokaasuprosessi voi olla panos- tai jatkuvatoiminen. Jatkuvatoimisessa syötteitä syötetään ja poistetaan sama määrä, ja prosessi pysyy koko ajan käynnissä. Maatilojen syötteitä käsiteltäessä käytetään yleisimmin jatkuvatoimista prosessia. (Lehtomäki ym. 2007; Monnet 2003.)

Mikrobien hajottaessa orgaanista ainetta syntyy prosessin sivutuotteena biokaasua. Biokaasu sisältää vaihtelevan määrän metaania ja hiilidioksidia sekä pieniä määriä muita kaasuja, kuten rikkivetyä, ammoniakkia, vetyä ja häkää. (Lehtomäki ym. 2007.)

Biokaasun eri kaasujen normaalit pitoisuudet on kuvattu taulukossa 1. Eri kaasujen pitoisuudet vaihtelevat prosessiin syötettyjen syötteiden ja prosessilämpötilan mukaan.

Taulukko 1. Biokaasun ominaisuuksia (Arola 2012)

Metaanipitoisuus	50 – 75 %
Hiilidioksidi	25 – 50 %
Hiilimonoksidi	0 – 0,3 %
Typpi	1 – 5 %
Vety	0 – 3 %
Rikkivety	0,1 – 0,5 %
Happi	jäämiä

## 2.2 Lainsäädäntö ja tukipolitiikka

EU:n jäsenmaita koskeva ympäristölainsäädäntö muuttuu ja uudistuu jatkuvasti. Biokaasutukseen kelpaavien yhdyskuntajätteiden määrät lisääntyvät ja käsittelyvaatimukset tiukentuvat kaiken aikaa. Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (L 861/1997) on vuodesta 2005 lähtien rajoittanut biojätteen sijoittamista kaatopaikoille. Myös haja-asutusalueella on vuodesta 2006 lähtien pitänyt erilliskerätä biojätteet ja toimittaa ne jätteenkäsittelylaitokselle. (Lehtomäki ym. 2007.)

Biojätteiden ja elintarviketeollisuuden sivutuotteiden käyttöä biokaasulaitoksissa säätelee Euroopan parlamentin ja neuvoston (EY) asetus 1069/2009 eli ns. sivutuoteasetus. Asetus luokittelee eläinperäiset sivutuotteet luokkiin 1, 2 ja 3. Sivutuoteasetuksen tavoitteena on estää tautien leviäminen lannoitevalmisteen tai lannoitevalmisteen raaka-aineena käytettävien eläimistä saatavien sivutuotteiden välityksellä.

- Luokkaan 1 kuuluvat mm. eläinten ruhot, joissa on TSE-tautien riski (esim. hullun lehmän tauti), sivutuotteet joissa on kiellettyjä aineita, kuten hormonia tai muita myrkkijä, jne. Luokan 1 sivutuotteita ei biokaasulaitoksessa saa käsitellä.

- Luokkaan 2 kuuluvat mm. itsestään kuolleet ja lopetetut eläimet, jotka eivät kuulu 1 luokkaan, lanta, jne. Lantaa voidaan käyttää ilman sterilointia ja hygienisointi, mikäli Euroopan Komission asetuksen 208/2006 määritellyt käsittelyjäännöksen laatuvaatimukset täyttyvät, eli mädätysprosessi itsessään hygienisoi lantaa tarpeeksi paljon (Lehtomäki ym. 2007, 14).
- Luokkaan 3 kuuluvat mm. ihmisravinnoksi hyväksytyistä eläimistä saatavat sivutuotteet, joita ei käytetä ihmisten ravinnoksi, yhdyskuntien ja suurtalouskeittiöiden biojätteet, jne. Tarkka luokittelu asetuksen artikloissa 8, 9 ja 10. (A 1069/2009; Sivutuotteiden luokittelu N.d.).

Sivutuoteasetusta täydentää Euroopan unionin (EU) komission asetus 142/2011 eli ns. täytöntöönpanoasetus. Asetus määrää eläinperäisten sivutuotteiden käsittelystä biokaasulaitoksella. 2 luokan sivutuotteet pitää sterilisoida (133 °C, 3 bar, 20 min, partikkelikoko <50 mm). 3 Luokan sivutuotteet pitää hygienisoida (70 °C, 60 min, partikkelikoko <12 mm). (L 142/2011)

Lannoitevalmisteiden valmistamisesta, markkinoinnista, kuljettamisesta ja käyttämisestä säätelee lannoitevalmistelaki L539/2006. Lisäksi maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa 24/11 säädetään mm. lannoitevalmisteiden tyypeistä, tyyppinimiyhmisistä sekä lannoitevalmisteiden laatu-, merkintä-, pakkaus-, kuljetus-, varastointi-, ja käyttövaatimuksista. (Lannoitevalmisteiden lainsäädäntö N.d.)

Biokaasun tuotannolle on Suomessa olemassa kolme erilaista tukivaihtoehtoa: syöttötariffi, investointituki ja maatilan rakennusinvestointien tuki. Jokaista tukea hallinnoi eri instituutio: syöttötariffia Energiamarkkinavirasto, investointitukia työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) ja maatilan tukea maa- ja metsätalousministeriö. (Åkerlund 2013.)

Syöttötariffilla sähköä verkkoon myytävälle laitokselle taataan minimiostohinta 12 vuoden ajan. Tariffina maksettava takuuhinta on 83,50 euroa/MWh. (Syöttötariffin maksatus N.d.). Syöttötariffi on tarkoitettu biokaasulaitokselle, joka ei ole saanut valtiontukia, on uusi eikä sisällä käytettyjä osia ja sen generaattoreiden yhteenlasket-

tu nimellisteho on vähintään 100 kVA. Laitoksen on tuotettava sähköä sähköverkkoon Suomessa (L 1396/2010). Lisäksi biokaasuvoimalalle voidaan maksaa 50 euroa/MWh lämpöpreemiota (Syöttötariffin maksatus N.d.).

Biokaasulaitoksen perustamiseen voi hakea investointitukea (energiatuki) maaseudun mikroyritystukien kautta, jos laitos ei ole oikeutettu syöttötariffiin. TEM voi myöntää tukea investoinneille, jotka edistävät uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä, energiansäästöä tai energiantuotannon tai käytön tehostamista ja/tai vähentävät energian tuotannon tai käytön ympäristöhaittoja. Tukea voi saada, jos biokaasulaitokseen liittyy merkittävää kaupallista toimintaa kuten tilan ulkopuolisten materiaalien vastaanottoa, joista saadaan porttimaksuja, energian tai polttoaineen myynti tilan ulkopuolelle ja/tai laitoksen omistaa esim. maanviljelijöiden yhteenliittymä. Energiatuen osuus laitosinvestoinnin hyväksyttävistä kustannuksista määräytyy valtioneuvoston asetuksen energiatuen myöntämisen yleisistä ehdoista (A 1063/2012) mukaan. Tuen suuruus on vuonna 2014 biokaasulaitosinvestoinneilla 20 – 40 % (Energiatuen enimmäismäärät 2014).

Maatilojen rakentamisinvestointien tukea voi hakea yksittäinen maatila tai tilojen yhteenliittymä, jos se tuottaa energiaa omaan käyttöön. Tuen ehtoja ja määrää säätelee maa- ja metsätalousministeriön asetus 1065/2012 rakentamisinvestointien hyväksyttävistä yksikkökustannuksista. (A 1065/2012.) Tuella tuetaan laitosinvestointeja ja siihen liittyviä rakennuskustannuksia niiltä osin, kun niillä tuotetaan energiaa tilan/tilojen omaan käyttöön. Tuettava maksimiteho on 250 kW. Tuen enimmäismäärä määräytyy laitoksen nimellistehon mukaan: 800 €/kW nimellislämpötehoa ja 4300 €/kW nimellissähkötehoa. Tuesta osa on lainajärjestelyä ja osa suoraa tukea. (Åkerlund 2013.)

## 2.3 Syötteet

Lehmänlanta on yhteiskäsittelyssä hyvä perussyöte, sillä se sisältää anaerobisille mikrobeille välttämättömät ravinteet, joita ovat hiili, typpi, fosfori, rikki sekä vitamiinit ja

hivenaineet (Fe, Ni, Mg, Ca, Na, Ba, Tu, Mo, Se ja Co). Lantaa on myös usein saatavilla tasaisesti ympäri vuoden. Lanta myös puskuroi hyvin prosessin pH muutoksia. (Mykkänen 2008.)

Biokaasun tuotantoon voidaan käyttää tiloilta ylijäänyttä kasvibiomassaa, tai monivuotisia nurmirehukasveja voidaan viljellä energiakasveiksi. Hyviä lajeja ovat esimerkiksi timotei, nurminata ja apila. Myös yksivuotisia rehukasveja, kuten raiheinää, rehuhernettä ja rehuvirnaa voidaan viljellä energiakasviksi. Nurmella on hyvä kaasuntuottopotentiaali, ja se sopii hyvin käytettäväksi lannan kanssa. (Mykkänen 2008.)

Biojätteet ovat erittäin hyviä biokaasulaitoksen syötteitä ja niitä on normaalisti tasaisesti saatavilla ympäri vuoden. Niitä saadaan jätehuoltoyhtiöiltä ja suurtalouskeittioistä. Biojätteiden käsittely vaatii laitokselle hygienisointiyksikön, jotta jätteen käyttö olisi turvallista.

Yhdyskuntien puhdistamolietteitä saadaan kuntien jäteveden puhdistamoilta. Parhaiten se soveltuu käytettäväksi biokaasulaitoksella kuivattuna, jolloin sen kuiva-ainepitoisuus on noin 20 % (Ruuska 2012). Tällöin esim. kuljetuskustannukset alenevat merkittävästi verrattuna kuivaamattoman lietteen kuljetukseen. Myöskään biokaasureaktorin ei tarvitse olla niin suuri. Myös sako- ja umpikaivolietteitä on sallittua käsitellä mädättämällä ja levittää peltoon.

Mädätysprosessi ei välttämättä hygienisoi puhdistamolietettä tarpeeksi, jolloin edellytetään laitoksen varustamista hygienisointiyksiköllä. Mädätteen peltolevitykselle yhdyskuntalietteiden sisältämät raskasmetallit ja taudinaiheuttajat eivät ole ongelma, vaan levitystä rajoittaa ensisijaisesti lietteen sisältämä fosfori. Myös yleinen asenne on rajoittanut lietteiden käyttöä kaasutuksessa ja peltolevityksessä. Kaikkia haittavaikutuksia esim. lääkejäämistä, tekstiilien kemikaaleista ym. ei kuitenkaan tutkimuksista huolimatta täysin tunneta. (Ruuska 2012; Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa 2013.)

Syötteenä puhdistamoliete on hyvä perussyöte, riskeistä huolimatta, ja sitä on yleensä tasaisesti saatavilla ympäri vuoden.

Glyseroli on alkoholi ja sitä syntyy biodieselin valmistuksen sivutuotteena. Sitä voidaan käyttää sellaisenaan lisäsyötteenä biokaasutuksessa. Glyseroli lisää laitoksen kaasuntuottoa ja kaasun metaanipitoisuutta. Haapajärven biokaasulaitoksen tutkimuksissa lietteen kaasutuksessa kaasuntuotto lisääntyi 30 % syötettyä lietekuutiota kohti ja kaasun metaanipitoisuus kohosi 61 %:ta 63 %:iin. (Arola 2012).

Teollisuuden sivutuotteita muodostuu elintarviketeollisuudesta esimerkiksi teurastamoilta ja lihanleikkaamoilta. Teurasjätteillä on erittäin hyvä metaanintuottopotentiaali, mutta ne on sterilisoitava biokaasutuskäsittelyssä, jotta mädätteestä tulisi turvallista lannoitekäyttöön. Taulukossa 2 on kuvattu yleisimpien syötemateriaalien metaanintuottopotentiaali.

