

JÄTTEIDEN LIIKENNEKÄYTTÖPOTENTIAALI SUOMESSA

Ari Lampinen, ala@jyu.fi, Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos

EU:n ja nykyään myös Suomen jätepolitiikan mukaan materiaalikäyttö on jätteiden ensisijainen ja energiakäyttö toissijainen käyttökohte. Eräille jätteille lannoitus on ainut materiaalikäyttömuoto. Mädätys tarjoaa mahdollisuuden parantaa näiden jätteiden lannoituspotentiaalia, mutta samalla irrottaa niistä merkittävä määrä energiaa ja vieläpä muodossa, joka sopii liikenteen polttoaineeksi eli sovellukseen, jossa fossiilisten polttoaineiden korvaaminen on perinteisesti ajateltu vaikeimmaksi. Näistä jätteistä voitaisiin Suomessa tuottaa polttoaine lähes 700.000 autolle tai 50.000 bussille ja samalla vähentää päästöjä enemmän kuin mitä katalyysaattoritekniikan käyttöönotolla saatiin aikaiseksi.



Kuva 1. Suomen ensimmäisen, marraskuussa 2002 käyttöönotetun Volvo V70 bi-fuel-mallisen, biokaasuauton tankkausasema Erkki Kalmarin maatilalla Laukaassa (kuva Ari Lampinen).

JÄTTEIDEN BIOKAASUMETAANIN TUOTANTOPOTENTIAALI

Mädätykseen parhaiten sopivat jätteet ovat sellaisia, joille ei pääsääntöisesti löydy muuta kierrätysmahdollisuutta kuin lannoitusainekäyttö. Anaerobisessa bakteeriprosessissa jätteiden lannoituspotentiaali kasvaa, joten kierrätystavoite saadaan tyydytettyä samanaikaisesti energiantuotannon kanssa. Jätteiden kompostointiin verrattuna mädätys on parempi ratkaisu suurten jätemäärien käsittelyssä, koska kompostoinnissa kulutetaan energiaa ilmastukseen ja sekoitukseen ja osa ravinteista karkaa. Jätteiden poltossa puolestaan menetetään lannoitusarvo, aiheutetaan vaikeita ilmansuojeluongelmia, energian tuoton hyötysuhde on alhainen ja tuotettu energia ei ole yhtä arvokasta kuin liikennepolttoaine.

Nykyisellä teknologialla voidaan parhaiten hyödyntää nopeasti hajoava orgaaninen aines, mutta puuperäisten ja muovijätteiden käsittely on vaikeampaa. Ne sekä teollisuuden kiinteä biojäte elintarviketeollisuutta lukuunottamatta on jätetty tästä potentiaalitarkastelusta pois myös siksi, että näillä jätteillä on muita kierrätysmahdollisuuksia materiaalina. Mutta mukana on kaatopaikkakaasun metaani, jota on joka tapauksessa kerättävä.

Biokaasumetaanin tuotantopotentiaaliksi saadaan taulukon 1 mukaisesti 14 TWh, joka riittäisi polttoaineeksi 700.000 henkilöautolle, mikäli niillä ajettaisiin kaupunkipainotteista ajoa (kulutus 10 l/100 km) keskimäärin 20.000 km/v tai lähes 50.000 bussille, mikäli niillä ajettaisiin keskimäärin 100.000 km/v.

<i>Taulukko 1. Jäteperäisen biokaasumetaanin vuosituotantopotentiaali Suomessa.</i>					
Metaanin lähde	Biohajoavan jätteen massa (t)	Metaanin tuotto (m³/t)	Energia (TWh)	Polttoaine autoille (kpl)	Polttoaine busseille (kpl)
Kaatopaikkakaasu			1,5	75 000	5 000
Yhdyskuntien biojäte (keittiöjäte)	360 000 (tuorepaino)	100	0,36	18 000	1 200
Yhdyskuntien jätevesi	160 000 (kiintoainetta)	200	0,32	16 000	1 100
Eläinten lanta	21 500 000 (tuorepaino)	20	4,3	220 000	15 000
Maatalouden kasvijätteet	4 000 000 (tuorepaino)	170	6,8	340 000	23 000
Elintarviketeollisuuden jätteet	960 000 (tuorepaino)	50	0,48	24 000	1 600
Teollisuuden jätevesi	22 300 (kiintoainetta)	200	0,04	2000	130
YHTEENSÄ			14	700 000	47 000

