

## **Peltobiomassat biometaanin raaka-aineena: Syntyvän jäännöksen hyötykäyttö Turun seudulla**

Saija Rasi<sup>1</sup>, Eeva Lehtonen<sup>2</sup>, Pellervo Kässi<sup>3</sup>, Arja Seppälä<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> *MTT Kotieläintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi*

<sup>2)</sup> *MTT Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi*

<sup>3)</sup> *MTT Talous- ja yhteiskuntatieteellinen tutkimus, 31600 Jokioinen, etunimi.kassi@mtt.fi*

### **TIIVISTELMÄ**

Tavoitteena oli selvittää biokaasuprosessin raaka-aineeksi soveltuvan peltobiomassan tuotantomahdollisuudet Turun seudulla sekä biokaasuprosessin käsittelyjäännöksen ravinteiden kierrättäminen takaisin perustuotantoon. Laskelmien lähtökohtana oli 2,6 milj. metaani- m<sup>3</sup>:n vuosituotantotavoite ja laitoksen sijaintipaikkana Topinojan teollisuusalue. Peltojen sijainnin määrittämiseen ja etäisyyksien laskemiseen käytettiin paikkatietojärjestelmää.

Raaka-ainehankinnan lähtökohdaksi valittiin nurmenviljely. Nurmisäilörehun metaanipotentiali on hyvä, katovuodet harvinaisia ja tuotantokustannus sadon energiasisältöön suhteutettuna kilpailukykyinen. Lisäksi nurmen viljely, korjuu ja säilöntä osataan ja tarvittavat tekniset ratkaisut ovat olemassa. Satovarmuuden katsottiin toiminnan hallinnan kannalta olevan tärkeämpi ominaisuus kuin yksittäiset huippusadot.

Tutkimuksen tavoitteena oli, että biokaasulaitos ja lähialueen peltoviljely muodostavat lähes suljetun ravinnekierron. Oletettiin, että viljelyn tulee noudattaa nitraattiasetusta ja maatalouden ympäristötuen ehtoja. Turun seudun peltojen hyvä fosforin viljavuus rajoittaa käsittelyjäännöksen levitystä osalle pelloista, jolloin ravinnekiertoon täytyy sisällyttää muitakin lohkoja kuin biokaasunurmia ja mahdollisesti ravinnesuhteita täydentämään tarvitaan käsittelyjäännöksen lisäksi muita lannoitteita. Lisäksi huomioitiin käsittelyjäännöksen levitykseen liittyvät viljelytekniset rajoitteet. Edelleen yhdistämällä oletukset satotasoista, sadon ravinnepitoisuuksista, alueen peltojen viljavuudesta ja suojaviljavuosien määrästä laskettiin Turun seudulle ravinnekierron toteuttamiseksi ja biokaasulaitoksen metaanintuottotavoitteiden täyttämiseksi tarvittava peltopinta-ala. Vuosien väliseen vaihteluun varauduttiin lisäämällä tarvittavaan peltopinta-alaan noin 10 % varmuusvara. Näin arvioitiin, että noin 1800 ha peltoala riittää tavoitteen saavuttamiseen. Peltoalasta korjattavaa nurmikasvustoa on vuosittain vähintään 1100 ha ja vähintään 280 ha on nurmen suojaviljaa. Loput peltoalasta tarvitaan mukaan vastaanottamaan käsittelyjäännöstä. Mikäli nurmenviljelyssä halutaan hyödyntää nurmipalokasveja, tarvittava nurmiala kasvaa, mutta tarvittava kokonaispeltoala pysyy samana.

Tarvittava 1800 ha:n peltoalaa sijaitsee alle 9 km säteellä Topinojan laitoksesta, mikäli lähialueen kaikki yli 1,5 ha peltolohkot olisivat biokaasulaitoksen viljelykierrossa mukana. Kuljetusmatkan pidentyessä biokaasulaitoksen viljelykiertoon sopiva peltopinta-ala kasvaa nopeasti mahdollistaen energianurmen viljelyn ruoan ja rehuntuotannon ohella. Jos lähialueen pelloista saadaan biokaasulaitoksen viljelykiertoon/yhteistyötahoiksi vähintään 20 %, niin tarvittavan 1800 hehtaarin keskimääräinen kuljetusmatka pelloilta Topinojalle on noin 11,4 km ja pisin kuljetusmatka on noin 15,4 km.