Taulukko 2. Esimerkkejä syötteiden metaanintuottopotentiaaleista (Arola 2012; Kalmarin 2006; Lehtomäki ym. 2007)

<b>Materiaali</b>	<b>Metaanintuottopotentiaali CH<sub>4</sub> (m<sup>3</sup>/t<sub>märkäpaino</sub>)</b>
Lehmän lanta	7-14
Sian lanta	17-22
Puhdistamoliete	5-15
Nurmi timotei-apila	70-90
Olki	200-260
Biojäte	100-150
Teurastamojäte	150-200
Glyseroli	0,98 m <sup>3</sup> /l glyserolia

1 m<sup>3</sup> metaania (CH<sub>4</sub>) ~ 1 l öljyä ~ 10 kWh.

## 2.4 Määdätejäännös

Määdätejäännös on orgaaninen lannoite, jonka energiatase on erittäin hyvä verrattuna epäorgaanisiin lannoitteisiin. Epäorgaanisten lannoitteiden valmistus, erityisesti typen sitominen ilmasta, on erittäin energiaintensiivistä. Typpilannoitteen valmistukseen kuluva energia voi vastata jopa 35–46 % kasvien viljelyyn kuluva energiasta. Määdäte voidaan sijoittaa peltoon lannoitteeksi sellaisenaan. Määdäte on hyvä ja tasalaatuinen lannoite, jossa on paljon kasveille käyttökelpoista typpeä. Määdäte voidaan myös jalostaa pidemmälle erilaisiksi lannoitevalmisteiksi. (Arthurson 2009.)

Kiteellä 2011 Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun tekemissä kenttäkokeissa todettiin, että määdätejäännös on hyvää lannoitetta nurmelle. Kokeessa levitettiin Biokymppi Oy:n naudan lietelannasta valmistamaa määdätettä nurmelle. Määdäte sisälsi kokonaistyppeä 2,8 kg/tn, josta liukoista typpeä 2,2 kg/tn. Naudan lietelanta sisälsi kokonaistyppeä 3,7 kg/tn, josta liukoista typpeä 2,0 kg/tn. Kokeessa levitettiin sijoittavalla levittimellä (veitsilevitin) määdätettä 27 tn/ha ja naudan lietelantaa 28 tn/ha. Määdätteellä nurmen satotaso oli 45 887 MJ/ha ja raaka lietteellä 37 267 MJ/ha. (Laukkanen 2012.)

Käytettäessä puhdistamolietteitä kaasutukseen ei määdätettä saa käyttää lannoitteena luonnonmukaisessa (luomu) viljelyssä. (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa 2013.)

## 3 Tutkimuskohteen logistiikka

### 3.1 Mahdolliset syötteet

Karjanlantaa tiloilta muodostuu yhteensä noin 15 750 m<sup>3</sup> vuodessa eli noin 43 m<sup>3</sup> päivässä. Tämä määrä muodostuu tasaisesti ympäri vuoden, lukuun ottamatta kesää, jolloin joillain tiloilla eläimet laiduntavat. Tällöin lannan muodostus on hieman pienempi. Ylimääräisiä peltobiomassoja tilalliset arvioivat vuodessa muodostuvan noin 70 000 kg. Tämä on arvio, joka voi muuttua todellisuudessa. (Kirvesmäki 2014; Lahti 2014a; Lahti 2014b; Lahti 2014c; Möttölä 2014; Rantanen 2014; Äijänen 2014.)

Peltobiomassoja on mahdollista ostaa myös ulkopuolisilta viljelijöiltä. Todennäköisesti lähialueelta olisi saatavissa jonkin verran nurmea kaasutukseen, mutta määriä on vaikea etukäteen arvioida. Tiloilla muodostuva olki olisi myös mahdollista käyttää kaasutukseen.

Biojätteitä lähikunnissa muodostuu vuodessa noin 600 - 1700 tn. Nykyisellään biojätteet aumakompostoidaan ja sijoitetaan kaatopaikalle Sammakkokangas Oy:n toimesta (Ruuska 2014). Käsiteltäessä nämä biojätteet biokaasulaitoksella olisi mahdollista saada porttituloja ja kaatopaikkasijoittamista voitaisiin vähentää tai lopettaa kokonaan.

Karstulassa ja Kyyjärvellä syntyvä yhdyskuntaliete kuivataan ja kuljetetaan aumakompostoitavaksi Karstulan Peränevalle. Kuivattua lietettä muodostui vuonna 2011 Karstulasta 676 m<sup>3</sup> ja Kyyjärveltä 240 m<sup>3</sup>. Kuivatun lietteen kuiva-aine pitoisuus on noin 20 %. Karstulasta lietettä toimitetaan 6 m<sup>3</sup> kerralla keskimäärin 1,5 kertaa viikossa, yhteensä noin 10 m<sup>3</sup> viikossa traktorin peräkärriellä. Kyyjärveltä lietettä toimitetaan 10 m<sup>3</sup> kerralla noin joka toinen viikko kuorma-auton vaihtolavalla. (Karstulan kunta 2011; Salo 2014.)

Karstulan jätevedenpuhdistamolta on matkaa biokaasulaitokselle 13,6 km ja Kyyjärven puhdistamolta 15 km. Peränevan kompostointiasema sijaitsee 6,5 km:n päässä biokaasulaitokselta. Kuljetuskustannukset eivät juuri muuttuisi nykyisestä, koska Kyyjärveltä kuljetettavan lietteen kuljetusmatka lyhenisi 6,5 km ja Karstulasta tuotavan lisääntyisi 6,5 km. Kokonaiskuljetusmatka pysyisi ennallaan. Kunnat vastaavat nykyisellään kuljetuksista.

Kuivattu yhdyskuntaliete olisi mahdollista käsitellä biokaasulaitoksella, jolloin sitä ei tarvitsisi kompostoida. Lietteen sisältämä energia saataisiin talteen ja mädätejäännös käytettäisiin lannoitteena. Kuivatun lietteen arvoa lannoitustarkoituksessa laskee hieman se, että kuivattaessa liukoinen typpi on jäänyt suurelta osin nesteeseen ja fosfori on sitoutunut kuiva-aineeseen. Nitraattidirektiivien johdosta juuri fosfori on tiloilla lannoitusmääriä rajoittava ravinne.

### 3.2 Käsittelylaitos ja maatilat

Hannu Lähdevaaran laskelmassa biokaasulaitoksen optimaalinen sijainti teoriassa (olemassa olevaa tiestöä ei otettu huomioon) olisi Kimmingjärven eteläpäässä. Tähän laitosta ei kuitenkaan käytännössä ole mielestäni järkevää sijoittaa, koska paikalle johtaa vain huono peltotie. Tie jouduttaisiin rakentamaan uudestaan kestävämmän kuljetuksia. Paikalle jouduttaisiin ajamaan ulkopuolisen omakotitalon tontin läpi. Paikka on myös aivan Kimmingjärven rannalla alavalla paikalla, jolle kevättulvat lähes vuosittain nousevat.

Biokaasulaitos olisi järkevämpi sijoittaa valtatie 13:n ja Ruukintien risteyksen pohjoispuolelle lähelle valtatieä. Myös tilallisten mielestä tämä sijainti olisi optimaalinen. Paikka on etäisyyksien kannalta keskeinen. Kaikki lanta kuljetettaisiin tiloilta valtatie tai Ruukintien kautta, joten nykyinen tiekanta kestäisi kuljetukset. Tiet ovat myös kylän pääteitä, joten sivullisia häiritäisiin mahdollisimman vähän. Myös mahdollisesti laitoksen tuottamaa liikennekaasua olisi järkevintä myydä juuri valtatie varrella, jolloin tankkausasema voisi sijaita aivan laitoksen yhteydessä.

Biokaasulaitoksen optimaalinen sijoituspaikka teoriassa, järkevä sijoituspaikka käytännössä ja tilojen sijainnit on kuvattu kartalla liitteessä 1.

Käsittelylaitoksella on oltava katetut vastaanotto- (raakaliete) ja jälkikaasutusaltaat. Vastaanottoallas on mitoittettava niin, että se toimii puskurina mahdollisten kuljetuskatkoksien varalta. Hyvä puskuri olisi noin viikon syötettä vastaava määrä eli noin 300 m<sup>3</sup>.

Jos laitoksella käsitellään sterilisointia tai hygienisointia vaativia syötteitä, on niille oltava oma vastaanottorakenteensa, joista ne ohjataan esikäsitteilyyn. Vastaanotto on oltava mahdollista suorittaa kärryistä kippaamalla. Laitoksella on oltava myös käytössä etukuormaimella varustettu traktori tai pienkuormain mahdollisten ohikippausten tai muiden häiriötilanteiden varalta.

Tilojen lantalakapasiteetti on tällä hetkellä yhteensä 16400 m<sup>3</sup>. Jokaisella tilalla on navetan yhteydessä tilasäiliö, johon syntynyt lanta varastoidaan. Lisäksi tiloilla 1,2 ja 4 on yhteensä viisi satelliittilantalaa. Tilasäiliöitä on yhteensä 14200 m<sup>3</sup> ja satelliittilantaloita 2200 m<sup>3</sup>. Lantalakapasiteetin jakautuminen tiloittain on kuvattu taulukossa 3.

Taulukko 3. Lantalat

	Tilasäiliöt, m <sup>3</sup> (säiliöiden määrä)	Tilan etäisyys käsitte- lylaitoksesta, km	Satelliittilantalat, m <sup>3</sup>
Tila 1	3450 (4)	4,1	700 + 400 + 500
Tila 2	2600 (3)	0,8	400
Tila 3	2500 (4)	1,2	
Tila 4	2300 (1)	1,0	200
Tila 5	800 (1)	1,5	
Tila 6	1050 (2)	2,1	
Tila 7	1500 (3)	2,1	

Osalla tiloista nykyiset lietalantarakenteet mahdollistavat toimittamisen ja mädätteen varastoinnin nykyisillä lietealtailla. Osalla tiloista olisi rakennettava navetan yhteyteen 20 – 30 m<sup>3</sup> toimitusallas, johon lanta navetasta johdetaan, ja josta lanta toimitetaan käsittelylaitokselle. Toimitusaltaasta toimitetaan lietettä vasta, kun sitä on altaassa vähintään kuljetuskapasiteetin verran, jotta ei kuljeteta vajaita kuormia.

Tilalla 1 liete johdetaan suoraan navetasta kahteen altaaseen (400 m<sup>3</sup> + 400 m<sup>3</sup>) ja kahteen altaaseen (2000 m<sup>3</sup> + 600 m<sup>3</sup>) liete pumpataan tarvittaessa. Käsittelylaitokselle liete voidaan toimittaa suoraan kahdesta 400m<sup>3</sup> altaasta. Käsitelty mädätejäännös palautetaan muihin mädätelantaloihin varastoitavaksi. Mädätettä ei palauteta niihin altaisiin mistä sitä toimitetaan. Uusia allasrakenteita ei tarvitse rakentaa.

Tilalla 2 liete johdetaan suoraan navetasta kolmeen altaaseen (yht. 2600 m<sup>3</sup>). Pihaton yhteyteen olisi rakennettava toimitusallas, johon liete johdetaan suoraan navetasta. Liete toimitettaisiin laitokselle tästä altaasta. Lietettä ei johdettaisi navetasta suoraan tilasäiliöön. Nuorkarja navetalta liete voidaan toimittaa laitokselle suoraan kahdesta altaasta. Määdte palautetaan pihaton tilasäiliöön ja muihin mädätelantaloihin varastoitavaksi.

