



BIOKAASUN MAATILATUOTANNON KANNATTAVUUSSELVITYS

LOPPURAPORTTI

Markku Hagström
Eero Vartiainen
Juha Vanhanen



SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	5
1.1 TAUSTAA	5
1.2 TAVOITTEET	5
1.3 TEHTÄVÄN RAJAUS JA TARKASTELTAVAT LAITOSKONSEPTIT	6
1.4 LÄHESTYMISTAPA.....	6
1.5 RAPORTIN RAKENNE JA SISÄLTÖ	7
2 TOIMINTAYMPÄRISTÖN KUVAUS	8
2.1 BIOKAASUN MAATILATUOTANNON LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET	8
2.2 BIOKAASUN TUOTANTOPOTENTIAALI MAATILOILLA	11
2.2.1 Maatalouden tuotantosuunnat ja tyyppitilat.....	11
2.2.2 Tyyppitilojen biokaasun tuotantopotentiaali	13
2.3 MAATILOJEN ENERGIATARPEET	14
2.3.1 Maatalouden kokonaisenergiankulutus	14
2.3.2 Energiatarpeet tuotantosuunnittain ja kokoluokittain	15
2.4 TOIMINTAAN VAIKUTTAVA LAINSÄÄDÄNTÖ JA TUKIPOLITIikka	17
2.4.1 Lainsäädäntö	17
2.4.1.1 Sähkömarkkinalaki	18
2.4.1.2 Sivutuoteasetus	18
2.4.2 Rahoitustuet ja energiaverotus	20
2.4.2.1 Rahoitustuet	21
2.4.2.2 Energiaverotus	22
3 BIOKAASUN MAATILATUOTANNON LAITOSKONSEPTIT	24
3.1 MAATILAN OMIA RAAKA-AINEITA KÄYTTÄVÄT RATKAISUT	24
3.1.1 Laitoskonseptin yleiskuvaus.....	24
3.1.2 Soveltuvuuteen vaikuttavia tekijöitä	26
3.1.2.1 Maatilan koko	26
3.1.2.2 Tuotantosuunta.....	27
3.1.2.3 Lainsäädännölliset ja muut reunaehdot.....	28
3.2 MAATILAN ULKOPUOLISIA RAAKA-AINEITA HYÖDYNTÄVÄT RATKAISUT.....	28
3.2.1 Laitoskonseptin yleiskuvaus.....	28
3.2.2 Soveltuvuuteen vaikuttavia tekijöitä	29
3.2.2.1 Maatilan koko ja tuotantosuunta.....	29
3.2.2.2 Laitoskonseptin eri ansaintavaihtoehdot.....	30
3.3 USEAMMAN TILAN YHTEISLAIKOKSET.....	31
3.3.1 Laitoskonseptin yleiskuvaus.....	31
3.3.2 Soveltuvuuteen vaikuttavia tekijöitä	32
3.3.2.1 Biokaasun hyödyntämismvaihtoehdot	32
3.3.2.2 Ulkopuolisen raaka-aineen vastaanotto ja lannoitemyynti	33
4 SUUNTAA-ANTAVIA LASKELMIA ERILAISISTA RATKAISUISTA	34
4.1 LASKELMIEN LÄHTÖOLETUKSET	34
4.2 MAATILAN OMIA RAAKA-AINEITA KÄYTTÄVÄT RATKAISUT	35

4.2.1 Peruslaskelma.....	35
4.2.2 Herkkyystarkasteluja	37
4.2.2.1 Kokoluokka.....	37
4.2.2.2 Tilatyypit.....	38
4.2.2.3 Investointikustannukset ja järjestelmän elinikä	40
4.2.2.4 Energian hinta	41
4.2.2.5 Kasviperäisen biomassan lisäraaka-aineena	42
4.2.2.6 Liikennepolttoaineen tuotanto	43
4.2.2.7 Kasvihuonekaasujen vähentyminen.....	44
4.2.2.8 Yhteistuotantoteknologia.....	45
4.3 MAATILAN ULKOPUOLISIA RAAKA-AINEITA HYÖDYNTÄVÄT RATKAISUT.....	45
4.3.1 Peruslaskelma.....	45
4.3.2 Herkkyystarkasteluja	47
4.3.2.1 Ulkopuolisen raaka-aineen määrä.....	47
4.3.2.2 Porttimaksujen suuruus.....	47
4.3.2.3 Sähkön myyntihinta	48
4.3.2.4 Lannoitemyynti	48
4.4 USEAN TILAN YHTEISLAITOKSET.....	49
4.4.1 Peruslaskelma.....	49
4.4.2 Herkkyystarkasteluja	51
4.4.2.1 Tuotetun energian hyödyntämismallit.....	51
4.4.2.2 Porttimaksut ulkopuolisille raaka-aineille	53
4.4.2.3 Lannoitemyynti.....	54
5 YKSITYISKOHTAISIA CASE-LASKELMIA.....	55
5.1 CASE I: YHDISTELMÄSIKALA.....	55
5.1.1 Ratkaisun kuvaus ja lähtötiedot.....	55
5.1.2 Laskelmien tulokset ja herkkyystarkastelut.....	57
5.1.3 Havainnot	60
5.2 CASE II: BROILERIKANALA.....	62
5.2.1 Ratkaisun kuvaus ja lähtötiedot.....	62
5.2.2 Laskelmien tulokset ja herkkyystarkastelut.....	64
5.2.3 Havainnot	66
5.3 CASE III: MAITOTILA.....	66
5.3.1 Ratkaisun kuvaus ja lähtötiedot.....	66
5.3.2 Laskelmien tulokset ja herkkyystarkastelut.....	68
5.3.3 Havainnot	70
5.4 CASE IV: USEAN TILAN YHTEISLAITOS + KASVIHUONE	70
5.4.1 Ratkaisun kuvaus ja lähtötiedot.....	70
5.4.2 Laskelmien tulokset ja herkkyystarkastelut.....	71
5.4.3 Havainnot	73
6 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	74
6.1 NÄKEMYKSIÄ ERI LAITOSKONSEPTEISTA JA TUOTANTOSUUNNISTA	74
6.2 KANNATTAVUUSLASKELMIEN JOHTOPÄÄTÖKSET	75

ESIPUHE

Tämän selvityksen lähtökohtana on ollut maa- ja metsätalousministeriön asettaman *Peltohiomassa, liikenteen biopoltonesteet ja biokaasu* –jaoston toimeksianto. Selvityksen tarkoituksena on ollut tuottaa lisätietoa maataloilla tuotettavan biokaasun hyödyntämisen kannattavuudesta eri laitoskonsepteissa. Selvitys on rahoitettu maa- ja metsätalousministeriön yhteistutkimuksen määrärahoista. Työtä ovat ohjanneet Veli-Pekka Reskola ja Elina Nikkola maa- ja metsätalousministeriöstä ja työn suorituksesta ovat vastanneet Markku Hagström, Eero Vartiainen ja Juha Vanhanen Gaia Group Oy:stä. Tekijät ovat haastatelleet työn aikana seuraavia henkilöitä: Sanna Marttinen, Satafood kehittämissyhdystys ry.; Erkki Kalmari, Metener Oy; Matti Malkamäki, Greenenvironment Oy; Markku Riihimäki, Vakka-Suomen kehityskeskus; Juha Kylämäki, Siipikarjaliitto; Tiina Varho-Lankinen, Suomen Broileryhdystys ry; Harri Riihimäki, Riihimäen maatalo, Halsua; Toni Taavitsainen, Pohjois-Savon ammattikorkeakoulu ja Simo Leinonen, Biokaasukeskus ry. Työn tekijät kiittävät kaikkia edellä mainittuja henkilöitä työtä edistäneistä arvokkaista tiedoista.

Helsingissä 31.8.2005

Juha Vanhanen
Toimitusjohtaja
Gaia Group Oy

1 Johdanto

1.1 Taustaa

Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittaminen on yksi suurimmista kansainvälisistä haasteista seuraavina vuosikymmeninä. Erilaiset uusiutuvat energialähteet, energian käytön tehostamisen ohella, katsotaan yhdeksi tärkeimmistä keinoista kasvihuonekaasupäästöjen hillitsemisessä niin Suomessa kuin muuallakin maailmassa. Uusiutuviista energialähteistä Suomessa on panostettu jo pitkään puuperäiseen bioenergiaan. Viime vuosina kiinnostus myös muita bioenergian muotoja kohtaan on selvästi lisääntynyt.

Maatiloilla tuotettava biokaasu on noussut esille yhtenä uutena vaihtoehtona edistää uusiutuvan energian käyttöä ja vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Eläinten lannasta, peltobiomassasta sekä muista maatilan tuottamista orgaanisista materiaaleista tuotettua biokaasua voidaan käyttää sekä maatilan oman energiankulutuksen tarpeisiin että siitä voidaan myös jalostaa esimerkiksi liikennepolttoaineeksi. Maassamme on kuitenkin toistaiseksi toiminnassa varsin harvoja maatilapohjaisia biokaasulaitoksia. Eräänä syynä maatilapohjaisten biokaasulaitosten vähäisyyteen Suomessa voidaan pitää luotettavan tutkimustiedon puutetta erilaisista biokaasulaitosratkaisuksista ja niiden taloudellisesta kannattavuudesta.¹

Tämän selvityksen on tarkoitus tuottaa lisätietoa maatiloilla tuotettavan biokaasun hyödyntämisen kannattavuudesta eri laitoskonsepteissa. Tarkastelun lähtökohtana on ollut erilaisten ratkaisujen kannattavuuden arviointi kattavin herkkyytstarkasteluin.

1.2 Tavoitteet

Hankkeen päätavoitteena on muodostaa kokonaiskuva biokaasutuotannosta ja biokaasulla tuotetun energian nykytilasta, mahdollisuuksista ja kannattavuudesta suomalaisilla maatiloilla. Hankkeen päätavoite voidaan purkaa seuraaviin osatavoitteisiin:

1. Selvittää erilaiset suomalaisille maatiloille sopivat biokaasulaitoskonseptit, niiden tekniset ja taloudelliset toimintamahdollisuudet sekä niihin liittyvät liiketoiminnalliset ratkaisumallit
2. Selvittää Suomessa jo käytössä olevat maatilapohjaiset biokaasukonseptit ja kokemukset niistä
3. Selvittää myös sellaiset laitos- ja toimintakonseptit, joita ei vielä ole Suomessa käytössä, mutta joiden käyttökelpoisuus näyttää todennäköiseltä ulkomaisten kokemusten tai muun tietämyksen valossa
4. Tuottaa tietoa biokaasulaitoksia koskevia energia- ja tukipoliittisia linjauksia varten

¹ Työryhmämuidio 2004:11. Peltobiomassa, liikenteen biopolttonesteet ja biokaasu-jaosto. Väkiraportti, Helsinki 2004.

1.3 Tehtävän rajaus ja tarkasteltavat laitoskonseptit

Selvityksessä tarkastellaan maatilojen biokaasutuotannon taloudellisia edellytyksiä huomioimalla tekniset, ympäristölliset ja lainsäädännölliset reunaehdot. Selvitys kattaa toimeksiannon mukaisesti seuraavat laitoskonseptit eri kokoluokissa:

1. Maatilan omia raaka-aineita käyttävä ja maatilan omiin tarpeisiin energiaa tuottava biokaasulaitos
2. Yhdellä maatilalla toimiva biokaasulaitos, joka käsittelee tilan ulkopuolisia jäte- tai muita materiaaleja ja myy osan tuottamastaan energiasta ja/tai muusta bioenergialaitoksen lopputuotteesta tilan ulkopuolelle
3. Useamman tilan yhteiset biokaasulaitokset

Tarkastelun painopiste on biokaasuun perustuvassa sähkön ja lämmön yhteistuotannossa, mutta myös muita vaihtoehtoja, kuten biokaasun jalostamista liikennepolttoaineeksi, tarkastellaan osana herkkyystarkasteluja. Biokaasujärjestelmien teknisten ratkaisujen tarkastelu ja potentiaaliarvioiden tekemien on rajattu tämän selvityksen ulkopuolelle.

1.4 Lähestymistapa

Selvitystehtävän laajuuden ja monitahoisuuden vuoksi selvitys on toteutettu hierarkkisen lähestymistavan periaatteella:

1. Ensimmäisessä vaiheessa on tehty kirjallisuusselvityksen ja asiantuntijahaastattelujen perusteella kvalitatiivinen analyysi biokaasun maatilatuotannon olemassa olevista ja mahdollisista ratkaisuista eri kokoluokissa ja tuotantosuunnissa. Tämän analyysin tuloksena on saatu kattava joukko erilaisia vaihtoehtoja, joista lupaavimmat on valittu jatkotarkasteluun
2. Toiseksi on suoritettu suuntaa-antavat kannattavuuslaskelmat eri laitoskonsepteissa ottaen huomioon biokaasulaitoksen vaatimat investoinnit, käyttökustannukset ja muut mahdolliset kustannuserät. Tuloina on huomioitu tuotetun biokaasun arvo sähkönä ja lämpönä sekä mahdolliset muut tuloerät, kuten porttimaksut ja lannoitemyynnin tulot. Laskelmat on tehty kassavirtaperusteisesti huomioiden pääomakustannusten vaikutus annuiteettimenetelmällä. Laskelmat sisältävät merkittävän määrän herkkyystarkasteluja eri tekijöiden vaikutuksien tunnistamiseksi.
3. Kolmannessa vaiheessa on tehty vielä valikoitujen ratkaisujen yksityiskohtaiset laskelmat hajautetun energiatuotannon kannattavuuslaskelmiin suunnitellulla, simulointiin perustuvalla *GaiaPower Calculator* ohjelmistolla. Laskelmissa on huomioitu myös sellaisia kannattavuuteen vaikuttavia yksityiskohtia, joita perinteiset taulukkolaskentaan perustuvat laskentamenetelmät eivät usein pysty huomioimaan. Tällaisia asioita ovat muun muassa sähkön ja lämmön kulutuksen tunnittainen vaihtelu sekä tuotantolaitteiden hyötysuhteiden vaihtelu kuormitusasteen mukaan.

1.5 Raportin rakenne ja sisältö

Raportin aluksi luvussa 2 on esitetty toimintaympäristön kuvaus. Maatilakohtaisen biokaasun tuotannon lähtökohtien ja tavoitteiden lisäksi luvussa 2 on kuvattu maatilakohtaisen biokaasun tuottopotentiaali eri tuotantosuuntien tyypillisillä tiloilla sekä arvioitu energian kulutus myös tuotantosuunnittain. Nämä tekijähän muodostavat lähtökohdat myöhemmin tehtäville kannattavuustarkasteluille. Luvun 2 lopuksi on vielä tehty katsaus tärkeimpiin lainsäädännöllisiin ja tukipoliittisiin reunaehtoihin, joilla on vaikutusta biokaasun maatilakohtaiseen tuotantoon.

Biokaasun maatilatuotannon eri laitoskonseptit on esitelty luvussa 3. Kustakin laitoskonseptista on esitetty yleiskuvaus, minkä jälkeen on kuvattu erilaiset käytännön ratkaisuvaihtoehdot sekä reunaehdot. Lisäksi on arvioitu eri laitoskonseptien soveltuvuus eri tuotantosuuntien tiloille. Luvussa 4 puolestaan on esitetty suuntaa-antavat kannattavuuslaskelmat eri laitoskonsepteihin perustuvista ratkaisuista. Laskelmat sisältävät runsaasti erilaisia herkkyystarkasteluja, joiden pääasiallisena tehtävänä on valottaa eri tekijöiden vaikutusta kannattavuuteen; ei niinkään osoittaa absoluuttista kannattavuutta tai kannattamattomuutta.

Yksityiskohtaiset case-laskelmat on esitetty luvussa 5. Laskelmien tarkoituksena on huomioida tarkasti pienempienkin yksityiskohtien vaikutus erilaisten ratkaisujen kannattavuuteen. Erityisesti laskelmissa pyritään havainnollistamaan energiankulutuksen ajallisen vaihtelun merkitystä sekä muita käytännön seikkoja. Raportin lopuksi luvussa 6 on esitetty johtopäätökset tehdyistä laskelmista sekä esitetty näkemyksiä tukipoliittisia linjauksia varten.

2 Toimintaympäristön kuvaus

2.1 Biokaasun maatilatuotannon lähtökohdat ja tavoitteet

Biokaasun maatilatuotannon lähtökohtina voidaan pitää poliittisia linjauksia, joilla pyritään sekä edistämään uusiutuvien energialähteiden käyttöä ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä että edistämään uuden yritystoiminnan syntymistä maaseudulla.

Uusiutuvan energialähteiden käytön edistäminen on nostettu esille muun muassa EU:n komission strategiassa.² ³ Strategian mukaan uusiutuvien energialähteiden osuus EU:n primäärienergian kulutuksessa tulisi kaksinkertaistaa nykyisestä 6 prosentista 12 prosenttiin vuoteen 2010 mennessä. Energian tuotannossa etusijalle tulisi asettaa uusien ja uusiutuvien energialähteiden käytön kehittäminen, jotta voitaisiin vastata muun muassa ilmaston lämpenemisen asettamaan haasteeseen.

Uusiutuvien energialähteiden osuutta pyritään kasvattamaan sähköntuotannossa siten, että vuoteen 2010 mennessä 22,1 prosenttia yhteisön kokonaissähkökulutuksesta olisi uusiutuvista energialähteistä tuotettua sähköä⁴. Suomen kansallinen tavoiteosuus vuonna 2010 on 31,5 prosenttia. Tämän lisäksi vielä liikenteen biopolttoainedirektiivin⁵ tarkoituksena on edistää biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden käyttöä dieselöljyn tai bensiinin korvaamiseksi liikenteessä. Jäsenvaltioiden tulee direktiivin mukaisesti asettaa biopolttoaineille ja muille uusiutuville polttoaineille ohjeellinen kansallinen käytön tavoite vuosille 2005 ja 2010. Direktiivissä annetut viitteelliset tavoitearvot ovat, energiasisällön perusteella laskettuna, 2 prosenttia (2005) ja 5,75 prosenttia (2010).

Suomen kansallisen uusituvan energian edistämishojelman kokonaistavoitteena on lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä vuoteen 2010 mennessä 30 prosenttia ja vuoteen 2025 mennessä 60 prosenttia verrattuna vuoden 2001 tasoon. Valtaosa uusiutuvien energialähteiden käytöstä koostuu bioenergiasta (ks. taulukko 2.1). Biokaasun osuus uusiutuvien energialähteiden käytöstä vuonna 2010 olisi ohjelman mukaan noin prosentin luokkaa. Merkittävää on kuitenkin sen käytön kasvu kuusinkertaiseksi jo vuoteen 2010 mennessä verrattuna vuoden 2001 lähtötasoon.

² KOM/97/599

³ KOM/2000/769

⁴ Direktiivi sähköntuotannon edistämisestä uusituvista energialähteistä (2001/77/EY)

⁵ Direktiivi liikenteen biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden edistämisestä (2003/30/EY)

Taulukko 2.1. Uusiutuvien energialähteiden käytön tavoitteet 2005 ja 2010 sekä visio vuodelle 2025, primäärienergia (PJ).⁶

Polttoaine/Energialähde	1995	2001	2005		2010		2025	
	PJ	PJ	PJ	Lisäys vuodesta 2001 %	PJ	Lisäys vuodesta 2001 %	PJ	Lisäys vuodesta 2001 %
<i>Bioenergia yhteensä sektoreittain</i>	209	267	305	14 %	349	31 %	414	55 %
Teollisuus	156	202	215	6 %	230	14 %	268	33 %
Kaukolämmitys	8	16	30	88 %	44	175 %	61	4 x
Pienkäyttö	45	49	59	21 %	72	46 %	76	55 %
Liikenne	0	0	1,4		3,1		9	
<i>Bioenergia yhteensä polttoaineittain</i>	208,6	267,2	304	14 %	349	31 %	414	55 %
Puunjalostusteollisuuden jäteliemet*	109,0	133,7	143	7 %	154	15 %	167	25 %
Teollisuuden puupolttoaineet	51,8	76,6	80	4 %	84	9 %	92	20 %
Puun pienkäyttö (ei sis. metsähaketta)	43,7	45,8	50	8 %	54	19 %	59	28 %
Metsähake	3,1	9,4	22	133 %	38	4 x	63	7 x
Kierrätyspolttoaineet**	0,36	1,01	5	5 x	10	10 x	10	10 x
Biokaasu	0,65	0,75	2,3	3 x	4,2	6 x	8	11 x
Peltobiomassa	0,00	0,00	0,9		2,1		5	
Biopolttonesteet (liikennekäyttö)***	0,00	0,00	1,4		3,1		9	
<i>Vesivoima</i>	46,0	46,9	49	5 %	52	12 %	58	23 %
josta > 10 MW****	41,8	42,8	44	2 %	45	4 %	46	8 %
josta < 10 MW	4,2	4,1	6	39 %	8	88 %	11	175 %
<i>Tuulivoima</i>	0,04	0,25	1,2	5 x	4,0	16 x	17	70 x
<i>Aurinkoenergia</i>	0,013	0,021	0,16	8 x	0,33	16 x	3,3	160 x
Aurinkosähkö	0,004	0,008	0,08	10 x	0,17	20 x	1,7	200 x
Aurinkolämpö	0,008	0,013	0,08	6 x	0,17	13 x	1,7	130 x
<i>Lämpöpumput</i>	1,84	2,73	4	55 %	7	147 %	16	6 x
Yhteensä	256	317	359	13 %	412	30 %	508	60 %

* Ei ole ohjelman toimenpiteiden kohteena, KTM:n kehitysarvio.

** Taulukon luku edustaa kierrätyspolttoaineiden biohajoavaa osaa, joksi on arvioitu keskimäärin 60 % energiasisällöstä. Purku- ja rakennustoiminnan puutähteet eivät sisälly kierrätyspolttoaineisiin vaan teollisuuden puupolttoaineisiin. Luvut eivät ole varsinaisia tavoitteita vaan arvioita tarvittavasta energiakäytöstä, jotta jätehuollon tavoitteet saavutettaisiin

*** Tavoite on vasta alustava ja sitä tarkennetaan myöhemmin.

**** Uusinvestoinnit suurvesivoimaan eivät ole ohjelman toimenpiteiden kohteena, sähköntuottajien kehitysarvio.

[1 Mtoe = 11,63 TWh = 41,868 PJ]
[puulle 1 PJ = 0,13 Mm³]

⁶ Uusiutuvan energian edistämishjelma 2003–2006, työryhmän ehdotus. KTM työryhmä- ja toimikuntaraportteja 5/2003.

VTT:n tekemän selvityksen⁷ mukaan vuodelle 2010 asetettuun kuusinkertaistustavoitteeseen päästään, mikäli biokaasutuotantoa on esimerkiksi seuraavasti:

- 24 yhdyskuntien ja teollisuuden jätevedenpuhdistamossa
- 80 kaatopaikalla
- 17 yhdyskuntien biojätteenkäsittelylaitoksessa
- 750 maatilalla sekä
- 21 keskitetyllä useamman tilan yhteislaitoksella, joilla käsiteltäisiin esimerkiksi turkiseläintalouden lantaa ja nonfood-kasveja.

Edellä mainituilla oletuksilla lasketut työllisyysvaikutukset on esitetty taulukossa 2.2. Siitä nähdään, että biokaasun tuotannon ja hyödyntämisen vuotuinen työllistävä vaikutus biokaasureaktoria kohti on suhteellisen pieni. Tämä johtuu korkeasta reaktoreiden korkeasta automaatioasteesta, jolloin työllistävä vaikutus kohdistuu lähinnä huoltotoimiin.

Taulukko 2.2. Biokaasun tuotannon vuotuinen työllistävyys (lähde: VTT).

	htv/kpl	1995		2001		2010	
		Kpl	htv	Kpl	Htv	kpl	htv
Jätevedenpuhdistamot	0,2	17	3,4	19	3,8	24	4,8
Kaatopaikat	0,3	3	0,9	19	5,7	80	24
Yhdyskuntien biojäte	3	1	3	1	3	17	51
Maatilat	0,05	–	–	5	0,25	750	37,5
Muut	1	–	–	–	–	21	21
Yhteensä		21	7,3	44	12,75	892	138,3

Biokaasun tuotantoon maaseudulla liittyy kuitenkin työllisyysnäkökohtien lisäksi useita muita yhteiskunnallisia hyötyjä. Ympäristön kannalta lannan tehokkaan käsittelyn ansioista muun muassa huuhtoutumat vesistöihin; myös kasvihuonekaasupäästöt ja hajuhaitat vähenevät. Maatalouden biokaasulaitokset tarjoavat myös helpotusta yhdyskuntien ja teollisuuden biohajoavien jätteiden käsittelyyn. Samalla edistetään myös paikallista yritystoimintaa ja vilkastutetaan elinkeinoelämää maaseudulla.

Edellä mainituista laajemmista yhteiskunnallisista ja paikallisista hyödyistä huolimatta tämän selvityksen kannattavuustarkasteluissa rajoitetaan kuitenkin vain niihin suoriin hyötyihin, jotka voidaan mitata välittömästi rahassa. Tukipolitiikkaa ja muita kannustimia rakennettaessa on kuitenkin huomioitava myös edellä mainitut laajemmat yhteiskunnalliset hyödyt.

⁷ P. Halonen et al., Bioenergian tuotanto- ja käyttöketjut sekä niiden suorat työllisyysvaikutukset, VTT tiedotteita 2219, Espoo 2003.

2.2 Biokaasun tuotantopotentiaali maataloilla

2.2.1 Maatalouden tuotantosuunnat ja tyyppitilat

Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksen (Tike) ylläpitämän Maatilojen sähköisen tietopalvelun (Matilda) maatilarekisterin tilastojen mukaan maatalous jaetaan seuraaviin päätuotantosuuntiin:

- Lypsykarjatalous
- Muu nautakarjatalous
- Sikatalous
- Siipikarjatalous
- Lammas- ja vuohitalous
- Hevostalous
- Viljanviljely
- Erikoiskasvituotanto
- Puutarhakasvien viljely
- Muu kasvituotanto
- Muu tuotanto

Nautaeläimet, siat, lampaat ja siipikarja tilastoidaan vielä erikseen alalajein. Seuraavassa on esitetty alalajit, niiden kokonaislukumäärä, tilojen lukumäärä ja keskimääräinen eläinluku Suomessa 1.5.2004:

<u>Nautaeläimet:</u>	<u>eläinten lkm</u>	<u>tilojen lkm</u>	<u>eläintä/tila</u>
• Lypsylehmät	324376	18107	18
• Emolehmät	30832	1869	16
• Hiehot (2 vuotta ja yli)	28881	11197	3
• Nuoret hiehot (1 - alle 2 vuotta)	144207	19431	7
• Sonnit (2 vuotta ja yli)	7852	2467	3
• Nuoret sonnit (1 - alle 2 vuotta)	102599	9608	11
• Vasikat alle 1 vuotta	330393	21681	15
<u>Siat:</u>			
• Karjut 50 kg ja yli	4661	1828	3
• Emakot 50 kg ja yli	175047	2425	72
• Lihasiat	441235	2717	162
• Nuoret lihasiat 20 - alle 50 kg	291300	2423	120
• Porsaats alle 20 kg	452364	2279	198
<u>Lampaat:</u>			
• Uuhet 12 kk ja yli	54294	2092	26
• Karits. ja tiineet uuhet alle 12 kk	1783	254	7
• Muut lampaat	52810	1750	30
<u>Siipikarja:</u>			
• Munivat kanat vähintään 20 viikkoa	3069195	1653	1857
• Kananpoikaset alle 20 viikkoa	911607	140	6511
• Kukot vähintään 20 viikkoa	10424	233	45
• Broileriemot vähintään 18 viikkoa	287397	29	9910
• Broilerit	5573229	143	38973
• Kalkkunat	535289	139	3851
• Muu siipikarja	18063	268	67
<u>Vuohet</u>	7271	597	12
<u>Hevoset</u>	24400	4641	5

Edellä esitettyjen tietojen perusteella voidaan määrittellä keskimääräiset tyyppitilat ja niiden keskimääräiset eläinluvut. Muut kuin alla luetellut eläintuotantosuunnat on jätetty pois tarkastelusta, koska eläinten määrä jää niin pieneksi, ettei biokaasun tuotantoon ole edellytyksiä. Keskimääräiset tyyppitilat voidaan karkeasti jakaa seuraavasti:

Maitotila:	18 lypsylehmää, 2 hiehoa, 7 nuorta hiehoa, 2 nuorta sonnia, 15 vasikkaa
Sonnitila:	3 sonnia, 22 nuorta sonnia, 15 vasikkaa
Emolehmätila:	16 emolehmää, 7 nuorta hiehoa, 6 nuorta sonnia, 15 vasikkaa
Emakkosikala:	2 karjaa, 70 emakkoa, 200 porsasta
Lihasicala:	160 lihasikaa, 120 nuorta lihasikaa
Yhdistelmäsikala:	2 karjaa, 70 emakkoa, 160 lihasikaa, 120 nuorta lihasikaa, 200 porsasta
Munakanala:	2000 munivaa kanaa
Broilerikanala:	40 000 broileria

Jotta voitaisiin määrittää kunkin tyyppitilan keskimääräinen koko, on ensin arvioitava kunkin eläinlajin keskikoko. Taulukossa 2.3 on arvioitu eläinten keskikokoja ja suhteutettu ne nautayksiköihin. Yksi nautayksikkö (1 ny) vastaa yhtä 500 kg:n painoista lypsylehmää.

Taulukko 2.3. Eläinten keskikoot suhteutettuna nautayksiköihin (ny) sekä joidenkin eläinten lannantuotanto, kuiva-aineen kokonaismäärä (TS) ja orgaaninen osuus (VS)⁸; sekä lantamäärä (VS) Suomen biokaasukeskuksen mukaan⁹.

Eläin	koko (kg)	nautayksikköä	lannantuotanto kg/vuosi (TS)	lannantuotanto kg/vuosi (VS)	lantamäärä kg/a (VS)
Lypsylehmä	500	1	2200-2400	1700-2000	1600
Emolehmä	500	1	1800-2000	1400-1700	
Hieho (> 2 v)	330	0,67			
Nuori hieho (1-2 v)	200	0,4			
Sonni (> 2 v)	500	1	1050	800-900	
Nuori sonni (1-2 v)	330	0,67	600	450-500	
Vasikka (< 1 v)	100	0,2			
Karju	200	0,4			
Emakko	200	0,4			336
Lihasika (> 50 kg)	75	0,15	100	70-80	104
Nuori lihasika (20-50 kg)	35	0,07			
Porsas (< 20 kg)	10	0,04			
Lammas ja uuhi	50	0,1			
Muu lammas	25	0,05			
Vuohi	50	0,1			
Muniva kana	2	0,004	3-10	2-8	6,2
Broileri	1	0,002			
Hevonen	500	1			

⁸ R Steffen, O Szolar and R Braun: Feedstock for Anaerobic Digestion. Institute for Agrobiotechnology Tulln, University of Agricultural Sciences, Vienna, 1998, 29 s.

⁹ Eija Alakangas: Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT tiedotteita 2045, 2000, 196 s.

2.2.2 Tyypptilojen biokaasun tuotantopotentiaali

Edellä laskettujen tilojen keskikokojen perusteella voidaan tehdä laskelmia erilaisten tyypptilojen lannan ja biokaasun tuotannosta. Eri lähteissä on ilmoitettu hyvinkin vaihtelevia määriä kunkin eläinlajin tuottamassa lantamäärästä. Tämä johtuu siitä, että lantamäärät ilmoitetaan yleensä lietteenä, missä saattaa olla mukana myös pesu- ja sadevesiä. Lietteen kuiva-ainepitoisuus vaihtelee yleensä muilla kuin kanoilla 5-10 %:n välillä. Tästä johtuen laskelmat on syytä tehdä kuiva-aineyksiköissä.

Taulukossa 2.3 on esitetty myös joidenkin eläinten lannantuotanto kuiva-aineena vuodessa. Sarakkeessa TS (total solids) on esitetty kuiva-aineen kokonaismäärä ja VS (volatile solids) orgaanisen biokaasua tuottavan lannan määrä. Esimerkiksi yksi lypsylehmä tuottaa orgaanista kuiva-ainejätettä vajaat 2 tonnia vuodessa. Arviot vaihtelevat VTT:n 1600 kg:sta vuodessa¹⁰ itävaltalaiseen arvioon 1700 ... 2000 kg vuodessa¹¹.

Taulukossa 2.4 on esitetty eri tyypptilojen koko nautayksiköissä ja lannan-, biokaasun- sekä energiantuotanto vuodessa. Lannantuotannon laskemiseksi on käytetty taulukon 2.3 perusteella seuraavia arvioita: lypsylehmät 1700 kg/v, emolehvät 1400 kg/v, sonnit 800 kg/v, hiehot ja nuoret sonnit 450 kg/v, nuoret hiehot 250 kg/v, vasikat 150 kg/v, emakot 300 kg/v, karjut 200 kg/v, lihasiat 100 kg/v, nuoret lihasiat 50 kg/v, porsaas 10 kg/v, munivat kanat 6 kg/v ja broilerit 3 kg/v orgaanista kuiva-ainetta (VS).

Jotta voidaan arvioida kunkin tyypptilan biokaasun tuotantopotentiaalia, on otettava vielä huomioon, kuinka suuri osuus syntyvästä lannasta saadaan kerätyksi talteen. Esimerkiksi lypsy- ja emolehmätiloilla lehmät laiduntavat tyypillisesti noin 3-4 kuukautta vuodessa, jolloin lannasta saadaan vain noin 70 % talteen. Lisäksi on otettava huomioon lannasta saatavan biokaasun määrä, joka vaihtelee mm. lannan koostumuksen, bioreaktorin lämpötilan ja muiden olosuhteiden mukaan. Lehmänlannasta saadaan biokaasua noin 200 ... 600, sianlannasta 400 ... 900, kananlannasta 300 ... 800 ja kasvisjätteestä 150 .. 450 m³/t(VS)¹². Lisäksi biokaasun sisältämän metaanin osuus vaihtelee välillä 55 ... 75 %. Taulukossa 2.4 on oletettu lehmänlannan biokaasun tuotannoksi 400, sianlannan 600 ja kananlannan 400 m³/t(VS) sekä metaanin osuudeksi kussakin 60 %. Lypsy- ja emolehmätiloilla, joilla on kesälaidunnus, vain 70 % lannasta saadaan tuotettua biokaasuksi. Metaanin lämpöarvo on noin 0,01 MWh/m³.

¹⁰ Eija Alakangas: Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT tiedotteita 2045, 2000, 196 s.

¹¹ R Steffen, O Szolar and R Braun: Feedstock for Anaerobic Digestion. Institute for Agrobiotechnology Tulln, University of Agricultural Sciences, Vienna, 1998, 29 s.

¹² Toni Taavitsainen, Petri Kapuinen, Kyösti Survo: Maatalouden lietteiden ja lantojen keskitetyn käsittelyn mallinnus. MaLLa-hankkeen loppuraportti. Pohjois-Savon ammattikorkeakoulu, 2002, 133 s. + liitteet.

Taulukko 2.4 Tyyppitilojen koot (ny) sekä lannan-, biokaasun ja energiantuotanto vuodessa.