**Asiasanat:** Biokaasu, biometaanin, fosfori, jäännös, nurmisäilörehu, ravinteet

## Johdanto

Liikenne on toiseksi suurin kasvihuonekaasupäästöjen lähde ja merkittävä ilmanlaatuun vaikuttava tekijä Suomessa. Vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttö vähentää kasvihuonepäästöjä sekä terveydelle haitallisia päästöjä. Yksi potentiaalinen uusiutuva polttoaine on biokaasusta tuotettu biometaani, minkä käyttö vähentää ajoneuvon kasvihuonekaasupäästöjä jopa yli 90 %. Biometaanin käyttö vähentää erityisesti typenoksidi-, hiilivety- ja hiilimonoksidipäästöjä sekä haju- ja melupäästöjä. Lisäksi fossiilisten polttoaineiden korvaaminen biometaanilla vähentää hiilidioksidipäästöjä ja uusiutumattomien luonnonvarojen kulutusta. Biokaasua voidaan tuottaa jätevedenpuhdistamoiden lietteistä ja yhdyskuntien biojätteistä, maatalouden lannoista, peltobiomassoista sekä mm. elintarviketeollisuuden sivutuotteista. Energiakasveja voidaan viljellä kesantopelloilla ja luonnonhoitopelloilla sekä osana viljelykiertoa. Lisäksi viherlannoitusnurmet voidaan korjata biokaasuprosessin raaka-aineeksi ja prosessijäännös palauttaa pellon ravinteeksi esimerkiksi luonnonmukaisessa viljelyssä (Seppälä 2013).

Turun kaupunginhallituksen päätöksen mukaan, Turussa alettiin syksyllä 2011 selvittää mahdollisuuksia liikennebiokaasun tuotannolle ja käyttömahdollisuuksille joukkoliikenteen polttoaineena. Kaupunginhallituksen mukaan siirtyminen liikennebiokaasun laajamittaiseen käyttöön on kansallinen pilottihanke ja kaupunki haluaa myötävaikuttaa innovatiivisen ilmastomyönteisen osaamisen vahvistumista Turussa ja siten syntyvien hyvien käytäntöjen laajenemista muualle Suomeen (Turun kaupunki 2013). Biokaasua tuotetaan Turussa tällä hetkellä jätevesilietteestä sekä biojätteestä noin 3 milj. m<sup>3</sup> vuodessa. Joukkoliikenteen polttoaineen riittävyyden takaamiseksi, biometaania tulisi tuottaa lisäksi noin 2,6 milj. m<sup>3</sup>, joka voitaisiin pääasiassa tuottaa energiakasveista.

Suomen olosuhteissa peltobiomassavaihtoehdot ovat rajalliset. Energiakasvin valinnassa on huomioitava energiasaannon (hehtaaria kohti) lisäksi mm. viljelyvarmuus ja kasvien soveltuvuus pohjoisiin olosuhteisiin. Myös biokaasuprosessitekniikka vaikuttaa energiakasvin valintaan. Nurmirehun viljely, korjuu ja säilöntä ovat Suomessa tuttua viljelijöille ja sen metaanintuottopotentiaali on korkea (12-36 MWh/ha) (Seppälä 2013). Lisäksi nurmenviljelyyn liittyy positiivinen imago ja talviaikaisen kasvipeitteisyyden eroosiota vähentävä vaikutus. Viljelykierron nurmivuotia pidetään maan rakenteen kannalta suotuisina.