Tilalla 3 liete johdetaan suoraan navetasta kahteen altaaseen (1000 m<sup>3</sup> + 550 m<sup>3</sup>) ja yhteen altaaseen (800 m<sup>3</sup>) liete pumpataan tarvittaessa. Pihaton yhteyteen olisi rakennettava pieni noin 20-30 m<sup>3</sup> toimitus-säiliö, johon liete johdettaisiin suoraan navetasta. Lietettä ei johdettaisi navetasta suoraan 1000 m<sup>3</sup> tilasäiliöön. Myös 550 m<sup>3</sup> altaasta lietettä voisi toimittaa suoraan laitokselle. Määdte palautettaisiin muihin mädätelantaloihin varastoitavaksi.

Tilalla 4 liete johdetaan suoraan navetasta yhteen altaaseen (2300 m<sup>3</sup>). Pihaton yhteyteen rakennetaan 20-30 m<sup>3</sup> toimitusallas. Lietettä ei johdettaisi navetasta suoraan tilasäiliöön. Määdte palautetaan tilasäiliöön ja muihin mädätelantaloihin varastoitavaksi.

Tilalla 5 liete johdetaan suoraan navetasta yhteen säiliöön (800 m<sup>3</sup>). Navetan yhteyteen rakennetaan 20-30 m<sup>3</sup> toimitusallas ja palautetaan määdte tilasäiliöön. Lietettä ei johdettaisi navetasta suoraan tilasäiliöön. Vaihtoehtona on toimittaa liete tilasäiliöstä ja toimittaa liete muihin mädätelantaloihin varastoitavaksi. Jälkimmäisessä vaihtoehdossa joudutaan kaikki lanta peltolevitykseen noutamaan muilta tiloilta tai satelliittilantaloista.

Tilalla 6 liete johdetaan navetasta suoraan yhteen altaaseen (550 m<sup>3</sup>) ja toiseen altaaseen (500 m<sup>3</sup>) liete pumpataan tarvittaessa. Käsittelyyn liete voidaan toimittaa suoraan 550 m<sup>3</sup> altaasta ja palauttaa määdte 500 m<sup>3</sup> altaaseen ja muihin mädätelantaloihin varastoitavaksi. Vaihtoehtona on rakentaa 20-30 m<sup>3</sup> toimitusallas ja palauttaa määdte muihin määdtealtaisiin varastoitavaksi.

Tällä tilalla ensimmäinen vaihtoehto olisi mielestäni järkevämpi. 500 m<sup>3</sup> allas riittää yhteen peltolevitys kierrokseen hyvin ja tarvittaessa lietettä voi noutaa muista lantaloista. Uusia allasrakenteita ei tässä vaihtoehdossa tarvittaisi.

Tilalla 7 liete johdetaan suoraan navetasta kolmeen säiliöön (yht. 1500 m<sup>3</sup>). Tällä tilalla toimitusten ja palautusten järjestäminen on vaikeinta, koska erillisiä (navetasta erillään olevia) altaita ei ole. Jos mahdollista yhden nykyisistä altaista voisi eristää navetasta. Lantalarakenteita olisi joko muutettava niin, että eristettävään altaaseen nykyisin johdettava liete johdettaisiin toiseen altaaseen, tai rakennettaisiin 20-30 m<sup>3</sup> toimitusallas, johon liete navetasta johdettaisiin toimitukseen. Tässä vaihtoehdossa mädäte palautetaan varastoitavaksi eristettyyn altaaseen ja muihin mädätelantaloihin.

Toinen vaihtoehto on toimittaa lanta käsittelyyn suoraan nykyisistä lantaloista ja palauttaa mädäte muihin mädätelantaloihin varastoitavaksi. Tässä vaihtoehdossa ei jouduttaisi rakentamaan tilalle uusia rakenteita. Tilan lähipelloille levitettävä mädäte jouduttaisiin kuitenkin noutamaan tilan 6 mädätevarastoista tai jostain muualta, koska omissa tilasäiliöissä ei mädätettä olisi.

Tiloilla 1, 2, 4, 5, 6 ja 7 on peltoa Kieräsuon nimisellä peltoalueella tai ne kuljettavat lantaa alueen kautta peltolevitykseen. Tänne olisi järkevää sijoittaa lisää satelliittilantala kapasiteettia. Tilalla 4 on jo 200 m<sup>3</sup> satelliittilantala Kieräsuolla. Kieräsuolle tai sen kautta kuljetetaan vuodessa noin 2900 m<sup>3</sup> lantaa peltolevitykseen. Jos alueella olisi tilojen yhteinen satelliittilantala, vähenisi tilojen lannanlevitykseen kuluttama työaika huomattavasti, koska lantaa ei tarvitsisi hakea omasta tilasäiliöstä. Lantala tulisi sijoittaa keskeiselle paikalle lähelle kieräsuontietä. Sopiva lantalan koko olisi noin 1500 m<sup>3</sup>. Tällöin se riittäisi kevään, kesän ja syksyn levitys sesonkeihin. Lantala täytettäisiin aina, kun siitä on levitetty mädätettä pelloille.

Kunkin tilan lantavarastot ja peltoalueet on kuvattu kartalla liitteissä 2-8

Maa- ja metsätalousministeriön mukaan kattamattoman lietelantavaraston rakennuskustannus on noin 22 €/m<sup>3</sup>. Kieräsuon satelliittilantalan rakennuskustannus olisi

näin ollen noin  $22 \text{ €/m}^3 \times 1500 \text{ m}^3 = 33\,000 \text{ €}$ . Tiloille 2, 3, 4 ja 5 ja mahdollisesti myös tiloille 6 ja 7 rakennettavien 20 - 30  $\text{m}^3$ :n toimitus-säiliöiden kustannus olisi noin  $22 \text{ €/m}^3 \times 30 \text{ m}^3 = 660 \text{ €/säiliö}$ . Lisäkustannuksia tulee putkien johtamisesta navetasta säiliöön, ja nykyisten putkien tukkimisesta. Mädätteen varastot olisi suotavaa kattaa typpihävikin minimoimiseksi. Kattamiskustannus on noin  $20 \text{ €/m}^2$  kelluvalla katteella. Halkaisijaltaan 20m:n lantalan kattamiskustannus olisi noin  $20 \text{ €/m}^2 \times 314 \text{ m}^2 = 6280 \text{ €}$ . (Rakennusinvestointien yksikkökustannukset 2013.)

### 3.3 Lannan kuljetusmäärät ja kalusto

Lantakuljetukset suoritetaan paluukuljetuksina, eli aina, kun joltakin tilalta noudataan lietettä käsiteltäväksi, viedään sinne samalla mädätettä varastoitavaksi. Jos tilan säiliöihin ei mädätettä mahdu pyritään se, toimittamaan samaan suuntaan johonkin toiseen varastosäiliöön. Paluukuljetuksina toteutettuna säästetään merkittävästi kuljetuskustannuksissa.

Taulukossa 4 on kuvattu tiloilla muodostuvat lantamäärät tiloittain.

Taulukko 4. Lantamäärät

	Lantaa $\text{m}^3/\text{v}$	Lantaa $\text{m}^3/\text{pv}$
Tila 1	4500	12,3
Tila 2	3800	10,4
Tila 3	2400	6,6
Tila 4	2000	5,5
Tila 5	650	1,8
Tila 6	1000	2,7
Tila 7	1400	3,8
YHTEENSÄ	15750	43,1

Tilalla 1, 2 ja 3 on olemassa 17 m<sup>3</sup>:n lietevaunu täyttöpuomilla. Näitä vaunuja käytetään lannan kuljetukseen tiloilta käsittelylaitokselle ja edelleen laitokselta varastolantaloihin. Täyttöpuomilla vaunun täyttö on helppoa, eikä kuljettajan tarvitse poistua traktorin kopista täytön ajaksi. Lietevaunujen täyttö- ja tyhjennysaika on noin 5 minuuttia (Lahti 2014c; Kirvesmäki 2014; Möttölä 2014). Laskelmissa on kuitenkin käytetty 10 minuutin täyttö- ja tyhjennysaikaa, jotta laskelmasta saataisiin mahdollisimman todenmukainen.

Jos käsittelylaitos sijaitsee Ruukintien ja valtatie 13 risteyksessä ja kuljetuskalusto säilytettäisiin käsittelylaitoksella, edestakaiset matkat jokaiselle navetalle lastaus ja purkuaikoineen kestää noin 160 minuuttia. Kahvitauko mukaan lukien aika olisi noin 3 tuntia. Lannan muodostuksesta johtuen kaikilla tiloilla ei kuitenkaan tarvitse käydä joka päivä. Lantaa kannattaa hakea tilalta vasta kun toimitussäiliössä on vähintään vaunun koon verran lietettä. Laskelmassa lannan kuljetukset on laskettu olettamalla, että tiloilta lantaa noudetaan seuraavasti:

- tilat 5 ja 6 kerran viikossa
- tila 7 joka neljäs päivä
- tilat 3 ja 4 joka kolmas päivä
- tilat 1 ja 2 joka päivä

Näin ollen viikon aikana kuljetuksia kertyy viitenä päivänä kolme ja kahtena päivänä neljä. Noutokuljetuksiin kuluu aikaa noin 1,5 tuntia ja paluukuljetuksiin hieman enemmän, johtuen kuljetuksista satelliittilantaloihin, joihin on pidempi matka. Kuljetuksiin kuluva aika olisi päivittäin keskimäärin noin 3 tuntia.

Todellisuudessa tiloilla ei tarvitse käydä aivan näin usein, joten kuljetuksiin kuluu todellisuudessa hieman vähemmän aikaa. Taulukossa 5 on kuvattu tarvittava kuljetuskertojen määrä laskennallisesti 17 m<sup>3</sup>:n lietevaunulla.

Taulukko 5. Kuljetuskertojen määrä

	Kuljetuksia viikossa	Kuljetuksia vuodessa
Tila 1	5,1	265
Tila 2	4,3	224
Tila 3	2,7	141
Tila 4	2,3	118
Tila 5	0,7	38
Tila 6	1,2	62
Tila 7	1,6	85
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>17,9 (2,6 päivässä)</b>	<b>933</b>

Vaikka todellinen kuljetusten määrä on pienempi, kuin Lähdevaaran laskelmassa, on kolme tuntia hyvä arvio kuljetuksiin kuluva ajasta päivittäin.

Traktori + 17 m<sup>3</sup> lietevaunu selviytyvät lannan kuljetuksista hyvin. Kimingin ympäristössä kyseinen kalusto on tarkoituksenmukaisin kuljetusväline. Jos kuljetukset haluttaisiin toteuttaa kuorma-autokalustolla, olisi selvittävä kuljetustaajuuden oikea taso. Kuorma-autokalustolla olisi järkevää kuljettaa kerralla mahdollisimman suuri määrä lantaa. Tätä rajoittaisi kuitenkin käsittelylaitoksen esivarasto, joka olisi noin 300 m<sup>3</sup>. Kuorma-auton säiliö olisi noin 30-40 m<sup>3</sup> jolloin kuljetuksia kertyisi vähän. Vaikka esisäiliö olisi tyhjä, kertyisi kuljetuksia enimmilläänkin vain noin 10, jos säiliö täytettäisiin. Esisäiliötä ei kuitenkaan olisi järkevää kohtuuttomasti suurentaa, koska kustannukset nousisivat.