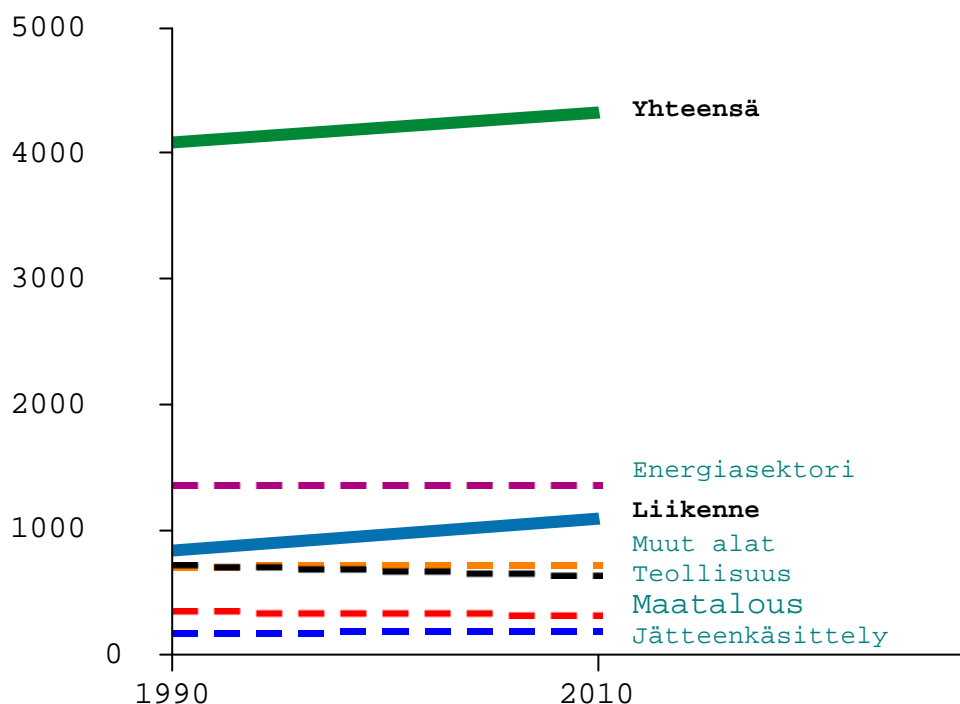
BIOKAASUMETAANIN EDUT LIIKENNEKÄYTÖSSÄ

Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisessa liikennesektori on selvästi vaikein sektori. EU:n ympäristöviraston EEA:n mukaan liikennesektori dominoi kasvihuonekaasupäästöjen kasvua EU:ssa (kuva 2). Biokaasumetaani on hiilidioksidineutraali eli sen poltossa syntynyt hiilidioksidi sitoutuu uuteen kasvuun samoin kuin biomassan lahotessa syntynyt hiilidioksidi. Lisätuna osa käytetystä metaanista, erityisesti kaatopaikoilta ja lannasta, pääsisi muuten ilmaan suoraan ja aiheuttaisi 20-60-kertaisen kasvihuonekaasuvaikutuksen massayksikköä kohti hiilidioksidiin verrattuna.

Liikenne on vaikein raakaöljyn käyttöalue korvattavaksi uusiutuvilla energiamuodoilla. Raakaöljy on kuitenkin korvattava myös riittävyysistä. Sen loppumisen ajankohta ei ole oleellinen vaan varustautumattoman yhteiskunnan öljykriisi syntyy öljyn pumppauksen globaalien huipun saavuttamisesta, joka on useissa selvityksissä ajoitettu tämän vuosikymmenen loppupuolelle.

Suurin osa biokaasumetaanin liikennekäytössä aiheuttamista muistakin päästöistä on huomattavasti alhaisemmalla tasolla kuin muilla polttoaineilla. Biokaasumetaanikäyttöiset bussit ja henkilöautot vähentävät päästöjä taulukon 2 mukaisesti ajoneuvokilometriä kohti laskettuna kesäolosuhteissa. Talvella päästöt vähenevät bensiniajoneuvoihin verrattuna suhteessa vielä enemmän, koska metaania käytettäessä lämpötilan vaikutus päästöihin on

erittäin vähäinen ainakin $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$:een asti. Myös melutaso on metaanikäyttöisissä ajoneuvoissa alhaisempi kuin bensiini- ja diesel-käyttöisissä. Taulukon diesel-bussien päästöt on laskettu vuonna 2005 EU:ssa uusille busseille voimaan tulevan EURO4-standardin mukaisesti.