Kun suunnitellaan biokaasun tuotantoa energiakasveista, on huomioitava energiantuotannon lisäksi myös ravinteiden käyttö, sillä hyvin suunniteltu biokaasun tuotanto voi lähialueen peltoviljelyn kanssa muodostaa lähes suljetun ravinnekierroksen. Nurmisaadon mukana pelloilta poistuvat ravinteet voidaan palauttaa peltoviljelyyn käsittelyjäännöksen mukana. Käsittelyjäännöstä ei voida kuitenkaan hyödyntää pelloilla, joiden fosforin viljavuus on hyvä. Tämän vuoksi ravinnekierroon täytyy usein sisällyttää muitakin lohkoja kuin nurmea ja mahdollisesti ravinnesuhteita täydentämään tarvitaan lisäksi muita lannoitteita. Typpeä menetetään ravinnekierrosta haihtumalla ja huuhtoutumalla. Menetetty typpi täytyy korvata joko typpilannoitteilla tai hyödyntämällä nurmipalkokasvien juurinystyröiden typensidontaa. Suunnitelmissa on myös huomioitava raaka-aineen sekä jäännöksen kuljetus. Prosessitekniikasta riippuen käsittelyjäännöksen siirron, varastoinnin, ja levityksen kysymykset voivat olla biokaasulaitoksen kokonaisuudessa merkittävämmät kuin raaka-aineen kuljetus ja varastointi. Kumpaankin logistiikkaan kohdistuvat myös Suomen ilmaston ja maaperän asettamat erityishaasteet sekä ympäristönäkökohdat. Myös muun kaupunkiliikenteen huomioiminen logistiikan suunnittelussa tulee ottaa huomioon.

Selvitystyön tavoitteena oli teknis-taloudellisesti toteuttamiskelpoinen suunnitelma biokaasuprosessiin soveltuvan peltobiomassan (ensisijaisesti nurmisäilörehu) tuottamiseksi kaasunvalmistuksen raaka-aineeksi Topinojan jätekeskuksen alueella Turussa sekä kaasuntuotannossa syntyvän käsittelyjäännöksen ja rejektiveiden sisältämien ravinteiden kierrättämisen takaisin perustuotantoon. Topinojan jätekeskuksen aluetta tarkasteltiin Turun kaupungin toiveesta, sillä alueella on jo olemassa olevaa biokaasun tuotantoa ja alue on logistisesti potentiaalisella alueella liikennebiokaasun jakelun kannalta.

## Aineisto ja menetelmät

Tarkasteltava alue (Kuva 1) on maaseutumaisen ja kaupunkimaisen alueen rajamaastossa, jossa biokaasulaitoksen sijainnin määrittelee olemassa oleva toiminta Topinojalla. Pellot sijaitsevat Topinojalta katsoen sektorimaisesti lähinnä pohjoisen, idän ja kaakon suuntaan. Kuljetussäteen kasvaessa saavutettavissa oleva peltopinta-ala kasvaa nopeasti.

Tavoitteeksi asetetun 2,6 milj. metaanikuution tuottamiseksi tarvittava nurmiala laskettiin kahdella eri

vaihtoehdolla, olettaen joko pelkästään heinäkasveihin perustuva nurmenviljely tai apila-heinäseosnurmiin perustuva viljely (Taulukko 2).

Lannoituksen osalta oletettiin, että ravinteet palautetaan viljelykiertoon käsittelyjäännöksen muodossa ja tapahtuva typenhävikki korvataan heinänurmillla keinolannoitteilla. Lannoitusmääriä laskettaessa lähtökohtana oli että viljelyn tulee noudattaa nitraattiasetusta (Valtioneuvoston asetus 931/2000) ja maatalouden ympäristötuen ehtoja (MAVI 2012). Biokaasulaitoksen käsittelyjäännös luokitellaan orgaaniseksi lannoitevalmisteeksi, jolloin sen sisältämistä ravinteista otetaan lannoituksen suunnittelussa huomioon liukoinen tyyppi kokonaan ja vesiliukoinen fosfori kokonaan (MAVI 2012). Käsittelyjäännöksen typen liukoisuudeksi on oletettu 65 % ja fosforin liukoisuudeksi 85 %. Peltojen fosforin viljavuuden on oletettu vastaavan Viljavuuspalvelussa ja Hortilabissa analysoitujen maanäytteiden mukaista jakaumaa (Taulukko 1).

Taulukko 1. Hortilabin ja Viljavuuspalvelun Turun, Liedon ja Kaarinan alueelta analysoimien viljavuusnäytteiden fosforiviljavuuden keskimääräinen jakauma. Näytteitä yhteensä 3852 kpl.