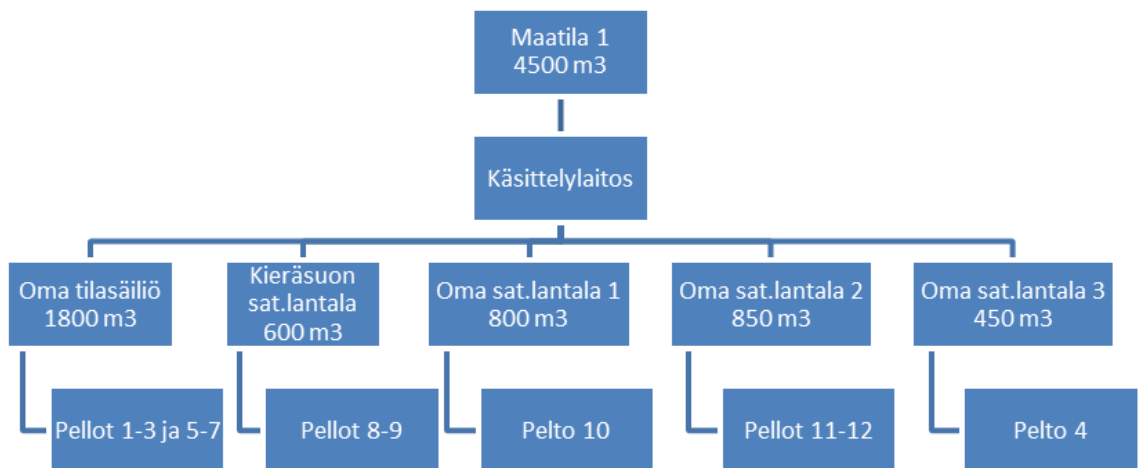
Tilojen oman kaluston käyttöä puoltaa myös se, että traktorit muutettaisiin todennäköisesti kaasulla toimiviksi, jolloin kuljetuksissa voidaan käyttää tuotettua kaasua polttoaineena. Tämä laskee kuljetuskustannuksia.

Peltolevitysaikaan lantaa toimitetaan käsittelylaitokselle vain niiltä tiloilta joille rakennetaan pieni toimitussäiliö. Niiltä tiloilta joilla nykyiset lantalarakenteet toimivat toimitussäiliönä, tarvitsee peltolevitysaikaan toimittaa vain, jos lantala on aivan täynnä. Tähän on varauduttava ennen peltolevityksiä toimittamalla enemmän näiltä tiloilta. Näin ollen kaikki tilat saavat hoidettua peltolevitykset omilla lietevaunuillaan.

Peltolevitykseen kuluva aika pienenee Kieräsuon satelliittilantalan johdosta ja nou-  
dettaessa mädätettä aina peltoa lähimmältä tilalta, jolloin vaunujen käyttöaste pie-  
nenee suhteessa nykyiseen tilanteeseen. Näin ollen tilojen 1, 2 ja 3 lietevaunuilla  
kyettäisiin hoitamaan biokaasulaitoksen kuljetukset myös peltolevitysaikaan.

Kieräsuon 1500 m<sup>3</sup>:n satelliittilantalan kautta kulkisi vuodessa noin 3500 m<sup>3</sup> mädä-  
tettä. Lietteen levitys jakautuu ainakin kolmeen eri levityskertaan, eli 1500 m<sup>3</sup> on  
riittävä satelliittilantalan koko. Muiden jo olemassa olevien lantavarastojen käyttöas-  
te ei merkittävästi muutu, joten tilojen nykyiset lietevarastot riittävät omalta osal-  
taan logistiikan hoitoon.

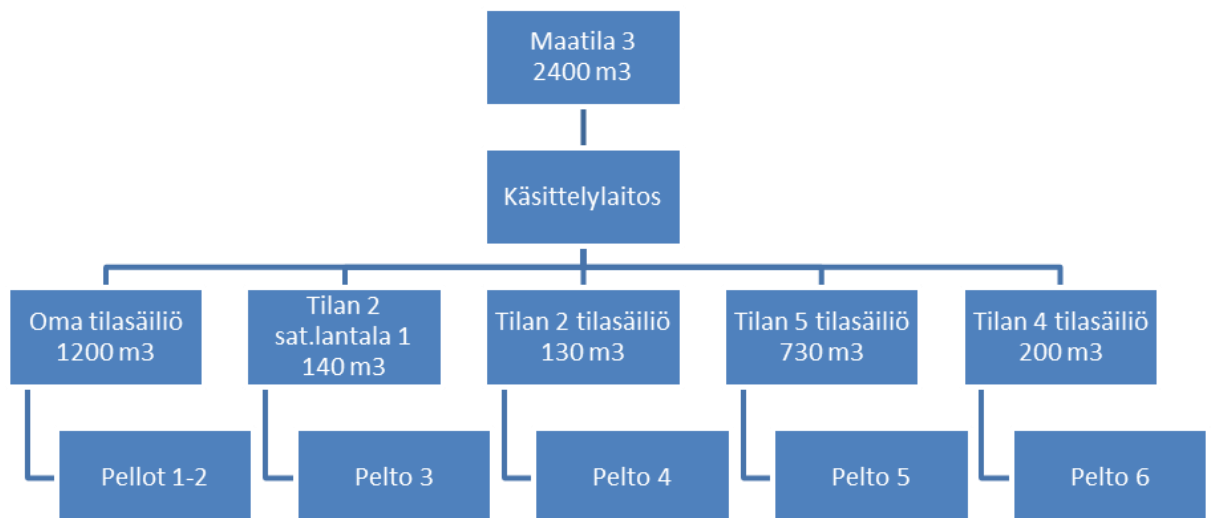
Kuvioissa 3-9 on kuvattu kunkin tilan tuottaman lannan logistinen ketju tilalta pellol-  
le. Ketjuun on lisätty maataloilta lähtevä lietemäärä ja lantaloiden kautta kulkeva lie-  
temäärä vuodessa kullekin peltoalueelle. Tilojen lantaloiden ja peltoalueiden sijain-  
nit on kuvattu liitteissä 2-8.