Kuva 2. EU:n arvioitu hiilidioksidi-, metaani- ja typpioksiduulipäästöjen kehitys hiilidioksidiekvivalentteina megatonneina eri sektoreilla sekä yhteenlaskettuna, mikäli uusia toimenpiteitä päästöjen vähentämiseksi ei oteta käyttöön (EEA 1999).

Taulukossa 2 on esitetty myös historiallisena vertailuna kasvihuonekaasupäästöissä tapahtunut muutos 8 EU-maassa vuosina 1970-1995 (olennaisesti sama kuin koko EU:ssa 1950-1995) sekä NO_x- ja NMVOC-päästöissä tapahtunut muutos Itävallassa (olennaisesti sama kuin koko EU:ssa) vuosina 1950-1996 (EEA 2000). Katalysaattoritekniikan käyttöönotosta huolimatta fossiilipolttoaineilla saavutetut päästövähennykset ovat kaikki päästölähteet huomioon ottaen pienet verrattuna biokaasun käyttöön siirtymisen vaikutuksiin.

Taulukko 2. Biokaasumetaania käyttävien bussien ja henkilöautojen päästövähennykset ajoneuvokilometriä kohti verrattuna diesel-busseihin (EURO4) sekä diesel- ja bensiiniautoihin kaupunkiliikenteessä sekä lisäksi vertailu EU:n historialliseen päästömuutokseen henkilökilometriä kohti 1950-1996.					
Päästölaji	Bussi: dieselistä biokaasuun	Auto: dieselistä biokaasuun	Auto: bensiinista biokaasuun	Bussi: Historiallinen muutos EU:ssa	Auto: Historiallinen muutos EU:ssa
Kasvihuonekaasut (CO ₂ , CH ₄ ja N ₂ O)	>-96%	>-95%	>-96%	0	-6%
Pienhiukkaset PM 2,5	-94%	-99,9%	-66%	-80% (PM10)	>+1000% (PM10)
SO ₂	>-98%	>-99%	>-98%		
NO _x	-39%	-88%	-57%	+50%	-58%
NMVOC	-70%	-33%	-79%		-90%
CO	0	+65%	-90%		

Biokaasun puhdistaminen ja kompressointi ajoneuvokäyttöä varten on mahdollista sekä suuressa että pienessä mittakaavassa, mm. kuntien kaatopaikoilla ja jäteveden puhdistuslaitoksilla sekä maatiloilla (kuva 1).

Puhdistetun ja kompressoitun biokaasun käyttö maakaasuajoneuvoissa ei edellytä mitään muutoksia ajoneuvoihin. Bensiiniajoneuvoissa (otto-moottori) muutostarve on erittäin pieni. Diesel-ajoneuvoissa muutostarve on suurempi ja useampi erityyppinen muunnos on mahdollinen.

Metaanin käyttö on mahdollista sekä 2 miljoonassa nykyisessä maakaasuajoneuvossa että nykyään useiden autonvalmistajan sarjatuotannossa olevissa kaksoispolttoainejärjestelmällä varustetuissa ns. bi-fuel –autoissa, kuten vuosimallin 2003 Volvo V70 bi-fuel kuvassa 2. Ne pystyvät käyttämään sekä metaania että bensiiniä. Jälkimmäistä tarvitaan ylimenokaudella, kun metaanintankkausverkosto on harva. Myös diesel-metaani yhteispolttoainejärjestelmällä varustettuja ns. dual-fuel –raskaan liikenteen ajoneuvoja on olemassa. Biokaasun ajoneuvokäyttöön tarvittava teknologia on sarjatuotannossa Ruotsissa.

Metaanin oktaaniluku on 120, joten ottomoottorin kompressiosuhdetta voidaan nostaa 50%:lla ja siten moottorin hyötysuhde nousee 50%:lla bensiinikäyttöiseen moottoriin verrattuna. Tätä mahdollisuutta ei voida käyttää bi-fuel –autoissa. Metaania voidaan käyttää mäntämoottorien lisäksi sellaisenaan myös polttokennojen energianlähteenä, jolloin polttokennojen kaksinkertaisesta hyötysuhteesta ottomoottoriin verrattuna seuraa metaaninkulutuksen puolittuminen ja siten polttokennoja käytettäessä taulukon 1 auto- ja bussimäärät kaksinkertaistuisivat.