	Huono	Huononlainen	Välttävä	Tyydyttävä	Hyvä	Korkea	Arveluttavan korkea
Osuus näytteistä	0 %	2 %	23 %	35 %	19 %	13 %	7 %

Peltojen sijainnit ja pinta-alat selvitettiin peltolohko- ja viljelykasvirekistereistä (Maaseutuvirasto 2011). Tarkastelussa huomioitiin yli 1,5 ha kokoiset nurmen viljelyyn soveltuvat pellot. Puustoinen ja erikoiskasvien viljelyyn soveltuva maatalousmaa jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Reitit tietä pitkin ja etäisyydet pelloilta biokaasulaitokselle määritettiin paikkatietojärjestelmässä. Aineistona käytettiin Suomen katu- ja tieverkkoaineistoa (Liikennevirasto ja ESRI Finland 2011) ja ohjelmistona ArcGIS-ohjelmiston versiota 10 ja sen Network Analyst laajennusosaa. Välivarastointipaikan valintakriteereinä käytettiin hyvää tiestöä Topinojan ja välivarastojen välillä, suurta peltotiheyttä ja alhaista asukastiheyttä välivarastojen lähellä. Turun läheisyydessä tieverkko on kattava ja peltoa paljon. Asutus keskittyy pitkälti samoille alueille missä pellot ja tietkin ovat, joten tärkeimmäksi valintakriteeriksi muotoutui alhainen asukastiheys.

## Tulokset ja tulosten tarkastelu

Nurmikasvuston mukana pelloilta poistuu liukoista fosforia heinänurmen sadon mukana 18,7 kg/ha ja apilaheinäseosnurmen sadon mukana 11,1 kg/ha (Taulukko2). Näitä määriä ei voida kokonaisuudessaan ympäristötuen ehtojen mukaisesti palauttaa nurmenviljelyyn, mikäli fosforinviljavuus on vähintään tyydyttävä apilalanurmen tapauksessa ja välttävä heinänurmen tapauksessa. Biokaasulaitoksen ravinnekierron toteutumiseen tarvitaan siis nurmialan lisäksi myös muuta peltoalaa. Vastaavasti heinänurmea täytyy lannoittaa typen osalta keinolannoitteilla, jotta saadaan tavoiteltu satotaso.

Nurmialan tarve 2,6 miljoonan metaani m<sup>3</sup>:n tuottamiseen on Turun seudulla 1100 -1300 ha riippuen satotasosta ja apilan osuudesta (Taulukko 2). Lisäksi nurmen uudistaminen on varmistettava, eli nurmialan uudistaminen suojaviljaan on huomioitava biokaasulaitoksen peltoalatarpeeseen. Tarkastelualueella peltolohkojen fosforinviljavuus on hyvä, joten se rajoittaa käsittelyjäännöksen hyödyntämistä nurmenlannoitteena. Kun laskelma toteutettiin heinänurmeella, jossa suojaviljan osuus on 20 % viljelykierron peltopinta-alasta, keskimäärin 2 kg liukoista fosforia/hehtaari joudutaan sijoittamaan muualle kuin viljelykierrossa mukana oleville pelloille (suojavilja-ala on laskettu mukaan viljelykiertoon), jolloin peltoa tarvitaan noin 15 % enemmän kuin pelkästään energiakasvien viljelyyn. Vaihtoehtoinen laskelma toteutettiin sijoittamalla apilaheinäseosnurmea sille osuudelle (39 %) viljelyalasta, jossa fosforin viljavuus vähintään hyvä. Johtuen apilalanurmen tiheimmästä uusimistarpeesta suojavilja-ala kasvaa ja apilaseoksen alhaisemman satotason vuoksi myös nurmialaa tarvitaan enemmän.

Korkea satotaso on mahdollista saavuttaa puhtailla heinäkasviseoksilla, mutta tällöin vuosittainen lisätypen tarve on noin 87 kg/nurmihehtaari, eli yhteensä 96 400 kg. Tarvittava suojavilja-ala on 280-350 ha, riippuen uudistusfrekvenssistä. Heinänurmen sadon mukana pelloilta poistuu enemmän fosforia kuin mitä niille voidaan palauttaa. Tästä johtuen heinänurmet tarvitsevat lisäksi vilja-alaa n. 200 ha käsittelyjäännöksen sijoittamiseen. Nurmikasvilajista riippumatta noin 1800 ha kokonaispeltopinta-ala (sisältää 10 % varmuusvara) riittää tarvittavan metaanintuottoon ja jäännöksen levittämiseen.