Tilatyyppe	koko (ny)	lannan- tuotanto t(VS)/v	kaasun- tuotanto m ³ /v	energian- tuotanto MWh/v
Maitotila	26,4	36,4	14600	88
- kesälaidunnus			10200	61
Sonnitila	20,8	14,6	5800	35
Emolehmätila	23,3	29,1	11600	70
- kesälaidunnus			8100	49
Emakkosikala	36,8	23,4	14000	84
Lihasukala	32,4	22	13200	79
Yhdistelmäsikala	69,2	45,4	27200	163
Munakanala	8	12	4800	29
Broilerikanala	80	120	48000	288

Kuten taulukosta 2.4. havaitaan, jää keskimääräisten tilakokojen biokaasun tuotantopotentiaalin energiasisältö selvästi alle 100 MWh vuodessa lukuun ottamatta yhdistelmäsikaloita ja broilerikanaloita. Onkin luultavaa, että biokaasun tuotanto on taloudellisesti kannattavaa vasta keskimääräisiä tilakokoja huomattavasti suuremmissa yksiköissä. Eläinten tuottaman lannan sekaan voitaisiin myös lisätä kasvisjätteitä, joiden keskimääräinen tuotanto ja kokonaisviljelyala vuonna 2002 Suomessa oli:

<u>keskim. tuotanto</u>	<u>kok.viljelyala</u>
kuivaheinä 3,7 t/ha	118 000 ha
säilörehu 17,2 t/ha	397 000 ha
tuorerehu 9,6 t/ha	15 000 ha

Esimerkiksi hehtaarin tuorerehupellostaa saataisiin siis biokaasua noin 3000 m³ vuodessa.

2.3 Maatilojen energiatarpeet

2.3.1 Maatalouden kokonaisenergiankulutus

Maatalouden suora energian kulutus on ollut lähes vakio viime vuosina: noin 0,8 Mtoe/v eli noin 9 300 GWh/v.¹³ Tämä luku sisältää myös maatalouskoneiden käyttämät polttoaineet (noin 0,3 Mtoe/v¹⁴), mutta ei sisällä maatilojen asuinrakennusten lämmitystä, joten lisättäessä se (arviolta noin 20 MWh/asuinrakennus,v) saadaan kokonaiskulutukseksi noin 10 800 GWh/v¹⁵ eli keskimäärin noin 146 MWh/tila,v ja ilman maatalouskonepolttoaineita 7300 GWh/v eli 99 MWh/tila,v. Maatalouden sähkön kulutus vuonna 2003 sisältäen tilojen taloussähkön oli 2599 GWh_{sähkö}¹⁶ eli keskimäärin noin 35 MWh_{sähkö}/tila,v.

¹³ A-M Nyholm et al., Maaseudun uusiutuvien energiamuotojen kartoitus, MTT:n selvityksiä 89, Jokioinen 2005

¹⁴ Energiatilastot 2000, Tilastokeskus 2001.

¹⁵ Tilojen lukumäärä vuonna 2003: 73714

¹⁶ <http://www.energia.fi/page.asp?Section=2707> ja A-M Nyholm et al., Maaseudun uusiutuvien energiamuotojen kartoitus, MTT:n selvityksiä 89, Jokioinen 2005

Vuonna 2003 keskimääräisen suomalaisen maatilan suora energian kulutus jakautui siis likimäärin seuraavasti:

- Sähkö 35 MWh/tila,v
- Lämpö 64 MWh/tila,v
- Konepolttoaineet 47 MWh/tila,v

Tulevaisuudessa tilojen lukumäärän pienentyessä ja tilakoon kasvaessa energian kulutus tilaa kohti kasvaa jatkuvasti. Koska eri tuotantosuuntien sähkön ja lämmön tarpeet ovat hyvinkin erilaisia, tarkastellaan seuraavassa luvussa energian kulutusta tuotantosuunnittain.

2.3.2 Energiatarpeet tuotantosuunnittain ja kokoluokittain

Maatilojen energiatarpeet ovat erittäin yksilöllisiä, mistä johtuen käytännössä esimerkiksi kannattavuuslaskelmia tehtäessä jokaista tapausta on tarkasteltava erikseen. Yleisellä tasolla energiatarpeista voidaan sanoa seuraavaa:

Maito- ja lihakarjatilat

Lämmityksen tarve on hyvin vähäinen eikä se siten riipu merkittävästi kokoluokasta. Jos tilalla on myös nuorempaa karjaa, tarvitaan silloin lämpöä talvella.. Lämmön tarve on hyvin tapauskohtainen; eräässä kohteessa on arvioitu, että tällaisessa kohteessa lämmön tarve olisi 1,25 MWh/eläin¹⁷.

Maitotiloilla sähkön tarve noudattaa vuorokausirytmää, jossa on kaksi peruskuormasta selkeästi erottuvaa piikkiä aamulla ja illalla (aamu- ja iltalypsy). Kulutuksen huippu ajoittuu lypsyn jälkeiseen laitteiden pesuun (noin 1 tunti/kerta) – muita merkittäviä sähkön kulutuskohteita ovat lypsäminen, maidon pumppaus ja jäähdytys, mitkä tapahtuvat peräjälkeen ja ajoittuvat lyhyehköön ajanjaksoon, osittain päällekkäin laitteiden pesun kanssa. Pesureiden huipputeho on luokkaa 25 ... 30 kW/pesuri. Jos pesuvesi lämmitetään sähköllä, se aiheuttaa lisäksi oman tehopiikkinsä (esim.: 30 kW lämmitysteho 47 lypsävän tilalla). Lypsyrobottien sähkön kulutus on 0.2 ... 0.6 kWh/lypsykerta ja 20 ... 70 kWh/tuotettu tonni maitoa¹⁸ - laitevalmistajasta riippuen.

Maitotiloilla sähkön kokonaistarve riippuu kokoluokasta, mutta tilakoon kasvaessa peruskuorma (valaistus, maidon kylmäsäilytys, ym.) ei kasva samassa määrin kuin huipputehon tarve, koska samat prosessivaiheet (lypsy, laitteiden pesu, maidon pumppaaminen tankkiin ja jäähdytys) on käytävä läpi suunnilleen samassa ajassa kuin pienemmilläkin tiloilla. Kaiken kaikkiaan sähkön kulutus lypsävää kohti pienenee hieman tilakoon kasvaessa: noin 2,5 MWh/lypsävä (47 kpl) – noin 1,6 MWh/lypsävä (120 kpl).

Lihakarjatililla sähkön tarve on vähäisempi. Esimerkiksi yhdessä lihakarjatilan tapauksessa sähkön tarpeeksi on arvioitu 375 kWh/eläin¹⁹.

¹⁷ 150 MWh/120 kpl nuorkarjaa, lähde: Greenenvironment Oy

¹⁸ http://www.nhk.fi/portal/tuoteryhmat/automaattilypsy/lely_astronaut/tanskalainen_robottiventailu/

¹⁹ 300 MWh/800 kpl lihakarjaa, lähde: Greenenvironment Oy

Sikatilat

Lämmityksen tarve on huomattava ja se riippuu tilatyypistä ja kokoluokasta. Ohessa esimerkkiarvioita lämmön tarpeesta:

- 500 emakon yhdistelmäsikala (puolet emakkoja): noin 250 kWh/emakkoyksikkö
- 850 emakon emakkosikala: noin 350 kWh/emakko
- 5500 sian lihasikala: noin 90 kWh/lihasika

Vastaavat sähkön tarpeet on arvioitu seuraavasti:

- 500 emakon yhdistelmäsikala: noin 300 kWh/emakkoyksikkö
- 850 emakon emakkosikala: noin 290 kWh/emakko
- 5500 sian lihasikala: noin 60 kWh/lihasika

Lämmön tarve on emakkosikalassa suurin, koska porsaiden vieroitusosastoilla pidetään yllä muuta sikalaa korkeampaa lämpötilaa. Vieroituksen alussa osaston lämpötila on esimerkiksi 29 °C. Lämpötilaa lasketaan yhdellä asteella per viikko, kunnes saavutetaan sikalan muiden osastojen lämpötila, 18 ... 20 °C.

Sähkön kuormaprofiili sikalassa, jonka yhteyteen on jo rakennettu biokaasulaitos, on melko tasainen päivän mittaan ja laskee yöllä minimiarvoonsa. Yölläkin sähkökuorma on noin kolmannes maksimiarvostaan. Esimerkiksi 500 emakkoyksikön yhdistelmäsikalassa sähkötehon tarve on maksimissaan noin 22 kW, keskiarvo noin 17 kW ja yöllinen minimiarvo noin 7 kW.

Siipikarjatilat

Broileri- ym. lihasiipikarjatuotannossa lämmitystarvetta on vuoden ympäri, koska tuotanto noudattaa kasvatussyklejä (esim. 37 vrk kasvatusta), joiden alussa eläinsuojien lämpötila on korkea (esim. 34 °C) ja laskee sitten lineaarisesti ollen lopussakin noin 20 °C. Kasvatusvaihetta seuraa kahden viikon pesujakso, jonka jälkeen alkaa uusi kasvatusvaihe. Sähköä tarvitaan ilmastointiin, valaistukseen ja rehulinjoille. Ilmastointia tarvitaan kasvatuksen aikana jatkuvasti, valaistus noudattaa 2-vuororytmiä esim. maksimivalaistuksen ja puolitehovalaistuksen välillä, himmennysvaiheen kestäessä vähintään 4 tuntia. Rehulinjojen käynnissäoloajan yhteiskesto kasvaa lineaarisesti kasvatusjakson aikana ollen alussa noin 15 min/vrk ja lopussa noin 5 h/vrk. Tuotantocyklin luonteesta johtuen lämmön ja sähkön tarpeen huiput osuvat kasvatussyklin vastakkaisiin päihin.²⁰

Tyypillinen siipikarjatilan perusyksikkö on 15 000 linnun halli, jossa tarvitaan valaistukseen 50 hehkulamppua (a 60 W) tai 20 loisteputkea (a 15 W) ja 3 kpl kulloinkin päällä olevia rehulinjoja (a 750 W)²¹. Keskimäärin suomalaisilla broileritiloilla tarvitaan sähköä 44 MWh /15 000 linnun halli²² eli keskiteho/halli on noin 5 kW_e.²³ Tilakohtainen vaihtelu on suurta johtuen muun muassa valaistustekniikasta.

²⁰ Juha Kylämäki, Siipikarjaliitto, 6.7.2005

²¹ Juha Kylämäki, Siipikarjaliitto, 6.7.2005

²² Sanna Marttinen ja Kalle Maaranen: Esiselvitys biokaasun tuottamisesta broilerin kuivalannasta, Satafood Kehittämisyhdistys ry.

Lämpötehon tarvetta voidaan arvioida karkeasti seuraavien tunnuslukujen avulla: luomutiloille on määritelty enimmäistiheys eläimille: munivat kanat – 5 eläintä/m², broilerit ym. lihasiipikarja – 10 eläintä/m² siten, että maksimissaan 21 kg elopainoa/m² on sallittu. Tässä kyseessä on eläinten varsinaisesti käytettävissä oleva tila²⁴ eli käytävät ym. on vähennetty hallin kokonaispinta-alasta. Lämpötehon tarve broilerikanaloissa on noin 25 ... 30 W/m³, muissa noin 15 ... 20 W/m³²⁵.

Teoreettinen esimerkkilaskelma lämmön tarpeesta voidaan tehdä seuraavasti: 15 000 linnun broilerihalli, jonka pinta-ala on: 15 000 lintua / 20 lintua/m² = 750 m². Oletetaan hallin korkeudeksi 3 m, jolloin hallin tilavuus on 750 m² x 3 m = 2 250 m³ ja lämmitystehon tarve on 2250 m³ x 30 W/m³ = 67,5 kW. Jos huipunkäyttöaika on esimerkiksi 3000 tuntia, saadaan vuotuiseksi lämmön tarpeeksi 67,5 kW x 3000 h = 202,5 MWh. Keskimäärin suomalaisilla broileritiloilla lämmön tarve on 210 MWh / 15 000 linnun halli²⁶ eli keskiteho/halli on noin 24 kW_{th}.²⁷ Lämmön tarpeeseen vaikuttaa luonnollisesti, onko kyseessä vanha, vaatimattomasti eristetty halli, vai nykyaikainen, hyvin lämpöeristetty. Sama pätee tietysti muihinkin tilatyyppeihin.

Kasvinviljelytilat

Viljelytuotantoon liittyvät energiatarpeet ovat pääasiassa liikkuvien ja paikallaan pysyvien koneiden ja laitteiden polttoainetarpeita (traktorit, puimurit, kuivurit, ym.) sekä joidenkin laitteiden (esim. jyvien siirtoruuvit) sähköenergian tarpeita. Lämpöä tarvitaan lähinnä sadon kuivatuksessa, mikä hoidetaan usein öljykäyttöisillä lämmönlähteillä.

Kaiken kaikkiaan energiaa tarvitaan lyhyissä, intensiivisissä jaksoissa keväällä (kyntö, kylvö) ja syksyllä (sadonkorjuu, kuivatus ym. prosessointi, siirto varastoon), muulloin energiatarpeet ovat samat kuin missä tahansa omakotitalossa.

2.4 Toimintaan vaikuttava lainsäädäntö ja tukipolitiikka

2.4.1 Lainsäädäntö

Biokaasun maatilatuotantoon sekä erityisesti prosessin tuloksena syntyvän lannoitteen ja energian hyödyntämiseen liittyy useita lakeja, asetuksia ja määräyksiä. Näiden taustalla on usein EU:n direktiivit, joista kansallinen lainsäädäntö on johdettu. Seuraavassa on lyhyesti kuvattu kaksi tärkeintä biokaasun maatilatuotannon kannattavuuteen liittyvää lainsäädännöllistä reunaehto: sähkömarkkinalaki ja sivutuoteasetus. Sähkömarkkinalaki määrittää ne ehdot, jolla biokaasulaitoksessa tuotettua sähköä voidaan myydä sähköverkkoon sekä antaa yleiset puitteet siirtopalvelujen hinnoittelulle. Sivutuoteasetuksessa puolestaan on määritetty ehdot eläimistä

²³ merkintä kW_e tarkoittaa sähkötehoa

²⁴ <http://www.siipi.net/luomu/index.html>

²⁵ <http://laskenta.luoma.net:8080/fi/index.shtml>

²⁶ Sanna Marttinen ja Kalle Maaranen: Esiselvitys biokaasun tuottamisesta broilerin kuivalannasta, Satafood Kehittämisyhdistys ry.

²⁷ merkintä kW_{th} tarkoittaa lämpötehoa

saatavien sivutuotteiden hyödyntämisestä biokaasun tuotannossa sekä sivutuotteena syntyvän mädätysjätteen hyödyntämisestä lannoitteena.

2.4.1.1 Sähkömarkkinalaki²⁸

Suomen sähkömarkkinalain ensimmäisessä luvussa todetaan lain tavoitteista seuraavasti: "Tämän lain tarkoituksena on varmistaa edellytykset tehokkaasti toimiville sähkömarkkinoille siten, että kohtuuhintaisen ja riittävän hyvälaatuisen sähkön saanti voidaan turvata. Sen saavuttamisen ensisijaisina keinoina ovat terveen ja toimivan taloudellisen kilpailun turvaaminen sähkön tuotannossa ja myynnissä sekä kohtuullisten ja tasapuolisten palveluperiaatteiden ylläpito sähköverkkojen toiminnassa. Sähkömarkkinoilla toimivien yritysten tehtäviin kuuluu huolehtia asiakkaittensa sähkönhankintaan liittyvistä palveluista sekä edistää omassa ja asiakkaittensa toiminnassa sähkön tehokasta ja säästäväistä käyttöä."

Sähkömarkkinalain mukaan sähköverkkotoimintaa saa harjoittaa vain sähkömarkkina-
viranomaisen antamalla luvalla (sähköverkkolupa). Lupa myönnetään toistaiseksi tai erityisestä syystä määräajaksi. Lupa voidaan myöntää yhteisölle tai laitokselle. Luvanvaraista ei ole sähköverkkotoiminta, jossa yhteisön tai laitoksen hallinnassa olevalla sähköverkolla hoidetaan vain kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän sisäistä sähkönjakelua. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että yhden maatilan sisällä sähköä voidaan jaella ilman sähköverkkolupaa, mutta esimerkiksi naapuritilalle ei voida myydä sähköä ilman sähköverkkolupaa.

Sähkömarkkinalain 3. luvun mukaan verkonhaltijan tulee pyynnöstä ja kohtuullista korvausta vastaan liittää verkkoonsa tekniset vaatimukset täyttävät sähkönkäyttöpaikat ja sähköntuotantolaitokset toiminta-alueellaan (liittämisvelvollisuus). Lisäksi Verkonhaltijan on kohtuullista korvausta vastaan myytävä sähkön siirtopalveluja niitä tarvitseville verkkonsa siirtokyvyn rajoissa (siirtovelvollisuus).

Sähkön siirtopalvelujen hinnoittelusta laissa on annettu ohjeet vain yleisellä tasolla. Niiden mukaan verkkopalvelujen myyntihintojen ja -ehtojen sekä niiden määräytymisperusteiden on oltava tasapuolisia ja syrjimättömiä kaikille verkon käyttäjille ja hinnoittelun on oltava kohtuullista. Lisäksi verkkopalvelujen hinnoittelussa ei saa olla perusteettomia tai sähkökaupan kilpailua ilmeisesti rajoittavia ehtoja tai rajauksia. Sinä on kuitenkin otettava huomioon sähköjärjestelmän toimintavarmuuden ja tehokkuuden vaatimat ehdot sekä kustannukset ja hyödyt, jotka aiheutuvat sähköntuotantolaitoksen liittämisestä verkkoon. Verkonhaltijoiden hinnoittelu on julkista ja eri yhtiöiden tariffit löytyvät markkinoiden toimivuutta valvovan Energiamarkkinaviraston [www-sivuilta](http://www-
sivuilta).²⁹

2.4.1.2 Sivutuoteasetus³⁰

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveys säännöistä tarkoituksena on luoda eläimistä saataville sivutuotteille säädöspuitteet, jotka suojaavat nykyistä paremmin kansanterveyttä ja eläinten terveyttä. Asetuksessa annetaan säännöt eläimistä saatavien sivutuotteiden keräämiselle,

²⁸ Sähkömarkkinalaki 1995/386, viimeisin muutos voimaan 27.12.2004.

²⁹ www.energiamarkkinavirasto.fi

³⁰ Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1774/2002 muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveys säännöistä.

kuljetukselle, varastoinnille, esikäsitteilylle, käsittelylle, käytölle ja hävittämiselle. Sivutuoteasetus tuli voimaan marraskuun 2002 alussa ja sitä sovelletaan sellaisenaan kaikissa jäsenvaltioissa 1.5.2003 alkaen. Asetuksen täytäntöönpanoa ohjaa ja valvoo Suomessa maa- ja metsätalousministeriö yhdessä Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen (KTTK) kanssa. Työhön osallistuvat myös alueelliset työvoima- ja elinkeinokeskukset (TE-keskukset) ja läänin- sekä kunnaneläinlääkärit.³¹

Sivutuotteet luokitellaan kolmeen luokkaan, joista luokan 1 sivutuotteet sisältävät terveydelle vaarallisimpia riskejä. Lanta luokitellaan asetuksessa luokkaan 2 kuuluvaksi eläinperäiseksi sivutuotteeksi. Ennen käyttöä biokaasu- ja kompostointilaitoksissa luokan 2 sivutuotteet lantaa lukuun ottamatta tulee hygienisoida 133 °C asteessa, 20 minuutin ajan, 3 barin paineessa ja eläinperäisen raaka-aineen maksimipartikkelikoko ei saa ylittää 50 millimetriä. Lantaa voidaan käsitellä sellaisenaan teknisessä ja kompostointi- tai biokaasulaitoksessa. Luokka 3 sisältää eläinperäiset sivutuotteet, jotka on saatu ihmisravinnoksi hyväksytyistä eläimistä, joita ei kuitenkaan enää käytetä elintarvikkeena tai sen raaka-aineena kuten ruokajäte, entiset elintarvikkeet ja elintarviketeollisuuden eläinperäiset sivutuotteet (jätteet). Luokan 3 sivutuotteita voidaan käsitellä ja tuotteistaa lannoitevalmisteiksi hyväksytyissä kompostointi- ja biokaasulaitoksissa. Yhteenvetona voidaan todeta, että sivutuoteasetuksen mukaisesti hyväksytyissä kompostointi- ja biokaasulaitoksissa voidaan käsitellä vain seuraavia eläinperäisiä sivutuotteita:

1. Lantaa
2. Kaikkia luokan 3 eläinperäisiä sivutuotteita
3. Luokan 2 sivutuotetta vain, jos se tulee hyväksytystä laitoksesta, jossa se on ensin hygienisoitu (133 °C, 20 minuuttia, kolmen barin paineessa partikkelikoon ollessa alle 50 mm)
4. Maa- ja metsätalousministeriön luvalla Suomeen käsittelyyn tuotuja luokan 2 ja 3 eläinperäisiä sivutuotteita (esim. sarvilastu ja lanta, mutta ei lihaluujauho)

Luokan 1 eläinperäisiä sivutuotteita ei saa käsitellä kompostointi- eikä biokaasulaitoksessa.

Eläinperäisten sivutuotteiden keräilylle ja kuljetukselle käsittelylaitoksiin on asetettu vaatimuksia, joiden tarkoituksena on ehkäistä näissä tuotteissa mahdollisesti olevien taudinaiheuttajien siirtyminen tuotantolaitoksesta tai yrityksestä toiseen, tilalta toiselle tai käsittelylaitoksiin. Kun eläinperäisiä sivutuotteita kuljetetaan kompostointi- tai biokaasulaitokselle tai lantaa käsittelevään tekniseen laitokseen, on mukana oltava kaupallinen asiakirja. Vastaavanlainen asiakirja vaaditaan myös, kun valmiita tuotteita kuljetetaan jatkojalostajalle. Lisäksi on huomattava, että biokaasutuksessa muodostuva mädätysjäte on jatkokäsiteltävä, jotta siitä saadaan lannoitelain mukaiset laatuvaatimukset täyttävä lopputuote. Jatkokäsittelynä voidaan käyttää esim. jälkikypsytyistä kompostoimalla tai pelletointia.

Sivutuoteasetuksen vaatimusten mukaisesti toimivan kompostointi- ja biokaasulaitoksen ja lantaa käsittelevän teknisen laitoksen on:

- Haettava laitoshyväksyntää KTTK:lta

³¹ Maa- ja metsätalousministeriö ja Kasvintuotannon tarkastuskeskus, Soveltamisopas V: Kompostointi- ja biokaasulaitokset sekä lantaa teknisesti käsittelevät laitokset, päivitetty 8.7.2004.

- Laadittava omavalvontasuunnitelma ja toimitettava se KTTK:een tarkistettavaksi hyväksyntähakemuksen liitteenä. Suunnitelman on täytettävä soveltamisoppaassa määritetyt yleiset hygieniavaatimukset sekä perustuttava laitoksen kriittisten kohtien valvonta- ja tarkastusmenetelmiin sekä täytettävä biokaasulaitoksen erityisvaatimukset, jotka on kuvattu soveltamisoppaassa.
- Noudatettava omavalvontasuunnitelmaa
- Oltava KTTK:n tarkastama ennen hyväksyntää
- Varmistettava, että tuotteet täyttävät kohdan 7.2.2. mikrobiologiset vaatimukset, ja
- Oltava KTTK:n hyväksymä ennen lannoitevalmisteiden toimittamista laitoksesta maatalouteen tai viherrakentamiseen

Poikkeuksena edelliseen sivutuoteasetuksen vaatimuksia ei tarvitse noudattaa maatilalla tai tilojen välisessä yhteiskäsittelyssä, silloin kun³²

1. Lantaa käsitellään ja käytetään omalla tilalla
2. Lantaa myydään tai luovutetaan sellaisenaan raakalantana a) tilalta toiselle tai b) kuormina ja/tai "säkkiin" pakattuna yksityisille henkilöille alle 100 m³ vuodessa. Kohta b edellyttää, että toiminnanharjoittaja tekee elinkeinoilmoituksen KTTK:hon.
3. Lanta käsitellään noudattaen nitraattiasetuksen ja ympäristötukiehtojen vaatimuksia. Tässä tarkoitetaan tilan oman lannan käsittelyä kompostoimalla, mädättämällä, patteroimalla, ilmastamalla tai muilla menetelmillä noudattaen nitraattiasetuksen ja ympäristötukiehtojen vaatimuksia. Tämä kohta koskee ainoastaan tilan omaa lantaa.
4. Lantaa käsitellään joko tilojen yhteisessä kompostointi- tai biokaasulaitoksessa tai jollakin tiloista tai tilojen ulkopuolella olevassa yhteislantalassa tai kompostoidaan peltoaumoissa nitraattiasetuksen 931/2000 mukaisesti. Edellä mainitut käsittelyt vaativat kunnaneläinlääkärin ja kunnan ympäristöviranomaisten hyväksynnän. Suoramyynti ja luovutus lannanluovutussopimusten ulkopuolisille käyttäjille ei ole sallittua.
5. Tilalla kompostoidaan tai mädätetään tilan oman lannan kanssa tai yksinomaan teurastamolta peräisin olevaa lantaa ja suolilantaa. Lopputuote käytetään tilan omilla pelloilla. Suoramyynti ja luovutus ulkopuolisille käyttäjille ei ole sallittua. Toiminnanharjoittajien on kuitenkin toimitettava elinkeinoilmoitus KTTK:hon

2.4.2 Rahoitustuet ja energiaverotus

Biokaasun maatilatuotantoon liittyvästä tukipolitiikasta vastaavat pääosin maa- ja metsätalousministeriön sekä kauppa- ja teollisuusministeriön hallinnonalat. Seuraavassa on käsitelty ensin maaseudun mikroyritysten rahoitustuet ja sen jälkeen energiaverotukseen liittyvät keskeiset asiat.

³² Maa- ja metsätalousministeriö ja Kasvintuotannon tarkastuskeskus, Soveltamisopas III: Lannan käsittely ja käyttö maatiloilla, päivitetty 12.1.2005.

2.4.2.1 Rahoitustuet ³³

Maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalalla voidaan rahoittaa Maaseutuelinkeinojen rahoituslain (329/1999) mukaisesti maaseutuyrityksiä, jotka toimivat maatilalla ja työllistävät perheenjäsenten lisäksi enintään kolmen henkilötyövuoden verran sekä ns. ketjuyrityksiä, joilla on yhteistyösopimus maatilayrityksen kanssa. Nämä yritykset voivat työllistää enintään viittä henkilötyövuotta vastaavasti. Rahoituspäätökset hankkeista tekee TE -keskuksen maaseutuosasto. Tukijärjestelmällä on tiivis kytkeä EU:n maaseutuasetukseen (1257/1999) ja Euroopan maatalousrahaston rahoittamiin ohjelmiin Suomessa.

Tukea myönnetään yleisesti maaseutuelinkeinojen rahoituslain 1§:ssä tarkoitettujen tavoitteiden mukaisesti maaseudun elinkeinotoiminnan monipuolistamiseen. Rahoituksen yleiset tukiehdot on kuvattu Työryhmämuistiossa MMM 2005:4. Käytettävissä olevat tukimuodot ovat investointituki, käynnistysavustus ja kehittämisavustus. Maaseutuelinkeinojen rahoituslaki ei sovellu maatalon energiantuotannon tukemiseen, ellei tilalla ole selkeää elinkeinoelementtiä.

Maaseutuyritysten ja ketjuyritysten investointituki voi kohdistua kone- ja laitehankintoihin sekä rakentamiseen toimintaa aloitettaessa tai olennaisesti laajennettaessa, maataloustuotteiden ensiasteen jatkojalostukseen tiloilla sekä muuhun yritystoimintaan tilalla (maatilainvestoinnit) tai tilan ulkopuolella. Investointitukien enimmäismäärät eri alueilla on esitetty taulukossa 2.5.

Taulukko 2.5. Maaseutuelinkeinojen rahoituslain ja yritystoiminnan tukemisesta annetun lain mukaiset investointituen enimmäistukitasot. Sulkeissa yritystukilain mukaiset ns. ohjeelliset tukitasot, joita investoinnin luonteen tai merkittävyyden perusteella voidaan korottaa enimmäistukitasoon (lähde: MMM).

	Maaseutuelinkeinojen rahoituslaki		Yritystukilaki Pk-yritykset	
Maatilatalouden ohella harjoitettava yritystoiminta enintään perheenjäsenet+ 3 vtp	Pohjois-Suomi 1	34 %	Pohjois-Suomi 1	34 % (24)
	Itä-Suomi 1	40 %	Itä-Suomi 1	40 % (30)
	Muu-alue		Muu alue	
	•Harva+ydinmaaseutu	40 %	•Tukialue 3	25 % (15)
	•Muut alueet	25 %	•Ulkopuolinen alue	15 % (10)
Ketjuyritykset 5 vtp, Leader+ alueella myös muut kuin ketjuyritykset 5 vtp	Pohjois-Suomi 1	34 %	Pohjois-Suomi 1	34 % (24)
	Itä-Suomi 1	40 %	Itä-Suomi 1	40 % (30)
	Muut tukialue 2 ja 3		Muu alue	
	•Harva+ydinmaaseutu	25 %	•Tukialue 3	25 % (15)
	•Muut alueet	20 %	•Ulkopuolinen alue	15 % (10)
	Tukial. ulkop. alue	15 %		

³³ Työryhmämuistio MMM 2005:4, Kattavat palvelut maaseudun mikroyrityksille, Helsinki 2005. Tilanne syksyllä 2005.

Vaihtoehtoisesti biokaasuhankkeita voidaan tukea myös kauppa- ja teollisuusministeriön hallinnonalan energiatuilla.³⁴ Energiatukea voidaan myöntää yrityksille ja yhteisöille. Yrityksiä ovat esimerkiksi yhtiöt ja toiminimet. Avustuskelpoisia yhteisöjä ovat esimerkiksi kunnat, seurakunnat ja säätiöt. Avustuksia ei kuitenkaan myönnetä asuinkiinteistöille, maatiloille eikä valtionosuutta saaville perustamishankkeille.

Energiatukea voidaan myöntää sellaisiin investointi- ja selvityshankkeisiin, jotka

- Edistävät uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä
- Edistävät energiansäästöä tai energian tuotannon tai käytön tehostumista
- Vähentävät energian tuotannon tai käytön ympäristöhaittoja
- Muutoin edistävät energiahuollon varmuutta ja monipuolisuutta

Investointihankkeella tarkoitetaan investointia käyttöomaisuuteen sekä siihen liittyvää valmistelua, seurantaa ja tiedotusta. Selvityshankkeella tarkoitetaan energiakatselmuksia ja -analyysia, muita investointeihin liittyviä selvityksiä sekä selvityksiä uuden menetelmän tai palvelun kehittämiseksi.

Myönnettävän tuen suuruus voi olla hankekohtaisen harkinnan perusteella enintään:

1. Energiakatselmuksissa, -analyysissa ja muissa selvityshankkeissa 40 %
2. Tuulivoimatuotantoa ja aurinkoenergian käyttöä edistävissä investointihankkeissa 40 %
3. **Investointihankkeissa, jotka sisältävät energiaa säästävää taikka uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä edistävää uutta teknologiaa, 40 %**
4. **Investointihankkeissa, jotka sisältävät energiaa säästävää taikka uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä edistävää tavanomaista tekniikkaa, 30 %**
5. Investointihankkeissa, jotka vähentävät energian tuotannon tai käytön ympäristöhaittoja, 30 %
6. Energiahuollon varmuutta ja monipuolisuutta edistävissä investointihankkeissa 25 %

Kohdissa 2-6 voidaan osarahoituksena käyttää EAKR –varoja. Lisäksi kohdassa 6 noudatetaan perustamissopimuksen 87 ja 88 artiklan soveltamisesta vähämerkityksiseen tukeen annettua komission asetusta (EY) n:o 69/2001

2.4.2.2 Energiaverotus

Biokaasun maatilatuotannon kannalta tärkeimmät energiaverotusasiat liittyvät sähkön ja polttoaineiden valmisteveroon³⁵. Polttoaineiden valmisteveron osalta biokaasun kohtelu on selkeä, sillä siltä ei peritä polttoaineveroa lämmön eikä sähkön tuotannossa Sähköveron osalta tilanne on hieman monimutkaisempi, sillä verotukseen vaikuttaa se kuinka suuri on

³⁴ Valtioneuvoston asetus energiätuen myöntämisen yleisistä ehdoista 625/2002, Valtionavustuslaki 688/2001.

³⁵ Laki sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta 30.12.1996/1260 muutoksineen, viimeisin muutos 20.12.2002/1168 astunut voimaan 1.1.2003.

tuotantolaitoksen generaattoriteho ja siirretäänkö tuotettua sähköä verkkoon vai kulutetaanko tuotettu sähkö itse.

Sähköveroa ja huoltovarmuusmaksua maksaa sähköntuottaja siitä sähköstä, jonka se tuottaa ja käyttää itse pois lukien energiaa tuottavan laitoksen omakäyttösähkö. Verkkoon siirretystä sähköstä sähköveron maksaa verkonhaltija luovuttaessaan sähkön kulutukseen. Sähköveroa ja huoltovarmuusmaksua ei kuitenkaan maksa sähkön tuottaja, joka tuottaa sähköä alle 2 MVA:n tehoisessa generaattorissa eikä sähköä siirretä lainkaan sähköverkkoon. Jos sähköä siirretään verkkoon, tuottajasta tulee tällöin sähköverovelvollinen siltä osin kuin tuottaja käyttää sähkön itse. Verkkoon siirretystä sähköstä veron maksaa verkonhaltija, kuten edellä on todettu.

Sähkövero on jaettu kahteen luokkaan. *Veroluokassa I* (asuminen, palveluala, ym. ei-teolliset kohteet) veron suuruus on 7,43 euro/MWh (sis. huoltovarmuusmaksun 0,13 euro/MWh; alv 0 %). *Veroluokassa II* (teollisuus = mineraalien kaivuu, tavarantoiminnan valmistus ja jalostus teollisesti, vähäinen teollisuuden kuulumaton mutta pääasiassa omaan teolliseen tuotantoon liittyvä tukitoiminta yrityksen tuotantopaikalla, sekä ammattimainen kasvihuoneviljely) veron suuruus on 4,53 euro/MWh (sis. huoltovarmuusmaksun 0,13 euro/MWh; alv 0 %).

Tuotetusta sähköstä, tuotantolaitoksen omakäyttösähkö pois lukien, myönnetään hakemuksesta tukea sähkön tuottajalle seuraavasti, kun sähkö on tuotettu:

1. Tuulivoimalla	6,9 euro/MWh
2. Vesivoimalaitoksessa (max 1 MVA)	4,2 euro/MWh
3. Puulla tai puupohjaisilla polttoaineilla	4,2 euro/MWh
4. Kierrätyspolttoaineella	2,5 euro/MWh
5. Biokaasulla	4,2 euro/MWh
6. Metsähakkeella	6,9 euro/MWh
7. Polttoturpeella (max 40 MVA:n lämmitysvoimalaitoksessa)	4,2 euro/MWh
8. Metallurgisten prosessien jätekaasulla	4,2 euro/MWh
9. Kemiallisten prosessien reaktiolämmöllä	4,2 euro/MWh

Tukea ei makseta, jos sähkö on tuotettu alle 2 MVA:n tehoisessa generaattorissa eikä sitä siirretä lainkaan sähköverkkoon (tällöin sähköstä ei kanneta sähköveroakaan). Jos sähköä siirretään sähköverkkoon, tukea maksetaan koko tuotannosta, laitoksen omakäyttösähkö pois lukien, koska tällöin sähköstä maksetaan sähkövero. Tukea ei makseta, jos tuotanto on alle 100 MWh/v.

Tarkasteltaessa asiaa biokaasun maatilatuotannon kannalta voidaan yhteenvedonä edellisestä todeta, että mikäli maatila tuottaa sähköä **vain omaan käyttöönsä alle 2 MVA:n tehoisessa generaattorissa**, sähköveroa ja huoltovarmuusmaksua ei tarvitse maksaa. Jos taas maatilalla tuotettua sähköä siirretään **myös sähköverkkoon**, maatilasta tulee maksaa sähkövero ja huoltovarmuusmaksu maatilasta itse käyttämästä sähköstä (omakäyttösähkö pois lukien), mutta maatila voi saada tukea hakemuksesta biokaasulla tuotetusta sähköstä 4,2 euro/MWh, mikäli tuotanto on vähintään 100 MWh/v.