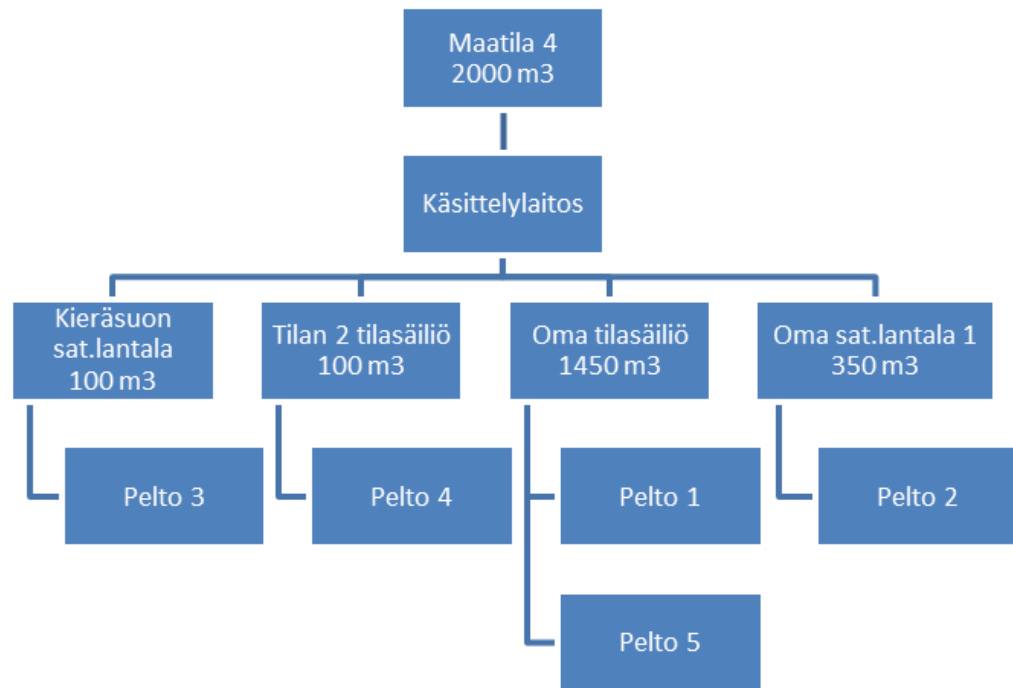
Kuvio 3. Tilan 1 logistinen ketju



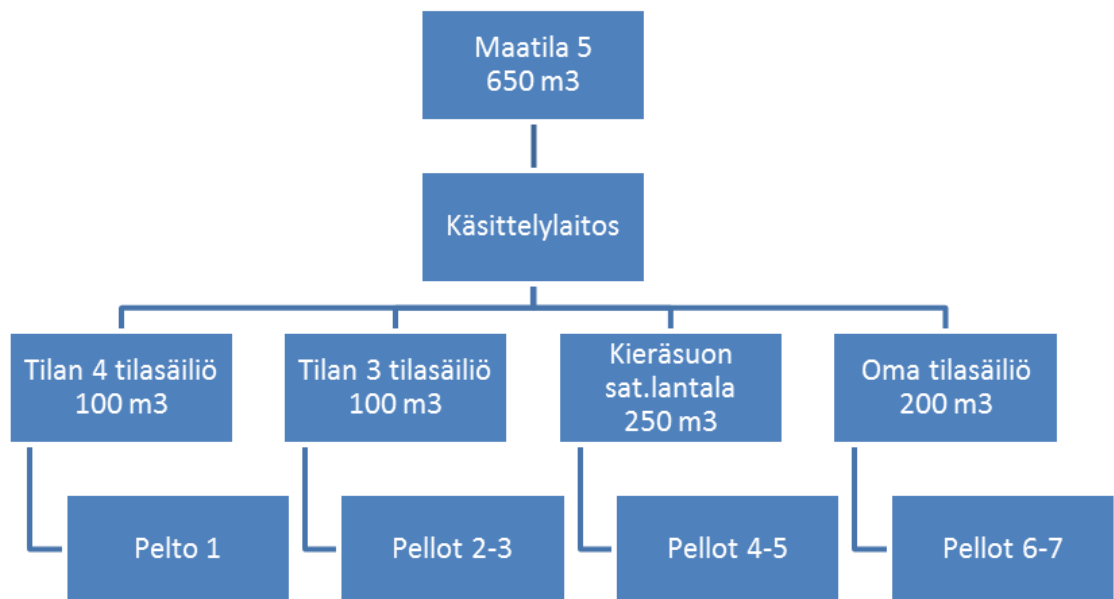
Kuvio 4. Tilan 2 logistinen ketju



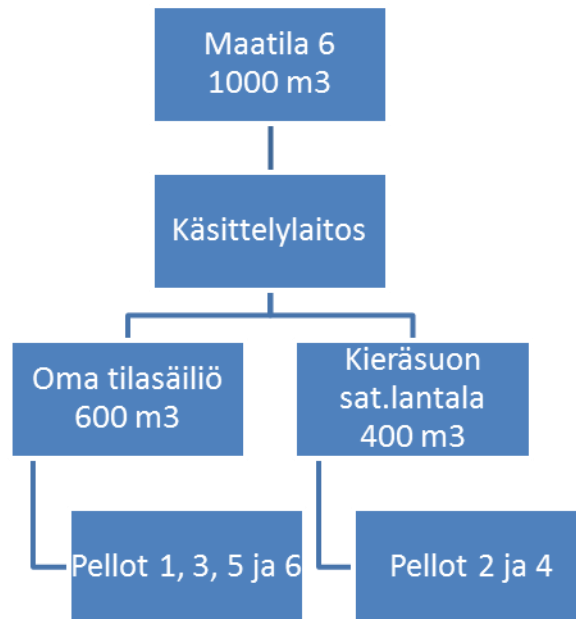
Kuvio 5. Tilan 3 logistinen ketju



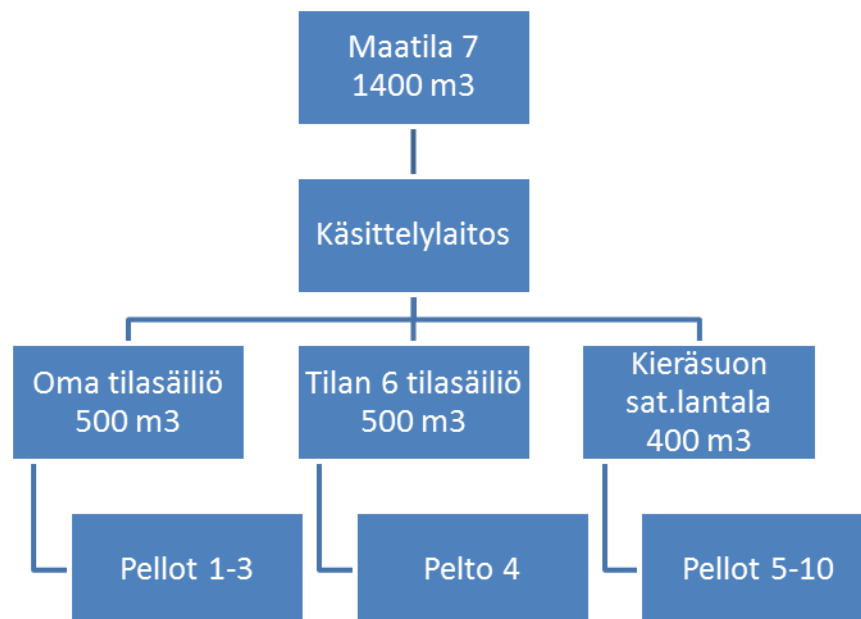
Kuvio 6. Tilan 4 logistinen ketju



Kuvio 7. Tilan 5 logistinen ketju



Kuvio 8. Tilan 6 logistinen ketju



Kuvio 9. Tilan 7 logistinen ketju

Lannan kuljetuksiin tarvittava kuljetusmatka lisääntyy huomattavasti nykyisestä kuljettaessa liete käsiteltäväksi biokaasulaitokselle.

Tilojen yhteenlaskettu lannankuljetusmatka on ilman käsittelylaitosta peltolevitys pois-laskettuna noin 5000 km. Kuljettaessa lanta biokaasulaitoksen kautta pelloille nykyisellä kalustolla on matka noin 8800 km. Matka kasvaa siis noin 43 %.

Jos lannan kuljetus toteutetaan yhteistyönä laitokselle ja sieltä takaisin lantavarastoihin 17 m<sup>3</sup> lietevaunulla ja varastoista omalla kalustoilla peltolevitykseen vähenee kuljetusmatka 8000 km:iin. Matka vähenisi 9 %.

Jos kaikki lannan logistiikka toteutettaisiin yhteistyönä 17 m<sup>3</sup> lietevaunulla, vähenisi kuljetusmatka 7770 km:iin. Matka vähenisi alkuperäisestä 8800 kilometristä 12 %.

Tehtäessä yhteistyötä kuljetusmatka lisääntyisi nykytilanteesta siis vain noin 2800 km eli 36 %.

Sivullisille aiheutuu haittaa biokaasulaitoksen toiminnasta lähes yksinomaan kuljetuksista. Kuljetuskaluston täyttö ja tyhjennys tulee hoitaa niin, että kalusto pysyy siistinä, jolloin hajuhaittoja syntyy mahdollisimman vähän. Kimingin ympäristössä haittaa lievittää se, että kyläläiset ovat tottuneita lannan kausittaisiin kuljetuksiin. Laitoksen kuljetuksia hoidetaan kuitenkin ympäri vuoden, joten ymmärrystä kyläläisiltä vaaditaan. Kuljetukset pystytään kuitenkin hoitamaan lähes yksinomaan päätteitä pitkin, joten sivullisia häiritään mahdollisimman vähän. Lisääntyvät raskaat kuljetukset rasittavat tiestöä paikoitellen varsinkin kelirikkoaikaan, joka vaikuttaa suoraan myös muihin tienkäyttäjiiin. Lisääntyvä raskas liikenne on myös liikenneturvallisuusriski. Mahdollisten sivusyötteiden kuljetukset hoituvat valtatie 13 kautta, joten haittaa sivullisille ei pitäisi aiheutua lainkaan.

### 3.4 Kuljetusten toteuttaja

Käsiteltäessä tilojen lietteet käsittelylaitoksella lisääntyy kuljetuksiin kuluva työmäärä merkittävästi tilasta riippuen. Jokainen kuljetus tilalta käsittelylaitokselle on nykytilanteeseen verrattuna lisätyövaihe lannan logistiikassa.

Kuljetuksiin kokonaisuudessaan kuluva aika on keskimäärin noin 3 tuntia päivässä ja 1095 tuntia vuodessa, joten tilojen omana työnä kuljetuksia ei voida toteuttaa. Tilallisten haastatteluissakin ilmeni, että logistiikan toteutus ihmistyön osalta olisi ulkoistettava. Vaihtoehtona on palkata käsittelylaitokselle työntekijä, joka hoitaa lannan kuljetukset ja muun laitoksen toiminnan. Normaali palkallisen työntekijän työaika

vuodessa on noin 1800 tuntia, joten työtä laitoksella ei välttämättä riittäisi kokopäiväisesti, mutta tiloilla työtä varmasti olisi tarjolla. Toinen vaihtoehto on ostaa työ urakoitsijalta. Tällöin voidaan ostaa vain tarvittava työpanos. Urakoitsijalla ei tarvitsisi olla välttämättä omaa traktoria, koska tilojen omia traktoreita voidaan käyttää kuljetuksissa. Kuitenkin kesäisin tilojen traktorit ovat sidottuja peltotöihin, joten urakoitsijalla olisi oltava oma traktori käytettävissä. Vaihtoehtona olisi toki myös, että käsittelylaitos investoi oman traktorin.

Työn kustannukset palkatulla työntekijällä 12 € tuntipalkalla olisi noin 45 000 €/v. Urakoitsijalta ostettuna kustannus riippuu urakointisopimuksesta. Jos urakoitsija hoitaa työt tilojen kalustolla on urakoinnin hinta noin 20 – 30 €/h. Jos urakoitsija käyttää omaa traktoriaan, on hinta noin 40 – 60 €/h. Vuodessa urakointikustannus tilojen kalustolla olisi noin 22000 – 33000 € ja urakoitsijan omalla traktorilla suoritettuna noin 44000 – 66000 €. Joustavin ratkaisu olisi urakoitsijan käyttäminen, koska talviaikaan, kun tiloilla on pienin työkuorma, osan kuljetuksista voisi hoitaa myös tilojen omana työnä. Samaa urakoitsijaa voisi käyttää myös peltolevityksessä, joka pienentäisi tilojen työmäärää.

## 4 Johtopäätökset

### 4.1 Logistiikan tehostaminen keskitetyssä biokaasuntuotannossa

Vaikka nykytilanteeseen verrattuna käsittelylaitos lisäisi tilojen lannan kuljetuksiin tarvittavaa työpanosta huomattavasti, on yhteistyöllä mahdollista vähentää työnlisäystä huomattavasti. Työmenekki nykykalustolla vertailtuna ilman laitosta ja laitoksen kanssa lisääntyisi noin 43 %. Tekemällä yhteistyötä ja optimoimalla logistiikkaa on työnlisäys mahdollista pienentää noin 36 %:iin. Lietteen kokonaiskuljetusmatkaa on optimoinnilla mahdollista vähentää noin 12 %. Ottaen huomioon logistiikkaan kuluvan kokonaistyömäärän on säästö huomattava. Optimointi laskelmat on tehty jo nykyisin kolmella tilalla olevalla 17 m<sup>3</sup> vaunukalustolla, joten suurentamalla vaunukalustoa on työaikaa mahdollista edelleen pienentää.

Tilojen nykyinen rakennuskanta on lähes riittävä optimoinnin toteuttamiseen. Rakentamalla 3-4 tilalle 20-30 m<sup>3</sup>:n toimitusallas ja Kieräsuolle 1500 m<sup>3</sup>:n satelliittilantala, saadaan logistiikka toimimaan tehokkaasti. Muutostöitä nykyisiin navetan ja lantalan välisiin lantakouruihin jouduttaisiin tekemään viidellä tilalla.

Laskennallisia kustannuksia rakennus ja muutostöille kertyy Maa- ja Metsätalousministeriön (Rakennusinvestointien yksikkökustannukset 2013) mukaan seuraavasti:

- 4 kpl toimitussäiliöitä: 2640 € (á 660 €)
- 1500 m<sup>3</sup> satelliittilantala: 33 000 €

Lisäksi kustannuksia kertyy lantakourujen muutostöistä varovaisesti arvioiden noin 3000 € per muutostyö eli yhteensä noin 15 000 €.

Lisäksi, jos typpihävikin minimoimiseksi mädätevarastot katettaisiin, olisi kattamiskustannus noin 20 €/m<sup>2</sup> kelluvalla katteella (Rakennusinvestointien yksikkökustannukset 2013).

Jotta voitaisiin päästä mahdollisimman kannattavaan lopputulokseen, on logistiikan tehostaminen välttämätöntä. Noudettaessa mädätettä peltolevitykseen peltoa lähimmältä varastolta säästetään polttoaine kustannuksissa ja levitykseen kuluva työaika pienenee. Työmäärän väheneminen vaikuttaa osaltaan myös työkoneiden ja traktoreiden huollontarpeeseen.

Jos tiloilla tuotettu lanta kuljetetaan käsittelylaitokselle ja sieltä taas takaisin tilakeskussäiliöihin tai satelliittilantaloihin, lisääntyy lannan kuljetusten kokonaistyömäärä jonkin verran. Kuitenkin jos kaikki kuljetukset toteuttaisi palkattu työntekijä tai ulkoinen urakoitsija vähenisi tilallisten työmäärä tilasta riippuen jonkin verran, koska lannan tiekuljetukset peltolevityksen yhteydessä vähenisivät.

## 4.2 Jatkokehitysideat

Ensimmäinen jatkotutkimus pitäisi mielestäni tehdä laitoksen antamasta kokonaisyödystä. Hyötyä saadaan mm. mädätejäännöksen vaikutuksesta satotasoon. Koska lietteen toimittaminen laitokselle lisää tilojen työmäärää huomattavasti, on työmäärän lisäämisestä saatava riittävän suuri taloudellinen hyöty.

Mahdollisten lisäsyötteiden saanti alueella olisi kartoitettava. Naapurikuntien yhdyskuntalietteiden lisäksi mahdollisia syötteitä olisivat mm. biojätteet Sammakkokangas Oy:ltä ja kasvibiomassat alueen viljelijöiltä.

Jotta biokaasulaitoksen talouden saisi järkevälle pohjalle, olisi kartoitettava laitoksen jalostustuotteiden, kuten liikennepolttoaineen, lämmön ja sähkön mahdolliset markkinat alueella, sekä tilojen kiinnostus lietteenkäsittelyn toteuttamiseen yhteistyönä.

## 4.3 Pohdinta

Biokaasulaitos olisi mielestäni varsin toimiva ratkaisu Kimingin toimintaympäristössä, jos tilat toimisivat yhteistyössä. Niin kauan, kuin alueen tilat ovat toiminnassa, olisi laitoksen raaka-aineen saanti turvattu ja tilat saisivat toiminnasta lisäarvoa omalle ydintoiminnalleen. Myös lisäliiketoiminnasta saatavat tulot olisivat hyvä lisä nykyiseen maataloussektorin haastavaan tilanteeseen.

Työssä olisi saanut laskettua paremmin rahallista ja ajallista työnmenekkiä, jos olisi ollut saatavilla mitattua tietoa polttoainekulutuksesta ko. tilojen lannankuljetuksesta, kuljetusten keskinopeudesta ja vaunujen täyttö ja tyhjennysajoista.