Taulukko 2. Biokaasulaitoksen peltoalan tarve (MTT 2013).

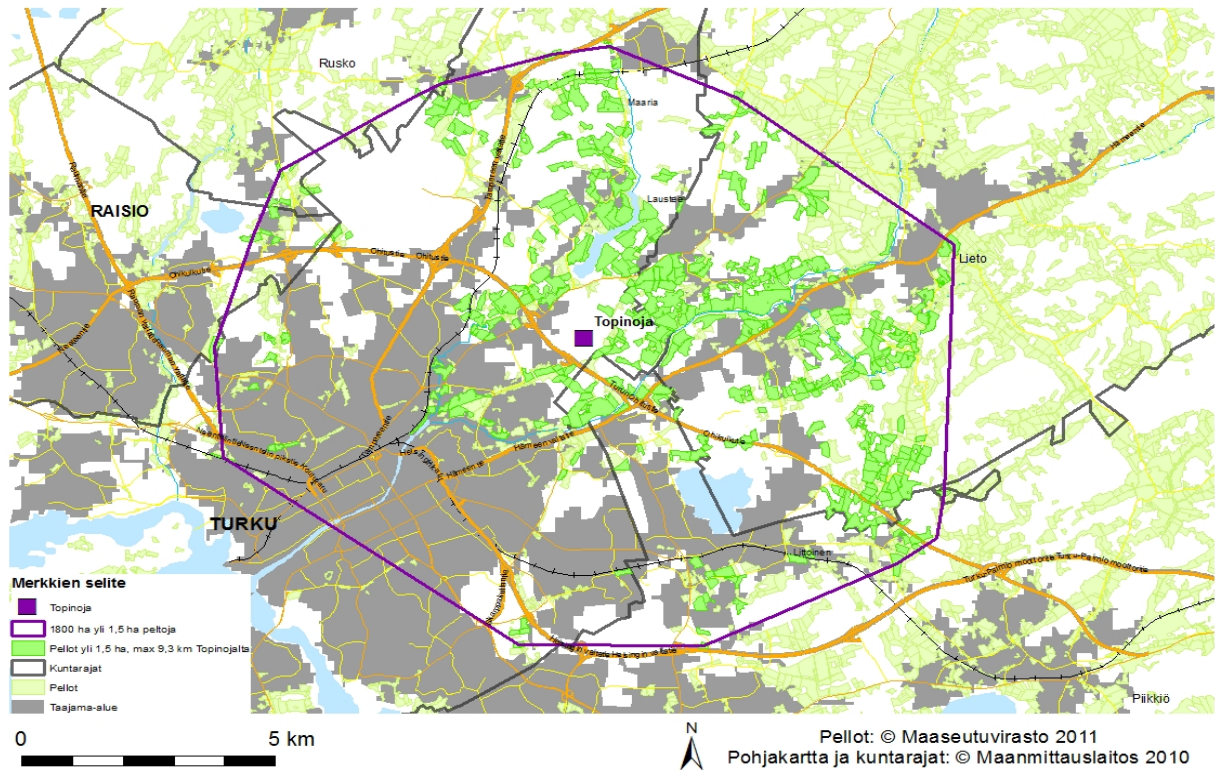
	Heinänurmi 3 satoa	Apila-nurmi seosnurmi 2 satoa	Viljelykierroissa keskimäärin /ha	
			Viljelykiertomalli ”APILA MUKANA”	Viljelykiertomalli ”PUHDAS HEINÄ”
Osuus nurmialasta	61 %	39 %		100 %
Metaanintuotto m <sup>3</sup> /kg ka	0,314	0,288	0,304	0,314
Sato kg ka	7 500	5 625	6 769	7 500
Typpisato kg / ha	180	189	184	180
Fosforisato kg / ha	22	13	18	22
Metaanintuotto m <sup>3</sup> /kg ha	2 355	1 620	2 068	2 355
Uudistusfrekvenssi	4 satovuotta	3 satovuotta	3,6 satovuotta	4 satovuotta
Tavoite metaania m <sup>3</sup>			2 600 000	2 600 000
Tarvittava nurmiala, ha			1 257	1 104
Tarvittava suojavilja-ala, ha			348	276
Käsittelyjäännöksen ylijäämän levittämiseen tarvittava vilja-ala, ha			0	213
Peltoala yhteensä, ha			1 605	1593
Muuta huomioitavaa:				
Osuus nurmialasta, jolle käsittelyjäännöstä levitetään myös keväällä			61 %	25 %
Ostettavan typpilannoitteen määrä kg/nurmihehtaari			0	87