Polttoaine	Lisäenergian tarve hyödynnettävän energiayksikön tuottamiseen	Fossiilienergian tarve hyödynnettävän energiayksikön tuottamiseen
Bensiini, lyijytön 95	21%	21%
Diesel Mk1	14%	14%
Maakaasu	9%	9%
Biokaasu	6-12%	0-5%

Liikenteen biopolttoainevaihtoehdoista biokaasumetaani tarjoaa korkeimman konversiohyötysuhteen eli tuotettaessa esim. bioetanolia tai biodieseliä viljelypinta-alaa tarvitaan 2-4-kertaisesti. Jopa 90% mädätettävän biomassan energiasisällöstä on muunnettavissa metaanin energiasisällöksi. Biokaasumetaanin tuotanto on myös fossiilipolttoaineiden tuotantoa energiatehokkaampaa (taulukko 3).

BIOKAASUN KÄYTTÖÖNOTON TALOUS

Julkisen talouden kannalta lähes koko yllämainittu potentiaali kannattaisi hyödyntää, koska sen avulla parannetaan kauppatasetta, luodaan työpaikkoja, parannetaan energiaomavaraisuutta, vähennetään kriisihaavoittuvuutta, vähennetään päästöjen aiheuttamia terveys- ja ympäristöongelmia jne.

Tällä hetkellä kuitenkin vain 210 GWh hyödynnetään. Markkinapotentiaalın nostaminen lähelle taloudellista potentiaalia on pääasiassa yhteiskunnan vastuulla ja edellyttää runsaasti toimenpiteitä mm. koulutuksen, lainsäädännön ja ohjeistuksen kautta. Yhteiskunnalle taloudellisesti kannattavan potentiaalın toteutuminen edellyttää, että taloudellinen

kannattavuus siirretään proaktiivisilla, markkinamekanismeihin selkeästi painottuvilla toimenpiteillä alan toimijoille mahdollisimman lyhyellä takaisinmaksuajalla realisoitavaksi.

EU:n uusiutuvien energiamuotojen strategian mukaan biokaasun käyttöä pyritään nostamaan 15 Mtoe:lla eli 170 TWh:lla jo lyhyellä aikavälillä, vuoteen 2010 mennessä. Biokaasun merkitys kyseisestä 165 miljardin euron ohjelmasta on primäärienergiaosuudeltaan 10% (taulukko 4). Väestömääriin suhteutettuna Suomen tavoitteeksi tuli 2,4 TWh eli nykykäytön 11-kertaistus.

<i>Taulukko 4. EU:n uusiutuvien energiamuotojen strategian lisätuotantotavoitteet vuoteen 2010 mennessä. Investoinnin kokonaisarvo on 165 miljardia euroa (EC 1997).</i>				
Tuotantoteknologia	Osuus¹ ohjelmasta	Loppukulutus- energia² [Mtoe/v]	Primääri- energia³ [Mtoe/v]	Sähkö [TWh/v]
Biomassa	52 %	54	90	208
- <i>biokaasu</i>			15	
- <i>kiinteä ja nestemäinen</i>			75	
Passiivinen aurinkoenergia	34 %	35	35	0
Tuuli	6,0 %	6,3	6,6	76
Aurinkokeräin	3,5 %	3,7	3,7	0
Suurvesivoima	2,4 %	2,5	2,6	30
Pienvesivoima	1,4 %	1,5	1,6	18
Aurinkopaneelit (PV-sähkö)	0,3 %	0,3	0,3	3
Geoterminen sähkö	0,3 %	0,3	2,1	3,5
Geoterminen lämpö	0,3 %	0,3	0,3	0
Maalämpö	0,3 %	0,3	0,3	0
Muut	0,2 %	0,2	0,2	2
YHTEENSÄ	100,7	104,4	142,7	340,5
¹ Loppukulutusenergian mukaan.				
² Energia, jonka kuluttajat käyttävät. Ei sisällä voimalaitosten konversio- ja omakulutushäviöitä eikä energian siirtohäviöitä.				
³ Energian kokonaiskulutus, jossa häviöt ovat mukana.				