3 Biokaasun maatilatuotannon laitoskonseptit

Biokaasua voidaan tuottaa maataloilla useista eri raaka-aineista erilaisissa laitoskonsepteissa. Seuraavassa on tarkasteltu vaihtoehtoisia laitoskonsepteja, jotka on ryhmitelty hankkeen rajauksen mukaisesti seuraavalla tavalla:

1. Ainoastaan maatilan omia raaka-aineita hyödyntävät ratkaisut, joissa tuotettu energia ja lannoite hyödynnetään omalla maatilalla.
2. Maatilan omien raaka-aineiden lisäksi myös ulkopuolisia raaka-aineita hyödyntävät ratkaisut, joissa osa tuotetusta energiasta ja lannoitteesta voidaan tarvittaessa myydä tilan ulkopuolelle.
3. Useamman tilan yhteislaitokset, jotka tuottavat energiaa ja lannoitetta sekä omista että mahdollisesti ulkopuolisista raaka-aineista. Tuotettu energia ja lannoite voidaan joko hyödyntää paikallisesti tai myydä.

Kunkin laitoskonseptin sisällä tarkastellaan eri tuotantosuuntien maatiloja. Tarkasteltavat tilatyypit ovat:

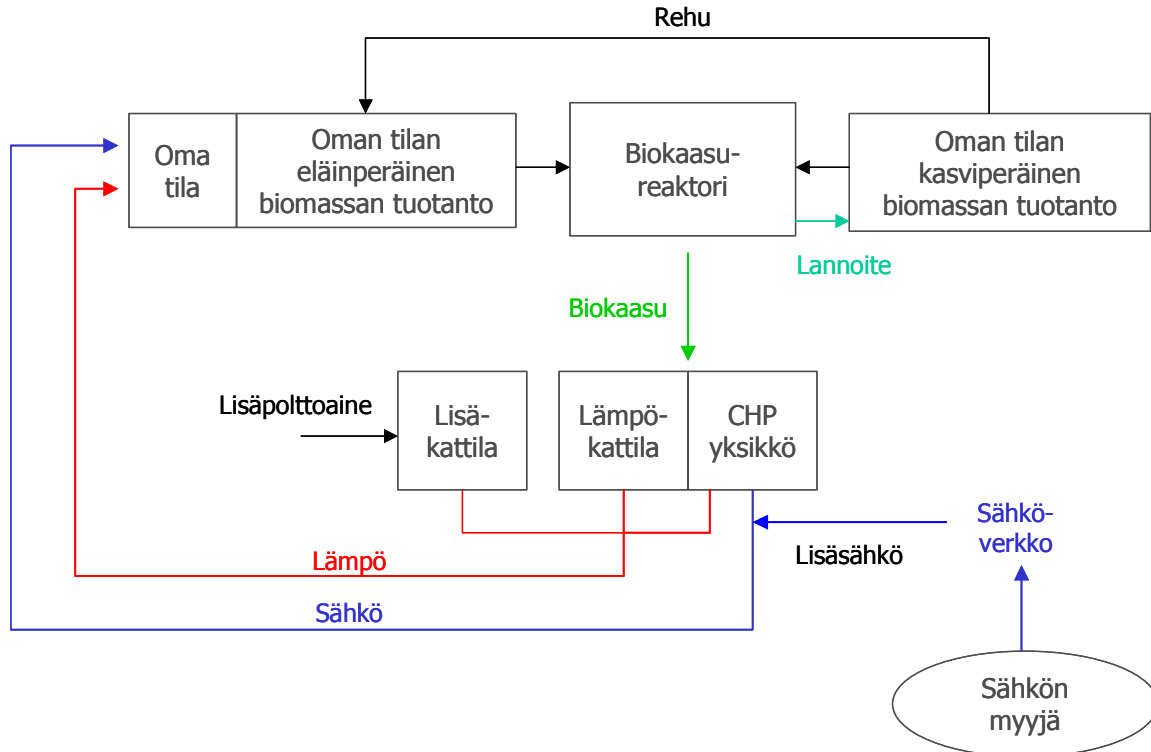
- Emakkosikala
- Lihasukkala
- Maitotila
- Lihakarjatila
- Broilerikanala
- Munakanala
- Kasvintuotantotila

3.1 Maatilan omia raaka-aineita käyttävät ratkaisut

3.1.1 Laitoskonseptin yleiskuvaus

Maatilan omia raaka-aineita käyttävä laitoskonsepti, joka tuottaa energiaa ainoastaan maatilan omiin tarpeisiin, on esitetty kuvassa 3.1. Raaka-aineena käytetään ensisijassa oman tilan lantaa, jota voidaan täydentää tarvittaessa kasviperäisellä biomassalla. Biokaasureaktorissa tuotettu biokaasu hyödynnetään ensisijassa sähkön ja lämmön yhteistuotantoon CHP³⁶-yksikössä ja toissijaisesti lämmön tuotantoon kattilassa. Mikäli oma energian tuotanto ei riitä, esimerkiksi tehopiikkien aikana, ostetaan tarvittava lisäsähkö sähköverkosta. Samoin lisälämpöä voidaan tuottaa lisäpolttoaineesta riippuen joko samassa kattilassa kuin biokaasua poltetaan tai erillisessä, lisäpolttoaineelle suunnitellussa, kattilassa. Lisäksi biokaasureaktorissa syntyvä reaktorijäännös hyödynnetään omalla tilalla lannoitteena.

³⁶ CHP = combined heat and power



Kuva 3.1. Maatilan omia raaka-aineita käyttävä laitoskonsepti.

Laitoksen tärkeimmät ja kalleimmat laitteet ovat biokaasureaktori ja CHP-yksikkö, jotka on kuvattu lyhyesti alla:

Biokaasureaktori

Biokaasureaktorin perustyyppit ovat katettu allas (covered lagoon), tulppavirtaus (plug flow), täysin sekoittunut (complete mix) ja panossyöttö (batch process). Suomen kylmissä oloissa katettu allas soveltuu lähinnä jälkikaasuuntumisvaiheen ratkaisuksi, mutta kolme muuta vaihtoehtoa ovat periaatteessa mahdollisia. Lannan tai muun raaka-aineen keräystapa ja olomuoto reaktoriin syötettäessä ratkaisevat, mitkä vaihtoehdot ovat todella käytettävissä.

Tulppavirtausta voidaan käyttää, kun raaka-aine on suhteellisen kiinteää ja pysyy siten sekoittumatta kulkiessaan lämmitetyn mutta sekoittamattoman pitkittäisen reaktorin läpi. Tätä ratkaisua on käytetty ulkomailla lähinnä kiinteänä kerätyn lehmänlannan anaerobiprosesseissa. Tulppavirtausprosessissa kaikki sisään syötetty materiaali viipyy reaktorissa yhtä pitkän ajan, jolloin saadaan tasainen kaasun tuotto, kunhan syöttö on jatkuva ja tasainen. Tämä ratkaisu vaatii melko paljon pitkittäistä maapinta-alaa ja reaktorin tehokas lämpöeristäminen voi olla hankalaa.

Täysin sekoittunut reaktori on tavallisesti betonista tai teräksestä rakennettu sylinteri, jonka sisällä raaka-ainetta sekoitetaan koneellisesti mahdollisimman tasaisen seoksen aikaan saamiseksi ja lämmitetään sopivaan prosessilämpötilaan. Sylinteri on lämpöeristettävä ilmaston vaatimalla tavalla. Sekoitusprosessi soveltuu hyvin lietelantaloiden yhteyteen, koska liete on yleensä riittävän löysää pumppaamiseen ja sekoittamiseen energiatehokkaasti. Tämän ratkaisun etuja ovat pieni tilan tarve ja soveltuvuus myös kylmiin ilmastoihin.

Panossyöttöprosessi on reaktoriratkaisuista yksinkertaisin ja halvin. Siinä reaktori täytetään kerralla ja tyhjennetään kerralla sopivan viipymääjän jälkeen. Tässä ratkaisussa biokaasun tuotto vaihtelee voimakkaasti: syötön jälkeen kaasun muodostus lisääntyy vähitellen saavuttaen maksiminsa jossakin vaiheessa. Sen jälkeen kaasun tuotto vähenee ja loppuu lopulta kokonaan, jos tavoitteena on maksimaalinen kaasun talteenotto pitkän viipymääjän avulla. Tämän ratkaisun toteuttaminen onnistuu monella tilalla olemassa olevia rakennuksia ja koneita hyödyntäen, jolloin biokaasun tuottamiseen vaadittavat investoinnit jäävät pieniksi.

Tarkempia tietoja biokaasuteknologiaan liittyvistä erilaisista ratkaisuista saa esimerkiksi Joensuun ja Jyväskylän yliopistojen, Työtehosteuran ja MTT:n meneillään olevasta tutkimushankkeesta ”Biokaasuteknologia maataloudessa”.³⁷

CHP-yksikkö

Jos biokaasusta halutaan tehdä sähköä ja lämpöä paikan päällä, tarvitaan CHP-yksikkö. Teknitaloudellisesti kypsiä ratkaisuvaihtoehtoja sähkön ja lämmön yhteistuotantoon maatilakokoluokassa on kaksi: kaasumoottori ja mikroturbiini. Näiden lisäksi tulossa ovat polttokennot ja Stirling-moottorit, mutta nämä eivät ole vielä kaupallista tekniikkaa. Höyryturbiini- ja ORC³⁸-tekniikkaan perustuvat ratkaisut puolestaan ovat liian suuritehoisia suomalaisiin maatilakokoluokan biokaasusovelluksiin tänä päivänä – ja varmasti pitkään tulevaisuudessakin.

Kaasumoottorit ovat koeteltua tekniikkaa ja niitä on kaupallisesti saatavilla hyvinkin pienistä tehoista lähtien (2-3 kW_e), mutta sähkön tuotannon hyötysuhde jää erittäin vaatimattomaksi näillä pienimmillä moottoreilla. Lisäksi huolto- ja ylläpitokustannukset nousevat varsin korkeiksi jatkuvaa energiatuotantoa ajatellen alle 50 kW_e kokoluokassa. Huoltokustannuksissa omatoiminen ja kyvykäs maatalon isäntä tosin pystyy säästämään huomattavasti. Käytännössä pienin järkevä kokoluokka on noin 20 ... 30 kW_e.

Mikroturbiineja on saatavilla 30 kW_e lähtien ja ne pystyvät kilpailemaan saman kokoluokan kaasumoottoreiden kanssa tasaveroisesti, koska kaasumoottoreita suurempia investointikustannuksia kompensoivat pienemmät huoltokustannukset. Hyötysuhteissa pienten kaasumoottoreiden ja mikroturbiinien välillä ei ole kovin suuria eroja. Suuremmissa yli 100 kW_e:n ratkaisuissa kaasumoottoreiden sähköhyötysuhteet ovat jo selvästi mikroturbiineja parempia.

3.1.2 Soveltuvuuteen vaikuttavia tekijöitä

3.1.2.1 Maatalon koko

Silloin kun ainoastaan maatalon omista raaka-aineista halutaan tuottaa biokaasua sähkön ja lämmön tuotantoon, asettaa olemassa oleva koeteltu CHP-tekniikka minimirajan soveltuvan maatalon koolle. Jotta CHP-investointi olisi perusteltu, CHP-yksikön huipunkäyttöajan tulisi olla vähintään luokkaa 4000 - 5000 tuntia vuodessa. Pienimmän mahdollisen mikroturbiinin (30

³⁷ Simo Leinonen, Biokaasukeskus ry, 16.8.2005

³⁸ Organic Rankine Cycle

kW_e) sähköhyötysuhde on 26 %, joten polttoaineteho on 115 kW. Huipunkäyttöajalla 4000 tuntia vuodessa polttoaineen kulutukseksi tulee 460 MWh. Kun tätä verrataan tyyppitilojen energiantuotantopotentiaaliin (ks. taulukko 2.4), nähdään, että **keskimäärin** suomalaiset tilat – broilerikanaloita lukuun ottamatta – ovat liian pieniä pelkästään oman tilan eläinten lantaan perustuvaan CHP-tuotantoon. Suomesta löytyy kuitenkin riittävän suuria nauta-, sika- ja broileritiloja tehokkaaseen sähkön ja lämmön yhteistuotantoon nykYTEKNIKALLAKIN. Taulukon 2.4 ja luvussa 2.2 kuvattujen tyyppitilojen avulla voidaan laskea karkeasti minimitalakoko 30 kW_e CHP-yksikön teknisesti järkevälle käyttöönotolle. Esimerkiksi maitotilalle minimikooksi saadaan noin 140 nautayksikköä, mikä vastaa tyyppillisesti noin 100 lypsävän tilaa. Lihasilalalle vastaava minimikoko on noin 1000 lihasian sikala ja broilerikanalalle noin 60 000 broilerin tila.

Jos sähkön tuotannon hyötysuhde ei ole ensiarvoisen tärkeä - eli mikäli lämpökuormat ovat huomattavasti suuremmat kuin sähkökuormat suurimman osan vuodesta - ja CHP-yksikön huolto ja kunnossapito voidaan tehdä kokonaan itse, kooltaan keskimääräisetkin tilat voivat olla mahdollisia CHP-tuotantoon lantamääriensä puolesta. Muut seikat voivat tosin kaataa biokaasureaktori- ja CHP-hankkeen kannattavuuden – tärkeimpänä syynä suuret investoinnit suhteessa pieniin säästöihin energiakuluissa.

Vastaavasti jos kaikki tuotettu biokaasu jalostetaan ajoneuvo- tai työkonepolttoaineeksi, tai käytetään pelkästään lämmön tuotantoon, yllä esitetyt tilakokominimit eivät päde. Näissä tapauksissa selkeitä teknisiä rajoitteita tilakoolle ei ole, mutta investointien kannattavuuteen liittyviä toki.

3.1.2.2 Tuotantosuunta

Tarkasteltaessa edellä kuvatun laitoksen soveltuvuutta eri tuotantosuuntien tiloille on huomioitava erityisesti lannantuotantopotentiaali eli tilan koko sekä tilan sähkön ja lämmön tarve eri vuoden- ja vuorokauden aikoina. Koska tässä tapauksessa sähköä ja lämpöä ei myydä tilan ulkopuolelle, olisi suotavaa, että tilan energiankulutus vastaisi kohtuullisen tarkasti tuotetun biokaasun energiasisältöä. Eri tuotantosuunnilla etenkin lämpöenergian tarve on hyvinkin erilainen suhteessa tuotettuun lantamäärään, minkä vuoksi osa tilatyypeistä on soveltuvampia tällaiseen konseptiin.

Taulukossa 3.1 on esitetty kootusti arvio eri tilatyypin soveltuvuudesta ainoastaan oman tilan raaka-aineita hyödyntävässä laitoksen konseptissa. Sikaloiden sähkö- ja lämpökuormat ovat hyvässä tasapainossa ja soveltuvat hyvin biokaasupohjaiselle sähkön ja lämmön tuotannolle. Emakkosikaloiden lämmön tarve on tyyppillisesti lihasikaloina suurempi, jolloin sen soveltuvuus on hieman parempi. Maito- ja lihakarjatiloinen soveltuvuus on kohtalainen, sillä niiden lämmön tarpeet ovat selvästi vähäisemmät, etenkin jos tilalla ei ole paljon nuorta karjaa. Broilerikanala on kiinnostava vaihtoehto, etenkin jos käytössä on useampi halli joiden kasvatusjaksot on vaiheistettu niin, että sähkön ja lämmön tarve tasoittuu. Broilerikanaloiden ongelmana ovat lähinnä prosessitekniset vaikeudet, jotka johtuvat lannan korkeasta kuiva-ainepitoisuudesta ja ammoniumpitoisuudesta. Kasvintuotantotiloilla sähkön ja lämmön tarpeet ovat vähäiset ja kulutushuiput ajoittaisia, joten niiden soveltuvuutta voi pitää lähtökohtaisesti muita selvästi heikompina.

Taulukko 3.1. Eri tilatyypin soveltuvuus ainoastaan oman tilan raaka-aineita hyödyntävässä laitoskonseptissa.

Tilatyypin	Arvio soveltuvuudesta	Huomiota
Emakkosikala	Hyvä	Sähkö- ja lämpökuormat merkittävät ja hyvässä tasapainossa; lämmön tarvetta lähes ympäri vuoden
Lihasukkala	Melko hyvä	Sähkö- ja lämpökuormat hyvässä tasapainossa
Maitotila	Kohtalainen	CHP-lämmölle rajoitetusti käyttöä, jos tilalla pelkästään lypsäviä; sähkökuorma varsin epätasainen → pohjakuormamitoitus tarpeen → tilakoon oltava suuri
Lihakarjatala	Kohtalainen	CHP-lämmölle ei juuri käyttöä
Broilerikanala	Hyvä	Lämpökuormaa myös kesällä; tarvitaan useampi halli ja kasvatusjaksojen vaiheistamista sähkö- ja lämpökuormien tasoittamiseksi; prosessiteknisesti muita vaikeampi
Munakanala	Melko hyvä	Periaatteessa hyvä, mutta tilakoot Suomessa kovin pieniä
Kasvintuotantotila	Heikko	Sähkö- ja lämpökuormat vähäisiä, kausivaihtelu suurta

3.1.2.3 Lainsäädännölliset ja muut reunaehdot

Maatilan omia raaka-aineita hyödyntävässä ratkaisussa, jossa myös tuotettu sähkö ja lanta hyödynnetään itse, lainsäädäntö ja muut viranomaismääräykset eivät aiheuta merkittäviä rajoitteita, joilla olisi merkitystä konseptin kannattavuuteen. Selvityksessä tehdyissä haastatteluissa tuotiin kuitenkin esille epäkohta, että jos biokaasulaitosta varten perustetaan osakeyhtiö ja omalla tilalla viljellylle, reaktorissa käytettävälle raaka-aineelle (esim. ruokohelpi) haetaan valtiolta energiakasvien tukea, osakeyhtiö ei voi suoraan käyttää kyseistä oman tilan energiakasvia raaka-aineena biokaasureaktorissa, vaan pellot on vuokrattava ja energiakasvi ostettava osakeyhtiölle raaka-aineeksi. Taloudellisesti vaaditulla menettelyllä ei liene ratkaisevaa merkitystä, mutta byrokratiaa se lisää biokaasun tuottajan kannalta tarpeettomasti.

3.2 Maatilan ulkopuolisia raaka-aineita hyödyntävät ratkaisut

3.2.1 Laitoskonseptin yleiskuvaus

Kuvassa 3.2. on esitetty yhdellä maatilalla toimiva laitoskonsepti, jossa käsitellään oman tilan raaka-aineiden lisäksi myös ulkopuolisia raaka-aineita. Tässä konseptissa osa tuotetusta sähköstä ja lannoitteesta myydään tilan ulkopuolelle; sähkön ylituotannosta huolimatta osa sähköstä jouduttaneen kuitenkin aika-ajoin ostamaan sähköverkosta. Koska sähköä sekä ostetaan että myydään ajankohdasta riippuen, on tässä tapauksessa tehtävä sopimus sähkömarkkinoilla toimivan ns. avoimen toimittajan kanssa, joka huolehtii kohteen sähkötaseesta. Tuotettu lämpö puolestaan hyödynnetään tilalla. Periaatteessa lämpöä voidaan myös myydä, mutta sitä voitaneen kuitenkin pitää poikkeustapauksena. Koska lämmön tarve vaihtelee voimakkaasti vuodenajan mukaan, tarvitaan järjestelmässä myös lisäkattila. Tässä konseptissa voidaan saada lisätuloja myös porttimaksuina ulkopuolisen biomassan vastaanottamisesta sekä tuotetun lannoitteen myynnistä.

3.2.2.2 Laitoskonseptin eri ansaintavaihtoehdot

Tämä laitoskonsepti poikkeaa luvun 3.1 ratkaisusta lähinnä eri ansaintavaihtoehdojensa vuoksi. Tässä tapauksessa tuloja voidaan saada myös ulkopuolisen raaka-aineen vastaanottamisesta ns. porttimaksuina, sähkön ja lämmön myynnistä, lannoitemyynnistä ja jopa liikennepolttoaineen myynnistä, jos maatilan biokaasun tuotanto ylittää selvästi oman tarpeen.

Taulukossa 3.2 on esitetty kootusti arvio eri ansaintavaihtoehdojen eduista ja ongelmista. Ulkopuolisen raaka-aineen vastaanottamisella voidaan saada merkittäviä lisätuloja, joiden suuruus on toistaiseksi hyvin tapauskohtaista ja riippuu vastaanotetusta raaka-aineesta. Tyypillisiä vastaanotettavia raaka-aineita ovat puhdistamolietteet, elintarviketeollisuuden biohajoavat jätteet, paperiteollisuuden kasviperäiset solumassat ja tulevaisuudessa ehkä myös kotitalouksien biojätteet. Sivutuoteasetus asettaa kuitenkin reunaehdoja raaka-aineille ja niiden käsittelylle (ks. luku 2.4.1.2).

Taulukko 3.2. Eri ansaintavaihtoehdojen edut ja ongelmat laitoskonseptissa, jossa hyödynnetään myös maatilan ulkopuolisia raaka-aineita sekä voidaan myydä sähköä ja lantaa tilan ulkopuolelle.

Ansaintavaihtoehto	Edut	Ongelmat
Ulkopuolisen raaka-aineen vastaanotto	Porttimaksuilla voidaan saada merkittävästi lisätuloja	Sivutuoteasetus asettaa reunaehdoja raaka-aineelle ja sen käsittelylle
Sähkön myynti sähköverkkoon	Ylijäämänsähkön myynnistä voidaan saada lisätuloja	Liittymiskustannukset; tuotannon siirtomaksut; alhainen sähkön arvo
Lannoitemyynti tilan ulkopuolelle	Lannoitemyynnistä saadaan lisätuloja; reaktorijäännöksen hajuhaitat merkittävästi raakalantaa vähäisemmät	Reaktorijäännöksen kelpoisuus pellolle levitettäväksi; rajoitukset lannan luovutuksessa
Liikennepolttoaineen myynti	Liikennepolttoaineen korkea hinta	Kysynnän puute; lisäinvestointien kustannukset

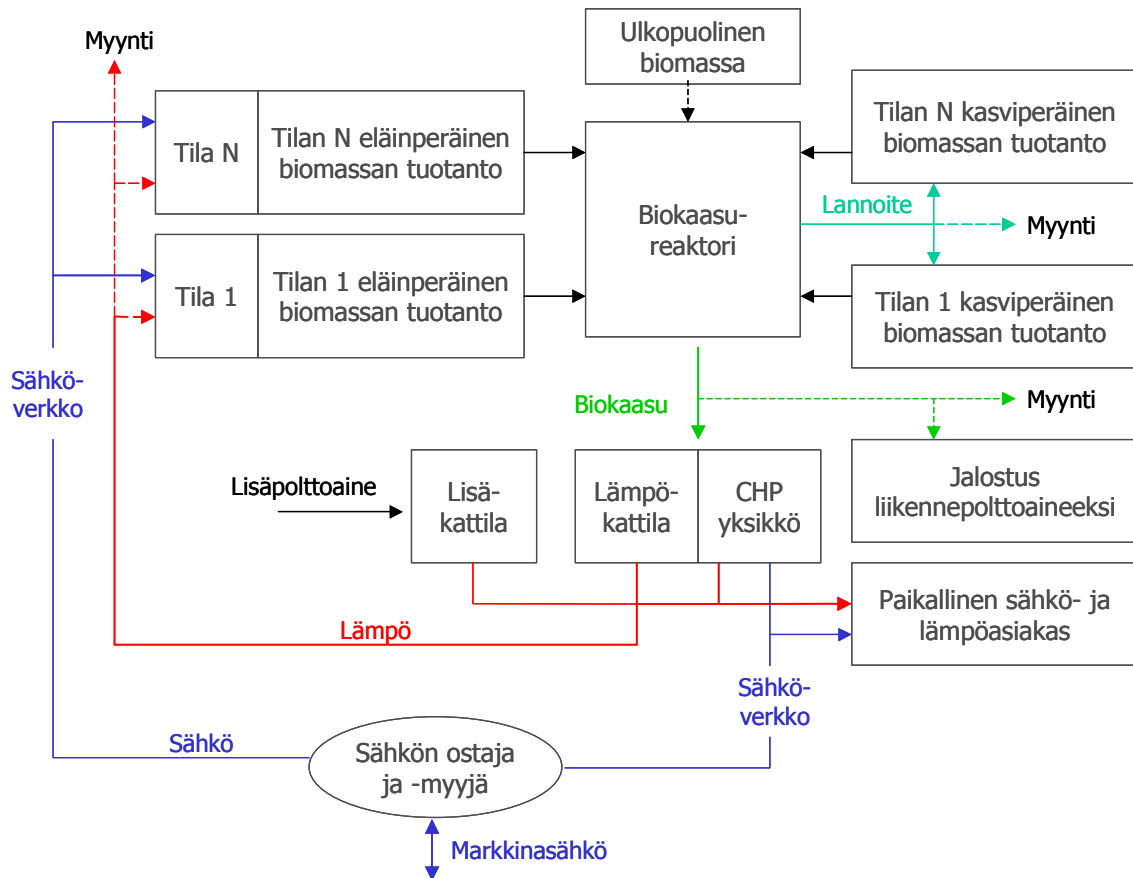
Sähkön myynti sähköverkkoon on soveltuva ratkaisu, mikäli maatilalla on selvästi sähkön ylituotantoa ja liittyminen sähköverkkoon sekä tuotannon siirtomaksut ovat kohtuullisia. Tyypillisesti sähköverkkoon syötetyn sähkön arvo on kuitenkin vain noin puolet tai jopa allekin itse kulutetun sähkön arvoon verrattuna, koska itse kulutettu sähkö vähentää myös kulutuksen siirtomaksuja. Lannoitemyynnillä voidaan saada myös joissain tapauksissa lisätuloja. Reaktorissa käsitellyn lannan etuja ovat merkittävästi pienemmät hajuhaitat. Samoin sen lannoiteominaisuudet ovat raakalantaa paremmat sekä lisäksi rikkakasvien siemenet ja monet taudinaiheuttajabakteerit ovat kuolleet. Lannan luovutukselle (ks. luku 2.4.1.2) ja pellolle levitettävän reaktorijäännöksen kelpoisuudelle on kuitenkin asetettu varsin tiukkoja rajoituksia

Mikäli biokaasusta on paljon ylituotantoa, saattaa jalostus liikennepolttoaineeksi olla kannattavampaa kuin sähkön tuotanto sähköverkkoon, sillä liikennepolttoaineen arvo on selvästi korkeampi kuin verkkoon syötetyn sähkön arvo. Tällä hetkellä merkittävimpana rajoitteena on biokaasun kysynnän puute, sillä kaasuautojen määrä ei lisääntynyt merkittävästi ennen kuin kattava tankkausinfrastruktuuri on olemassa. Toisena rajoittavana tekijänä on tankkausaseman investointikustannukset. Alustavien arvioiden mukaan tankkausasemaan tehtävien investointien takaisinmaksuajat voivat olla suotuisissa oloissa noin 5 vuotta.

3.3 Useamman tilan yhteislaitokset

3.3.1 Laitoskonseptin yleiskuvaus

Useamman tilan yhteislaitokset poikkeavat selkeästi edellä kuvatuista laitoskonsepteista. Tässä tapauksessa raaka-aine kerätään useasta eri lähteestä ja kuljetetaan keskitetylle laitokselle. Tuotettu biokaasu voidaan hyödyntää joko paikallisesti energiantuotantoon, myydä polttoaineena esimerkiksi teollisuuteen tai energiayhtiölle taikka jalostaa liikennepolttoaineeksi. Koska tilat sijaitsevat erillään toisistaan, joudutaan tuotettu sähkö joko myymään laitoksen yhteydessä olevalle asiakkaalle tai siirtämään tiloille yleisen sähköverkon kautta. Tuotettu lämpö voidaan hyödyntää tehokkaimmin, mikäli laitoksen yhteydessä on lämpöä kuluttava asiakas. Lämpöä voidaan periaatteessa siirtää myös lähelle oleville tiloille aluelämpöverkon avulla, mutta kaukaisemmissa kohteissa joudutaan turvautumaan paikallisiin ratkaisuihin. Reaktorijäännös hyödynnetään tässä tapauksessa pääosin tiloilla, mutta myös mahdollisuus myyntiin on yksi vaihtoehto. Samoin ulkopuolisen raaka-aineen käyttö on yksi vaihtoehto.



Kuva 3.3. Useamman tilan yhteislaitokseen perustuva laitoskonsepti.

Usean tilan yhteislaitos poikkeaa tilakohtaisista ratkaisuista ensinnäkin suuremman kokonsa vuoksi. Biokaasureaktorin ja CHP-laitteiden perusteknologia on kuitenkin pitkälti samanlaista

kuin pienemmissäkin ratkaisuissa. Merkittävä ero on raaka-aineen keräämisessä, joka joudutaan tekemään erillisellä keräysautolla. Samoin raaka-aineen vastaanottoon joudutaan panostamaan tilakohtaista ratkaisua enemmän. Lisäksi laitoksen käyttöön ja huoltoon sitoutuu tavallisesti enemmän henkilöresursseja eikä sitä pystytä tekemään muiden töiden ohella. Usein tällaiseen ratkaisuun joudutaankin palkkaamaan ulkopuolista henkilökuntaa. Suuremman kokonsa vuoksi laitoksella tuotetun biokaasun määrä on tyyppillisesti verran suurta, että se mahdollistaa käytännössä useamman erilaisen hyödyntämismuotoehdon arvioinnin.

3.3.2 Soveltuvuuteen vaikuttavia tekijöitä

3.3.2.1 Biokaasun hyödyntämismuotoehdot

Usean tilan yhteislaitoksen tuottaman biokaasun hyödyntämismuotoja on useita. Näiden vaihtoehtojen edut ja ongelmat on koottu taulukkoon 3.3. Yksinkertaisin tapa hyödyntää tuotettua biokaasua on sen myynti energiayhtiön tai suuren loppukäyttäjän polttoaineeksi sellaisenaan. Tällöin ei tarvitse tehdä investointeja sähkön ja lämmön tuotantolaitteisiin, mutta toisaalta biokaasusta saatava hinta on selvästi alhaisempi kuin sähkön ja lämmön arvo. Lisäksi sopivan ostajan puuttuminen on usein tämän vaihtoehtojen esteenä; kuten myös biokaasulle mahdollisesti esitettävät puhtausvaatimukset, esimerkiksi maakaasuverkkoon liitettäessä. Toisena vaihtoehtona on liikennepolttoaineeksi jalostaminen sekä investointi tankkausasemaan. Tällöin tuotteesta saadaan huomattavasti parempi hinta, jolla myös todennäköisesti pystytään kattamaan lisäinvestointien kustannukset. Ongelmana on tällä hetkellä lähinnä kysynnän puute.

Biokaasun tuottaminen vaatii sekä sähköä että lämpöä, joten on luonnollista, että ne tuotetaan paikallisesti. Koska prosessi kuluttaa vain pienen osan tuotetun biokaasun energiasisällöstä, jää tässä tapauksessa sekä sähköä että lämpöä huomattavasti yli tarpeen. Mikäli paikallista sähkön ja lämmön käyttäjää ei ole, täytyy sähkö myydä sähköverkkoon. Lämmön myynti onnistuu, jos lähialueella on joko suuria lämmön tarvisijoita tai alue/kaukolämpöverkko, johon lämmön tuotanto voidaan myydä. Samassa liittymässä olevan paikallisen kuluttajan etuna on se, että sen kuluttaman sähkön arvo on suurempi kuin verkkoon syötetyn sähkön arvo. Samoin paikallisessa lämmön kulutuksessa lämpöhäviöt jäävät pienemmiksi.

Taulukko 3.3. Usean tilan yhteislaitoksella tuotetun biokaasun hyödyntämismuotoja.

Toteutusvaihtoehto	Edut	Ongelmat
Biokaasun myynti	Yksinkertainen ratkaisu; ei vaadi investointeja sähkön ja/tai lämmön tuotantoon	Sopivan ostajan puuttuminen; biokaasun alhainen hinta; puhtausvaatimukset
Biokaasun jalostus liikennepolttoaineeksi	Liikennepolttoaineen korkea hinta	Kysynnän puute
Sähkön ja lämmön myynti	Sähkön ja lämmön korkeampi hinta verrattuna biokaasuun	Sähkön arvo verkkoon syötettynä pienempi kuin paikallisesti hyödynnettynä; liittymismaksut ja tuotannon siirtomaksut
Paikallinen sähköä ja lämpöä kuluttava asiakas	Sähkön ja lämmön korkea arvo; pienet lämpöhäviöt	Paikallisen sähkö- ja lämpökuorman puuttuminen; kulutusprofiilin poikkeaminen tuotannosta

3.3.2.2 Ulkopuolisen raaka-aineen vastaanotto ja lannoitemyynti

Ulkopuolisen raaka-aineen vastaanotossa ja lannoitemyynnissä pätevät pitkälti samat asiat kuin maatilakohtaisessa ratkaisussa, joka vastaanottaa tilan ulkopuolisia raaka-aineita (ks. taulukko 3.2). Tämän lisäksi tehdyissä haastatteluissa nostettiin esille myös muita asiaan liittyviä ongelmia. Ensinnäkin jos viljelijä on osakas osakeyhtiössä, muussa yhtiössä tai muussa vastaavassa yhteisössä, hän ei voi tehdä sopimusta kyseisen yhteisön luovuttamasta lannasta. Tämän vuoksi viljelijä ei voi saada lannan käytön tehostamisesta koskevan sopimuksen perusteella erityistukea, jonka suuruus on 65,59 €/ha.³⁹ Toisena ongelmakohtana nousi esiin lannan levityspinta-alan riittämättömyys paikallisesti. Tällöin viljelijät voivat joutua vuokraamaan peltoalaa. Pellon vuokrahinta oli vuonna 2003 – 2004 keskimäärin 173 €/ha, mutta alueelliset erot olivat suuria. Pohjois-Karjalassa ja Pohjois-Pohjanmaalla mediaanivuokra oli 100 €/ha, kun taas Satakunnassa mediaani oli 300 €/ha ja kolmas kvartaali jopa lähes 400 €/ha.⁴⁰

³⁹ MMM, Maatalouden ympäristötuen erityistuet: Lannan käytön tehostaminen –lehtinen, 2005.

⁴⁰ Sami Myyrä, Pellon vuokrahinnat Suomessa 2003-2004, MTT Taloustutkimus.

4 Suuntaa-antavia laskelmia erilaisista ratkaisuista

4.1 Laskelmien lähtöoletukset

Suuntaa-antavien laskelmien tarkoituksena on arvioida millä edellytyksillä erikokoiset, eri tuotantosuuntia sekä erilaisia laitoskonsepteja edustavat ratkaisut voisivat olla taloudellisesti kannattavia. Laskelmien lähtöarvoina käytetään useista eri lähteistä kerättyjä lähtötietoja. Mikäli eri lähteiden tiedot ovat poikenneet toisistaan, on käytetty pääosin keskimääräisiä arvoja; kuitenkin niin, että mieluummin on valittu konservatiivisempi arvio, jos on jouduttu valitsemaan kahdesta eri vaihtoehdosta. Toisaalta laskelmissa ei ole huomioitu sitä seikkaa, että kaikkea tuotettua energiaa ei voida välttämättä joka hetki hyödyntää johtuen tuotannon ja kulutuksen epätasapainosta, mikä puolestaan johtaa joissain tapauksissa hieman liian optimistisiin tuloksiin.

Laskelmien yleiset lähtöoletukset on esitetty taulukossa 4.1. Tarkemmat oletukset, jos ne poikkeavat taulukon 4.1 tiedoista, on kuvattu kunkin laskentaesimerkin yhteydessä. Laskelmissa käytettävät kustannukset ovat ilman arvonlisäveroa.

Taulukko 4.1. Suuntaa-antavien laskelmien lähtöoletukset.