ka= kuiva-aine

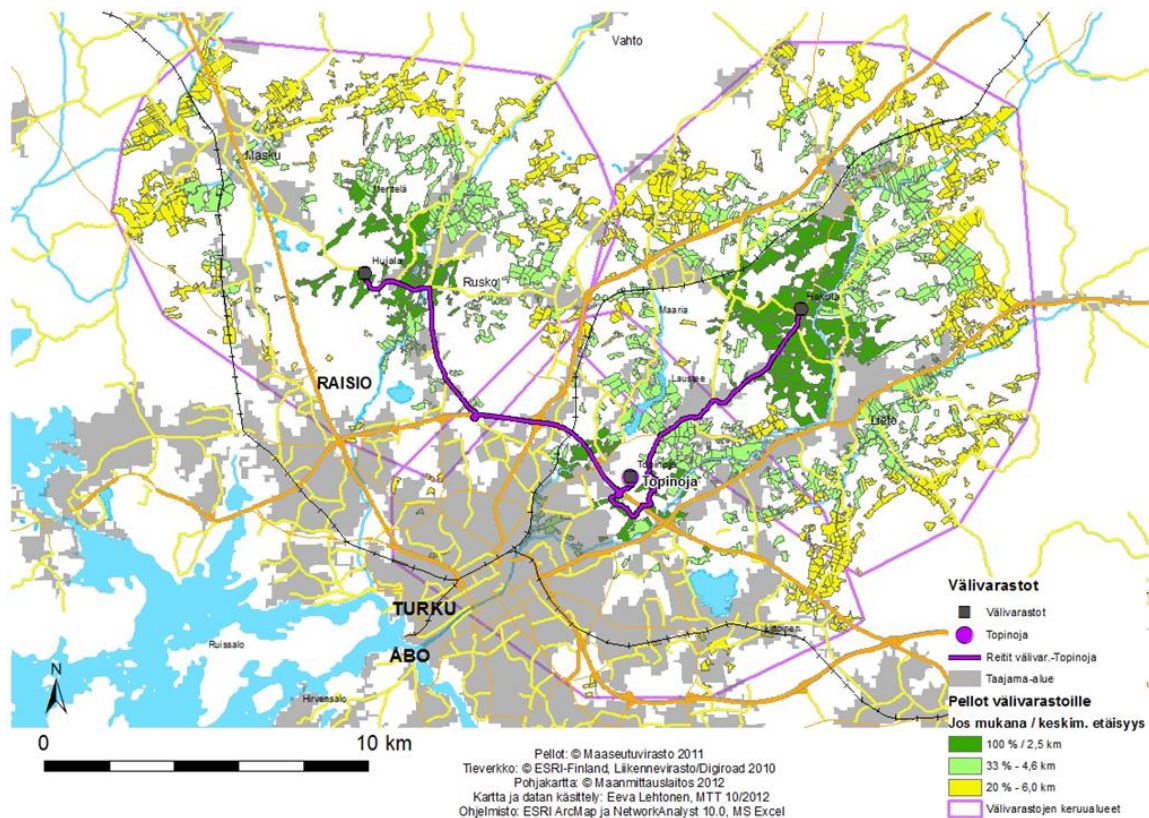
Biokaasulaitoksen tarvitsema 1 800 ha peltoala löytyy alle 10 km ajomatkan säteellä Topinojalta (Kuva 1). Tämä tarkoittaisi kuitenkin sitä, että tämän alueen kaikki yli 1,5 ha peltolohkot olisivat biokaasulaitoksen viljelykierrossa mukana. Tarkastelualueella viljelymaan osuus pinta-alasta on korkea ja kuljetusmatkan pidentyessä biokaasulaitoksen viljelykiertoon sopiva peltopinta-ala kasvaa nopeasti mahdollistaen energianurmen viljelyn ruoan ja rehuntuotannon ohella. Jos lähialueen pelloista saadaan biokaasulaitoksen viljelykiertoon/yhteistyötahoiksi vähintään 20 %, niin tarvittavan 1800 hehtaarin keskimääräinen kuljetusmatka peltoilta Topinojalle on 11,4 km ja pisin kuljetusmatka on 15,4 km.