Mielestäni opinnäytetyön suorittaminen meni hyvin. Alku lähti hyvin liikkeelle ja sainkin työstä suuren osan tehtyä vuoden 2014 kevään aikana. Tämän jälkeen työ eteni verkkaisemmin ja lähti uudelleen käyntiin vuoden 2015 alussa, jolloin kirjoitin työn valmiiksi.

## Lähteet

A 142/2011. Komission asetus. Muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveyssäännöistä, sekä asetuksen (EY) N:o 1774/2002 kumoamisesta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1069/2009 täytäntöönpanosta, sekä neuvoston direktiivin 97/78/EY täytäntöönpanosta tiettyjen näytteiden ja tuotteiden osalta, jotka vapautetaan kyseisen direktiivin mukaisista eläinlääkärintarkastuksista rajatarkastusasemilla. Euroopan unioni. Euroopan unionin virallinen lehti L54. Viitattu 22.3.2014.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:054:0001:0254:FI:PDF>

A 1063/2012. Valtioneuvoston asetus energiatuen myöntämisen yleisistä ehdoista. Säädös säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 22.3.2014. <http://www.finlex.fi>, lainsäädäntö, ajantasainen lainsäädäntö.

A 1065/2012. Maa- ja metsätalousministeriön asetus rakentamisinvestointien hyväksyttävistä yksikkökustannuksista. Säädös säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 22.3.2014. <http://www.finlex.fi>, lainsäädäntö, ajantasainen lainsäädäntö.

A 1069/2009. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus. Muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveyssäännöistä sekä asetuksen (EY) N:o 1774/2002 kumoamisesta. Sivutuoteasetus. Euroopan unionin virallinen lehti L300. Viitattu 22.3.2014. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:300:0001:0033:FI:PDF>

Arola, J. 2012. Keskitetyn biokaasulaitoksen energiatase. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu, ympäristöteknologia.

Arthurson, V. 2009. Closing the Global Energy and Nutrient Cycles through Application of Biogas Residue to Agricultural Land – Potential Benefits and Drawbacks. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Microbiology. [www.mdpi.com/journal/energies](http://www.mdpi.com/journal/energies)

Energiatuen enimmäismäärät 2014. Ohje työ- ja elinkeinoministeriön internetsivuilla. Viitattu 22.3.2014. [http://www.tem.fi/energia/energiatuki/tuen\\_maara](http://www.tem.fi/energia/energiatuki/tuen_maara)

Huttunen, M. & Kuittinen, V. 2012. Suomen biokaasulaitosrekisteri 2012. Itäsuomen Yliopisto. Viitattu 19.3.2014. <http://www.biokaasuyhdistys.net>, julkaisu, biokaasulaitosrekisteri.

Kalmari, J. 2006. Maatilakohtaisen biokaasulaitosinvestoinnin kannattavuus suomalaisella sikatilalla. Pro gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto, Taloustieteenlaitos, maatalousekonomia.

Kapuinen, P. 2002. Keskitetyn mädättämön ja siihen lantaa toimittavien tilojen välisen ja sisäisen lannankuljetusten logistiikka Kuopion Jänneiemien alueen pohjavesialueella. Malla-hanke. Liite 2. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.

Karstulan kunta. 2011. Karstulan kunnan toimintakertomus 2011. Karstulan kunnan verkkosivut. Viitattu 16.3.2014. <http://www.karstula.fi>, asiointi ja hallinta, pöytäkirjat.

Kirvesmäki, J. 2014. Maanviljelijä. Kyyjärvi. Haastattelu 8.2.2014.

L 142/2011. Komission asetus. Viitattu 22.3.2014

L 539/2006. Lannoitevalmistelaki. Säädos säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 19.3.2014. <http://www.finlex.fi>, lainsäädäntö, ajantasainen lainsäädäntö.

L 861/1997. Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista. Säädos säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 21.3.2014. <http://www.finlex.fi>, lainsäädäntö, ajantasainen lainsäädäntö.

L 1396/2010. Laki uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta. Säädos säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 22.3.2014. <http://www.finlex.fi>, lainsäädäntö, ajantasainen lainsäädäntö.

Lahti, H. 2014. Maanviljelijä. Karstula. Haastattelu 9.2.2014.

Lahti, M. 2014. Maanviljelijä. Karstula. Haastattelu 11.2.2014.

Lahti, T. 2014. Maanviljelijä. Karstula. Haastattelu 11.2.2014.

Lannoitevalmisteiden lainsäädäntö. N.d. Ohje Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran internet sivuilla. Viitattu 23.3.2014. <http://www.evira.fi/portal/fi/kasvit/viljely+ja+tuotanto/lannoitevalmisteet/lainsaadanto>

Laukkanen, H. 2012. Mädätteen levitysmenetelmien erot ja vaikutus säilörehun rehuarvoihin ja satotasoon. Opinnäytetyö. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu, maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma.

Lehtomäki, A., Paavola, T., Luostarinen, S. & Rintala, J. 2007. Biokaasusta energiaa maatalouteen – raaka-aineet, teknologiat ja lopputuotteet. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 85. Jyväskylä Innovation Oy. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Ympäristötiede.

Monnet, F. 2003. A Introduction to Anaerobic Digestion of Organic Wastes. Final report. Remade Scotland.

Mykkänen, E. 2008. Biokaasun tuottaminen säilörehusta lehmänlantaa käsittelevällä biokaasulaitoksella. Pro gradu-tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, ympäristötiede, uusiutuvan energian maisteriohjelma.

Möttölä, J-P. 2014. Maanviljelijä. Karstula. Haastattelu 8.2.2014.

Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa. 2013. Opas maa- ja metsätalousministeriön internetsivuilla. Viitattu 30.3.2014.

[http://www.mmm.fi/attachments/elo/newfolder/lannoiteaineet/6J0IEpdSu/Puhdistamolietteen\\_kaytto\\_maataloudessa.pdf](http://www.mmm.fi/attachments/elo/newfolder/lannoiteaineet/6J0IEpdSu/Puhdistamolietteen_kaytto_maataloudessa.pdf)

Rakentamisinvestointien yksikkökustannukset. 2013. Liite 1. Maa- ja metsätalousministeriön asetus (1038/2013) rakentamisinvestointien hyväksyttävistä yksikkökustannuksista. Säädös säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 18.4.2014.

<http://www.finlex.fi>, lainsäädäntö, ajantasainen lainsäädäntö.

Rantanen, J. 2014. Maanviljelijä. Karstula. Haastattelu 8.2.2014.

Ruuska, O. 2012. Jätevesilietteen käsittely ja jalostus. Loppuraportti. Maaseudun kehittämisyhdistys Viisari ry.

Ruuska, O. 2014. Toimitusjohtaja. Sammakkokangas Oy. Biojätteiden ja yhdyskuntalietteiden määrät. Sähköpostiviesti 16.3.2014. Vastaanottaja Reima Oikari.

Salo, R. 2014. Vesi- ja viemärlaitoksen hoitaja. Karstulan jäteveden puhdistamo. Puhelinkeskustelu 10.4.2014.

Sivutuotteiden luokittelu. N.d. Ohje Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran internetsivuilla. Viitattu 23.3.2014.

<http://www.evira.fi/portal/fi/tietoa+evirasta/asiakokonaisuudet/elaimista+saatavat+sivutuotteet/luokittelu/>

Syöttötariffin maksatus. N.d. Ohje Energiaviraston internetsivuilla. Viitattu 22.3.2014.

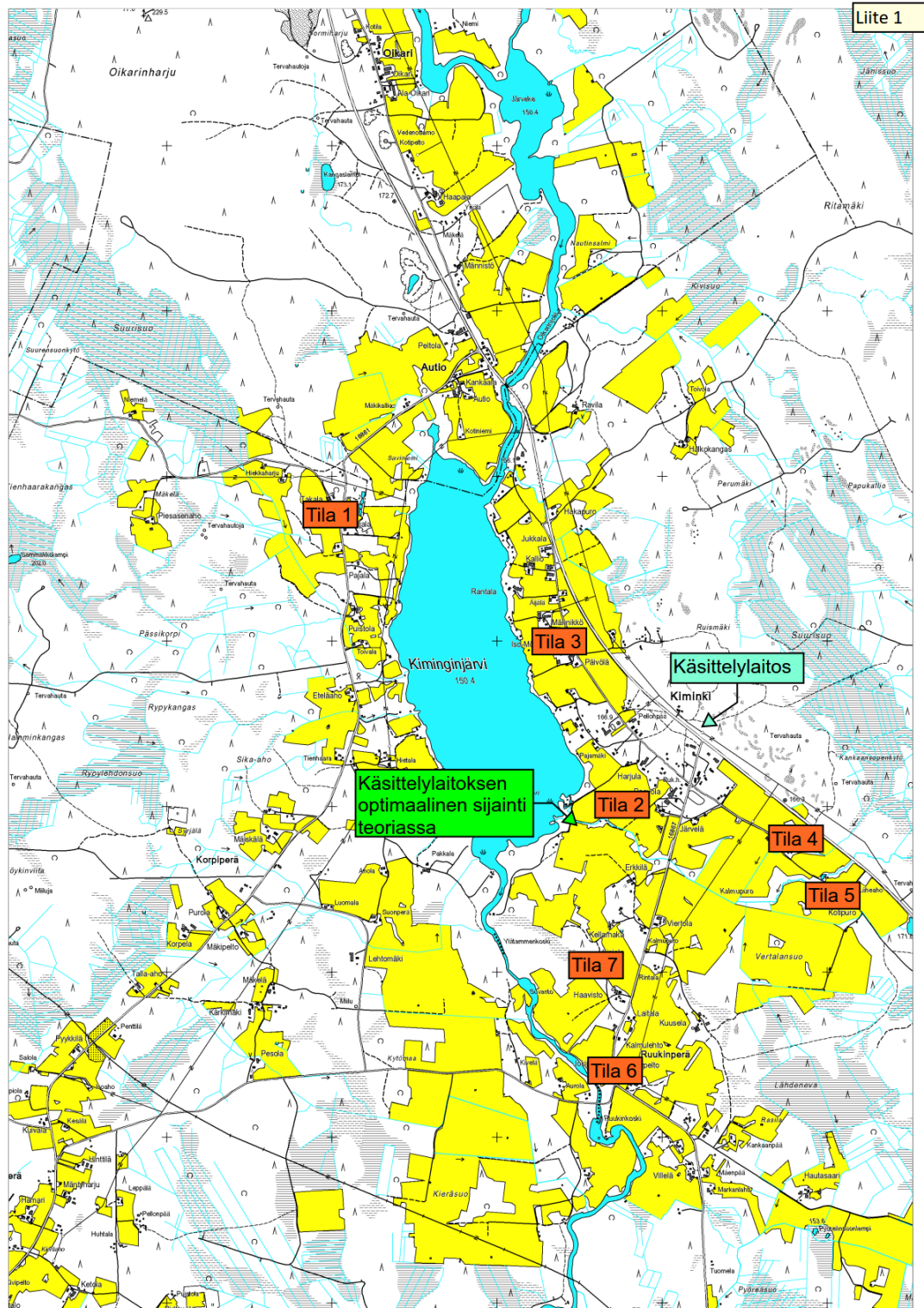
<http://www.energiavirasto.fi/syottotariffin-maksatus>

Åkerlund, F. 2013. Motiva. Biokaasulaitosten tukijärjestelmät Suomessa. Bionova Consulting.