Lähtötieto	Oletus	
Lannan tuotanto ja sen energiasisältö	tuotantosuunnittain, ks. luku 2.2	
Tilan energian tarpeet	tuotantosuunnittain, ks. luku 2.3	
Energiatuotannon hyötysuhteet	kaasumoottori sähkö, netto: 28 % ¹ lämpö, netto: 27 % omakäyttö: 25 % häviöt + ei-käytettävyys: 20 %	mikroturbiini sähkö, netto: 22 % lämpö, netto: 33 % omakäyttö: 25 % häviöt + ei-käytettävyys: 20 %
Energiatuotannon käyttökustannukset	kaasumoottori 15 €/MWh _e	mikroturbiini 8 €/MWh _e
Muut käyttökustannukset tilalla	1000 €/v + 1€/MWh _f ²	
Sähkön arvo tilalla	75 €/MWh ³	
Sähkön myyntihinta sähköverkkoon	30 €/MWh ⁴	
Lämmön arvo tilalla	öljy 45 €/MWh, hake 15 €/MWh	
Lämmön myyntihinta	0 €/MWh, poikkeustapauksessa 20 €/MWh	
Porttimaksut ulkopuoliselle raaka-aineelle	40 €/m ³ , kuiva-ainepitoisuus 20 % (perunajäte)	
Reaktiotuotteen myyntihinta	30 €/tn kuiva-ainetta	
Investointikustannukset	tapauskohtaisesti: ks. luvut 4.2.1 ja 4.4.1	
Investointitukiprosentti	kolme vaihtoehtoa: 0 %, 20 % ja 40 %	
Korkokanta	kolme vaihtoehtoa: 0 %, 4 % ja 8 %	
Järjestelmän teknistaloudellinen elinikä	15 v	

¹ alle 30 kW_e:n kokoluokassa 25 %; yli 300 kW:n kokoluokassa 32 %

² oletettu, että suurin osa huolto- ja kunnossapitotyöstä tehdään itse

³ sisältää sekä sähköenergian että sähkön siirron arvon

⁴ vastaa sähköenergian markkinahintaa

Koska käytännössä useat taulukossa 4.1 esitetystä laskentaparametreista voivat poiketa tapauskohtaisesti merkittävästikin, on peruslaskelmien lisäksi tehty herkkyystarkasteluja, joilla pyritään osoittamaan eri tekijöiden vaikutusta kannattavuuteen.

4.2 Maatilan omia raaka-aineita käyttävät ratkaisut

4.2.1 Peruslaskelma

Ainoastaan maatilan omia raaka-aineita käyttävän laitoksen perustapauksena tarkastellaan 1000 emakon emakkosikalaa, jonka vuotuinen biokaasun tuotanto vastaa energiana 1200 MWh eli jatkuvana polttoainetehona noin 140 kW. Kooltaan tämä emakkosikala on sellainen, johon löytyy sekä koeteltua että kaupallista sähkön ja lämmön yhteistuotantotekniikkaa eli sekä biokaasumootoreita että mikroturbiineja.

Taulukossa 4.2 on esitetty laitoksen arvioidut kokonaisinvestointikustannukset käytettäessä kaasumootoritekniologiaa. Kustannukset eivät oleellisesti poikkea, vaikka kaasumootorin sijasta käytettäisiin mikroturbiinia. Selvityksessä käytettävät kustannukset perustuvat sekä toteutuneisiin kustannuksiin toteutetuista kohteista että tarjouksiin uusista, suunnitteilla olevista kohteista. Kustannuksista suurimpina ovat biokaasureaktori sekä sähkön ja lämmön tuotantoyksikkö. Myös muiden kustannusten eli perustustöiden, rakentamisen, suunnittelun ja valvonnan sekä sähkö-, lvi- ym. asennustöiden osuus koko investoinnista on merkittävä. Luonnollisesti näistä kustannuksista voidaan säästää merkittävästi, mikäli osa näistä töistä tehdään itse.

Taulukko 4.2. Ainoastaan maatilan omia raaka-aineita käyttävän, tuhannen emakon emakkosikalan, laitoksen investointikustannukset.

Komponentti	Investointi, €
Lietelannan vastaanotto ja käsittely	20000
Biokaasureaktori	100000
Lietteen jälkikäsittely	30000
Kaasun käsittely	10000
Sähkön ja lämmön tuotanto	100000
Lämmön talteenotto	20000
Rakennus, asennus ym. kustannukset	100000
Yhteensä	380000

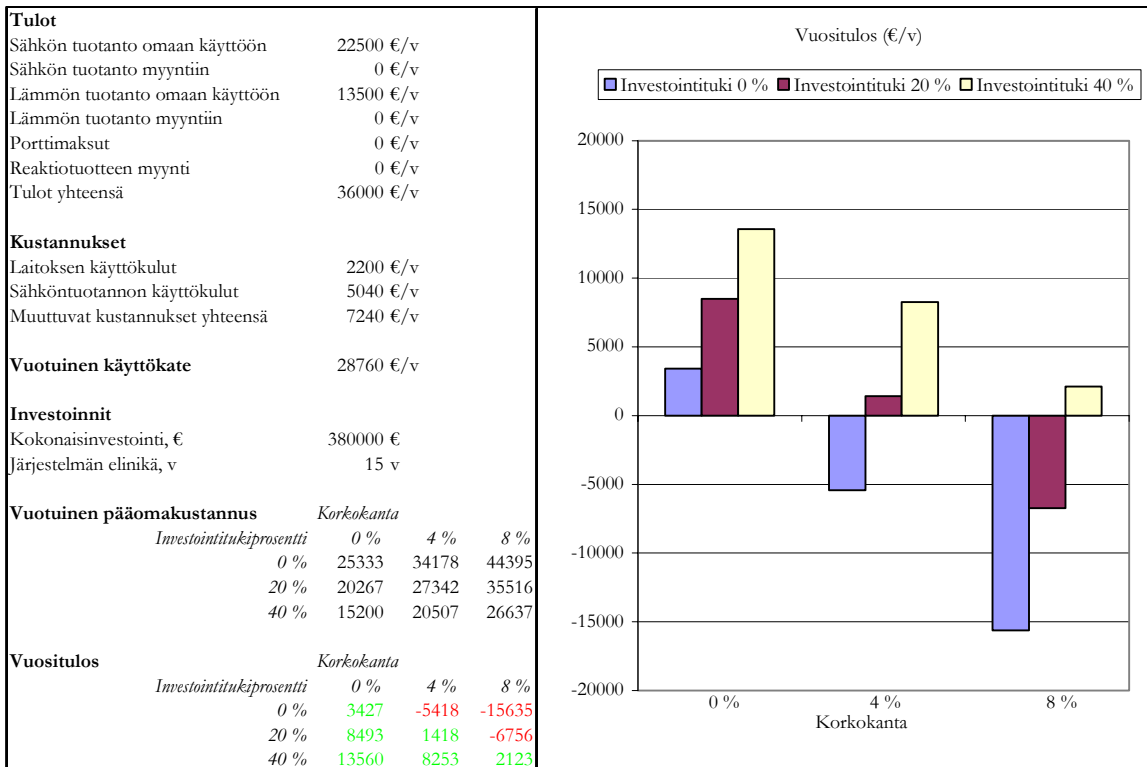
Taulukossa 4.3 on puolestaan esitetty perustapauksen energiatase. Eri energiamuotojen tuotantomäärät perustuvat taulukon 4.1 mukaisiin hyötysuhteisiin. Sähkön tarpeeksi on oletettu 300 kWh/emakko, kuten myös lämmön tarpeeksi. Taulukosta 4.3 nähdään, että energiantuotanto vastaa kohtuullisen hyvin tilan energian tarvetta niin sähkön kuin lämmönkin osalta. Osa tuotetusta sähköstä ja lämmöstä jää kuitenkin hyödyntämättä. Käytännössä sähkön ja lämmön tuotanto sekä kulutus eivät kohta ajallisesti, minkä vuoksi osa sähköstä joudutaan ostamaan ja osa lämmöstä joudutaan tuottamaan muilla polttoaineilla. Tähän asiaan palataan tarkemmin luvun 5 yksityiskohtaisissa laskelmissa, joissa on huomioitu myös tämä ajallinen vaihtelu.

Peruslaskelmassa tarkastellaan kohdetta, jossa tuotetulla sähköllä korvataan ostosähköä (sekä sähköenergia että sähkön siirto) ja tuotetulla lämmöllä öljylämmitystä. Yli oman tarpeen tuotetusta sähköstä ja lämmöstä ei saada tuloja. Koska tässä laitoksen konseptissa käytetään ainoastaan maatilan omia raaka-aineita, tuloja ei saada myöskään porttimaksuista. Samoin lannoitetuotannosta ei saada tuloja, vaan reaktorijäännös hyödynnetään omalla tilalla.

Kuvan 4.1 vasemmassa reunassa on esitetty kohteen vuotuisten tulojen ja kustannusten perusteella laskettu käyttökate (28 760 €), jolla katetaan annuiteetti menetelmällä laskettavia investointikustannuksia. Kuvan oikeassa reunassa on esitetty kohteen lopullinen vuositulo eri investointituilla (0 %, 20 %, 40 %) ja korkokannoilla (0 %, 4 %, 8 %) olettaen järjestelmän teknistaloudelliseksi eliniäksi 15 vuotta. Tässä tapauksessa kohde osoittautuu edellä mainituilla oletuksilla ja 4 % korkokannalla kannattavaksi, mikäli investointituki on 20 %.

Taulukko 4.3. Ainoastaan maatilán omia raaka-aineita käyttävän, tuhannen emakon emakkosikalan, laitoskonseptin energiatase.

Energiatase	MWh/v
Sähkön nettotuotanto	336
Sähkön oma tarve	300
- oma hyötykäyttö	300
- ylijäämä	36
Lämmön nettotuotanto	324
Lämmön oma tarve	300
- oma hyötykäyttö	300
- ylijäämä	24
Prosessin energian kulutus	300
Häviöt ja ei-käytettävyys	240
Yhteensä	1200



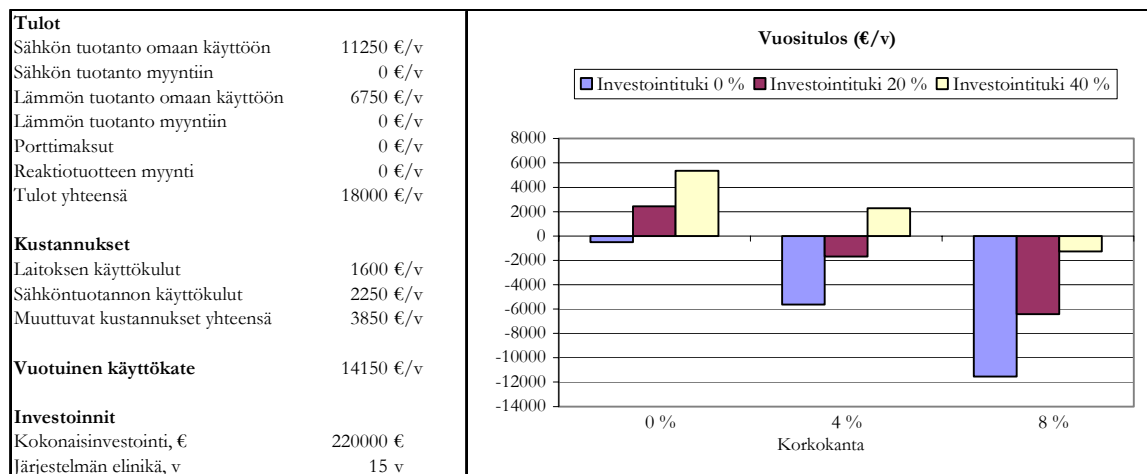
Kuva 4.1. Tuhannen emakon emakkosikalan biokaasulaitoksen vuotuinen kassavirtalaskelma sekä kannattavuus eri korkotasolla ja investointituilla.

4.2.2 Herkkyystarkasteluja

4.2.2.1 Kokoluokka

Mikäli laitoksen kokoa pienennetään, heikkenee kohteen kannattavuus, sillä vaikka laitteet voidaan mitoittaa pienemmäksi, eivät kustannukset laske samassa suhteessa. Lisäksi sähkön tuotantolaitteiden (etenkin kaasumoottoreiden) sähköntuotannon hyötysuhde heikkenee mentäessä pienempiin kokoluokkiin. Kun sähkön tuotantolaitteiden sähköteho menee alle 30 kW:n, mikä vastaa noin 100 kW:n polttoainetehoa, ei markkinoilta enää oikein löydy koeteltua, jatkuvaan biokaasun käyttöön soveltuvaa teknologiaa. Toki pienemmässäkin kokoluokassa on tarjolla esimerkiksi erilaisia kaasumoottoreita, mutta niitä ei ole suunniteltu jatkuvaan käyttöön, jolloin niiden huoltoväli on erittäin lyhyt - kuten myös elinikä. Uusista teknologioista Stirlingmoottorit voisivat soveltua pieniin maatalouden biokaasuratkaisuihin, mutta toistaiseksi teknologia ei ole vielä kypsää.

Kuvassa 4.2. on esitetty laskelma 500 emakon emakkosikalasta, jonka kokoluokka on käytännössä pienin mahdollinen, johon löytyy koeteltua sähkön ja lämmön yhteistuotannon teknologiaa ilman, että joudutaan ylimitoittamaan tuotantolaitteita kohtuuttomasti. Verrattuna isompaan kokoluokkaan kannattavuus on sen verran heikompaa, että 4 % korkokannalla investointituen pitäisi olla vähintään noin 30 % luokkaa eli karkeasti 10 % suurempi kuin perustapauksessa.



Kuva 4.2. 500 emakon emakkosikalalan biokaasulaitoksen vuotuinen kassavirtalaskelma sekä kannattavuus eri korkotasolla ja investointituilla.

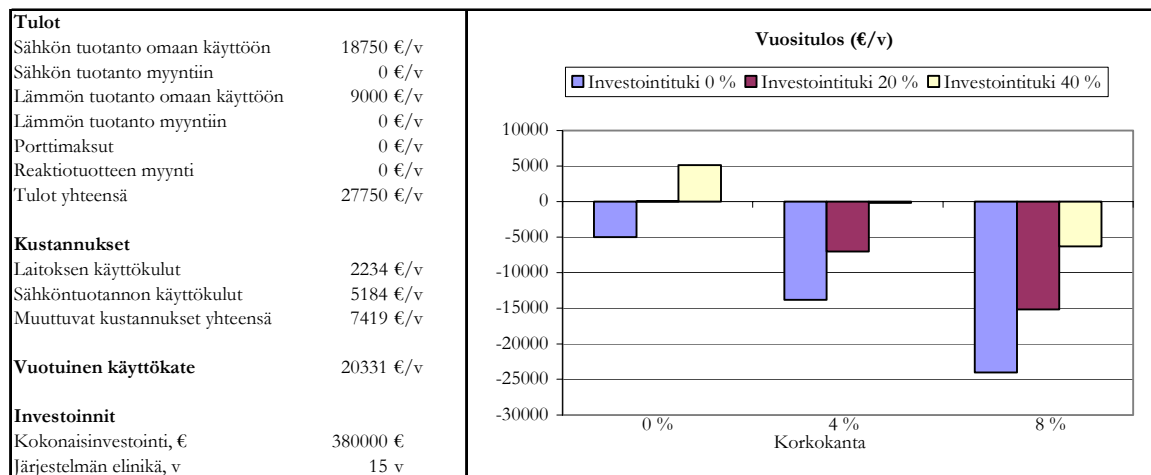
Kokoluokkaa suurennettaessa kannattavuus puolestaan paranee johtuen sekä investointien yksikkökustannusten alenemisesta että paremmasta hyötysuhteesta. Esimerkiksi 2000 emakon emakkosikalalan kannattavuus on edellä esitetyillä oletuksilla jo sellainen, että 4 % korkokannalla ratkaisu saattaa olla kannattava jo ilman investointitukia. Tällöin on kuitenkin huomattava, että laskelmissa on oletettu, että energian tuotanto ja kulutus kohtaavat ja että tuotetulla lämmöllä korvataan öljylämmitystä.

4.2.2.2 Tilatyypit

Lihaskalat

Mikäli emakkosikalan sijasta kohteena olisi lihasikala, olisivat tärkeimmät muutokset edellä esitettyihin laskelmiin verrattuna lannantuotannossa ja energiantarpeessa. Jotta lihasikalan lannantuotannon energiasisältö olisi likimain sama kuin peruslaskelmassa (1200 MWh/v), tarvittaisiin siihen noin 2500 lihasian sikala⁴¹. Lihaskalan sähköntarpeen voidaan arvioida olevan vuodessa noin 100 kWh/lihasika ja lämmöntarpeen noin 80 kWh/lihasika. Kokonaisuudessaan lihasikalan sähkön ja erityisesti lämmön tarve on pienempi kuin vastaavan emakkosikalan. Tämän vuoksi lihasikalan oman energiatuotannon sähkön ostoa ja lämmön muuta tuotantoa korvaava energiamäärä on vähäisempää, mikä heikentää kannattavuutta. Käytännössä tilanne ei välttämättä ole aivan näin suoraviivainen johtuen tuotannon ja kulutuksen eriaikaisuudesta.

Kuvassa 4.3 on esitetty 2500 lihasian sikalan kannattavuuslaskelman tulokset. Kannattavuus on emakkosikalaa selvästi heikompi johtuen siitä, että vajaa 30 % sähköstä ja noin 40 % tuotetusta lämmöstä menee tässä tapauksessa hukkaan, koska sitä ei voida myydä. Mikäli ylijäämä sähköä voitaisiin myydä tukkumarkkinahintaan 30 €/MWh, saataisiin siitä noin 3000 € lisätuloa vuodessa. Tämä parantaisi hieman kohteen kannattavuutta, mutta silti ei ylittäisi emakkosikalan kannattavuuden tasolle, koska emakkosikalassa käytettävän oman sähköntuotannon arvo on 75 €/MWh sisältäen sekä sähköenergian että sähkön siirron arvon.



Kuva 4.3. 2500 lihasian emakkosikalan biokaasulaitoksen vuotuinen kassavirtalaskelma sekä kannattavuus eri korkotasolla ja investointituilla.

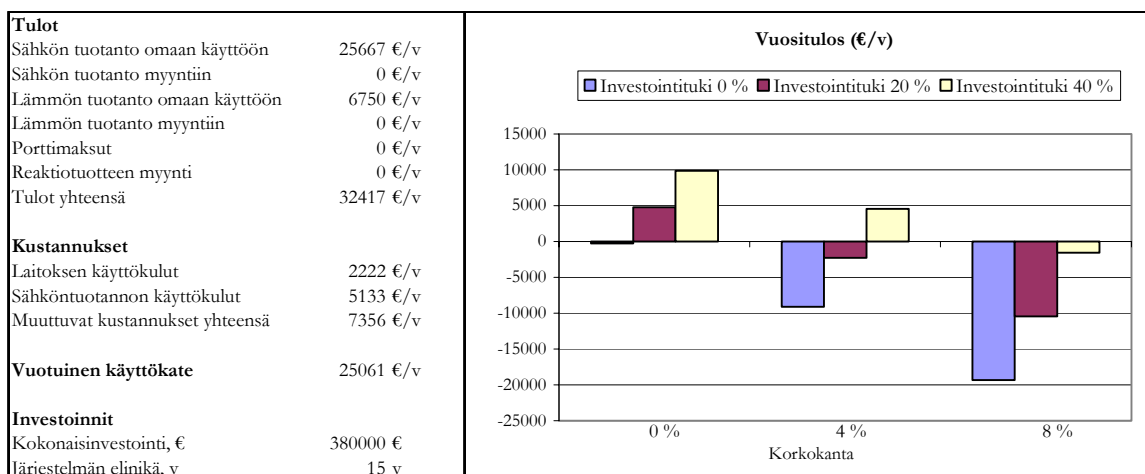
Maito- ja lihakarjatilat

Jotta maitotilalla päästäisiin samaan biokaasun tuotantoon kuin peruslaskelmassa, olisi maitotilan koon oltava noin 250 lypsylehmä⁴². Tällaisen tilan vuotuisen sähkönkulutuksen voidaan olettaa olevan luvun 2.3.2 perusteella noin 2 MWh/lypsävä eli yhteensä noin 500 MWh/v, mikä ylittää selvästi oman sähköntuotannon määrän (340 MWh/v). Lämmönkulutus puolestaan riippuu siitä, onko tilalla nuorta karjaa. Mikäli sitä ei ole, on lämmön tarve hyvin

⁴¹ oletuksena luvun 2.2.1 tyyppisikatan eläinjakauma

⁴² oletuksena luvun 2.2.1 tyyppimaitotilan eläinjakauma ja ei kesälaidunnusta

vähäistä. Kuvassa 4.4 esitetyssä laskelmassa on oletettu tilalla olevan nuorta karjaa sen verran, että vuotuinen lämmitystarve olisi noin 150 MWh. Tällöin ratkaisu saavuttaa kannattavuusrajan 4 % korkotasolla noin 27 % investointituella. Mikäli nuorta karjaa ei olisi ja lämmitystarve olisi siten olematonta, ei ratkaisu olisi tehdyillä oletuksilla ja 4 % korkotasolla kannattava edes 40 % investointituellakaan.



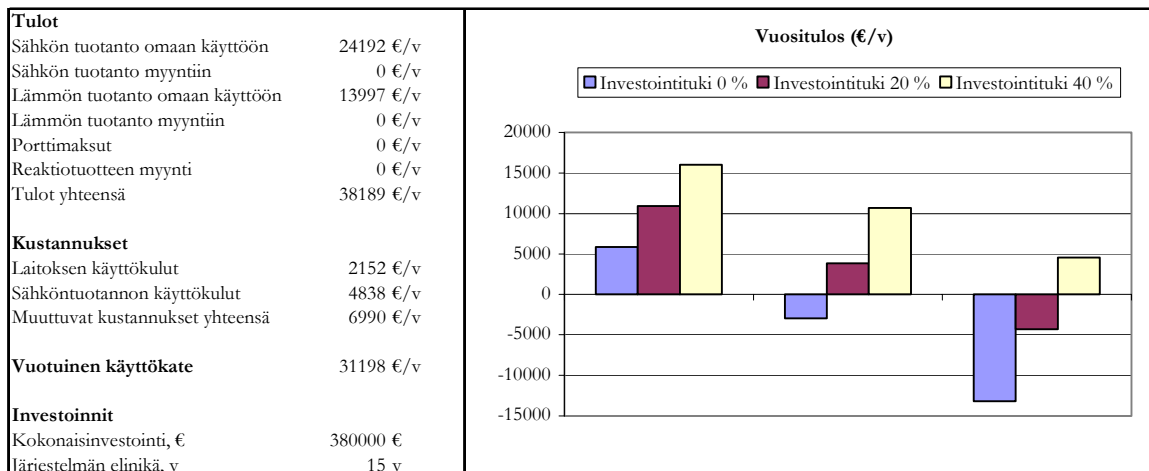
Kuva 4.4. 250 lypsylehmän maitotilan biokaasulaitoksen vuotuinen kassavirtalaskelma sekä kannattavuus eri korkotasolla ja investointituella.

Tarkastelussa on huomattava, että maitotilan sähkönkulutus riippuu vahvasti siitä, miten pitkälle toiminnot ovat automatisoitu ja tapahtuuko esimerkiksi pesuvesien lämmitys sähköllä vai jollain polttoaineella. Lisäksi maitotiloilla sähkönkulutuksen ajallinen vaihtelu on voi olla erittäin suurta, johtuen lypsyn yhteydessä mahdollisesti syntyvästä kulutuspiikistä.

Lihakarjatilalla sähkönkulutus on tyypillisesti vähäisempää kuin maitotilalla ja lämmitystarve riippuu nuoren karjan määrästä kuten maitotilallakin. Tämän vuoksi kannattavuuslaskelmien tuloksia ei oikein voi yleistää koskemaan koko tuotantosuuntaa. Yleisesti voidaan kuitenkin todeta, että nautatiloilla lämmön tarve on sikatiloja vähäisempää, mikä heikentää niiden kannattavuutta sikatiloihin verrattuna.

Siipikarjatilat

Esimerkkinä siipikarjatilasta tarkastellaan broilerikanalaa. Jotta broilerikanalan lannantuotannon energiasisältö olisi likimain sama kuin peruslaskelmassa (1200 MWh/v), tarvittaisiin siihen noin 160 000 broilerin kanala eli neljä kertaa suurempi kuin luvun 2.2 tyyppitila. Broilerikanalan sähköntarpeen voidaan arvioida olevan luvun 2.3 mukaisesti noin 44 MWh/15 000 lintua ja lämmöntarpeen noin 210 MWh/15 000 lintua. Kokonaisuudessaan broilerikanalan sähkön ja erityisesti lämmön tarve on selvästi suurempi kuin perustapauksena tarkastellussa emakkosikalassa. Tämän vuoksi kaikki tuotettu sähkö ja lämpö voidaan hyödyntää täysimääräisesti tilalla. Kuvassa 4.5 on esitetty 160 000 broilerin tilan kannattavuuslaskelman tulokset. Kannattavuus on hieman emakkosikalaa parempi johtuen siitä, että kaikki sähkö ja lämpö voidaan hyödyntää paikallisesti. Käytettäessä 4 % korkokantaa kannattavuus saavutetaan tässä tapauksessa noin 10 % investointituella. Tarkastelussa ei ole kuitenkaan huomioitu kanalan energian kulutuksen voimakasta aikariippuvuutta.

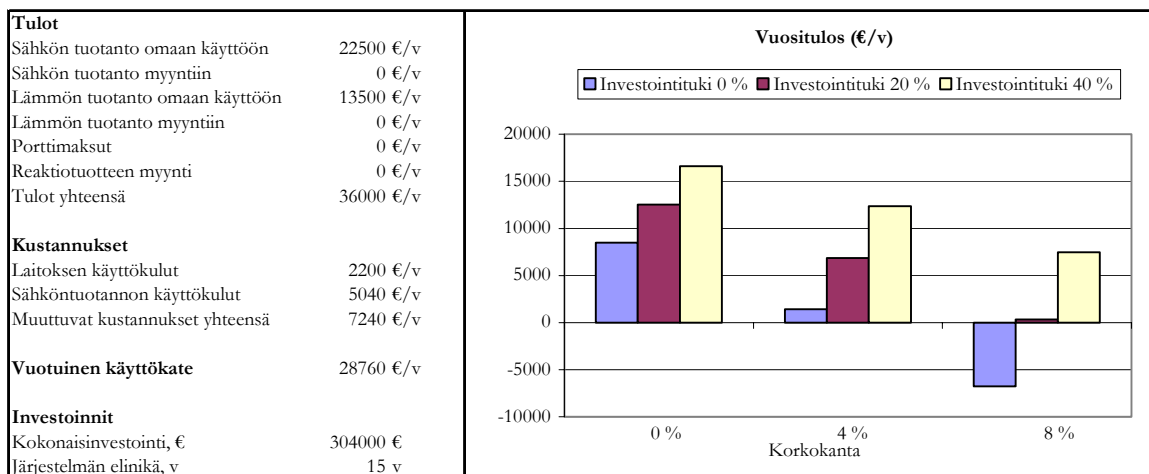


Kuva 4.5. 160 000 broilerin tilan biokaasulaitoksen vuotuinen kassavirtalaskelma sekä kannattavuus eri korkotasolla ja investointituilla.

4.2.2.3 Investointikustannukset ja järjestelmän elinikä

Investointikustannukset

Investointikustannusten määrä on ratkaiseva laitoksen kannattavuuden kannalta. Mikäli investointikustannukset olisivat 20 % alhaisemmat kuin perustapauksessa, olisi ratkaisu kannattava 4 % korkokannalla ilman tukiakin, kuten kuvasta 4.6 käy ilmi. Tässä tapauksessa koko järjestelmän ominaisinvestointikustannus olisi $2,2 \text{ €/W}_f^{43}$, kun peruslaskelmissa vastaava luku oli $2,8 \text{ €/W}_f$. Kyseinen kustannussäästö lienee mahdollista saavuttaa, mikäli osa investoinneista on jo aikaisemmin tehty tai pystytään välttämään muita investointeja tahi merkittävä osa järjestelmän rakentamiseen ja asentamiseen tehtävästä työstä tehdään itse.



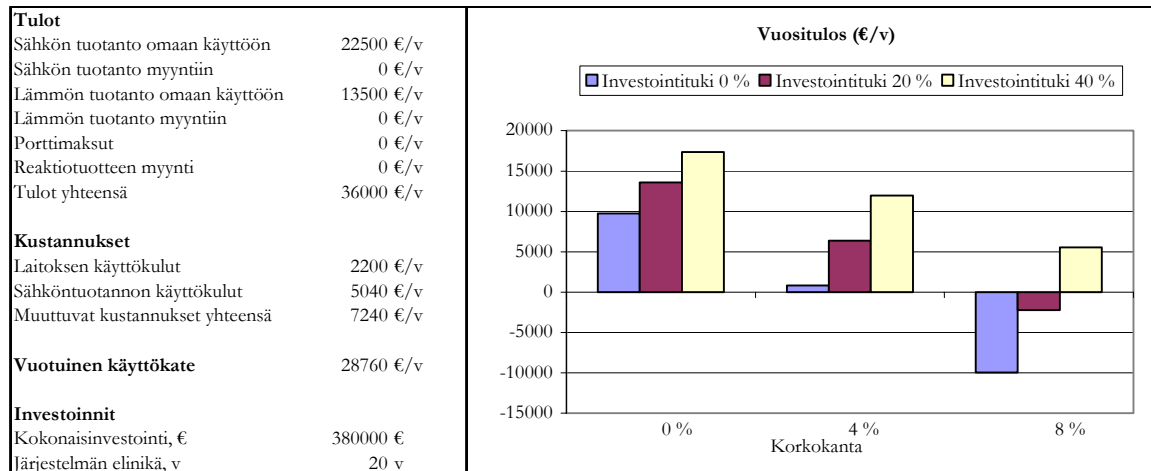
Kuva 4.6. Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen vuotuinen kassavirtalaskelma sekä kannattavuus, mikäli investointikustannukset olisivat 20 % alhaisemmat kuin perustapauksessa.

⁴³ kustannukset (€) tuotetun biokaasun polttoainetehoa (W_f) kohti.

Mikäli investointikustannukset ovat 20 % korkeammat kuin perustapauksessa, saavuttaisi ratkaisu kannattavuuden vasta kun investointituki olisi vähintään 30 %.

Elinikä

Peruslaskelmassa järjestelmän teknistaloudelliseksi eliniäksi on oletettu 15 vuotta. Mikäli järjestelmän elinikä olisi 20 vuotta, saavuttaisi se kannattavuuden 4 % korkokannalla ilman investointitukiakin, kuten kuvasta 4.7 käy ilmi. Toisaalta jos elinikä olisi vain 10 vuotta, saavuttaisi ratkaisu kannattavuuden vasta 40 % investointituella.

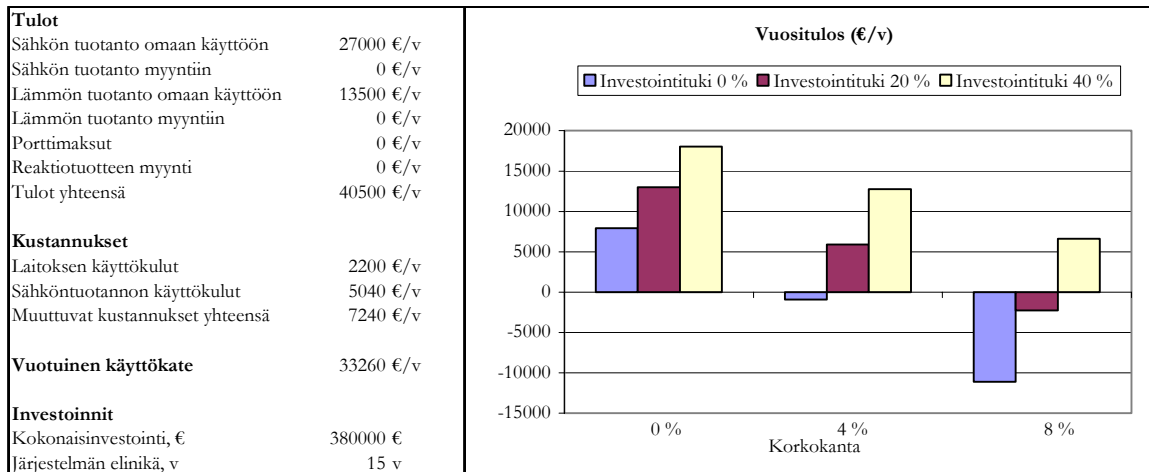


Kuva 4.7. Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen vuotuinen kassavirtalaskelma sekä kannattavuus eri korkotasolla ja investointituella, mikäli laitoksen elinikä olisi 20 vuotta.

4.2.2.4 Energian hinta

Sähkön hinta

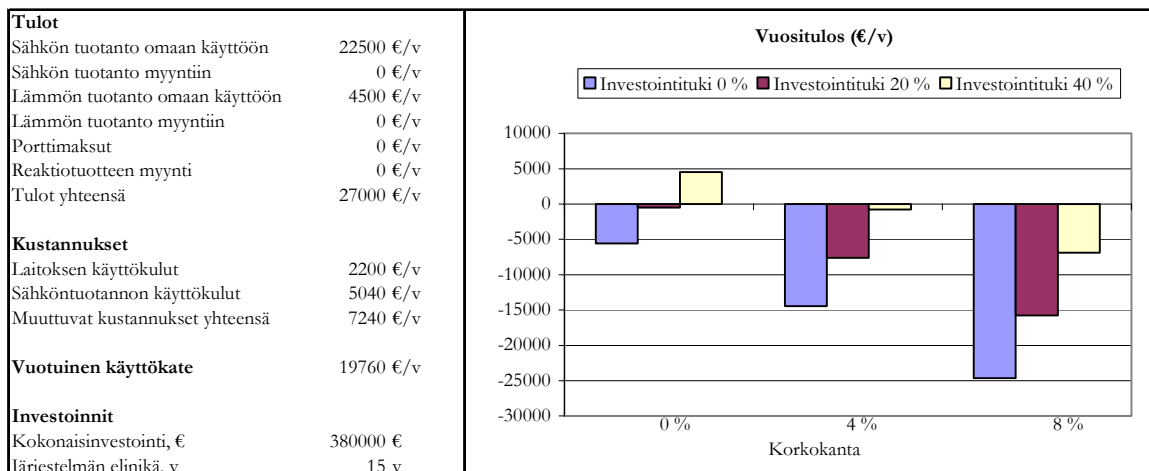
Sähkön hinnalla on varsin suuri merkitys hankkeen kannattavuudelle, sillä sähkön tuotanto omaan käyttöön on laitoksen suurin tuloerä kuten kuvasta 4.8 käy ilmi. Mikäli omaan käyttöön tuotetun sähkön hinta olisi 20 % korkeampi, nousisivat vuotuiset tulot 4500 €. Tämä parantaisi laitoksen kannattavuutta niin, että 4 % korkokannalla investointituen pitäisi olla noin 3 % kokonaisinvestoinnista. Toisaalta sähkön hinnan laskiessa 20 % tarvittaisiin investointitukea 4 % korkokannalla lähes 30 %.



Kuva 4.8. Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen vuotuinen kassavirtalaskelma sekä kannattavuus eri korkotasolla ja investointituilla, mikäli omaan käyttöön tuotetun sähkön hinta olisi 20 % korkeampi kuin perustapauksessa.

Lämmityspolttoaineen hinta

Peruslaskelmassa lämmityspolttoaineeksi oletettiin polttoöljy. Mikäli öljyn sijasta lämmitykseen käytettäisiin haketta, jonka hinnaksi on arvioitu 15 €/MWh, heikkenisi kohteen kannattavuus selvästi, kuten kuvasta 4.9 käy ilmi. Tällöin lämmön tuotannosta saatava hyöty putoaisi kolmannekseen ja kohde ei saavuttaisi 4 % korkokannalla kannattavuutta edes 40 % investointituella.