Maatiloilla säilörehun ja lietteen kuljetus hoidetaan yleensä traktorikuljetuksina, kun matka on alle 10 km. Traktoriliikenne Topinojalle saattaisi kuitenkin häiritä Turun ohitustien liikennettä Topinojan läheisyydessä. Välivarastointi mahdollistaa siirtoliikenteen hoitamisen rekkakuljetuksina ja siirtojen ajallisen optimoinnin, esim. ruuhka-ajan ulkopuolelle. Liikenteellisistä syistä tässä hankkeessa on päädytty ehdottamaan välivarastointia sekä nurmisadolle että käsittelyjäännökselle. Välivarastojen paikoiksi sopisivat esimerkiksi Hujalan (12,7 km Topinojalta) ja Hakulan (10,7 km Topinojalta) alueet (Kuva 2). Välivarastojen läheisyydessä olevat peltoalueet jaettiin siten, että kullekin pellolle osoitettiin sitä lähinnä oleva välivarasto. Optimaalinen keruualue määriteltiin tässä tapauksena minimoiden kuljetusetäisyys lähimmälle välivarastolle. Välivarastojen läheisyydessä sijaitsevien peltoalueiden yhteenlaskettu pinta-ala on 9000 ha. Nämä pellot riittävät suunnitellun biokaasulaitoksen tarpeisiin, kun vähintään 20 % alueen pelloista saadaan biokaasulaitoksen yhteistyötahoiksi. Jos kaikki lähinnä olevat pellot lähtevät mukaan toimintaan, niin kuljetus peltoilta välivarastolle olisi 2,5 km. Jos keskimäärin 33 %:lla pelloista viljeltäisiin energiakasveja, niin kuljetusmatka peltoilta välivarastolle nousee 4,6 km:iin, vastaavasti 20 % osuudella matka kasvaa 6 km:iin.





Kuva 1. Biokaasulaitoksen tarvitsemat 1800 ha peltoa lähimpänä (etäisyys tiestöä pitkin enintään 9,3 km) Topinojaa.



Kuva 2. Peltoalueet Topinojan läheisyydessä sekä välivarastojen ympärillä sijaitsevat peltoalueet esitettyinä etäisyysvyöhykkeittäin eli keskimääräisen kuljetusetäisyyden mukaan luokiteltuna. Biokaasulaitoksen raaka-aihehankintaan ja käsittelyjäännöksen levitykseen tarvittavat 1800 ha peltoa löytyvät kuvan etäisyysvyöhykkeiltä sen mukaan, kuinka iso osuus viljelijöistä lähtee yhteistyöhön biokaasulaitoksen kanssa.

Suojavyöhykkeiden merkitys biokaasulaitoksen raaka-ainehankinnassa on laitosinvestoinnin vaatimalla ajankänteellä pieni, sillä suojavyöhykkeille ei saa levittää käsittelyjäännöstä, ne ovat nurmenkorjuun kannalta hankalan muotoisia ja koska niitä ei lannoiteta, niiden biomassatuotanto vähenee ajan kuluessa. Tällä hetkellä biokaasulaitoksen mahdollisella toiminta-alueella (alue Topinojan ympärillä, jossa yhteensä 9000 ha peltoa) on vain 15,4 ha suojavyöhykkeitä, joten määrällisestikin suojavyöhykkeitä on vähän. Tässä tarkastelussa suojavyöhykkeet jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, mutta maisemanhoidollisista tms. syistä suojavyöhykkeiden hyödyntäminen voi olla mielekäästä.