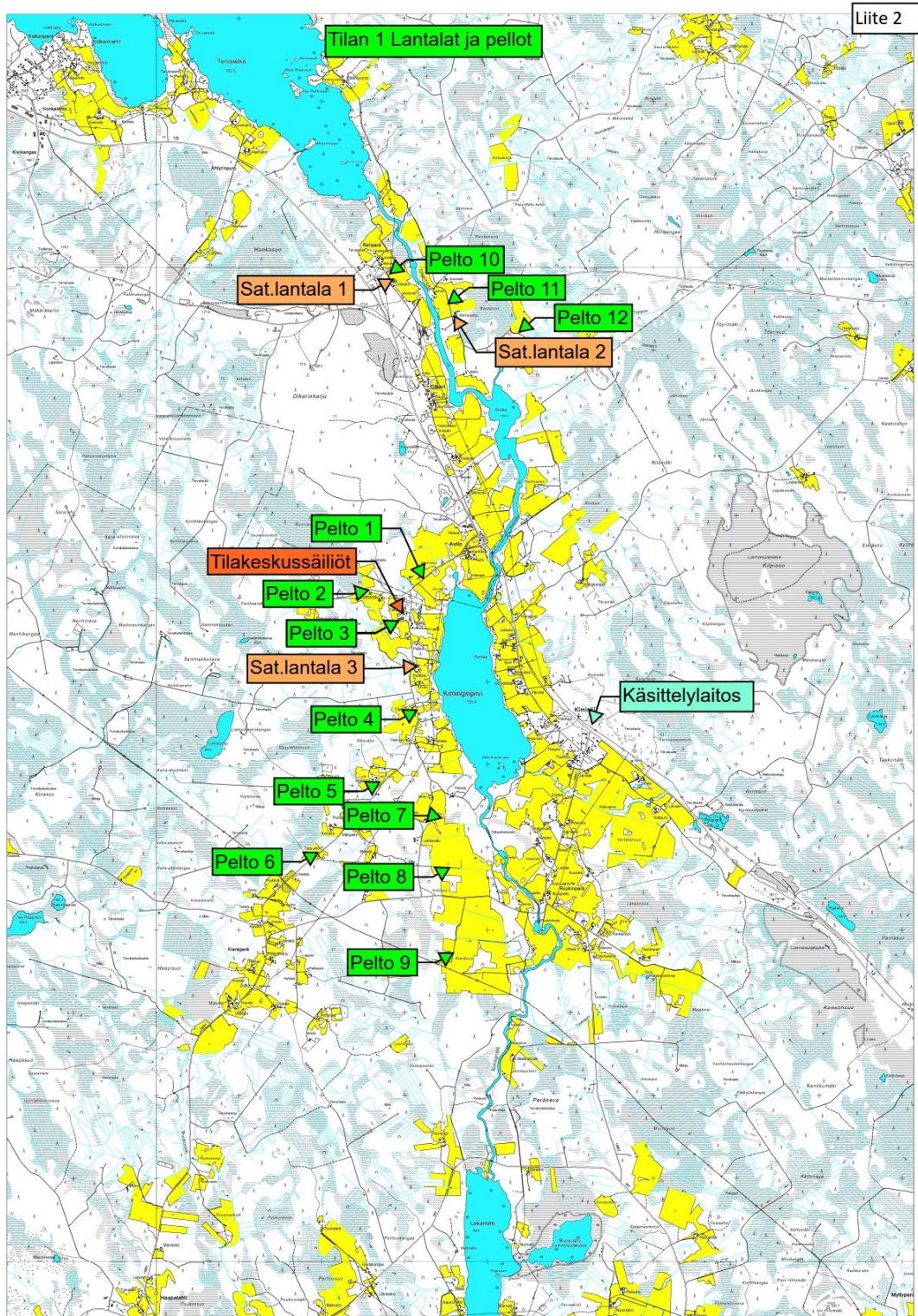
Äijänen, A. 2014. Maanviljelijä. Karstula. Haastattelu 11.2.2014.

# Liitteet

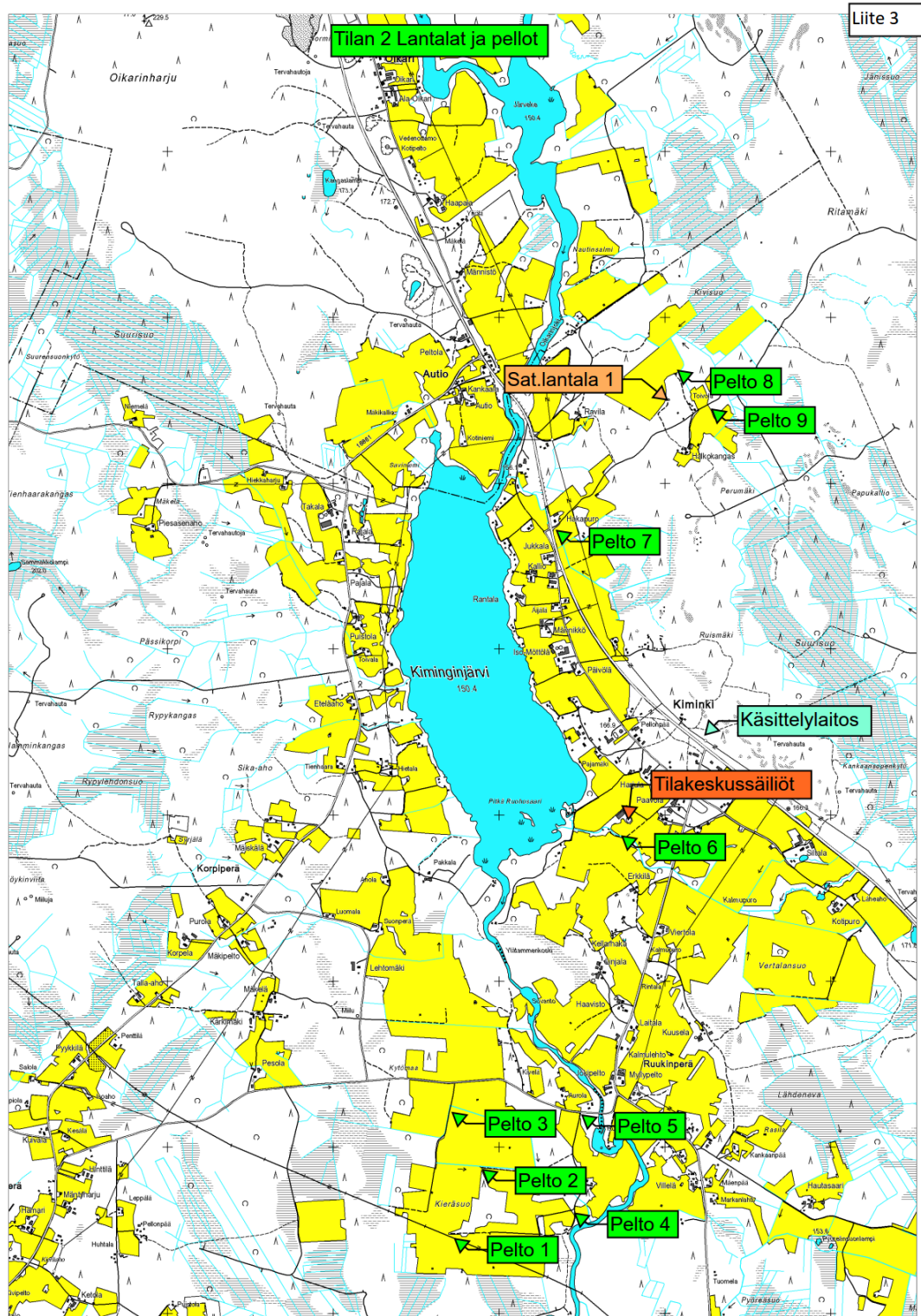
## Liite 1. Biokaasulaitoksen ja tilojen sijainti