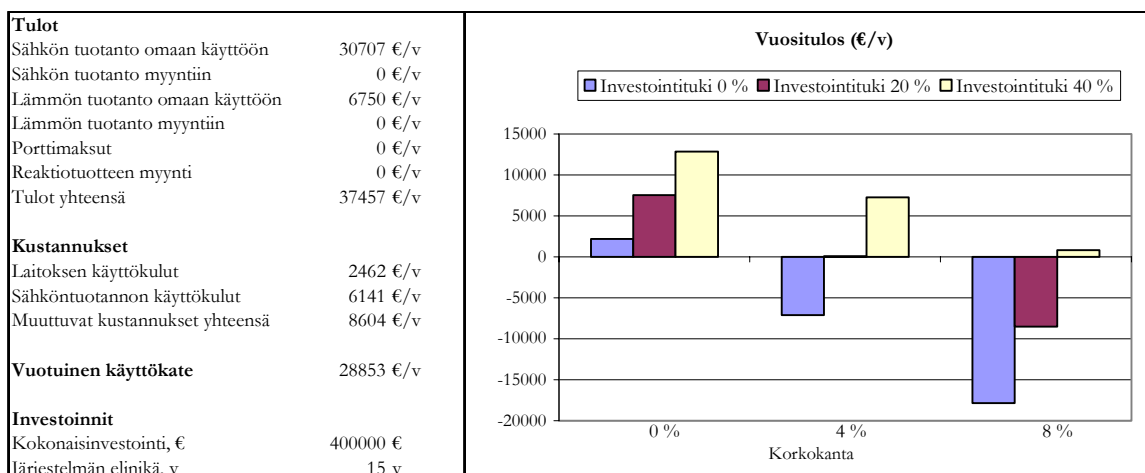


Kuva 4.9. Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen vuotuinen kassavirtalaskelma sekä kannattavuus eri korkotasolla ja investointituilla, mikäli maatilalla käytettäisiin öljylämmityksen sijasta haketta.

4.2.2.5 Kasviperäisen biomassan lisäraaka-aineena

Kasviperäistä biomassaa kannattaa tässä laitospäätöksessä hyödyntää ainoastaan siinä tapauksessa, että energiantuotanto jää alle oman tarpeen. Luvussa 4.2.1 lasketussa

perustapauksessa näin ei kuitenkaan ole. Siksi kasviperäisen biomassan käyttämistä lisäraaka-aineena tarkastellaan luvussa 4.2.2.2 lasketun maitotilan tapauksessa, jossa sähköntarve ylitti selvästi oman sähkön tuotannon. Kuvassa 4.10 esitetyssä laskelmassa on tarkasteltu kyseistä maitotilaa, jossa kasviperäistä biomassaa on lisätty siten, että biokaasun tuotanto lisääntyy 20 %. Laskelmissa on oletettu kasviperäinen lisäraaka-aine ilmaiseksi, mutta investointikustannuksia on lisätty 20 000 €. Tässä tapauksessa kannattavuus paranee niin, että ratkaisu tulee kannattavaksi 4 % korkokannalla ja 20 % investointituella. Tämä johtuu siitä, että tuotetun lisäsähkön vuotuinen arvo (5 040 €) ylittää selvästi investoinnin aiheuttaman vuotuisen lisäkustannuksen (1440 €) kun käytetään 4 % korkoa ja 15 vuoden elinikää.



Kuva 4.10. Maitotilan biokaasulaitoksen vuotuinen kassavirtalaskelma sekä kannattavuus eri korkotasolla ja investointituilla siinä tapauksessa, että kasviperäistä biomassaa on lisätty siten, että biokaasun tuotanto lisääntyy 20 %.

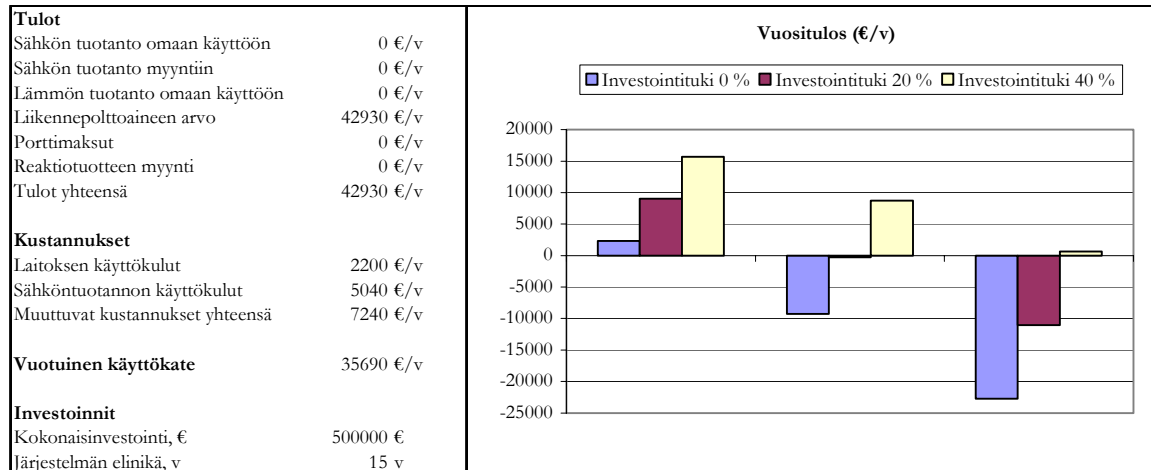
4.2.2.6 Liikennepolttoaineen tuotanto

Sen sijaan että laitoksella tuotetaan biokaasusta sähköä ja lämpöä, voitaisiin biokaasu tai osa siitä jalostaa liikennepolttoaineeksi. Kaasumaisen liikennepolttoaineen kuluttajahinta on noin 65 €/MWh, kun vertailukohtana käytetään Gasumin liikennepolttoaineeksi tarkoitetun maakaasun hintaa, 90 snt/kg. Mikäli edellä mainitusta kuluttajahinnasta vähennetään arvonlisävero 22 %, on biokaasusta tehdyn liikennepolttoaineen arvo noin 53 €/MWh olettaen, ettei uusiutuvana energialähteenä biokaasulta peritä polttoaineveroja. Tämä on enemmän kuin oman lämmöntuotannon arvo, mutta vähemmän kuin omaan käyttöön tuotetun sähkön arvo.

Kun tarkastellaan koko energiantuotannon arvoa tapauksessa, jossa noin 28 % polttoaineen energiasisällöstä saadaan muutettua nettosähköksi ja 27 % nettolämmöksi lopun kuluessa prosessiin sekä erilaisiin häviöihin, muodostuu hyötykäyttöön saadun energian keskimääräiseksi arvoksi noin 33 €/MWh_f.⁴⁴ Mikäli biokaasu puolestaan jalostettaisiin liikennepolttoaineeksi olettamalla biokaasun tuotantoprosessin olevan samanlainen kuin energiantuotannon tapauksessa eli kuluttavan 25 % biokaasun energiasisällöstä sekä olettamalla polttoaineen puhdistuksen ja käsittelyn kuluttavan 10 % biokaasun energiasisällöstä, muodostuu hyötykäyttöön saadun liikennepolttoaineen keskimääräiseksi arvoksi noin 36 €/MWh_f.

⁴⁴ MWh_f viittaa biokaasun bruttotuotannon energiasisältöön.

Peruslaskelmassa kaasunkäsittelyn, sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitteiden sekä lämmön talteenoton kustannukset olivat yhteensä 130 000 €. Liikennepolttoaineen tuotanto- ja jakelulaitteiden kustannukset tässä kokoluokassa ovat kuitenkin tätä suuremmat, arviolta noin 250 000 €. Koska tässä tapauksessa investointien välinen ero on näin suuri, biokaasun jalostaminen liikennepolttoaineeksi ei olisi yhtä kannattavaa kuin sähkön ja lämmön tuotanto omaan käyttöön, vaikka liikennepolttoaineen arvo olisikin suurempi kuin omaan käyttöön tuotetun energian arvo. Tästä huolimatta liikennepolttoaineratkaisukin saavuttaisi kannattavuuden 4 % korkokannalla noin 20 % investointituella (ks. kuva 4.11).



Kuva 4.11. Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen vuotuinen kassavirtalaskelma sekä kannattavuus eri korkotasolla ja investointituella, mikäli biokaasu jalostettaisiin liikennepolttoaineeksi.

Tilanne olisi kuitenkin aivan toinen, jos sähköstä tai lämmöstä olisi ylituotantoa eikä sitä voisi hyödyntää paikallisesti. Tällöin ylituotantosähkö jouduttaisiin myymään sähköverkkoon, jolloin sen arvo olisi vain noin 30 €/MWh eli selvästi vähemmän kuin liikennepolttoaineen arvo. Ylituotantolämmöllä puolestaan ei olisi mitään arvoa. Yleisesti voidaankin todeta, että lopullinen kannattavuus on aina tapauskohtainen ja riippuu voimakkaasti muun muassa paikallisesta energiatarpeesta suhteessa tuotetun biokaasun energiasisältöön. Jalostaminen liikennepolttoaineeksi on kiinnostava vaihtoehto erityisesti sellaisissa tapauksissa, joissa biokaasun tuotantoa on selvästi yli oman tarpeen. Joissain tapauksissa jopa molemmat hyödyntämistavat eli sekä paikallinen energian tuotanto että liikennepolttoaineeksi jalostaminen yhdessä saattavat olla kannattavin vaihtoehto.

4.2.2.7 Kasvihuonekaasujen vähentyminen

Nykyisin pienet biokaasulaitokset eivät voi saada suoraa rahallista hyötyä kasvihuonekaasupäästöjen vähenemisestä. Tästä huolimatta voidaan kuitenkin laskea mikä rahallinen arvo päästöjen vähentymisellä olisi, jos päästövähennelmä arvostettaisiin EU:n sisäisen päästökaupan mukaiseen markkinahintaan, joka on vuoden 2005 aikana vaihdellut 5 ... 30 €/tn⁴⁵ välillä.

⁴⁵ Green Stream Networks, markkinaseuranta: www.greenstream.net

Tarkastellun emakkosikalan tapauksessa biokaasulla tuotetaan 300 MWh sähköä ja 300 MWh lämpöä. Mikäli sähkön osalta päästövähennyksen referenssinä käytetään Suomen sähköntuotannon keskimääräistä CO₂-ominaispäästöä, 263 kg/MWh⁴⁶, ja lämmön osalta kevyen polttoöljyn vastaava ominaispäästöä, 300 kg/MWh, saadaan CO₂-päästövähennykseksi yhteensä noin 170 tn/vuosi. Tämän lisäksi sähkön ja lämmön tuotannon seurauksena 120 000 m³ metaania muuttuu hiilidioksidiksi, jonka kasvihuonekaasuvaikutus on sen elinaikana ilmakehässä noin 1/12 osa metaanin vaikutuksesta. Tämän seurauksena kasvihuonekaasut vähenevät määrällä, joka vastaa hiilidioksidina noin 1030 tn/vuosi. Yhteensä siis päästövähennys on noin 1200 tn/vuosi. Rahallisesti tämä tarkoittaisi 6 000 ... 36 000 €/vuosi eli kyseessä olisi varsin merkittävästä rahasummasta laitoksen kannattavuuden kannalta, mikäli päästövähennys voitaisiin täysimääräisesti hyödyntää rahallisesti.

4.2.2.8 Yhteistuotantoteknologia

Ratkaisun kannattavuuteen vaikuttaa luonnollisesti se, mitä yhteistuotantoteknologiaa (lähinnä kaasumootorit vs. mikroturbiinit) käytetään. Kaasumootorien investointikustannukset ovat tyypillisesti alhaisempia kuin mikroturbiinien, mutta vertailua hankaloittaa se, että useinkaan laitosten kokoonpanot eivät ole yhteismitallisia. Käyttökustannuksiltaan mikroturbiinit ovat puolestaan edullisempia kuin kaasumootorit, mikä tasoittaa eroa pitkällä tähtäimellä. Sähköntuotannon hyötysuhteeltaan kaasumootorit ja mikroturbiinit ovat hyvin samalla tasolla kun puhutaan alle 30 kW:n kokoluokasta, mutta tehon kasvaessa kaasumootorien hyötysuhde paranee ja ylittää mikroturbiinien hyötysuhteen. Näiden tekijöiden lisäksi on huomioitava myös elinikä ja käytettävyys, jotka riippuvat teknologian lisäksi myös tuotantolaitteiden valmistajista – halvin investointi ei välttämättä osoittaudu pitkällä tähtäimellä edullisemmaksi.

Edellä esitetyt laskelmat on tehty kaasumootoritekniikalla. Tulokset ovat kuitenkin varsin samanlaisia myös mikroturbiiniratkaisuilla eikä tällä tarkkuudella laskettuna erot ole merkittäviä. Yleisesti voidaan todeta, että mikroturbiinin kannattavuuden kannalta paikallisella lämmöntarpeella, etenkin suuremmassa kokoluokassa, on suurempi merkitys kuin kaasumootoreilla, joiden sähköntuotannon hyötysuhde on korkeampi.

4.3 Maatilan ulkopuolisia raaka-aineita hyödyntävät ratkaisut

4.3.1 Peruslaskelma

Maatilan ulkopuolisia raaka-aineitakin hyödyntävän laitoksen konseptin perustapauksena käsitellään 1000 emakon emakkosikalaa samoilla lähtöoletuksilla kuin luvussa 4.2.1 on kuvattu huomioiden kuitenkin seuraavat eroavaisuudet:

- Laitos vastaanottaa ulkopuolisena raaka-aineena perunajätettä, minkä ansiosta biokaasun tuotanto kasvaa 20 %. Perunajätteestä saadaan porttimaksua, jonka arvo on 40 €/m³ (kuiva-ainepitoisuus 20 %).
- Laitos on liittynyt sähköverkkoon ja se voi myydä ylituotantonsa sähköverkkoon arvioidulla tukkusähkön hinnalla, 30 €/MWh.

⁴⁶ Energiasanomien 7/2005

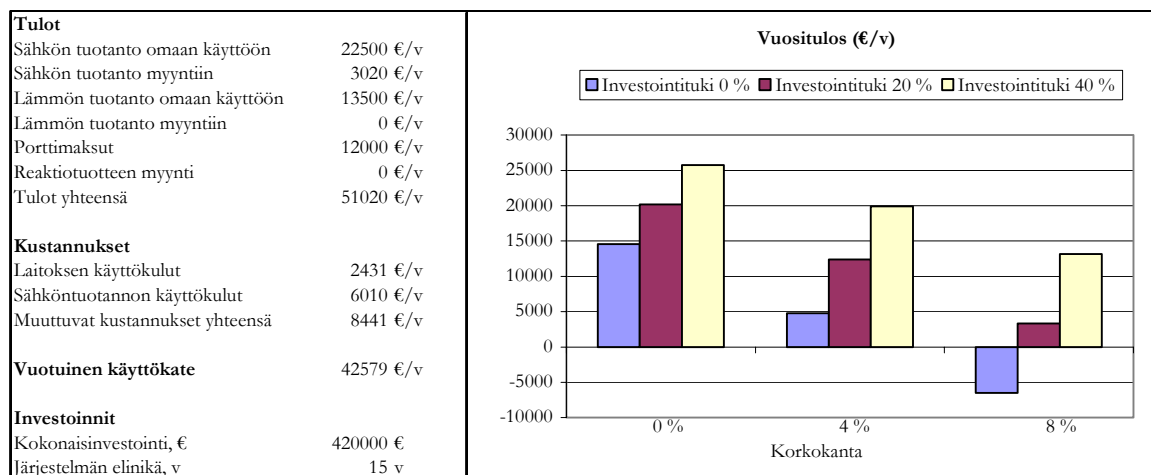
- Laitoksen investoinnit ovat 40 000 € suuremmat johtuen sekä ulkopuolisen raaka-aineen käsittelyn vaatimista laitteista että sähköverkkoon liittymisestä aiheutuvista kustannuksista.
- Laitos voi myydä reaktiotuotteena syntynyttä lantaa. Peruslaskelmassa on kuitenkin oletettu, että lanta käytetään itse. Lannan myynnin kannattavuutta on tarkasteltu erikseen luvussa 4.3.2.4

Taulukossa 4.4 on esitetty tämän laitoksen konseptin peruslaskelman energiatase. Sähkön tuotannosta 75 % hyödynnetään omassa käytössä ja 25 % myydään sähköverkkoon. Lämmön tuotannon osalta ylituotanto on noin 22 % tuotantomäärästä. Prosessin energiankulutus, sisältäen sekä sähkön että lämmön, on 25 % biokaasun energiasisällöstä. Häviöiden ja niiden hetkien hukkaan mennyt biokaasun tuotanto, jolloin sähkön ja lämmön tuotantoyksikkö ei ole käytettävissä on 20 % biokaasun energiasisällöstä.

Taulukko 4.4. Maatilan ulkopuolisia raaka-aineita hyödyntävän laitoksen konseptin energiatase.

Energiatase	MWh/v
Sähkön nettotuotanto	401
Sähkön oma tarve	300
- oma hyötykäyttö	300
- myyntiin	101
Lämmön nettotuotanto	386
Lämmön oma tarve	300
- oma hyötykäyttö	300
- ylijäämä	86
Prosessin energian kulutus	358
Häviöt ja ei-käytettävyys	286
Yhteensä	1431

Kuvassa 4.12 on esitetty tämän laitoksen konseptin peruslaskelmien tulokset. Laitos saavuttaa kannattavuuden 4 % korkokannalla ilman investointitukiakin. Syynä tähän on sähkön ja lämmön tuotannon lisäksi myös porttimaksuista saadut lisätulot.

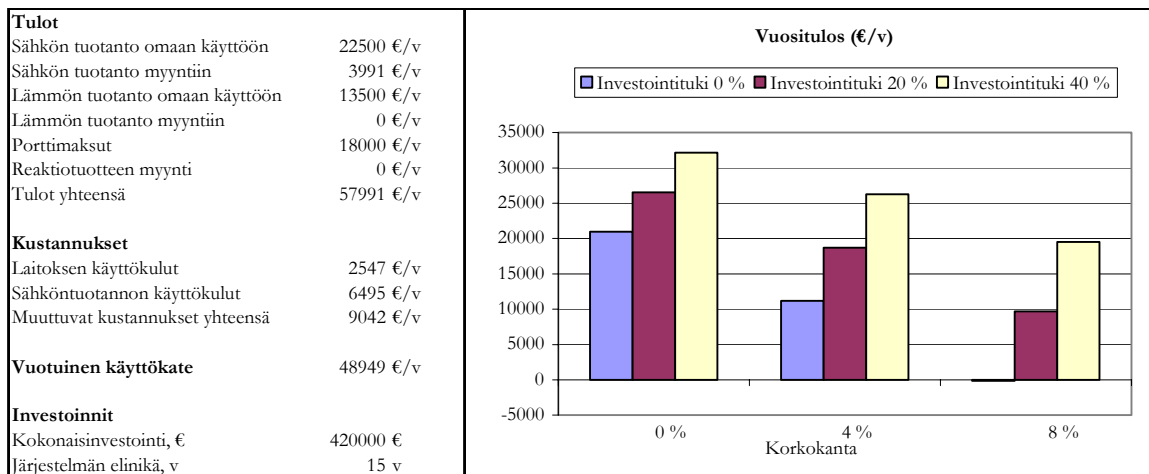


Kuva 4.12. Maatilan ulkopuolisia raaka-aineita hyödyntävän laitoksen konseptin vuotuinen kassavirtalaskelma sekä kannattavuus eri korkotasolla ja investointituilla.

4.3.2 Herkkyystarkasteluja

4.3.2.1 Ulkopuolisen raaka-aineen määrä

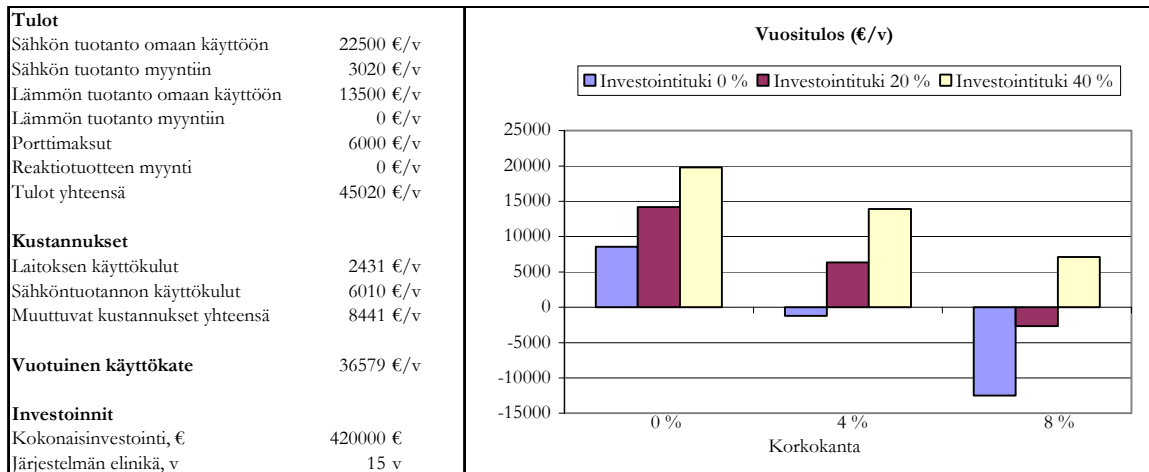
Mikäli ulkopuolisen raaka-aineen määrää lisätään, lisääntyvät myös porttimaksut ja sähkön myyntitulot, joista ensin mainittu on merkittävämpi kannattavuuden kannalta. Kuvassa 4.13 on esitetty laskelma, jossa perunajätteen määrä on sellainen, että biokaasun tuotanto lisääntyy 30 % luvun 4.2.1 laskelmaan verrattuna. Tällöin ratkaisu on kannattava ilman investointitukia vajaan 8 % laskentakorolla, mikäli investointikustannukset eivät kasva.



Kuva 4.13. Maatilan ulkopuolisia raaka-aineita hyödyntävän laitoksen vuosittainen kassavirtalaskelma sekä kannattavuus eri korkotasolla ja investointituilla, mikäli perunajätteen määrää lisäyntyä niin, että biokaasun tuotanto on 30 % perustapausta suurempi.

4.3.2.2 Porttimaksujen suuruus

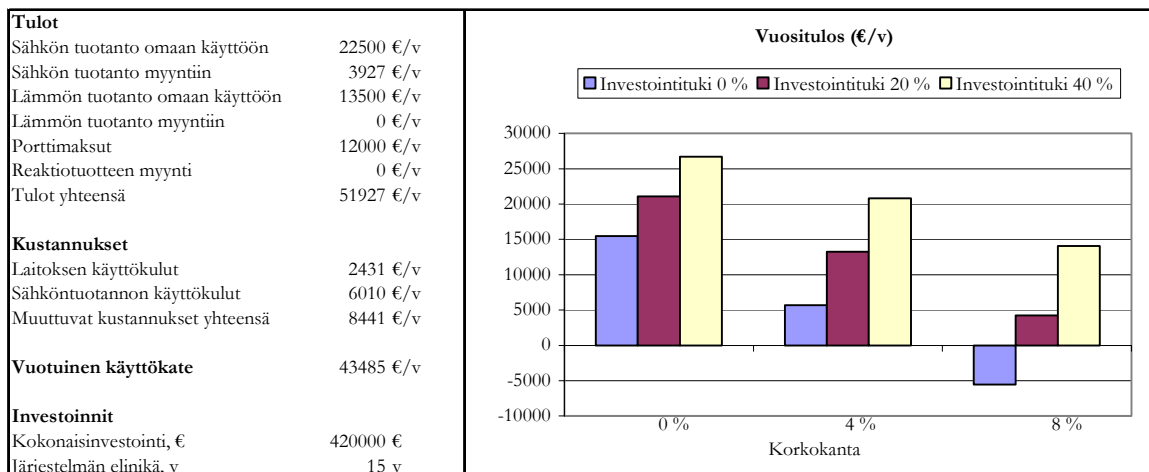
Peruslaskelmassa porttimaksujen osuus kokonaistuloista on 24 %. Mikäli porttimaksut olisivat vain puolet oletetusta, heikentäisi se kannattavuutta sen verran, että 4 % korkokannalla laskettuna tarvittaisiin pientä investointitukea kuten kuva 4.14 osoittaa. Porttimaksujen kasvattaminen puolestaan parantaisi kannattavuutta entisestään.



Kuva 4.14. Maatilan ulkopuolisia raaka-aineita hyödyntävän laitospäätöksen vuotuinen kassavirtalaskelma sekä kannattavuus eri korkotasolla ja investointituilla, mikäli porttimaksut olisivat puolet perustapauksesta.

4.3.2.3 Sähkön myyntihinta

Sähkön myyntitulojen osuus kokonaistuloista peruslaskelmassa oli vain 6 %. Tämän vuoksi jopa 30 % myyntihinnan nousu ei juuri vaikuta ratkaisun kannattavuuteen, kuten kuvasta 4.15 käy ilmi. Tässä tapauksessa tulot kasvavat noin 900 €, mikä on vain alle 2 % kokonaistuloista.

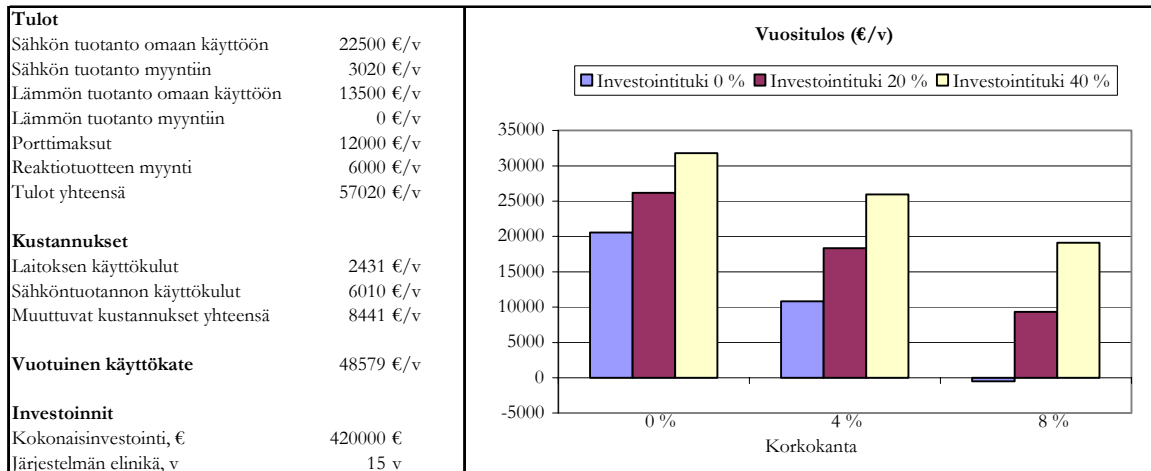


Kuva 4.15. Maatilan ulkopuolisia raaka-aineita hyödyntävän laitospäätöksen vuotuinen kassavirtalaskelma sekä kannattavuus eri korkotasolla ja investointituilla, mikäli sähkön myyntihinta olisi 30 % perustapauksesta korkeampi.

4.3.2.4 Lannoitemyynti

Tila voi saada lisätuloja myös reaktiotuotteen lannoitemyynnistä. Mikäli lantaa myydään tai luovutetaan sellaisenaan raakalantana tilalta toiselle tai kuormina ja/tai "säkkiin" pakattuna yksityisille henkilöille alle 100 m³ vuodessa, ei myynnille ole suuria esteitä. Lannoitemyynnin vaikutus kannattavuuteen riippuu luonnollisesti myytävän lannan määrästä ja hinnasta. Kuvassa

4.16 on esitetty kannattavuuslaskelmien tulokset, kun reaktiotuotteena syntyvää lantaa myydään 200 tn (kuiva-aineena), mikä vastaa noin puolta reaktoriin syötetyn kuiva-aineen määrästä. Lannan hintana on käytetty 30 €/tn kuiva-ainetta. Peruslaskelmaan verrattuna tulot ovat nousseet 6 000 €, mikä tarkoittaa kokonaistulojen kasvua noin 12 %.



Kuva 4.16. Maatilan ulkupuolisia raaka-aineita hyödyntävän laitoksen vuotuinen kassavirtalaskelma sekä kannattavuus eri korkotasolla ja investointituella, mikäli lannan myynnistä saadaan lisätuloja 30 €/tn kuiva-ainetta.

4.4 Usean tilan yhteislaitokset

4.4.1 Peruslaskelma

Usean tilan peruslaskelmana tarkastellaan kohdetta, joka käsittelee lantaa noin 5000 tn (kuiva-aineena) vuodessa, mikä vastaa noin 100 000 m³ lietelantaa. Perustapauksessa laitoksessa tuotettavasta biokaasusta tehdään sähköä, joka myydään verkkoon tukkumarkkinahinnalla (30 €/MWh); paikallista lämmöntarvetta ei ole lukuun ottamatta prosessin omaa energiankulutusta. Laitos hyödyntää tiloilta tulevaa lantaa, jolle asetetaan porttimaksu, jonka taso on peruslaskelmassa määritetty sellaiseksi (100 €/tn kuiva-ainetta), että laitoksen konsepti tulee kannattavaksi 4 % korkotasolla ja 20 % investointituella.

Laitoksen investointi- ja käyttökustannukset on eritelty taulukossa 4.5. Investointikustannukset kokonaisuudessaan ovat luokkaa 2,4 €/W_f eli jonkin verran edullisemmat kuin luvussa 4.2.1 kuvatussa maatila-kohtaisessa laitoksessa. Toisaalta usean tilan laitoksen käyttökustannukset energiayksikköäkin kohti ovat suuremmat johtuen sekä lannan keräyksen aiheuttamista kustannuksista että erillisen käyttöhenkilöstön kuluista.

Taulukko 4.5. Usean tilan yhteislaitoksen investointi- ja käyttökustannukset, kun laitoksessa käsitellään lantaa noin 5000 tn kuiva-aineena vuodessa, mikä vastaa noin 100 000 m³ lietelantaa.

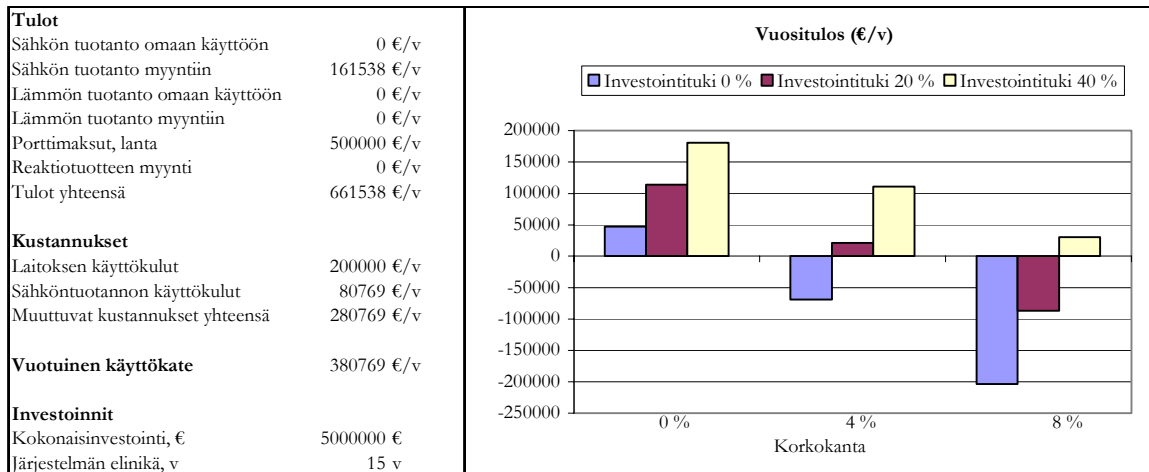
Kustannuserä	
<i>Investoinnit</i>	€
Lietelannan vastaanotto ja käsittely	750000
Biokaasureaktori	2000000
Lietteen jälkikäsittely	450000
Kaasun käsittely	300000
Sähkön ja lämmön tuotanto	1050000
Lämmön talteenotto	100000
Muut kustannukset	350000
Investoinnit yhteensä	5000000
<i>Käyttökustannukset</i>	€/v
Keräilykustannukset, auto + kulj.	110000
Käyttöhenkilöstö, 2 henk.	60000
Ostettavat huoltopalvelut	30000
Käyttökustannukset yhteensä	200000

Yhteislaitoksen energiatase perustapauksessa on esitetty taulukossa 4.6. Verrattuna luvun 4.2.1 maatilakohtaiseen ratkaisuun erona on se, että sähköntuotannon nettohyötysuhde on oletettu olevan tässä tapauksessa 2 prosenttiyksikköä korkeampi johtuen suurempien kaasumoottorien paremmasta sähköhyötysuhteesta.

Taulukko 4.6. Usean tilan yhteislaitoksen energiatase, kun tuotettu sähkö myydään markkinoille eikä lämpöä hyödynnetä muualla kuin itse prosessissa.

Energiatase	MWh/v
Sähkön nettotuotanto	5385
Sähkön oma tarve	0
- oma hyötykäyttö	0
- myyntiin	5385
Lämmön nettotuotanto	4487
Lämmön oma tarve	0
- oma hyötykäyttö	0
- ylijäämä	4487
Prosessin energian kulutus	4487
Häviöt ja ei-käytettävyys	3590
Yhteensä	17949

Laitoksen vuotuinen kassavirta ja kannattavuus käyvät ilmi kuvasta 4.17. Erityisesti on huomattava, että laitoksen vuotuisista tuloista sähkönmyynnin osuus on vain noin neljäsosa eli laitos saavuttaa kannattavuuden ainoastaan siinä tapauksessa, että laitokseen tulevalta lannalta peritään porttimaksuja. Ilman niitä laitos on raskaasti tappiollinen käytetyillä oletuksilla.



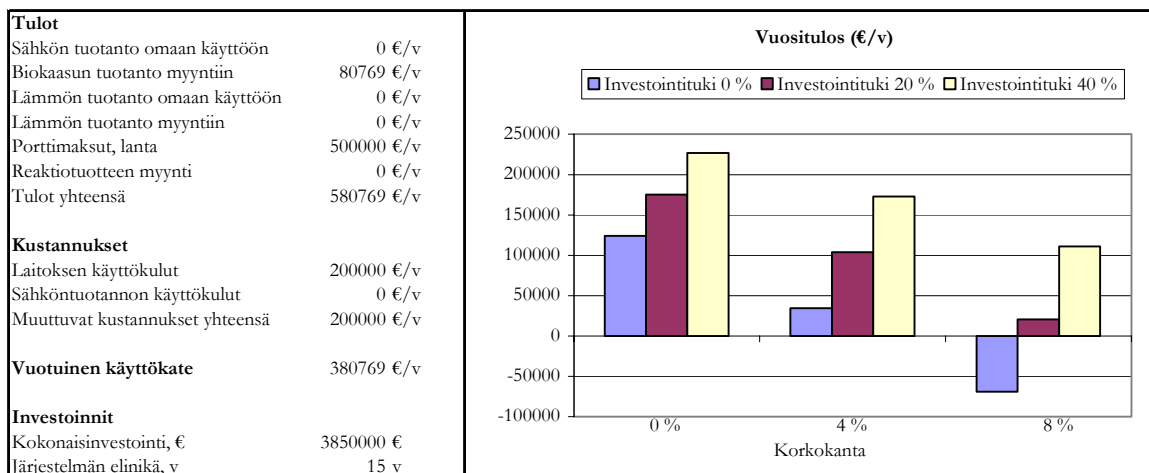
Kuva 4.17. Usean tilan yhteislaitoksen vuotuinen kassavirta ja kannattavuus, kun lannan porttimaksujen suuruus on 100 €/tn kuiva-ainetta. Tuotettu sähkö myydään markkinoille tukkuhintaan; lämmöstä ei saada myyntituloja.