Kuluttajalle liikennepolttoaine on arvokkaampaa energiayksikköä kohti kuin sähkö ja lämpö. Liikennekäytössä biopolttoaineresursseille olisi saatavissa korkein tuotto, mikäli haittaverot säilytetään fossiililla polttoaineilla, mutta poistetaan biopolttoaineilta kuten EU:n komission tällä hetkellä jäsenvaltioiden käsittelyssä oleva direktiiviehdotus edellyttää. Esimerkiksi Ruotsissa bi-fuel-autot maksavat noin 3% enemmän kuin vastaavat tavanomaiset autot, mutta biokaasun 20-40% halvemmasta hinnasta johtuen takaisinmaksuaika on 3 vuoden luokkaa.

BIOKAASUMETAANIN KÄYTTÖÖNOTTO KUNNISSA

Metaanin käyttöönotto on helpointa silloin, kun useilla ajoneuvoilla on oma yhteinen polttoainehuolto (ns. captive fleet), esimerkiksi paikallisbussiyhtiöt. Muita ensikäyttäjiksi sopivia ovat tahot, joilla on useampia paikallisliikenteessä käytettäviä ajoneuvoja tai työkoneita, esimerkiksi kunnat, jäteyritykset, posti, poliisi, taksit ja elintarviketeollisuus. Kun näiden tahojen toteuttamat tankkauspaikat saatetaan myös yksityisten käyttöön Ruotsin esimerkin mukaisesti, saadaan alkusysäys laajemman kysynnän ja tarjonnan synnylle.

Kunnat ovat keskeisessä asemassa käyttöönotossa. Tarvittavaa teknologisen infrastruktuurin muutosta ei voida käynnistää ilman kuntien aktiivista panosta. Ruotsissa kehitys on lähtenyt liikkeelle nimenomaan kunnista ja tällä hetkellä siellä on biokaasukäytössä 500 bussia tai kuorma-autoa ja 2000 henkilöautoa, jotka ovat pääasiassa paikallisliikenteen ammattiajoneuvoja (kuva 3). Kysyntää on siellä jo riittävästi siihen, että monet huoltoasemaketjut ovat aloittaneet biokaasun myynnin yhteensä 30 asemalla (kuva 4) ja biofuel-autoja myydään myös yksityiskäyttöön.



Kuva 3. Uppsalan kaupunkiliikenteen biokaasubussi. Biokaasu saadaan jätevedestä (kuva Ari Lampinen).

Biokaasua voidaan tuottaa jätelähteiden luona, joten tuotanto on luonnollisesti hajautettua aivan kuten liikennepolttoaineiden kulutuskin. Biokaasumetaania voidaan siirtää kuntien sisällä maakaasuputkiston kautta tai säiliöissä.

Metaania voidaan tietenkin käyttää myös sähkön ja lämmön tuotantoon. Sähkön tuotannossa metaanilla voidaan saavuttaa korkeampi hyötysuhde kuin millään nestemäisellä tai kiinteällä polttoaineella. Kombivoimalaitoksissa voidaan jo nykytekniikalla saavuttaa 60%:n hyötysuhde eli yli kaksinkertainen Suomen sähköntuotannon keskimääräiseen hyötysuhteeseen verrattuna. Sähköä ja lämpöä kannattaa tuotetusta metaanista joka tapauksessa tuottaa ainakin tuotantolaitosten, esim. maatilat ja elintarviketeollisuus, omavaraisuuden verran, ja myös sähkön yliomavaraisuutta on tavoiteltava mm. sähköntuotannon kriisivalmiussyistä. Reaktoreiden lämmitykseen kuluu joka tapauksessa joitakin prosentteja tuotetusta metaanista. Lisäksi ainakin tuotantolaitosten työkoneet on järkevä käyttää metaanilla.

Eduskunnassa on käsitteillä useita lakimuutosaloitteita, EU:n velvoittamia tai muita, jotka tulevat tasaamaan tietä infrastruktuurin muutokselle biokaasun ja muiden liikenteen biopolttoaineiden hyväksi. Jyväskylän yliopistossa puolestaan on käynnissä useita hankkeita, joiden kautta biokaasun liikennekäytöstä kiinnostuneita kuntia voidaan tukea. Prosessin eteneminen edellyttää niiden ensimmäisten kuntien esiintuloa, jotka sitten näyttävät tietä muille.



Kuva 4. Huoltoasema Tukholmassa (kuva Ari Lampinen).