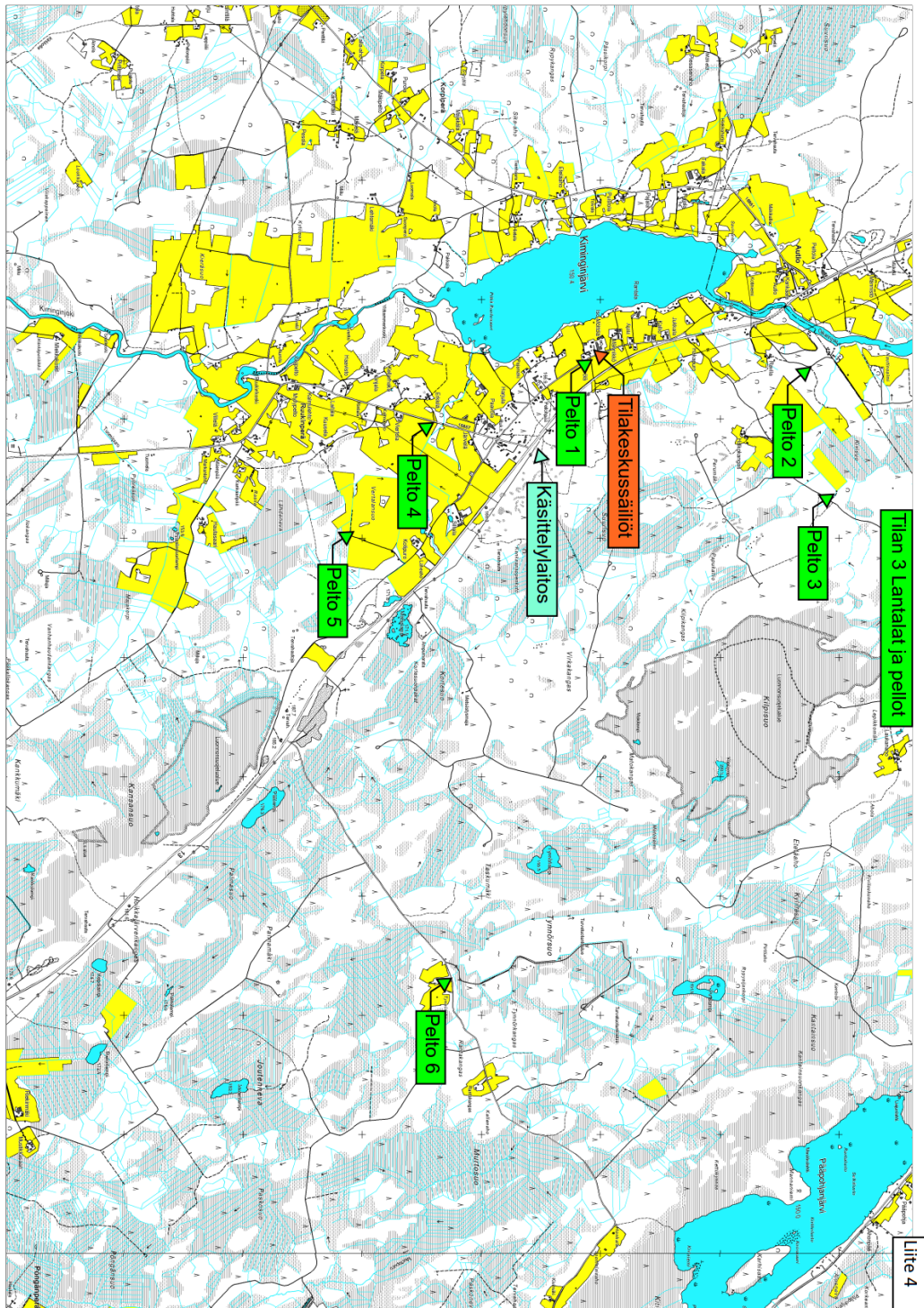
## Liite 2. Tilan 1 pellot ja lantalat



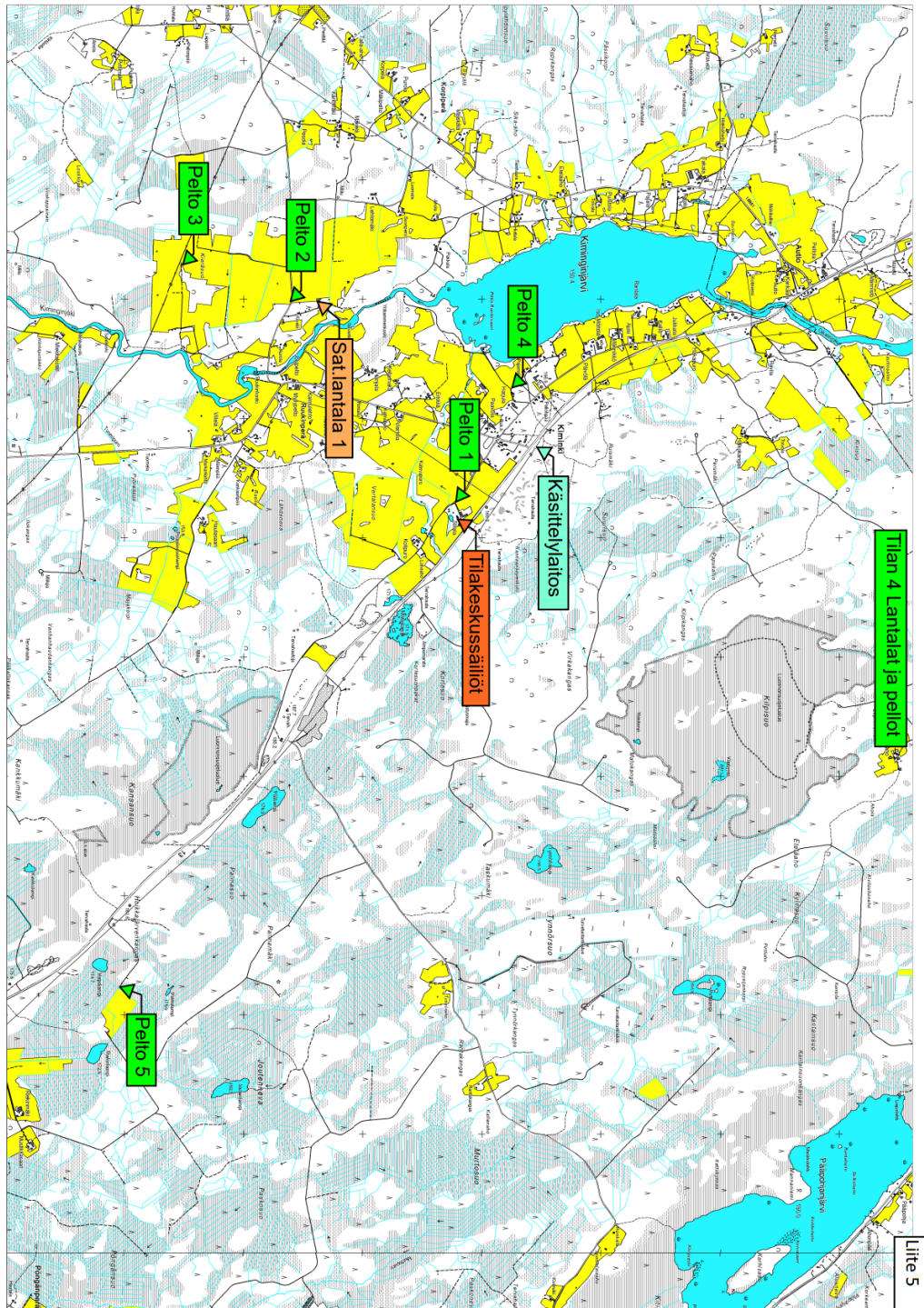
## Liite 3. Tilan 2 pellot ja lantalat



## Liite 4. Tilan 3 pellot ja lantalat

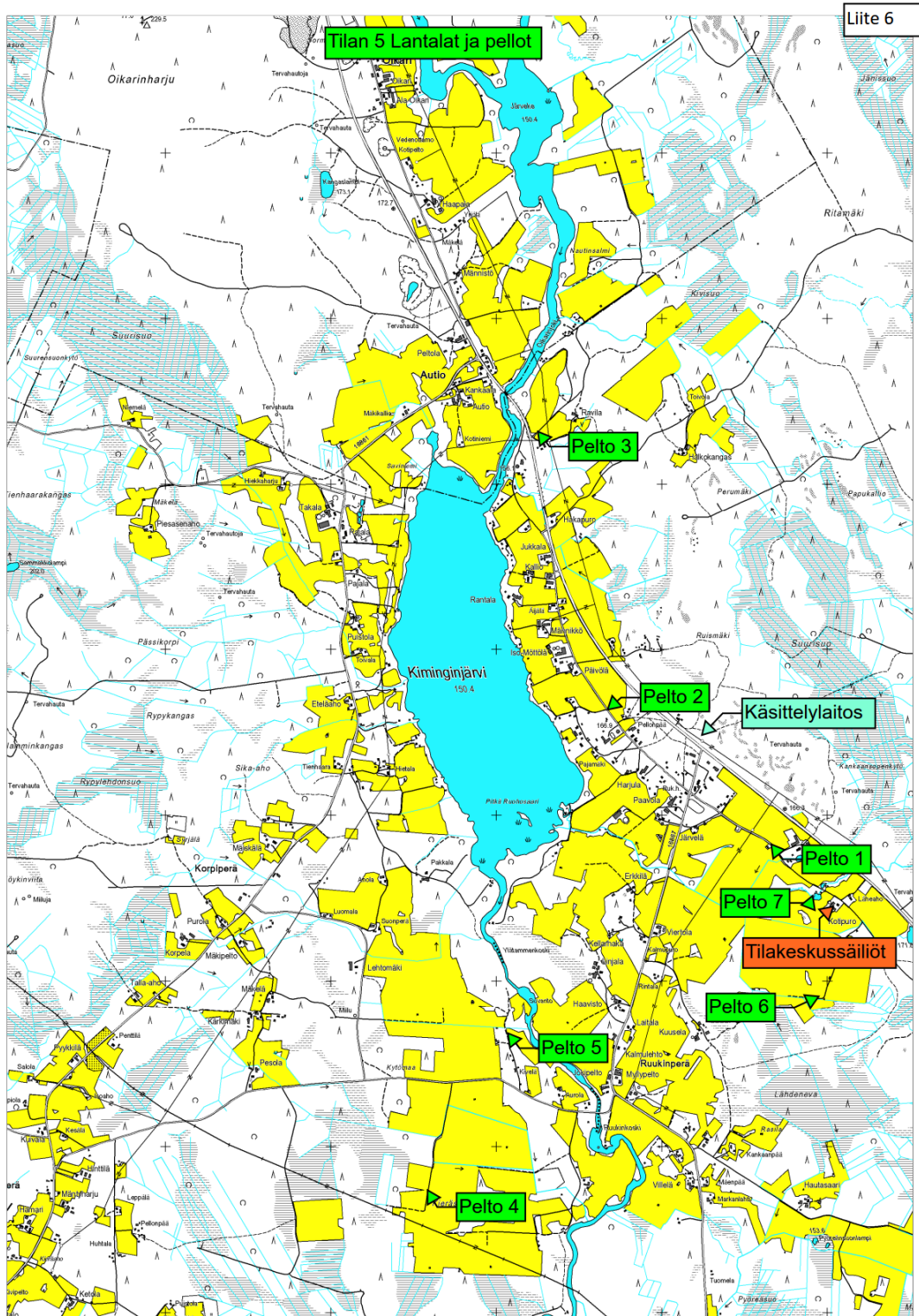


## Liite 5. Tilan 4 pellot ja lantalat

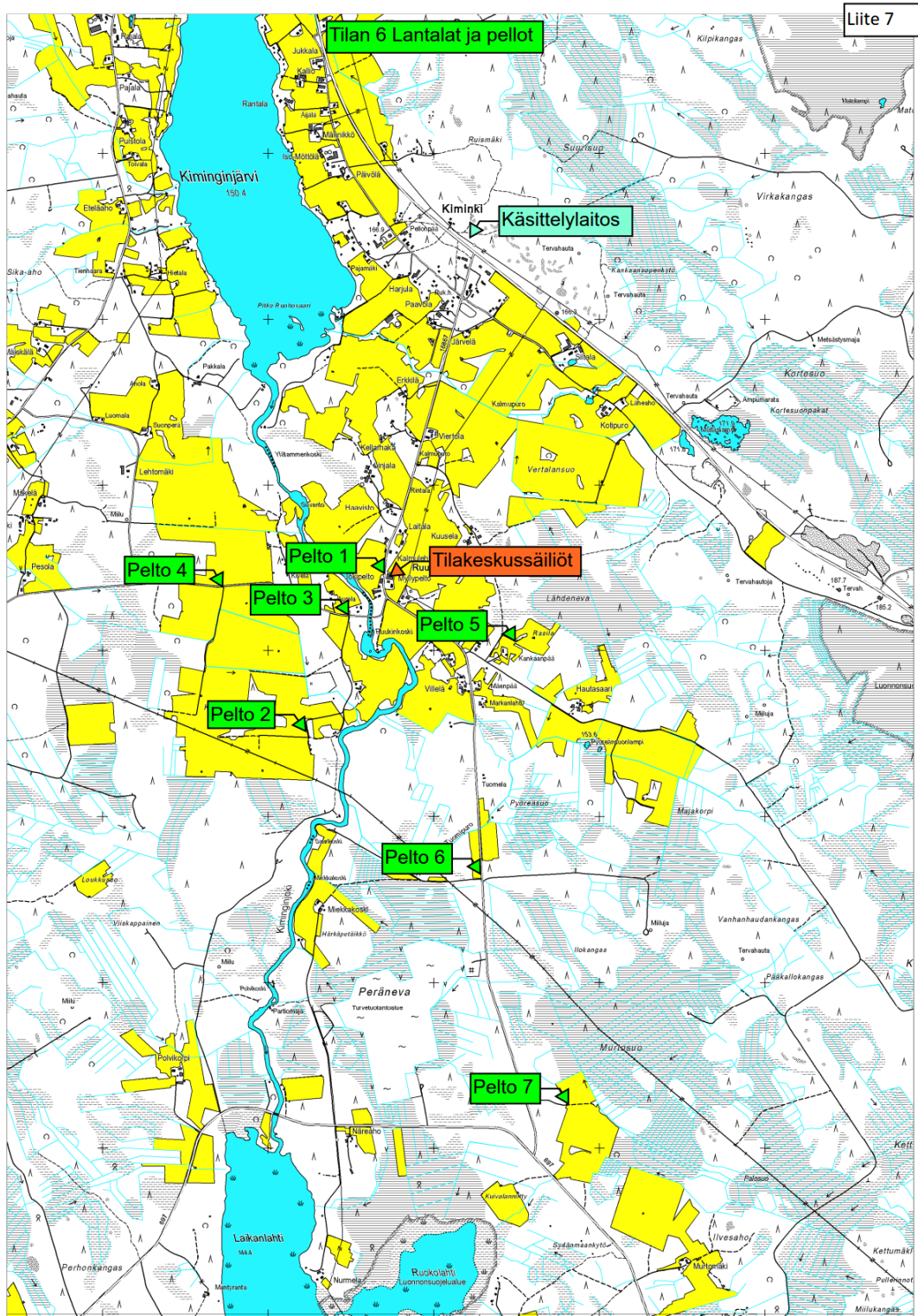


Liite 5

## Liite 6. Tilan 5 pellot ja lantalat



## Liite 7. Tilan 6 pellot ja lantalat



Liite 7

## Liite 8. Tilan 7 pellot ja lantalat