4.4.2 Herkkyystarkasteluja

4.4.2.1 Tuotetun energian hyödyntämismuutokset

Biokaasun myynti ilman sähköntuotantoa

Yhtenä vaihtoehtona on, ettei biokaasua käytettäisiin sähköntuotantoon vaan myytäisiin polttoaineena jollekin energiantuottajalle. Tällöin välttyttäisiin sähkön tuotantolaitteiden investoinneilta, mutta vastaavasti myytävästä biokaasusta saataisiin vähemmän kuin sähköstä. Kuvassa 4.18 on esitetty kannattavuuslaskelmien tulokset, mikäli tuotetusta biokaasusta saataisiin 15 €/MWh. Tällä oletuksella biokaasun myynti sellaisenaan on kannattavampaa kuin sähköntuotanto. Syynä tähän on erityisesti se, ettei kohteen yhteydessä ole sähköä ja lämpöä ostavaa asiakasta.

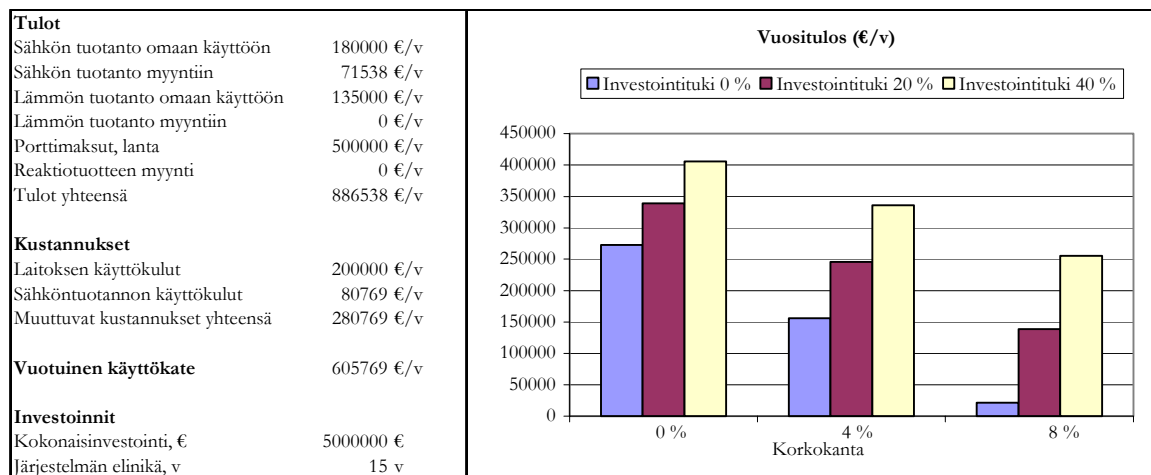


Kuva 4.18. Usean tilan yhteislaitoksen vuotuinen kassavirta ja kannattavuus, kun sähkön tuotannon sijasta myydään pelkästään tuotettua biokaasua.

Asiaa voidaan tarkastella myös mahdollisuutena alentaa lannantuottajien porttimaksuja. Mikäli biokaasu myytäisiin ilman sähköntuotantoa, voitaisiin porttimaksut pudottaa tasolle 85 €/tn kuiva-ainetta, jotta oltaisiin samalla kannattavuustasolla kuin perustapauksessa.

Paikallinen energiankuluttaja

Kuten aiemmin todettiin, paikallisella energian kulutuksella voidaan parantaa laitoksen kannattavuutta. Seuraavassa laskelmassa on tarkasteltu laitosta, jonka paikallisen asiakkaan sähkön ja lämmön tarpeet ovat molemmat 3 GWh vuodessa. Laskelmissa on oletettu paikallisen sähkön arvoksi 60 €/MWh eli alhaisempi kuin maatilakohtaisissa ratkaisuisa, koska paikallisen kohteen on oletettu liittyneen keskijänniteverkkoon, jonka siirtohinnat ovat alhaisemmat kuin pienjänniteverkossa. Lämmön arvoksi on puolestaan oletettu 45 €/MWh eli vaihtoehtoisena polttoaineena on käytetty lämmitysöljyä. Kuva 4.19 osoittaa selvästi paikallisen energia-asiakkaan merkityksen hankkeen kannattavuudelle. Tässä tapauksessa energianmyynnin tulot ovat nousseet perustapauksen 161 000 €:sta 387 000 euroon eli yli kaksinkertaiseksi.



Kuva 4.19. Usean tilan yhteislaitoksen vuotuinen kassavirta ja kannattavuus, kun sähköä ja lämpöä voidaan hyödyntää paikallisesti.

Mikäli paikallisesta energiankulutuksesta saatava lisähyöty haluttaisiin siirtää porttimaksujen alennukseksi, voisi porttimaksut pudottaa tasolle 55 €/tn kuiva-ainetta eli lähes puolittaa. Tämä osoittaa selkeästi paikallisen energiankulutuksen merkityksen laitoksen kannattavuudelle.

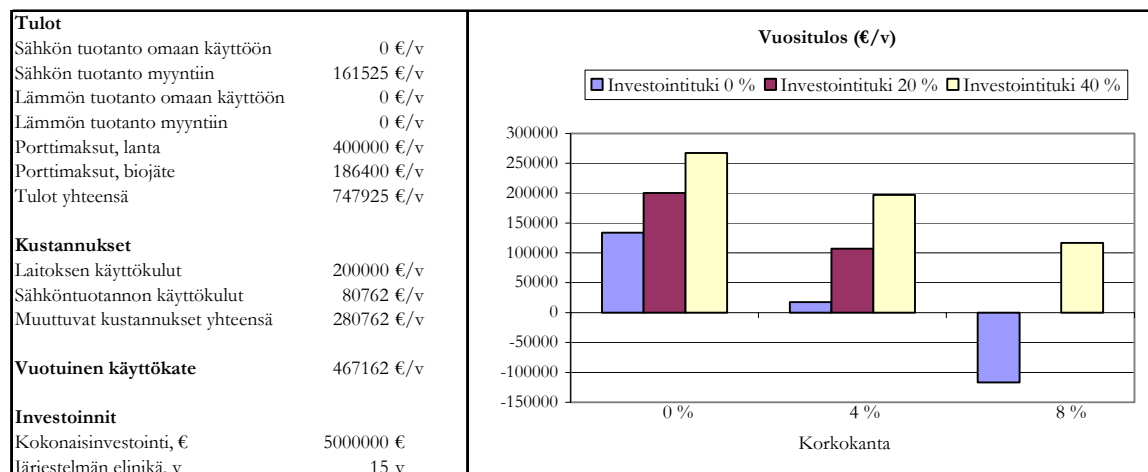
Liikennepolttoaineeksi jalostaminen

Tämä vaihtoehto vastaa aiemmin esitettyä biokaasun myyntiä ilman sähkön ja lämmön yhteistuotantoa sillä erotuksella, että kohteessa investoidaan liikennepolttoaineen tuotanto- ja jakelulaitteisiin sekä saadaan polttoaineesta vastaavasti parempi hinta. Aiemmin tarkastellussa tapauksessa energiantuotantoon soveltuvan biokaasun arvoksi oletettiin 15 €/MWh, kun ostajana on energiayhtiö. Kaasumaisen liikennepolttoaineen kuluttajahinta on puolestaan noin 65 €/MWh, kun vertailukohtana käytetään Gasumin liikennepolttoaineeksi tarkoitetun maakaasun hintaa. Jos tästä vähennetään arvonnalisävero, saadaan liikennepolttoaineen arvoksi 53 €/MWh.

Jotta liikennepolttoaineeksi jalostaminen olisi 4 % korkokannalla yhtä kannattavaa kuin biokaasun myynti sellaisenaan, saisi tuotanto- ja jakelulaitteisiin tehty investointi olla peräti 7,5 M€. Käytännössä investointi on huomattavasti tätä pienempi. Jos oletetaan investoinnin olevan 2 M€, voitaisiin siinä tapauksessa porttimaksuista luopua kokonaan ja silti laitos olisi kannattava 20 % investointituella ja 4 % korkokannalla. Luonnollisesti tämä vaihtoehto edellyttäisi, että tuotetulle liikennepolttoaineelle olisi myös markkinoita.

4.4.2.2 Porttimaksut ulkopuolisille raaka-aineille

Laitoksen kannattavuutta voidaan parantaa käsittelemällä laitoksessa ulkopuolisia raaka-aineita saaden siitä lisätuloja. Kuvassa 4.20 on tarkasteltu sellaista ratkaisua, jossa laitos käsittelee sivutuoteasetuksen 3. ryhmään kuuluvaa perunajätettä määrän, joka korvaa lantaperäisestä biokaasun tuotannosta 20 %. Porttimaksun suuruus on 40 €/m³ ja jätteen kuiva-ainepitoisuus 20 %. Laskelmissa on oletettu, että perunajätteen keräys ja käsittely onnistuu vastaavilla laitteilla kuin perustapauksessa eikä lisäinvestointeja tarvita. Tässä tapauksessa porttimaksuilla saadaan kerättyä vuodessa tuloja noin 86 000 € enemmän. Mikäli porttimaksujen kokonaissumma pidettäisiin samana, voitaisiin lannantuottajien porttimaksuja alentaa 78 €:oon.

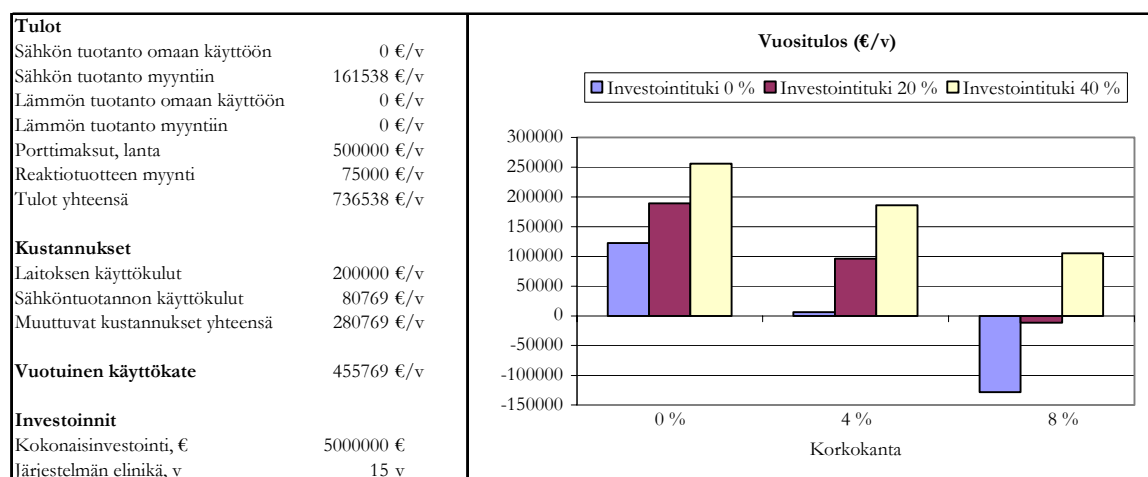


Kuva 4.20. Usean tilan yhteislaitoksen vuotuinen kassavirta ja kannattavuus, kun lannasta 20 % korvataan ulkopuolisella raaka-aineella, josta saadaan porttimaksuja 40 €/m³ ja jätteen kuiva-ainepitoisuus 20 %.

Toisena vaihtoehtona on käsitellä sivutuoteasetuksen 2. ryhmään kuuluvia materiaaleja, jolloin porttimaksut voisivat olla suuremmat, mutta laitoksella olisi tehtävä lisäinvestointeja laitteistoon, jossa raaka-aine hygienisoidaan 20 minuutin ajan 133 °C asteessa ja 3 barin paineessa. Lisäksi eläinperäisen raaka-aineen maksimipartikkelikoko ei saa ylittää 50 millimetriä. Ratkaisun kannattavuutta voidaan arvioida vertaamalla vuodessa porttimaksuista saatavia lisätuloja lisäinvestoinnin aiheuttamiin vuotuisiin kuluihin. Koska erilaiset ratkaisut ja porttimaksujen suuruus ovat hyvin tapauskohtaisia, ei tässä yhteydessä esitetä tarkempia laskelmia.

4.4.2.3 Lannoitemyynti

Myös lannoitemyyntillä voidaan parantaa laitoksen kannattavuutta. Kuvassa 4.21 on esitetty kannattavuuslaskelmien tulokset, kun reaktiotuotteena syntyvästä lannasta myydään 2500 tn kuiva-aineena, mikä vastaa noin puolta reaktoriin syötetyn kuiva-aineen määrästä. Lannan hintana on käytetty 30 €/tn kuiva-ainetta. Peruslaskelmaan verrattuna tulot ovat nousseet 75 000 €, mikä tarkoittaa kokonaistulojen kasvua noin 11 %. Mikäli lannoitemyyntin tulojen vaikutus siirrettäisiin lannantuottajien porttimaksujen alentamiseen, voisivat ne olla tässä tapauksessa 85 €/tn kuiva-ainetta.



Kuva 4.21. Usean tilan yhteislaitoksen vuotuinen kassavirta ja kannattavuus, mikäli lannan myynnistä saadaan lisätuloja 30 €/tn kuiva-ainetta.

5 Yksityiskohtaisia case-laskelmia

5.1 Case I: Yhdistelmäsikala

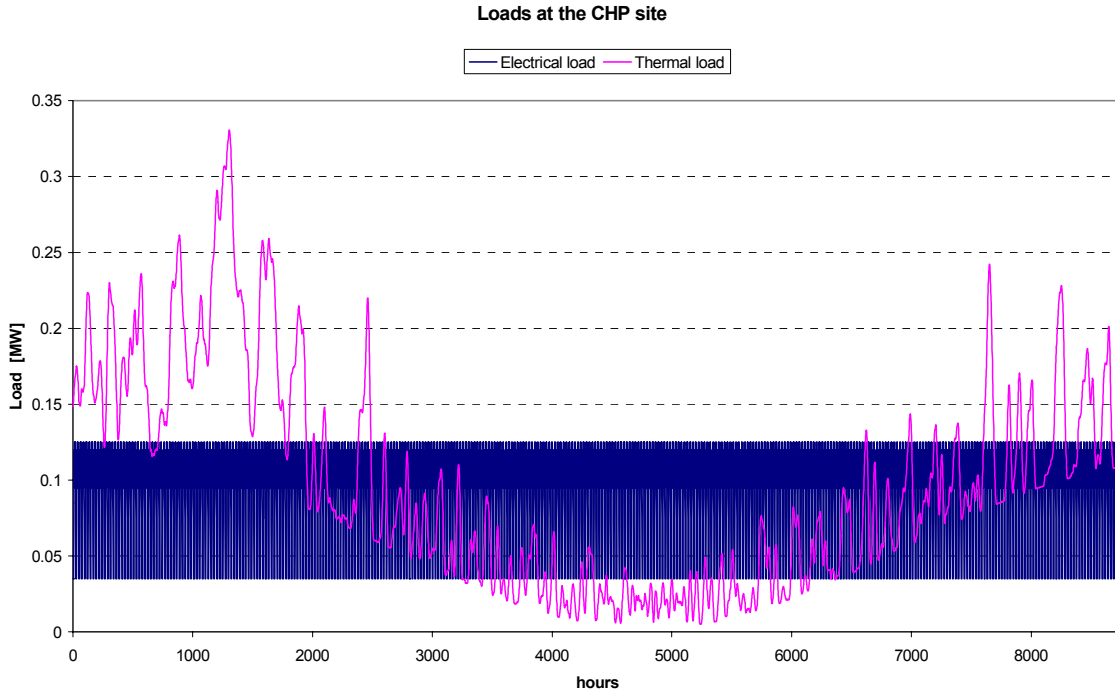
5.1.1 Ratkaisun kuvaus ja lähtötiedot

Tässä esimerkkitapauksessa tarkastellaan suurta yhdistelmäsikalaa, joka tuottaa biokaasua maatilan omista raaka-aineista kattaakseen tilan ja laitoksen omia sähkö- ja lämpöenergian tarpeita. Sähköä ei syötetä verkkoon, tilan ulkopuolisia raaka-aineita ei oteta vastaan, lannoitemyyntiä ei ole eikä myöskään lämmön myyntiä. Kyseessä on siis yksittäisen maatilan perustapaus, joksi on valittu sikala, koska sen sähkön tarve on kohtuullisen tasainen ympäri vuoden ja erityisesti porsaita tuottavassa sikalassa lämmön tarvetta on jonkin verran myös kesällä.

Koska kaikki tuotettu energia on pyrittävä hyödyntämään tilalla, tilan energiatarpeiden täytyy olla niin suuria, että valitulla CHP-laitteella päästään korkeisiin huipunkäyttöaikoihin pelkästään paikallisia kuormia tyydyttämällä. Vain siten investointien takaisinmaksuajasta voi tulla riittävän lyhyt. Lähtökohdaksi otettiin siten mitoitus, jossa CHP-yksikköä ei tarvitse sammuttaa sähkökuormien vähäisyydestä johtuen lainkaan eli minimisähkökuorma vastaa CHP-yksikön minimiajotehoa, jonka oletetaan olevan 50 % maksimitehosta (polttoainetehoa) CHP-teknologiasta ja CHP-yksikön tehosta riippumatta. Tätä mitoituslähtökohtaa voidaan käyttää tilatyypistä riippumatta silloin, kun kaikki energia on hyödynnettävä paikallisesti.

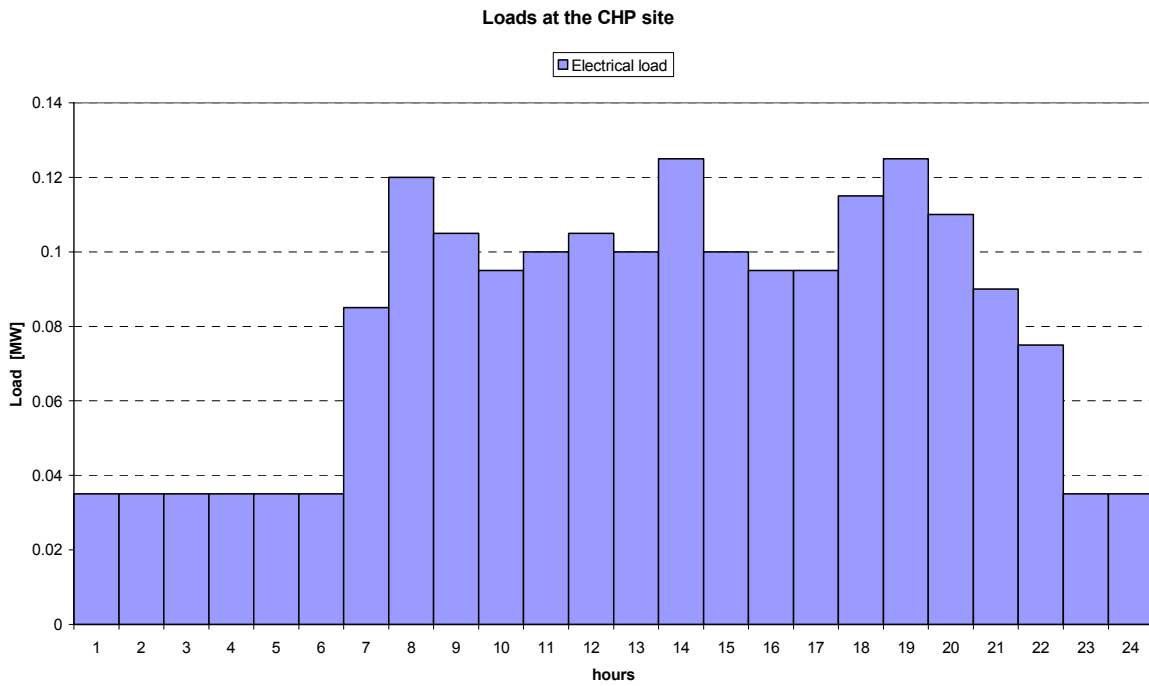
Laskelmissa yhdistelmäsikalalan tyyppitila (ks. luku 2.2) skaalattiin suoraan ylöspäin, jotta saatiin noin 2000 MWh/v biokaasua tuottava tila. Täten saatu yhdistelmäsikala vastaa noin 850 nautayksikköä = 425 tonnia sikojen elopainoa = 2000 MWh/v biokaasun tuottoa. Biokaasutuoton keskiteho on noin 228 kW ja hetkellisen tehon vaihtelu jatkuvassa prosessissa on suhteellisen pientä. Näin ollen ilman suurta kaasuväyryä (vaatisi suuria investointeja) kaasuntuottonopeus määrää maksimaalisen polttoaineen syöttötehon CHP-yksikölle. Tämä rajoitus tulee vastaan, jos CHP-yksikkö ylimitoitetaan. Perustapauksessa oletetaan, ettei kaasua varastoida vuorokautta pitempiä jaksoja, jolloin maksimaalinen polttoaineen syöttöteho CHP-yksikölle voi vuorokausitasolla vaihdella likimain välillä 200 – 250 kW.

Suursikalalan ja biokaasulaitoksen sähkön tarpeeksi on arvioitu 700 MWh/v ja lämmön tarpeeksi 850 MWh/v. Sähkön tarve noudattaa likimain vakiona pysyvää vuorokausiprofilia läpi vuoden ja lämmön tarve riippuu ensisijaisesti ulkolämpötilasta. Tuntitaso laskentaa varten generoidut vuotuiset sähkö- ja lämpökuormat on esitetty kuvassa 5.1. Kuvassa on kalenterivuosi eli ensimmäinen tunti vastaa tammikuun alkua ja viimeinen tunti (8760.) joulukuun loppua.



Kuva 5.1. Sikatilalle generoidut sähkö- ja lämpökuormaprofiilit vuoden yli (kalenterivuosi).

Sähkötehon vuorokausiprofiili on esitetty kuvassa 5.2. Minimitiho yöllä on 35 kW ja maksimitiho päivällä 125 kW. Tuntitehot on asetettu niin, että vuosisummaksi tulee 700 MWh.



Kuva 5.2. Sikatilän sähkökuorman vuorokausiprofiili.

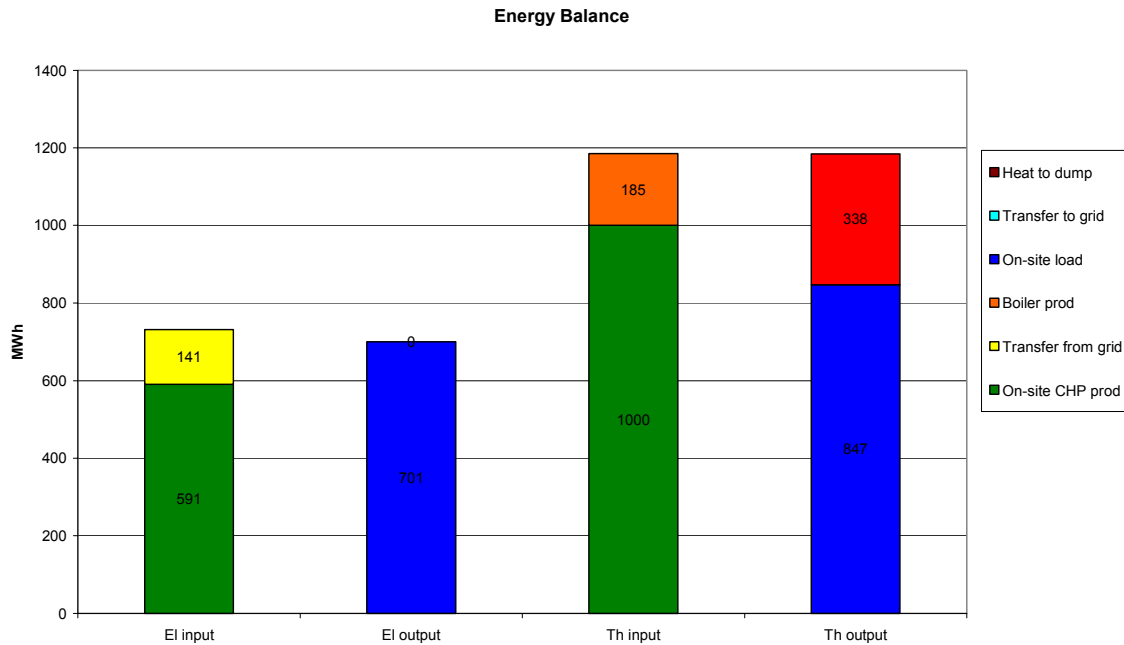
Tilan vesikiertoisessa keskuslämmityksessä käytetään kevyttä polttoöljyä ja lisäsähkö ostetaan Vattenfallin 20 kV-verkosta. Vattenfall on valittu esimerkkiverkkoyhtiöksi, koska sen hallussa on kohtuullisen suuria sähkönjakelualueita Suomessa, ja lämmitysmuodoksi öljylämmitys, koska korvaamalla sitä biokaasupohjaisella lämmöllä on mahdollista päästä suuriin säästöihin polttoainekuluissa. Öljyn hinta perustapauksessa on 45 euro/MWh, öljykattilan hyötysuhde 90 % ja huoltokustannukset 2 euro/MWh. Sähköenergian ostotariffina on Vattenfallin yösähkö: 36,89 euro/MWh klo 7-22 ja 27,05 euro/MWh yöllä. Keskiarvohinnaksi tasaisella kulutuksella tulee 33,2 euro/MWh. Sähköveroluokka on I (7.43 euro/MWh, vero ja huoltovarmuusmaksu yhteensä) ja alv. 0 %.

CHP-yksikkönä ratkaisussa on kaasumoottori OD 90 BIO V03 Oberdorfer (80 kW_e), joka puolella polttoaineteholla tuottaa noin 35 kW sähköä. Tämä on suurin mahdollinen kaasumoottori, jota ei kuvan 5.2 mukaisella sähkökuormaprofiililla tarvitse sammuttaa sähkön tarpeen vähyiden vuoksi. Kyseisen moottorin hyötysuhteet maksimiteholla ovat: sähkö 32,4 %, lämpö 52,8 %. Kaasumoottorin investointikustannukset ovat 160 000 euro (täysin varusteltu) ja huoltokustannukset 18,8 euro/MWh (huoltopalvelu ostettuna).

Biokaasureaktorin, CHP-yksikön ja kaikkien muiden rakenteiden, laitteiden ja varusteiden yhteenlasketuiksi investointikustannuksiksi on arvioitu 460 000 €, josta siis CHP-yksikön osuus on 160 000 €.

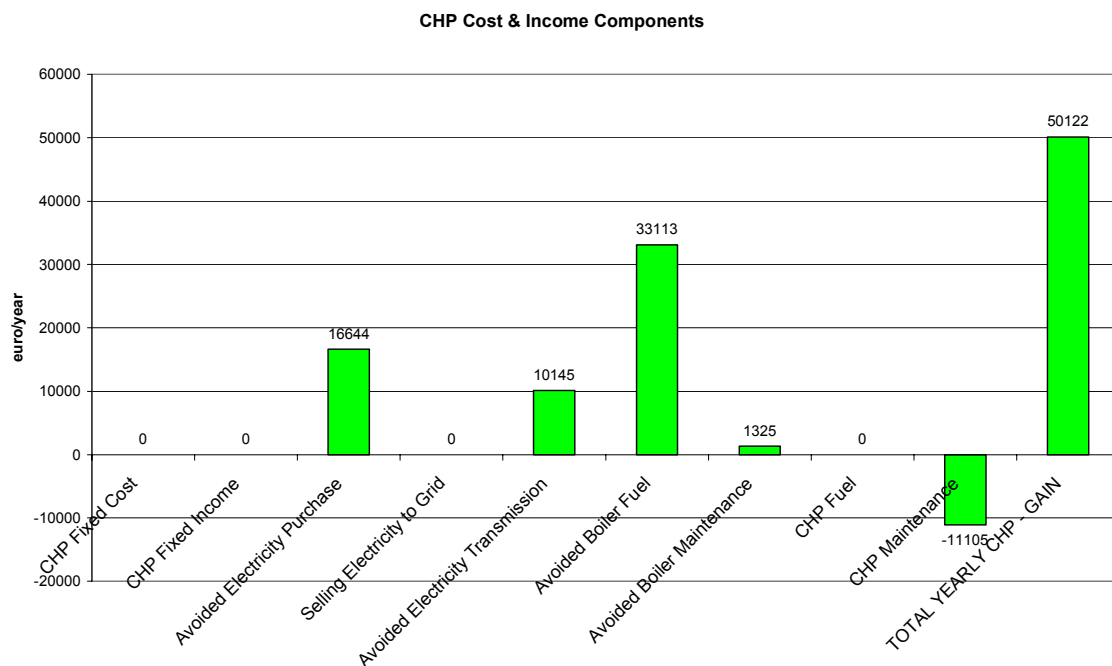
5.1.2 Laskelmien tulokset ja herkkyytstarkastelut

Peruslaskelman energiataseet sähkölle ja lämmölle on esitetty kuvassa 5.3. CHP-sähkö kattaa 84 % sähkön tarpeesta ja CHP-lämpöä tuotetaan 18 % yli tarpeen. Siitä huolimatta 185 MWh lämpöä joudutaan tuottamaan öljykattilalla, koska talven kuormahuippuja ei CHP-laitteella pystytä kattamaan. Sähkön CHP-tuotanto (591 MWh) ja verkosta osto (141 MWh) ylittävät sähkön kokonaistarpeen (701 MWh). Sähköä joudutaan ostamaan verkosta, koska CHP-laitteen sähköteho (80 kW) ei riitä päiväaikaisiin huippukuormiin (125 kW). Toisaalta CHP-sähköä joudutaan joinakin hetkinä myös ajamaan vastusten kautta lämmöksi, koska sähköä ei voi siirtää verkkoon, mutta kalliin öljyn ja suuren lämmön tarpeen takia CHP-laitetta kannattaa kuitenkin ajaa sähkökuormaa suuremmalla teholla.



Kuva 5.3. Sikatilan perustapauksen (80 kW_{el} kaasumoottori) energiataseet.

Koko järjestelmän takaisinmaksuajaksi saadaan perustapauksessa 9,2 vuotta nollakorolla, 12 vuotta 4 % korolla ja 17 vuotta 8 % korolla. Kustannus- ja tulokomponentit ja niiden summana saatava vuotuinen käyttökate on esitetty kuvassa 5.4.



Kuva 5.4. Sikatilan perustapauksen vuotuiset tulot ja kustannukset.

Merkittävin yksittäinen tekijä on vältetty lämmitysöljyn hankinta. Vältetty ostosähkö ja vältetty sähkön siirto yhdessä muodostavat toisen tukipilarin laitoksen takaisinmaksulle. Kiinteitä

tulojakin tässä konseptissa on mahdollista saada sähkön siirron tehomaksujen säästön kautta. Se edellyttää kuitenkin, että CHP-laitteen huoltoseisokkeja on erittäin harvoin. Tehomaksut riippuvat eri yhtiöllä eri tavalla kuluneen vuoden aikana toteutuneista huipputehoista, ja jotta säästöjä tehomaksuissa syntyisi ylipäätään, useissa tapauksissa sallitaan enintään yksi lyhytkestoinen alasajo talvikuukausien aikana. Mikäli talvella voidaan ajaa CHP-laitetta jatkuvasti suurella teholla, tehomaksusäästöt voivat olla jopa useita tuhansia euroja vuodessa, verkkoyhtiöstä ja tariffista riippuen. Tässä laskelmassa tehomaksusäästöjä ei oleteta saatavan.

Maatilan biokaasulaitos CHP-yksikköineen koostuu lukuisista komponenteista, joista osa voi olla tilalla olemassa jo entuudestaan ja osa on mahdollista rakentaa ja asentaa myös itse. Toisaalta jos laitostoimitus jaetaan osiin useiden toimijoiden kesken, kokonaiskustannukset saattavat nousta huomattavastikin alun perin laskettuja suuremmiksi. Näin ollen kokonaiskustannukset ovat erittäin tärkeä ja myös melko suuri epävarmuustekijä kannattavuuslaskelmissa. Taulukko 5.1 antaa karkean kuvan kokonaisinvestoinnin ja korkokannan vaikutuksesta laitoksen takaisinmaksuaikaan.

Taulukko 5.1. Sikatilan järjestelmän takaisinmaksuajat (vuotta) kokonaisinvestoinnin (euro) ja korkokannan funktiona.

Kok.investointi euro	Korkokanta		
	0 %	4 %	8 %
276 000 (perustapaus -40 %)	5,5	6,3	7,5
368 000 (perustapaus -20 %)	7,3	8,9	12
460 000 (perustapaus)	9,2	12	17
552 000 (perustapaus +20 %)	11	15	28
644 000 (perustapaus +40 %)	13	18	yli 30

Taulukossa 5.2 on esitetty herkkyystarkastelu lämmitysöljyn hinnan ja valitun CHP-laitteen osalta. Mitä kalliimpaa öljy on, sitä kannattavamaksi biokaasulaitos tulee. Taulukosta nähdään myös, että 80 kW_e:n kaasumoottori antaa lyhimmän takaisinmaksuajan tämän esimerkkisikalan tapauksessa. Koko laitoksen takaisinmaksu kestää pienemmällä koneella pitempään, vaikka niillä päästään parempiin huipunkäyttöaikoihin kuin 80 kW_e:n koneella, koska järjestelmän muut investoinnit dominoivat kokonaisinvestointia ja koska takaisinmaksu perustuu CHP-tuotannolla saataviin säästöihin lämmitysöljyn ja sähkön ostossa. Suuremmat koneet yksinkertaisesti tuottavat tässä tapauksessa enemmän säästöjä. Tämä ei kuitenkaan päde enää ylimitoitettuihin CHP-laitteisiin, joiden käyttöä rajoittaa toisesta päästä laitekohtainen minimitehoraja (tässä 50 %) ja toisesta päästä biokaasun tuotanto. Tehon säätö laajallakin kuormitusalueella on kyllä mahdollista, jos CHP-laitos koostuu useasta pienestä CHP-yksiköstä. Tällöin laitekohtainen minimitehoraja menettää merkityksensä

Yksittäinen mikroturbiini on CHP-laitevaihtoehtoista tässä tapauksessa kannattamattomin, koska sen investointikustannus tehoyksikköä kohti on huomattavasti suurempi (noin 4300 €/kW) kuin tämän kokoluokan kaasumoottoreiden (noin 2000 €/kW). Mutta jos CHP-laitos koostuisikin kolmesta 30 kW_e:n mikroturbiinista, investointikustannukset olisivat noin 230 000 € eli noin 2600 €/kW. Kun vielä otetaan huomioon mikroturbiinien kaasumoottoreita pienempi huollon tarve, nämä kaksi CHP-teknologiaa ovat jokseenkin yhtä kilpailukykyisiä ja antavat samaa suuruusluokkaa olevia takaisinmaksuaikoja 100 kW_e:n molemmin puolin.

Taulukko 5.2. Sikatilan järjestelmän takaisinmaksuajat eri CHP-yksiköillä öljyn hinnan funktiona; korkokanta 4 %.

CHP-yksikkö	CHP-investointi (€)	Öljyn hinta (€/MWh)		
		30	45	60
Capstone mikro- turbiini 30 kW _{el}	130 000	27	18	14
Kaasumoottori 50 kW _{el} ¹	100 000	19	13	10
Oberdorfer kaasuo- moottori 80 kW _{el}	160 000	16	12	8,9
Oberdorfer kaasuo- moottori 109 kW _{el}	220 000	20	14	11
Jenbacher kaasuo- moottori 143 kW _{el}	280 000	25	17	13

¹ hyötysuhteet arvioitu suurempien kaasumoottorien tietojen perusteella

Ostettavan sähköenergian hinta on myös tärkeä tekijä biokaasulaitoksen ja CHP-tuotannon kannattavuutta tarkasteltaessa. Mitä kalliimpaa ostosähköä korvataan omalla tuotannolla, sitä suuremmat säästöt. Toisaalta sähkön hankinnan kilpailuttamisen tultua kaikille mahdolliseksi asianmukainen vertailukohta sähköenergian hinnan osalta on säännöllisesti kilpailutettu hinta, ei markkinoiden keskihinta. Tämä puolestaan pienentää omalla tuotannolla saavutettavissa olevia todellisia säästöjä.