## Johtopäätökset

Selvityksen tavoitteena oli tehdä suunnitelma biokaasuprosessiin soveltuvan biomassan tuottamiseksi kaasunvalmistuksen raaka-aineeksi Turun seudulla sekä kaasuntuotannossa syntyvän käsittelyjäännöksen ja rejektiveden sisältämien ravinteiden kierrättäminen takaisin perustuotantoon. Laskelmien lähtökohtana oli 2,6 milj. metaani m<sup>3</sup>:n vuosituotanto. Hankkeen loppuraportissa on tehty myös nurmenviljelyn taloustarkastelu biokaasulaitoksen näkökulmasta (Seppälä ym. 2013).

Selvityksessä biokaasulaitoksen raaka-ainehankinnan lähtökohtana oli nurmenviljely (heinänurmi), koska nurmisadon ravinteet säilyvät prosessissa ja palautuvat viljelykiertoon käsittelyjäännöksessä. Biokaasuprosessin jäännöksen levitysmääriin vaikuttaa alueen peltojen fosforiluku. Apilaseosnurmen käyttö prosessin raaka-aineena on perusteltua lohkoilla, joiden fosforiluku on korkea.

Tarvittavan kaasumäärän tuottamiseksi tarvitaan Turun alueella noin 1800 ha peltoalaa. Tämä peltoala sisältää ravinteiden levitykseen tarvittavan peltoalan. Tarvittavaa peltoalaa sijaitsee alle 9 km säteellä Topinojan laitoksesta, mikäli alueen kaikki yli 1,5 ha peltolohkot olisivat biokaasulaitoksen viljelykierrossa mukana. Kuljetusmatkan pidentyessä biokaasulaitoksen viljelykiertoon sopiva peltopinta-ala kasvaa nopeasti mahdollistaen energianurmen viljelyn ruoan ja rehuntuotannon ohella. Jos lähialueen pelloista saadaan biokaasulaitoksen viljelykiertoon/yhteistyötahoiksi vähintään 20 %, niin tarvittavan 1800 hehtaarin keskimääräinen kuljetusmatka pellolta Topinojalle on noin 11,4 km ja pisin kuljetusmatka on noin 15,4 km. Nurmen ja jäännöksen välivarastointi ei ole välttämätöntä etäisyyksien vuoksi, mutta suositeltavaa, koska se mahdollistaa siirtoliikenteen ajallisen optimoinnin ja vähentää ohikulkutien traktoriliikennettä.

## Lähteet

**Liikennevirasto ja ESRI Finland** 2011. Digiroad, Suomen katu- ja tieverkko paikkatietoaineisto.

**Maa- ja metsätalousministeriön asetus 24/2011.** <http://www.finlex.fi/data/normit/37638-11024fi.pdf>

**Maaseutuvirasto** 2011: Peltolohkorekisteri ja kasvulohkokohtaiset tiedot viljelykasveista.

**MAVI** 2012. Maatalouden ympäristötuen sitomusehdot 2012.

[http://www.mavi.fi/attachments/mavi/ymparistotuki/66eIWeNri/Ymparistotuen\\_sitomusehdot\\_2012.pdf](http://www.mavi.fi/attachments/mavi/ymparistotuki/66eIWeNri/Ymparistotuen_sitomusehdot_2012.pdf)  
Pyykkönen 2012. Suullinen tiedonanto.

**MTT** 2013. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset.

[https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Ruokintasuositukset/Marehtijat/nautakarjan\\_hivenainesuositukset](https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Ruokintasuositukset/Marehtijat/nautakarjan_hivenainesuositukset)  
(viitattu 13.1.2013)

**Seppälä, A., Lehtonen, E., Kässi, P., Pyykkönen, V., Luostarinen, S. & Rasi, S.** 2013. Peltobiomassojen hankinta liikennebiokaasun valmistuksen raaka-aineeksi ja syntyvän jäännöksen hyötykäyttö Turun seudulla. Loppuraportti 28.03.2013 .

**Seppälä, M.** 2013. Biogas production from high-yielding energy crops in boreal conditions. Jyväskylä Studies in Biological and Environmental Science 266.

**Turun kaupunki** 2013. Liikennebiokaasun tuotannon käynnistäminen Turussa  
<http://www05.turku.fi/ah/kh/2013/1008023x/2977251.htm> (viitattu 28.11.2013)