Sähkön siirtotariffit eri verkkoyhtiöiden välillä poikkeavat toisistaan erittäin paljon: monet yhtiöt painottavat voimakkaasti kiinteitä kuukausi- ja tehomaksuja; toiset taas eivät peri kiinteitä maksuja lainkaan vaan sisällyttävät kaikki kustannuksensa siirron energiamaksuihin. Lisäksi osa yhtiöistä tarjoaa kummankin tyyppisiä siirtotariffivaihtoehtoja. Energiamaksuja painottavien verkkoyhtiöiden alueella säästöt siirtokustannusten välttämisestä saattavat olla huomattavastikin suuremmat kuin kiinteämaksupainotteisilla. Näin ollen maantieteellisellä sijainnilla saattaa olla jonkin verran vaikutusta biokaasulaitoksen kannattavuuteen sähkön siirtotariffeista johtuen. Herkkyy tarkastelussa kokeiltiin muutaman eri verkkoyhtiön tariffien vaikutusta, mutta erot eivät lopputuloksessa olleet suuria.

5.1.3 Havainnot

Esimerkkinä käytetyn suursikalan tapauksessa biokaasulaitos CHP-yksikköineen on taloudellisesti perusteltu varsinkin jos öljyn hinta jatkaa nousuaan tai investointitukia on tarjolla. Ratkaisevaa kannattavuudelle on tilalla käytetty lämmitysmuoto. Kun korvattava lämmityspolttoaine lisäksi on kallista, sen säästäminen tuottaa merkittäviä rahallisia säästöjä. Ostosähkön ja lämmityspolttoaineen säästämisen suhteellinen merkitys riippuu luonnollisesti niiden välisestä hintasuhteesta. Öljyn hinnan ollessa 45 euro/MWh sähkön hinnan pitäisi nousta perustapauksessa käytetyistä yli 80 %, jotta ostosähkön säästö tuottaisi yhtä suuren säästösunnan vuodessa kuin lämmitysöljyn säästö. Vastaavasti, jos lämmitykseen käytettäisiin haketta, turvetta tai muuta öljyä selvästi halvempaa polttoainetta, sähkön säästämisen suhteellinen merkitys korostuisi, mutta samalla koko CHP-ratkaisun kannattavuus heikkenisi selvästi.

Tässä esimerkissä tarkasteltu tilatyyppejä – yhdistelmäsiikala – soveltuu CHP-kohteeksi suhteellisen hyvin, koska sähkökuormat ovat melko tasaisia ympäri vuoden ja lämpöäkin tarvitaan lähes kaikkina vuodenaikoina. Tilatyypistä ja –koosta riippumatta pätee: mitä tasaisempia ja jatkuvampia sähkö- ja lämpökuormat ovat, ja mitä paremmin niiden keskinäinen suhde osuu yksin CHP-laitoksen sähkö- ja lämpötehojen kanssa, sitä parempiin huipunkäyttöaikoihin ja takaisinmaksuaikoihin päästään. CHP-laitoksen oikea mitoitus on tässä konseptissa tärkeää: kone ei saa olla sen enempää liian pieni kuin liian suurikaan. Liian suurten koneiden käytettävyyttä rajoittaa teknologiariippuvainen minimitehoraja, joka nousee epäkäytännöllisen suureksi tilan energiakuormiin nähden. Liian pienten koneiden kannattavuutta taas rasittaa CHP-investoinnin kalliimpi hinta tehoyksikköä kohti ja pienet vuosisäästöt, joilla suuria kokonaisinvestointeja pitäisi maksaa takaisin.

Vaikka tässä esimerkkitapauksessa tarkasteltiin Suomen oloissa suurta sikalaa (850 ny, 2000 MWh biokaasua, 80 kW_{el} kaasumoottori), se ei tarkoita, että kannattavan tilakoon minimi olisi esimerkin mukainen. Tilakokoa voidaan tässä konseptissa skaalata hyvinkin alaspäin soveltuvan CHP-tekniikan alarajalle saakka.

Taloudellinen kannattavuus riippuu viime kädessä ratkaisevasti kokonaisinvestoinnista. Toimivan kokonaisuuden voi saada aikaan puhtaasti kaupallista laitostoimitusta radikaalisti pienemmin kustannuksin, jos omaa työpanosta on mahdollista käyttää rakennusvaiheessa tai jos soveltuvia rakennuksia, säiliöitä, putkistoja, ym. on tilalla ennestään ja niitä voidaan valjastaa uuteen käyttötarkoitukseen. Omaan työpanosta varsinkaan eläintiloilla ei välttämättä liikene laitoksen rakennustöihin, mutta olemassa olevia joutilaita rakennuksia, säiliöitä, ym. löytynee moneltakin tilalta. Myös kaupallisesti on saatavilla avaimet käteen –periaatteella toimitettuja biokaasulaitoksia CHP-laittein 20 - 30 kW_{el}:n kokoluokasta lähtien.

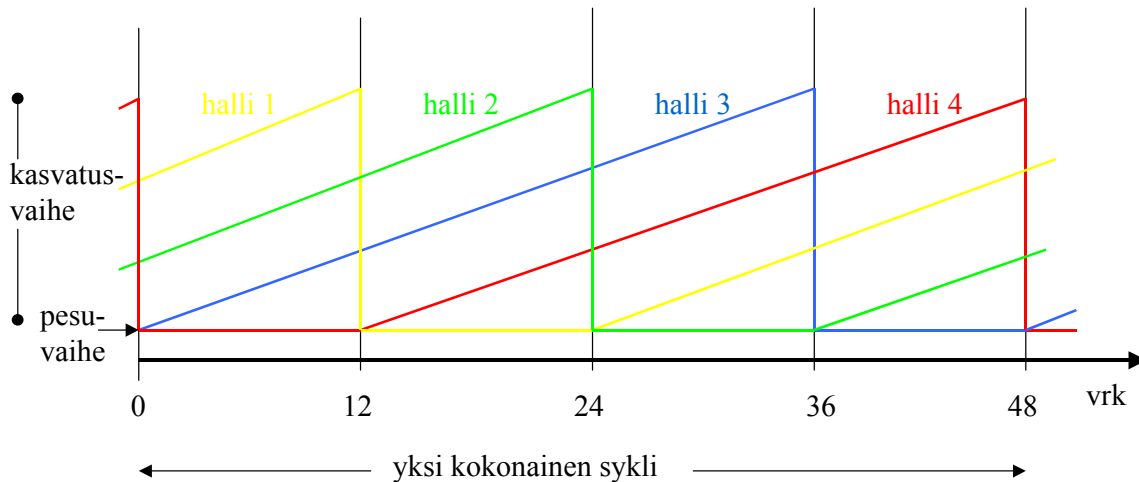
Varsinaisia pullonkauloja ainoastaan maatalon omia raaka-aineita käyttävän konseptin soveltuvuudelle ovat sähkö- ja lämpökuormien suuri ajallinen vaihtelu, sekä erityisesti lämpökuormien vähäisyys. Jos lämpökuormia ei ole juuri lainkaan, CHP-tuotanto ilman lämmön myyntimahdollisuutta ei ole järkevää. Jos taas esimerkiksi sähkötehon tarve vaihtelee rajusti vaikkapa vuorokauden sisällä ja pohjakuorma on kovin pieni, huippu- tai keskiteholle mitoitettu CHP-laitte on sammutettava pohjakuormavaiheissa tai suuri osa sähköstä on ajettava vastuksien kautta lämmöksi. Edellinen – joka päivä toteutettuna – kuluttaa CHP-laitteen loppuun ennen aikojaan ja jälkimmäinen puolestaan on energian haaskausta. CHP-laitteen mitoittaminen tällaisessa tapauksessa pohjakuormalle taas merkitsisi epärealistisia vaatimuksia minimi-tilakoolle. Kaiken kaikkiaan on siis erittäin tärkeää tutkia huolellisesti tilan sähkö- ja lämpökuormien ajallista vaihtelua ennen tämän konseptin pitemmälle menevää, tilakohtaista soveltuvuus- ja kannattavuusselvitystä.

Toisena pullonkaulana voidaan pitää suomalaisten tilojen keskimääräisesti liian pientä kokoa, mistä johtuen biokaasupohjainen CHP-tuotanto tulee kyseeseen vain pienellä osalla tiloista. Tämä ongelma voidaan nähdä myös toisin päin: jatkuvaan, pitkäaikaiseen energiantuotantoon soveltuva CHP-tekniikka ei ole kypsää keskimääräisille suomalaisille maataloille soveltuvassa kokoluokassa (alle 10 kW_{el}). Ajan myötä tekniikan kehittyessä tilanne muuttunee tässä suhteessa. Myös keskimääräinen tilakoko kasvaa jatkuvasti, joten konseptin soveltuvuus paranee vähitellen kummaltakin suunnalta katsottuna. Myös investointikustannukset laskevat tekniikan kaupallistuesssa ja siirryttäessä sarjatuotantoon.

5.2 Case II: Broilerikanala

5.2.1 Ratkaisun kuvaus ja lähtötiedot

Nykyaikainen, syklinen broilerituotanto mahdollistaa vaiheistetun ratkaisun, jonka avulla sähkö- ja lämpökuormia voidaan tasoittaa paremmin CHP-kohteelle soveltuviksi. Tässä esimerkkitapauksessa broileritilan perusyksikkö koostuu neljästä 15 000 linnun hallista, joista kukin on neljännessyklin verran jäljessä (edellä) naapurivaiheessa olevaan halliin nähden. Yksi kokonainen sykli koostuu 36 vuorokauden kasvatusvaiheesta (75 % koko syklistä) ja 12 vuorokauden pesuvaiheesta (25 % koko syklistä) eli kokonainen sykli on 48 vrk ja joka hetki kolmessa hallissa kasvatetaan broilereita ja yhtä hallia pestään. Lisäksi rehulinjojen käynnissäolo ja valaistuksen himmennysvaiheet on ajastettu eri halleissa siten, että vain yhden hallin rehulinjat ovat käynnissä kerrallaan ja samoin enintään yhdessä hallissa on meneillään valaistuksen himmennys kullakin hetkellä. Tämä vaatii hieman ohjausautomaatiikkaa, mutta ei liene nykypäivänä ongelma eikä vaatine suuria lisäinvestointeja koko biokaasulaitosta ja CHP-tuotantoa ajatellen. Kuva 5.5 havainnollistaa vaiheistetun broilerituotannon ratkaisua.



Kuva 5.5. Neljän hallin vaiheistettu broilerituotanto.

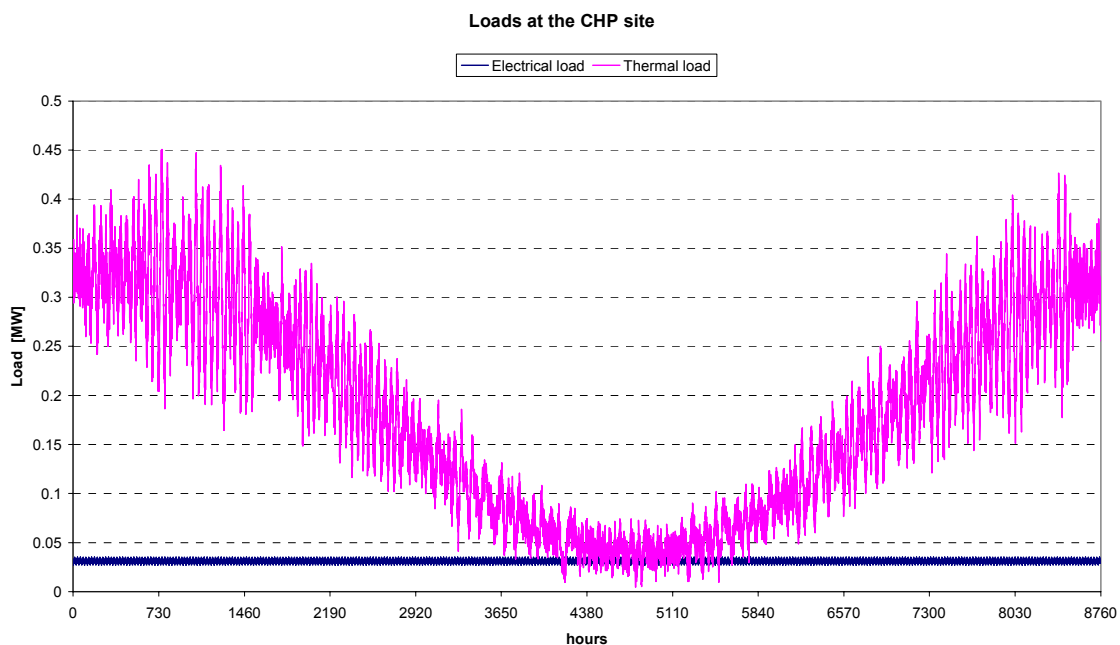
Tällä ratkaisulla pelkästään lannan syöttö reaktorille ei vielä muutu jatkuvaksi, mutta pesujakson aiheuttama tauko lannan tuotannossa poistuu ja lannan tuotanto tasoittuu muutenkin huomattavasti, kun tilalla on jatkuvasti eri-ikäisiä broilereita. Jatkuvaan prosessiin päästään, kun kasvatusjaksolla kertynyt lanta lietteytetään ja pumpataan (lähes) jatkuvasti reaktoriin.

Seuraavassa esitettävien laskelmien perustapauksena ratkaisua, jossa ei oteta vastaan tilan ulkopuolista materiaalia eikä myydä sähköä, lämpöä tai lannoitetta. Herkkyystarkastelussa hahmotetaan, mikä vaikutus tilan ulkopuolisen materiaalin vastaanottamisella olisi kannattavuuteen. Laskelmissa käytettävä broileritila koostuu kahdesta neljän hallin perusyksiköstä eli 8 x 15 000 linnun hallista eli kyseessä on 120 000 linnun tila (3-kertainen suomalaiseseen tyyppitilaan verrattuna). Tämä vastaa noin 240 nautayksikköä = 120 tonnia lintujen elopainoa = 1280 MWh/v biokaasun tuottoa. Biokaasutuoton keskiteho on näin ollen noin 146 kW. Kumpikin neljän hallin ryhmä on vaiheistettu kuvan 5.5 mukaisesti ja ryhmät toisiinsa nähden siten, että ryhmien välinen vaihe-ero on 6 vrk. Tällöin kuudessa hallissa

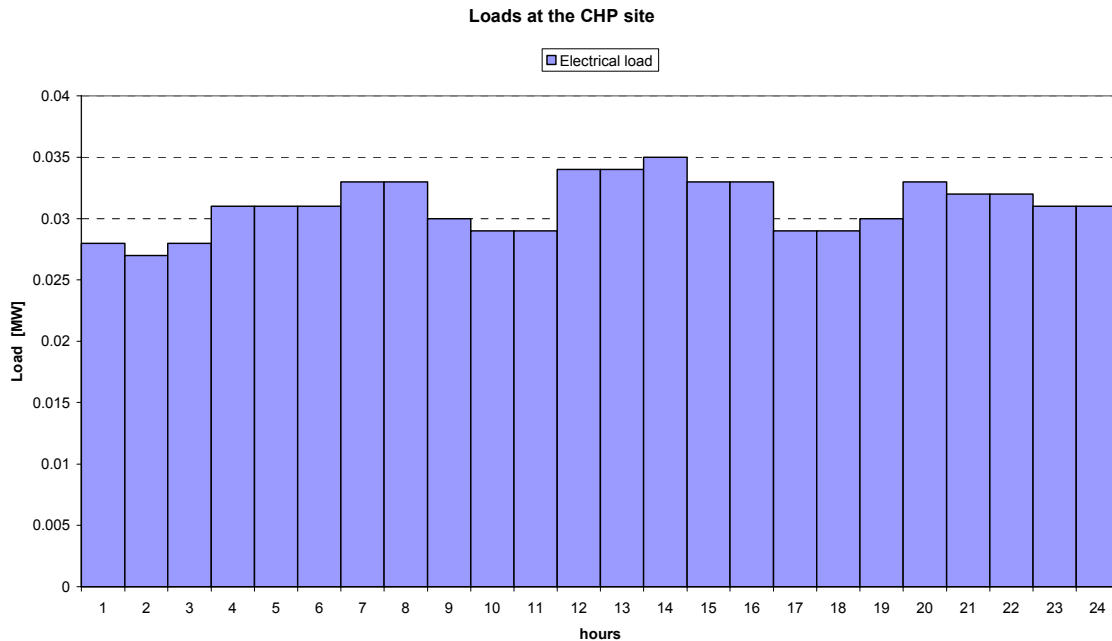
kasvatetaan broilereita ja kahta pestään kullakin hetkellä. Lisäksi valaistuksen himmennysvaiheet (4h/vrk) on rytmitetty niin, että kullakin hetkellä yksi halli kuudesta tuotannossa olevasta on himmennettynä ja muissa on täysi valaistus. Rehulinjojen käynnissäolo on myös ajastettu niin, että vain yhdessä hallissa (kuudesta) linjat ovat päällä kullakin hetkellä, mikä tarkoittaa sitä, että 3 kpl rehulinjoja on käynnissä yhteensä maksimissaan 17,5 h/vrk. Kahdeksan hallin tapauksessa tällainen ajastus vielä onnistuu – periaatteessa melkein vielä 12 hallin tapauksessakin, muttei enää isommilla broileritiloilla. Tällä kokoonpanolla ja ohjausautomaatiikalla lannan tuotto on lähes tasaista, samoin sähkökuormat. Lämpökuormat vaihtelevat tietysti vuodenaikojen mukaan, mutta itse kasvatussyklistä johtuva vaihtelu (34°C – >20 °C) on miltei poistunut.

Sähkön tarve koostuu pääasiassa ilmastoinnista, valaistuksesta ja rehulinjoista. Valaistus vaatii loisteputkitoteutuksella noin 0,3 kW/halli täydessä valaistuksessa eli yhteensä 2,4 kW. Rehulinjojen tehontarve (3 kpl a 0,75 kW) puolestaan on 2,25 kW/halli ja tila, koska vain yhden hallin linjat ovat päällä kullakin hetkellä. Pohjakuorman (ilmastointi ja tuotannossa olevien hallien valaistus) oletetaan olevan noin 3,5 kW/halli ja 28 kW/tila; sen päälle tulevat rehulinjat ja pesussa olevien hallien sähkönkulutus. Tältä pohjalta yhden hallin vuotuiseksi sähkön tarpeeksi on arvioitu 34 MWh ja koko tilan 272 MWh. Ero keskiarvoon (44 MWh/halli) verrattuna tulee valaistustekniikasta.

Vuotuiseksi lämmön tarpeeksi arvioidaan 200 MWh/halli eli 1600 MWh/tila. Lämmitystehon tarve vaihtelee likimain välillä 20 ... 500 kW. Tuntitason laskentaa varten generoidut vuotuiset sähkö- ja lämpökuormat on esitetty kuvassa 5.6. Kuvassa on kalenterivuosi eli ensimmäinen tunti vastaa tammikuun alkua ja viimeinen tunti (8760.) joulukuun loppua. Sähkötalon vuorokausiprofiili on puolestaan esitetty kuvassa 5.7. Minimiteho on 28 kW ja maksimiteho 35 kW. Tuntitehot on asetettu niin, että vuosisummaksi tulee 272 MWh. Sähkön ja lämmön hankinta on toteutettu kuten yhdistelmäaikalan tapauksessa (luku 5.1.2).



Kuva 5.6. Halleittain vaiheistetun broileritilan sähkö- ja lämpökuormaprofiilit (kalenterivuosi).



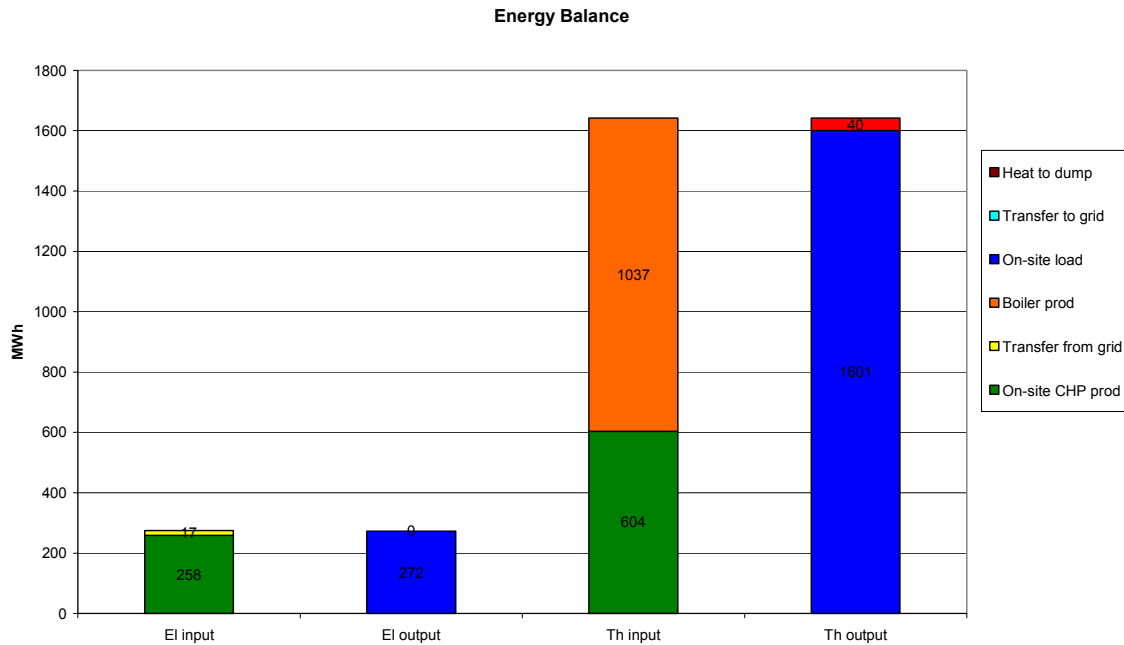
Kuva 5.7. Broileritilan sähkökuorman vuorokausiprofiili.

Sähköä ja lämpöä tuotetaan tässä esimerkkitapauksessa kaasukäyttöön modifioidulla 30 kW_e aggregaatilla, jonka sähköhyötysuhde täydellä teholla on noin 21 % ja lämpöhyötysuhde noin 50 %. Se soveltuu hyvin tapauksiin, joissa lämpökuorma on selvästi sähkökuormaa suurempi ja pienet huoltotyöt (öljynvaihto, tulpat, ym.) voidaan tehdä itse. Huollon tarvetta on noin 600 - 1000 tunnin välein; huoltokustannuksiksi on tässä arvioitu 1000 euro/v. Aggregaatti sisältyy kaupalliseen avaimet käteen –periaatteella toimitettavaan biokaasulaitoskokonaisuuteen. Kokonaisinvestointi kaikki tarpeelliset komponentit sisältävälle avaimet käteen –toimitukselle on arvioitu 300 000 euroksi.

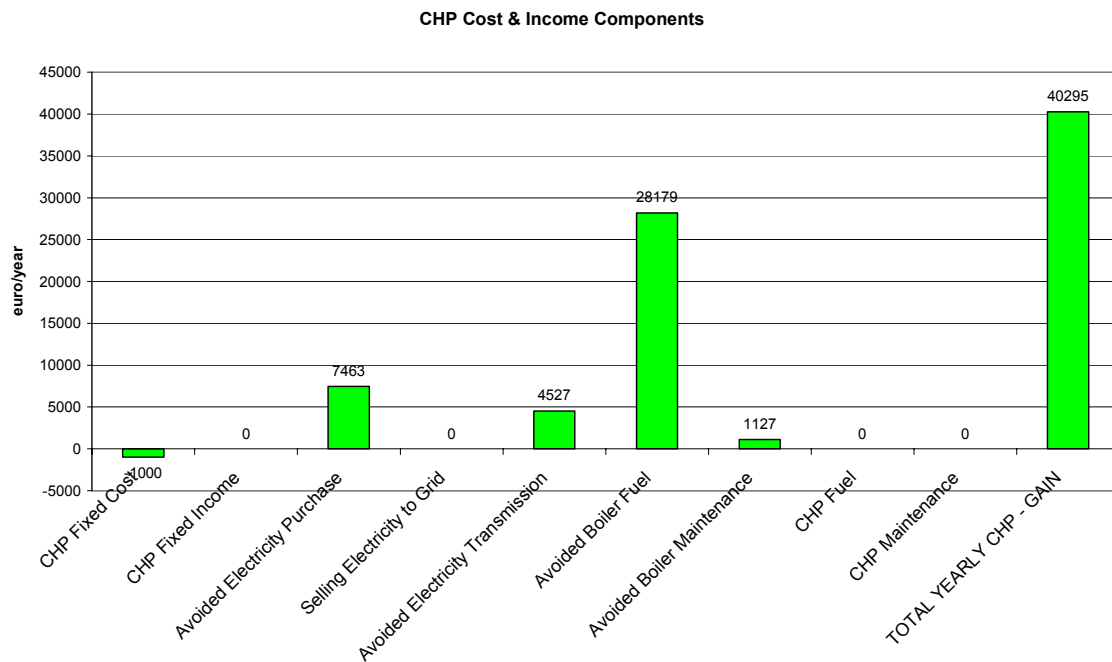
5.2.2 Laskelmien tulokset ja herkkyystarkastelut

Perustapauksen energiataseet on esitetty kuvassa 5.8. CHP-sähkö kattaa lähes 95 % sähkön tarpeesta ja CHP-lämpö noin 38 % lämmön tarpeesta. Sähkön ostos on minimaalista, samoin lämmön ajaminen lauhdeksi. Suuren lämmön tarpeen takia öljykattilalla joudutaan edelleen tuottamaan lämpöä yli 1000 MWh.

Koko järjestelmän takaisinmaksuajaksi saadaan perustapauksessa 7,4 vuotta nollakorolla, 9,0 vuotta 4 % korolla ja 11,8 vuotta 8 % korolla. Järjestelmän kustannus- ja tulokomponentit ja niiden summana saatava vuotuinen käyttökate on esitetty kuvassa 5.9. Aggregaatin huoltokustannukset on sijoitettu ensimmäiseen pylvääseen: kiinteät CHP-kulut. Verrattuna yhdistelmäskalaaan (luku 5.1) lämmitysöljyn ostos välttämisen korostuu tässä tapauksessa entisestään, koska sähkökuorma on suhteessa pienempi.



Kuva 5.8. Broileritilan perustapauksen energiataseet.



Kuva 5.9. Broileritilan perustapauksen vuotuiset tulot ja kustannukset.

Perustapaus on CHP-laitteen osalta hyvin mitoitettu ja sellaisenaankin lupaava. Tällaisessa tapauksessa, jossa sähkökuorma on hyvin tasainen ja jo yhdellä CHP-yksiköllä käytännössä katettu, mutta samalla lämmöstä suurin osa joudutaan edelleen tuottamaan kalliilla öljyllä, kohennusta kokonaistalouteen voisi saada vastaanottamalla tilan ulkopuolista materiaalia ja

tekemällä siitä muodostuneesta biokaasusta lämpöä kaasupolttimen avulla. Edellytyksenä on tietenkin reaktorikapasiteetin riittävyys ja kaasupoltin sekä sen vaatima lämmönsiirtotekniikka. Aggregaatin sisältämään biokaasulaitostoitumukseen sisältyy kaasupoltin ja lämmönsiirtimet, joten sen suhteen lisäinvestointeja ei tarvita. Sen sijaan reaktorikapasiteetti on suunniteltava alun alkujaan sen mukaan, aiotaanko tilan ulkopuolista materiaalia käyttää vai ei, ja jos niin kuinka paljon. Taulukossa 5.3 on esitetty koko järjestelmän takaisinmaksuajat ulkopuolisen raaka-aineen arvon ja määrän sekä toisaalta vaadittavien lisäinvestointien (lähinnä reaktori- ja varastokapasiteetti; mahdollisesti hygieniasointiyksikkö) funktiona. Tässä laskelmassa ulkopuolisen biojätteen orgaanisen aineen (VS) osuus on 30 % saapuvan materiaalin massasta, kaasuntuottopotentiaali 0,4 m³ biokaasua/kgVS ja biokaasun CH₄-pitoisuus 60 %.

Taulukko 5.3. Broileritilan järjestelmän takaisinmaksuaika (vuotta) ulkopuolisen materiaalin arvon (porttimaksut) ja määrän sekä vaadittavien lisäinvestointien funktiona.

			Lisäinvestoinnit euro		
			25 000	50 000	75 000
Porttimaksu (euro/tonni)	Määrä (tonnia)	Energia (MWh)			
10	500	360	6,5	7,1	7,7
10	1000	720	4,9	5,3	5,7
40	500	360	5,0	5,5	5,9
40	1000	720	3,4	3,7	4,0

5.2.3 Havainnot

Biokaasulaitos ja erityisesti CHP-tuotanto on varteenotettava vaihtoehto broileritiloilla, joiden koko on vähintään luokkaa 120 000 lintua ja joissa hallit on vaiheistettu kuten myös valaistus ja rehulinjat sähkö- ja lämpökuormien tasoittamiseksi. CHP-laitteen valinta (aggregaatti, kaasumoottori, mikroturbiini) vaikuttaa laitoksen kannattavuuteen merkittävästi 30 kW_e kokoluokassa.

Suuren lämmöntarpeen vuoksi broileritiloilla CHP-tuotantoa kannattaa täydentää biokaasupohjaisella lämmön tuotannolla, jos vain ulkopuolista, porttimaksuja tuottavaa materiaalia on saatavilla. Mikäli tila on pienempi kuin 8 hallia, pelkkä lämmön tuotanto saattaa nykyhinnoilla olla kannattavin vaihtoehto silloin, kun biokaasulämmöllä korvataan öljylämmitystä.

5.3 Case III: Maitotila

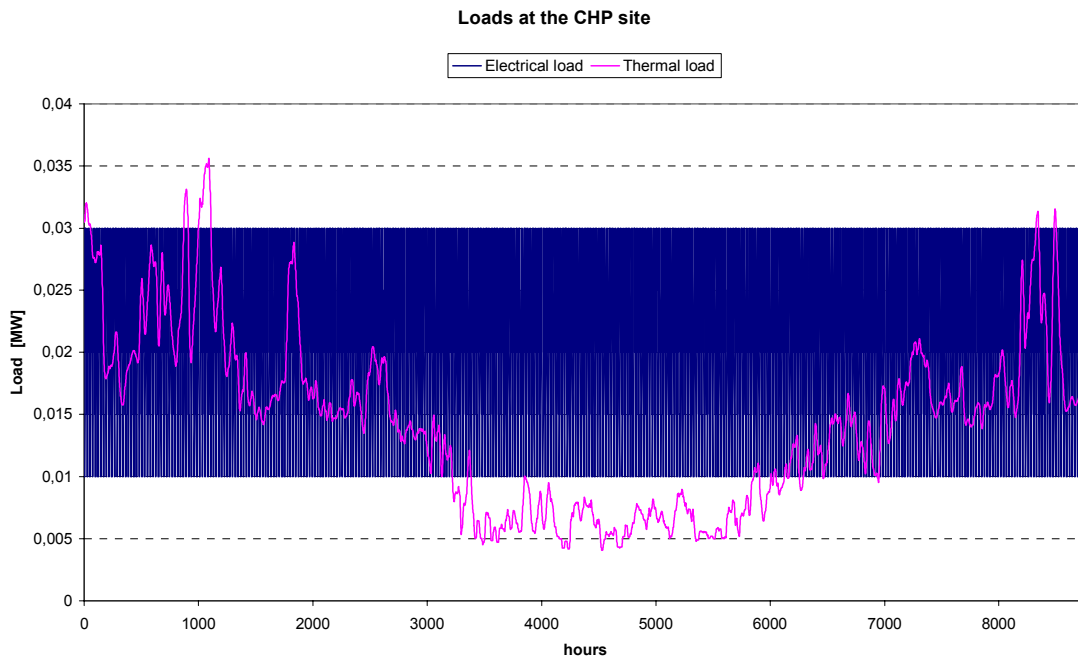
5.3.1 Ratkaisun kuvaus ja lähtötiedot

Tarkastelun kohteena on 100 lypsylehmän maitotila, jonka biokaasun tuotannon energiasisältö on taulukon 2.4 perusteella noin 500 MWh. Navetta on oletettu automatisoiduksi kahdella lypsyrobotilla, joihin lehmät voivat tulla vapaasti lypsylle. Sähkön kokonaiskulutus on tilalla yhteensä 175 MWh vuodessa, joka vastaa 20 kW:n keskitehoa. Tehon tarve vaihtelee yön 10 kW:sta päivän suosittujen lypsyaikojen 30 kW:iin. Lämmöntarve vaihtelee vuodenaikojen mukaan, lisäksi laitteiden puhdistukseen sekä muuhun tarvittavan käyttöveden lämmityksestä

on oletettu keskimäärin 4 kW:n peruskuorma. Tilan lämmöntarve on 125 MWh vuodessa. Vuotuiset sähkö- ja lämpökuormat on esitetty kuvassa 5.10. Kuvassa on kalenterivuosi eli ensimmäinen tunti vastaa tammikuun alkua ja viimeinen tunti (8760.) joulukuun loppua. Huomattakoon, että sähkö- ja lämpökuormat vaihtelevat hyvin paljon tilakohtaisesti riippuen mm. lämmitysmuodosta ja automatisoinnin asteesta eikä tässä esitettyä laskelmaa voi yleistää.

Tässä tapauksessa tarkastellaan laitospohjaista konseptia, jossa laitos on liittynyt sähköverkkoon ja voi syöttää ylijäämäsihtä verkkoon. Tekninen CHP-ratkaisu on kaasumoottori, jonka maksimisähköteho on 30 kW. Täydellä teholla sähköhyötysuhde on 28 % ja lämpöhyötysuhde 52 %. Kun biokaasun energiasisältö 500 MWh kerrotaan maksimisähköhyötysuhteella, tuottaa kaasumoottori maksimissaan 130 MWh sähköä vuodessa. Tämä ei siis riitä kattamaan tilan kaikkea sähkötarvetta. Puuttava 45 MWh voitaisiin tuottaa esimerkiksi syöttämällä bioreaktoriin lehmänlannan lisäksi tuorehvia 2,5 hehtaarin alalta. Tässä tapauksessa on oletettu, että tarvittava lisä bioreaktoriin saataisiin kerättyä ilman lisäkustannuksia. Toinen vaihtoehto on tuoda tilan ulkopuolelta kasvijätettä, josta voitaisiin kerätä myös porttimaksua. Tässä vaihtoehdossa on oletettu ulkopuolelta tuotavan vuodessa 125 tonnia jätettä, jonka kuiva-ainepitoisuus (VS) on 20 % ja hinta 40 €/tonni.

Laskennan lähtötiedoissa on käytetty sähkön myynti- ja siirtohintoina Vattenfallin päivä/yö-tariffin hintoja, jotka ovat myynnille 36,89/27,05 €/MWh ja pj-siirrolle 16,80/10,25 €/MWh (alv 0 %, ilman sähkövero). Sähkövero veroluokassa I on 7,43 €/MWh (alv 0 %). Laskelmassa on kuitenkin huomioitu biokaasulla tuotetun sähkön tuki (4,2 €/MWh). Tuotannon siirtotariffi on 1 €/MWh kaikkina aikoina. Vaihtoehtoisena lämmityspolttoaineena on käytetty kevyttä polttoöljyä, jonka keskihinta tänä vuonna (1-8/2005) on ollut noin 45 €/MWh (alv 0 %, sisältäen polttoaineveron). Kokonaisinvestointi on perusvaihtoehdossa 250 000 €, josta kaasumoottorin hinta on 80 000 €. Kaasumoottorin käyttö- ja kunnossapitokustannukseksi on oletettu 3000 euroa vuodessa ja öljykattilan 2 €/MWh_{th}.



Kuva 5.10. Maitotilan vuotuiset sähkö- ja lämpökuormaprofiilit (kalenterivuosi).

5.3.2 Laskelmien tulokset ja herkkyystarkastelut

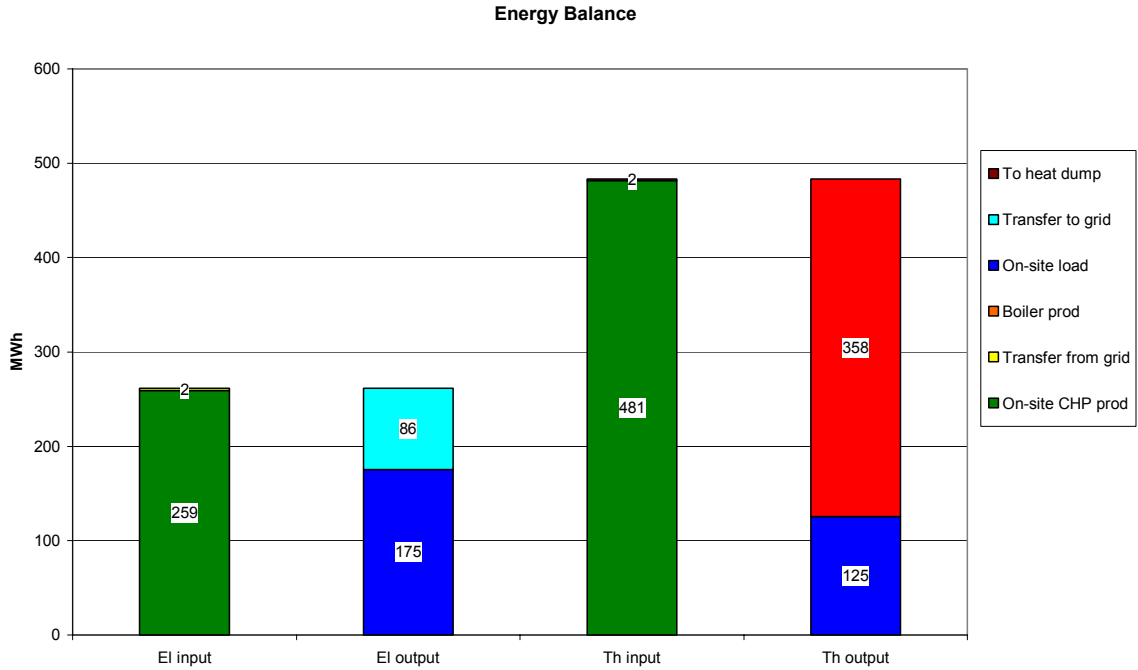
Maitotilan bioreaktori- ja kaasumoottori-investoinnin kannattavuus eri lähtöoletuksilla on esitetty taulukossa 5.4. Perustapauksessa laitoksen kokonaisinvestoinnit ovat 250 000 €. Lisäksi kannattavuutta on tarkasteltu 20 ja 40 % pienemmällä ja suuremmalla investoinnilla sekä 0 ja 4 %:n korkokannalla.

Taulukko 5.4. Maitotilan bioreaktori- ja kaasumoottori-investoinnin kannattavuus ilman porttimaksuja.

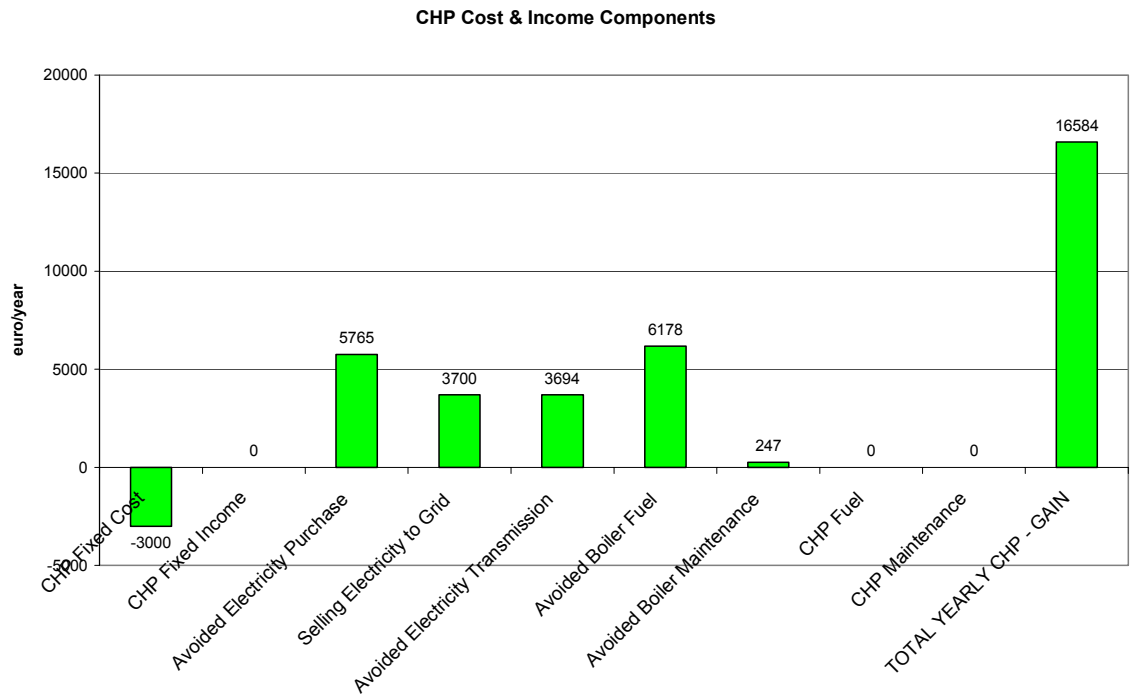
vaihtoehto	-40 %	-20 %	Perus	+20 %	+40 %
muuttuja					
kokonaisinvestointi [euro]	150 000	200 000	250 000	300 000	350 000
tulokset					
takaisinmaksuaika [v]					
korke 0 %	9	12	15	18	21
korke 4 %	11	17	24	33	47

Taulukosta 5.4 nähdään, että nollakorolla investointi maksaa takaisin perustapauksessa juuri 15 vuodessa. Jos investointi olisi 20 % pienempi tai saataisiin vastaava summa investointitukea, takaisinmaksuaika olisi noin 12 vuotta. Jos tukea saataisiin 40 %, takaisinmaksuaika olisi noin 9 vuotta. Porttimaksuilla (5000 euroa vuodessa) takaisinmaksuaika lyhenisi nollakorolla 12:een ja 4 %:n korolla 16 vuoteen. Huomattakoon että kaikissa lasketuissa tapauksissa kaasumoottori toimii huoltokatoja lukuun ottamatta maksimiteholla ja tuotettu ylijäämä sähkö (noin 1/3) myydään verkkoon (ks. kuva 5.11). Lämpöä tuotetaan lähes nelinkertaisesti tarvittava määrä, mutta lauhdeksi tuottaminen kannattaa aina, koska polttoaine on ilmaista ja sähkön arvo on suurempi kuin kaasumoottorin käyttö- ja kunnossapitokustannus. Tästä johtuen sähkökuorman jakautumisella eli lypsyajoilla ei myöskään ole suurta merkitystä. Myöskään sähkön tai öljyn hinnalla ei ole kannattavuuteen ratkaisevaa merkitystä. Mikäli öljyn hinta kohoaisi kolmanneksen (hintaan 60 €/MWh), öljyn ostokuluja säästyisi noin 2000 euroa vuodessa perustapausta (ks. kuva 5.12) enemmän ja takaisinmaksuaika lyhenisi nollakorolla runsaan vuoden ja 4 %:n korolla noin 4 vuotta.

Tässä tapauksessa tärkeintä on se, että kaikki tuotettu biokaasu saadaan käytettyä CHP-tuotantoon ja että kaasumoottori käy mahdollisimman suurella käyttöasteella. Tärkein muuttuja on kuitenkin investointikustannus. Todellinen kustannus voi olla paljonkin arvioitua pienempi tai suurempi riippuen oman työn osuudesta biokaasureaktorin asentamisessa ym. töissä. Kovin paljon esimerkkiä pienemmällä tilalla investointi ei luultavasti kuitenkaan kannattaisi, koska pienemmässä kokoluokassa ei ole kaupallisesti saatavilla teknistä ratkaisua CHP-tuotantoon.



Kuva 5.11. Maitotilan perustapauksen (30 kW_e:n kaasumoottori) energiataseet



Kuva 5.12. Maitotilan perustapauksen vuotuiset tulot ja kustannukset.

5.3.3 Havainnointia

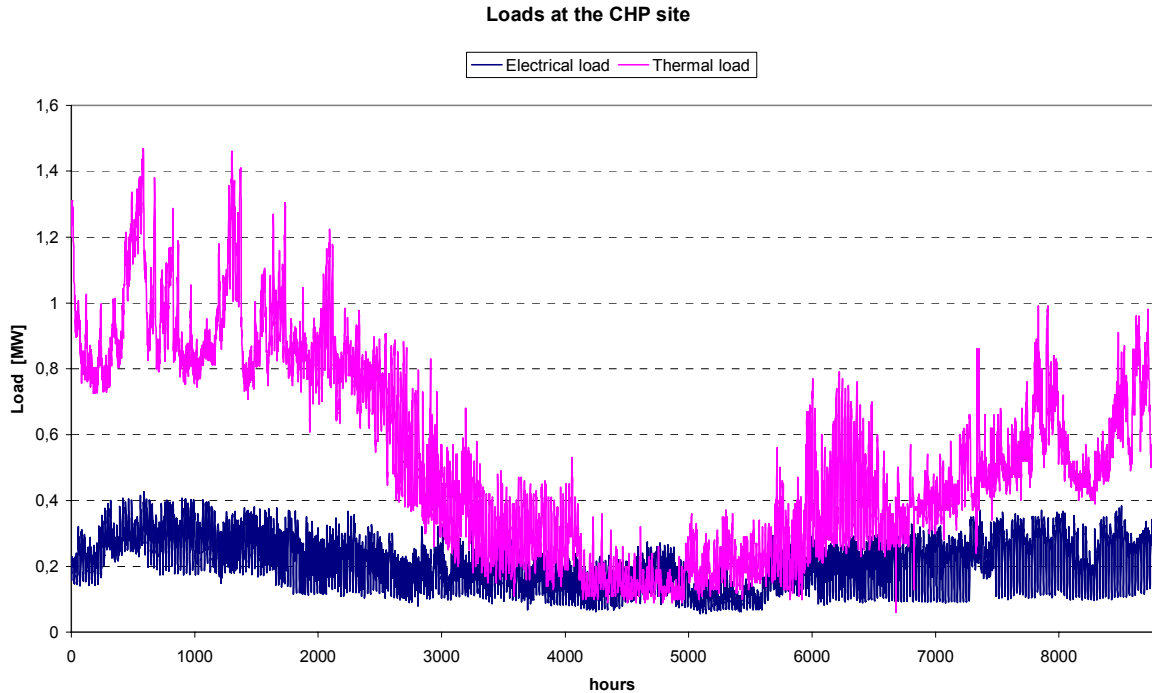
Tässä tapauksessa takaisinmaksuajat olivat selvästi pidempiä kuin luvuissa 5.1 ja 5.2 kuvatuissa ratkaisussa. Tärkeimpänä erona tässä tapauksessa on vähäinen lämmön tarve paikallisesti, jolloin suurin osa tuotetusta lämmöstä jää hyödyntämättä. Vaikka kohteessa syntynyt sähkö voidaan syöttää sähköverkkoon, siitä saatava hinta jää suhteellisen alhaiseksi. Samoin sähkön myynnin käyttökate jää vaatimattomaksi, koska merkittävä osa sähkön tuotannosta joudutaan tekemään CHP-laitteissa lauhdetuotantona pienen lämmöntarpeen vuoksi. Tässä tapauksessa porttimaksuilla voidaan hieman parantaa laitoksen kannattavuutta, mutta sekään ei poista kohteen perusongelmaa: vähäistä lämmön tarvetta suhteessa sähkön tarpeeseen.

5.4 Case IV: Usean tilan yhteislaitos + kasvihuone

5.4.1 Ratkaisun kuvaus ja lähtötiedot

Tässä tapauksessa käsitellään useamman tilan yhteislaitosta, joka on sijoitettu kasvihuoneen yhteyteen. Bioreaktoriin on yhdistetty Jenbacher JMS 208 kaasumoottori, jonka maksimisähköteho on 300 kW ja -lämpöteho 440 kW. Maksimisähköhyötysuhde on 35,6 % ja -lämpöhyötysuhde 54 %. Kasvihuoneen vuotuiset sähkö- ja lämpökuormat on esitetty kuvassa 5.13. Kuvassa on kalenterivuosi eli ensimmäinen tunti vastaa tammikuun alkua ja viimeinen tunti (8760.) joulukuun loppua. Kasvihuoneen sähkönkulutus on noin 1800 MWh ja lämmöntarve 4700 MWh vuodessa. Näistä luvuista voidaan päätellä, että lähes kaikki kaasumoottorin tuottama lämpö ja 2/3 sähköstä voitaisiin kuluttaa paikan päällä, mikäli moottori kävisi koko ajan täydellä teholla. Jotta moottori voisi toimia jatkuvasti täydellä teholla, yhteisen bioreaktorin tuottaman kaasun energiasisällön tulisi olla noin 7400 MWh. Tämä vastaisi yhteensä joko noin 1500 lypsylehmän maitotilan tai 3000 emakon yhdistelmäsiikalan tuottamaa lantamäärää. Yhtenä vaihtoehtona on tuoda osa biojätteestä tilan ulkopuolelta, jolloin voitaisiin kerätä myös porttimaksua. Tässä ratkaisussa on oletettu ulkopuolelta tuotavan vuodessa 2000 tonnia jätettä, jonka kuiva-ainepitoisuus (VS) on 20 % ja hinta 40 €/tonni vastaten energiasisällöltään noin 720 MWh.

Laskennan lähtötietoina on käytetty sähkön myyntihintoina Vattenfallin päivä/yö-tariffia (36,89/27,05 €/MWh) sekä siirtohintoina tehosiirto 3 (20 kV) -tariffia, joka on talviarkipäivänä (1.11.-31.3. ma-la klo 7-22) 17,00 €/MWh ja muuna aikana 8,40 €/MWh (alv 0 %, ilman sähkövero). Sähkövero on veroluokassa II 4,53 €/MWh (alv 0 %). Laskelmassa on kuitenkin huomioitu biokaasulla tuotetun sähkön tuki (4,2 €/MWh). Tuotannon siirtotariffi on 1 €/MWh kaikkina aikoina. Vaihtoehtoisena lämmityspolttoaineena on käytetty raskasta polttoöljyä, jonka keskihinta tänä vuonna (1-7/2005) on ollut noin 290 €/t (polttoaineverolla, alv 0 %). Kun otetaan lisäksi huomioon, että ammattimainen kasvihuoneviljelijä saa hakemuksesta polttoaineen valmisteveron palautusta 1,4 c/kg, tulee polttoaineen hinnaksi noin 24 €/MWh. Kokonaisinvestointi on perusvaihtoehdossa 2 000 000 euroa, josta kaasumoottorin osuus on 300 000 euroa. Lannan kuljetuskustannukset ja muut kiinteät kustannukset ovat 60 000 euroa vuodessa.



Kuva 5.13. Kasvihuoneen vuotuiset sähkö- ja lämpökuormat (kalenterivuosi).

5.4.2 Laskelmien tulokset ja herkkyystarkastelut

Investoinnin kannattavuutta on tarkasteltu taulukossa 5.5. Peruslaskelman kokonaisinvestointi on 2 000 000 €. Kannattavuutta on lisäksi tarkasteltu 20 ja 40 % pienemmällä ja suuremmalla investoinnilla sekä 0, 4 ja 8 %:n korkokannalla. Kaasumoottorin käyttö- ja kunnossapito-kustannukseksi on oletettu 12 €/MWh_e ja öljykattilan 2 €/MWh_{th}.

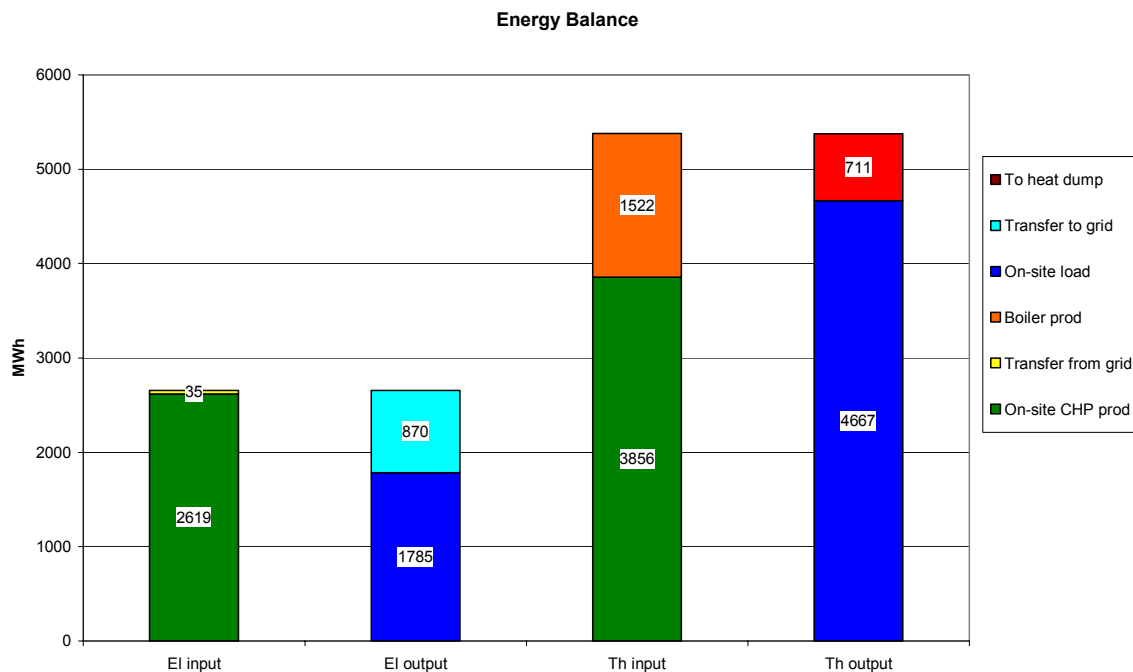
Taulukko 5.5. Kasvihuoneen bioreaktori- ja kaasumoottori-investoinnin kannattavuus sisältäen porttimaksuja 80 000 euroa vuodessa.

vaihtoehto					
muuttujat	- 40 %	- 20 %	Perus	+ 20 %	+ 40 %
kokonaisinvestointi [euro]	1 200 000	1 600 000	2 000 000	2 400 000	2 800 000
tulokset					
takaisinmaksuaika [v]					
korko 0 %	6	8	10	12	14
korko 4 %	7	10	13	17	21
korko 8 %	8,5	13	21	41	-

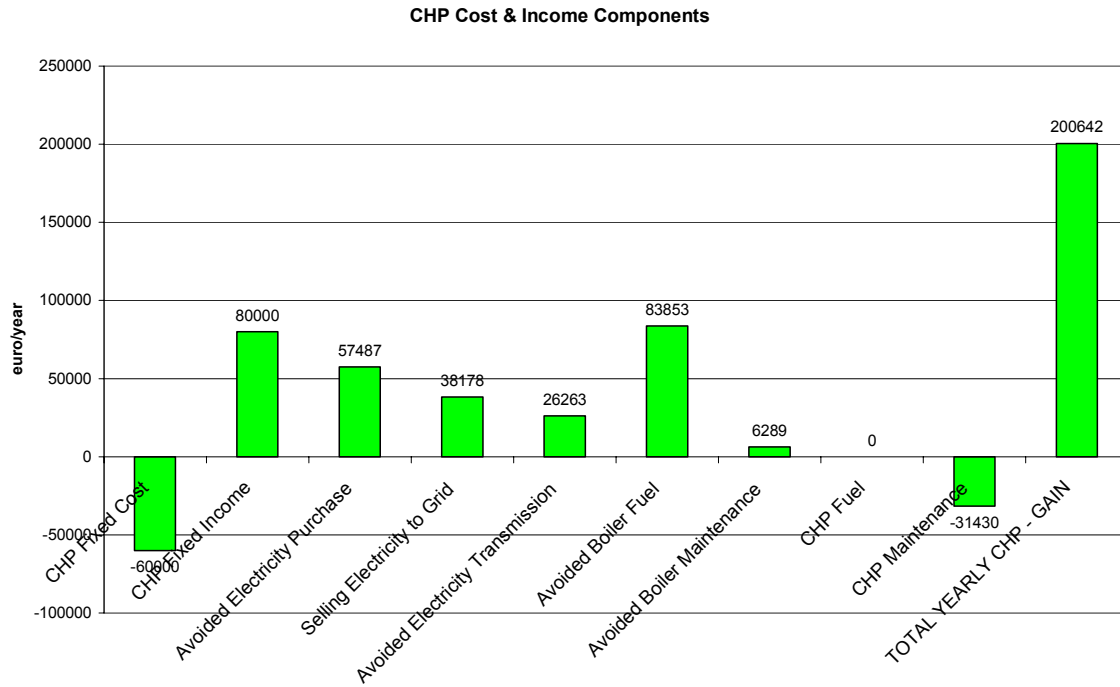
Taulukosta 5.5 nähdään, että takaisinmaksuaika nolllakorolla olisi perusvaihtoehdossa noin 10 vuotta. Viidenneksen pienemmällä investointikustannuksella tai 20 %:n investointituella takaisinmaksuaika on nolllakorolla noin 8 vuotta. Mikäli tuki olisi 40 %, takaisinmaksuaika olisi noin 6 vuotta. Mikäli porttimaksua ei kerättäisi lainkaan, takaisinmaksuaika perustapauksessa

olisi nollakorolla 17 vuotta ja 4 %:n korolla 28 vuotta. CHP-laitos toimii käytännössä lähes täydellä teholla koko vuoden. Tuotetusta sähköstä 1/3 myydään verkkoon (ks. kuva 5.14). Lämmöntarpeesta yli 80 % tuotetaan yhteistuotannolla. Tuotetusta lämmöstä 15 % menee lauhteeksi.

Sähkön tai öljyn hinta ei vaikuta paljoakaan tämän ratkaisun kannattavuuteen. Mikäli öljyn hinta kohoaisi neljänneksen (hintaan 30 €/MWh), öljyn ostokuluja säästyisi noin 20 000 euroa vuodessa perustapausta (ks. kuva 5.15) enemmän ja takaisinmaksuaika lyhenisi nollakorolla noin vuoden. Suurin epävarmuustekijä tässäkin esimerkissä on investointikustannus. Samoin todellinen sähkön- ja lämmönkulutus voi olla täysin erilainen riippuen kasvihuoneen tuotantosuunnasta. Siksi tässä esitettyjä takaisinmaksuaikoja onkin pidettävä ainoastaan suuntaa antavina arvioina.



Kuva 5.14. Yhteislaitoksen perustapauksen (300 kW_e:n kaasumoottori) energiataseet



Kuva 5.15. Yhteislaitoksen perustapauksen vuotuiset tulot ja kustannukset

5.4.3 Havainnot

Yhdistämällä sopiva paikallinen sähköä ja lämpöä kuluttava asiakas usean tilan yhteislaitoksen yhteyteen voidaan ratkaisulla saavuttaa kohtuullinen kannattavuus. Tällaisen ratkaisun kannattavuus on huomattavasti parempi kuin pelkästään sähkön myyminen verkkoon. Tarkastellussa tapauksessa ratkaisun tulot muodostuivat varsin tasaisesti vältetyn lämmityspolttoaineen ostosta, vältetyistä sähkön siirron ja oston maksuista, sähkön myynnistä saaduista tuloista sekä porttimaksuista. Tämä osoittaa hyvin sen, että kannattavaan ratkaisuun pääseminen edellyttää useiden asioiden huomioimisen jo laitoskonseptia suunniteltaessa.

6 Johtopäätökset

Tässä selvityksessä on tarkasteltu erilaisia suomalaisille maataloille sopivia biokaasulaitosten konsepteja tuotantosuunnittain ja kokoluokittain. Tarkastelussa on huomioitu erilaiset tekniset, taloudelliset ja lainsäädännölliset reunaehdot. Selvitys ei ole pelkästään rajoittunut Suomessa jo käytössä oleviin laitoskonsepteihin, vaan on myös tarkasteltu sellaisia ratkaisuja, joiden käyttökelpoisuus näyttää mahdolliselta ulkomaisten kokemusten tai muun tietämyksen valossa.

6.1 Näkemyksiä eri laitoskonsepteista ja tuotantosuunnista

Tarkastelluista laitoskonsepteista maatilan omia raaka-aineita hyödyntävä ja maatilan omiin tarpeisiin energiaa tuottava biokaasulaitos saavuttaa kannattavuuden, mikäli tilakoko on riittävän suuri ja paikallinen sähkön ja lämmön tarve vastaa melko hyvin tuotetun bioenergian sisältöä. Mikäli maatilalla käytetään lämmitykseen öljyä, jota biokaasulla voidaan korvata, ovat edellytykset kannattavalle toiminnalle kohtuullisen hyvät. Parhaiten tämän tyyppinen ratkaisu soveltuu emakko- ja yhdistelmäsekatiloille sekä sellaisille lihasikaloille, jotka kuluttavat paljon lämpöä. Maito- ja lihakarjatilalla rajoittavana tekijänä on vähäinen lämmön tarve, mikäli tiloilla ei ole suurta määrää nuorta karjaa. Periaatteessa tällainen ratkaisu soveltuu hyvin myös broilerikanalaan, jos käytössä on useampi halli, joiden kasvatusjaksot on vaiheistettu niin, että sähkön ja lämmön tarve tasoittuu. Tällaisista ratkaisuista ei ole vielä kuitenkaan käytännön kokemusta Suomessa; suunnitelmia kylläkin. Kasvintuotantotiloilla sähkön ja lämmön tarpeet ovat puolestaan sen verran vähäiset ja kulutushuiput ajoittaisia, ettei niissä tämäntyyppisellä ratkaisulla ole edellytyksiä kannattavuuteen.

Laitoskonseptissa, jossa hyödynnetään maatilan omien raaka-aineiden lisäksi myös ulkopuolisia raaka-aineita sekä myydään osa tuotetusta energiasta ja reaktorijäännöksestä lannoitteena tilan ulkopuolelle, tilan koko tai tuotantosuunta ei ole niin kriittinen tekijä, koska ulkopuolisilla raaka-aineilla voidaan tasapainottaa raaka-aineen saantia sekä tuotettua sähköä voidaan myydä tarvittaessa sähköverkkoon. Koska lämmön myyntiä maatilan ulkopuolelle voidaan kuitenkin pitää poikkeustapauksena, olisi kuitenkin suotavaa, että maatilalla olisi merkittävää lämmön tarvetta, jotta yhteistuotannossa syntyvä lämpö voitaisiin hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti. Tässä laitoskonseptissa ulkopuolisen raaka-aineen vastaanottamisella voidaan saada merkittäviä, kannattavuutta parantavia lisätuloja porttimaksuina, joiden suuruus on toistaiseksi hyvin tapauskohtaista ja riippuu vastaanotetusta raaka-aineesta. Sivutuoteasetus asettaa kuitenkin reunaehdoja raaka-aineille ja niiden käsittelylle.

Sähkön myynti sähköverkkoon on soveltuva ratkaisu, mikäli maatilalla on selvästi sähkön ylituotantoa sekä liittyminen sähköverkkoon ja tuotannon siirtomaksut ovat kohtuullisia. Sähköverkkoon syötetyn sähkön arvo voi olla vain puolet itse kulutetun sähkön arvoon verrattuna, koska itse kulutettu sähkö vähentää myös kulutuksen siirtomaksuja. Lannoitemyynnillä voidaan saada myös joissain tapauksissa lisätuloja. Lannan luovutukselle ja pellolle levitettävän reaktorijäännöksen kelpoisuudelle on kuitenkin asetettu varsin tiukkoja rajoituksia.

Mikäli maatilan biokaasun tuotanto ylittää selvästi maatilan oman tarpeen, saattaa jalostus liikennepolttoaineeksi olla joissain tapauksissa kannattavampaa kuin sähkön tuotanto

sähköverkkoon, sillä liikennepolttoaineen arvo on selvästi korkeampi kuin verkkoon syötetyn sähkön arvo. Tällä hetkellä merkittävimpana rajoitteena on biokaasun kysynnän puute, sillä kaasuautojen määrä ei lisääntynyt merkittävästi ennen kuin kattava tankkausinfrastruktuuri on olemassa. Toisena rajoittavana tekijänä on tankkausaseman investointikustannukset. Alustavien arvioiden mukaan tankkausasemaan tehtävien investointien takaisinmaksuajat voivat olla suotuisissa oloissa noin 5 vuotta.

Usean tilan yhteislaitoksen tuottaman biokaasun hyödyntämisvaihtoehtoja on useita eikä tuotantosuunnalla ole juurikaan merkitystä ratkaisun kannattavuuteen. Ratkaisun kannattavuus riippuu valitusta biokaasun hyödyntämistavasta sekä porttimaksuista saaduista lisätuloista. Yksinkertaisin tapa hyödyntää tuotettua biokaasua on sen myynti energiayhtiön tai suuren loppukäyttäjän polttoaineeksi sellaisenaan. Tällöin ei tarvitse tehdä suuria investointeja sähkön ja lämmön tuotantolaitteisiin, mutta toisaalta biokaasusta saatava hinta on selvästi alhaisempi kuin sähkön ja lämmön arvo. Lisäksi sopivan ostajan puuttuminen on usein tämän vaihtoehdon esteenä; kuten myös biokaasulle mahdollisesti esitettävät puhtausvaatimukset. Toisena vaihtoehtona on liikennepolttoaineeksi jalostaminen sekä investointi tankkausasemaan. Tällöin tuotteesta saadaan huomattavasti parempi hinta. Ongelmana on tällä hetkellä lähinnä kysynnän puute. Kolmantena vaihtoehtona on sähkön ja lämmön yhteistuotanto – mielellään paikallisen, samassa sähköliittymässä olevan, kuluttajan tarpeisiin, jolloin sähkön arvo on suurempi kuin sähköverkkoon myytessä. Mikäli paikallista sähkön ja lämmön käyttäjää ei ole, täytyy sähkö myydä siinä tapauksessa sähköverkkoon, jolloin kannattavuus heikkenee selvästi. Lämmönkin myynti onnistuu vain, jos lähistöllä on joko suuria lämmön kuluttajia tai alue/kaukolämpöverkko, johon lämmön tuotanto voidaan myydä.

6.2 Kannattavuuslaskelmien johtopäätökset

Selvityksessä on tehty useita kannattavuuslaskelmia herkkyytarkasteluineen huomioimalla sekä laitoksen vaatimat investoinnit kokonaisuudessaan että vuotuiset tulot ja kustannukset. Laskelmien tulosten perusteella voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset:

- Maatilakohtaisen laitoksen pitää olla riittävän suuri, jotta laitoksella voidaan hyödyntää koeteltua kaupallista tekniikkaa sähkön ja lämmön yhteistuotantoon. Mikäli laitoksella käsitellään ainoastaan oman tilan raaka-ainetta, maitotilalle minimikooksi saadaan noin 140 nautayksikköä, mikä vastaa tyypillisesti noin 100 lypsävän tilaa. Lihasikalalle vastaava minimikoko on noin 1000 lihasian tila ja broilerikanalalle noin 60 000 broilerin tila.
 - Mikäli maatilalla käsitellään myös ulkopuolista raaka-ainetta tai oman tilan kasviperäistä biomassaa, voi tilan koko olla edellä mainittua pienempikin. Tällöin biokaasun kokonaistuotannon pitää kuitenkin suurin piirtein vastata edellä mainittujen tilojen lannantuotannosta saatavaa biokaasun tuotantoa.
 - Mikäli sähkön ja lämmön yhteistuotannon sijasta biokaasu hyödynnetään vain lämmön tuotantoon ei energian tuotantotekniikka aseta rajoitteita tilan koolle. Kannattavuuden edellytykset pienillä maatiloilla eivät ole kuitenkaan ole niin suotuisat kuin suurilla tiloilla.

- Biokaasun maatilatuotannon tärkein kustannuskomponentti on investoinnit laitteisiin. Toistaiseksi alan liiketoiminnan ollessa vähäistä ja ratkaisujen ollessa yksittäistapauksia järjestelmien kokonaisinvestoinneille ei ole muodostunut vakiintunutta hintatasoa, mikä vaikeuttaa yleispätevien kannattavuusarvioiden tekemistä. Tämän vuoksi käytännössä kukin tapaus on syytä arvioida erikseen perustuen todellisiin tarjouksiin. Tarjousten vertailussa on lisäksi huomioitava, että ns. ”avaimet käteen” -tarjousten sisältö, laajuus ja ehdot saattavat poiketa merkittävästikin eri tarjoajien kesken.
- Maatilakohtaisen ratkaisun investointi- ja käyttökustannuksiin vaikuttaa merkittävästi, kuinka suuri osa rakennus-, asennus- ja käyttötoiminnoista tehdään itse. Omalla työllä voidaan alentaa merkittävästi kustannuksia ja näin parantaa laitoksen kannattavuutta.
- Biokaasun maatilatuotannossa on lukuisia erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja, joiden kannattavuuden arviointi on aina syytä tehdä tapauskohtaisesti. Useat lasketuista esimerkeistä osoittivat, että 20 % investointiavustuksella ja 4 % korkokannalla voidaan useinkin saavuttaa riittävä kannattavuus, kunhan tilakoko on riittävän suuri ja paikalliselle energiantuotannolle on käyttöä.
- Sähkön tuotanto omaan käyttöön muodosta kannattavuuden selkärangan, sillä tällöin sähköenergian oston lisäksi vältetään myös sähkön kulutuksen siirtomaksuja. Sähkön myynnistä saatavat tulot, etenkin tilakohtaisissa ratkaisuissa, jäävät suhteellisen pieniksi, kun otetaan huomioon verkkoon liittymisestä aiheutuvat kustannukset sekä sähkön tuotannon siirtomaksut.
- Lämmöntuotannolla ja sen paikallisella hyödyntämisellä on suuri merkitys erityisesti jos korvataan kallista öljylämmitystä; puulämmityksen tapauksessa merkitys on selvästi vähäisempää.
- Maatilakohtaisissa ratkaisuissa olisi suotavinta, jos sähkön ja lämmön tuotanto vastaisi karkeasti tilan omaa sähkön ja lämmön kulutusta. Tässä mielessä sikatilat ovat yleensä nauttiloja parempia. On kuitenkin huomattava, että tilakohtaiset energiankulutuserot saattavat olla erittäin suuria, minkä vuoksi laitos vaatii aina tapauskohtaisen suunnittelun.
- Ulkopuolisen raaka-aineen vastaanottamisella ja porttimaksuilla voidaan parantaa kannattavuutta merkittävästi. Sivutuoteasetus asettaa kuitenkin omat rajoitteensa eri raaka-aineille, etenkin jos reaktorituotteena syntyvää lantaa halutaan myydä oman tilan tai usean tilan yhteislaitoksen ulkopuolelle. Lannoitemyynnillä voidaan myös joissain tapauksissa parantaa laitoksen kannattavuutta, vaikka on huomattava, että lannoitteen kysyntä on varsin tapauskohtaista.
- Usean tilan yhteislaitosten kannattavuuden kannalta on erittäin tärkeää, että laitoksen sähkön ja lämmöntuotanto voidaan hyödyntää paikallisesti. Myös ulkopuolisesta raaka-aineesta saadut porttimaksut ovat tärkeitä.
- Biokaasun jalostaminen liikennepolttoaineeksi on kiinnostava vaihtoehto sekä tiloilla, joissa biokaasun tuotanto ylittää selvästi oman tarpeen että usean tilan yhteislaitoksissa, joissa ei ole paikallista sähkön ja lämmön tarvetta. Liikennepolttoaineeksi jalostamisen suurimpana esteenä on tällä hetkellä biokaasupolttoaineen kysynnän puute.

- Nykyisin pienet biokaasulaitokset eivät voi saada suoraa rahallista hyötyä kasvihuonekaasupäästöjen vähenemisestä. Mikäli laitosten avulla aikaansaatu kasvihuonekaasupäästöjen vähenemä arvostettaisiin markkinahintaan, olisi kyseessä laitoksen kannattavuuden kannalta varsin merkittävästä rahallisesta summasta.