

Biokaasuprosessi

-raaka-aineet, tuottokyky, käsittely,
prosessi

Maakunnallinen biokaasuseminaari, Frami, Seinäjoki 27.3.2007

FM Teija Paavola
Jyväskylän yliopisto
Bio- ja ympäristötieteiden laitos



Sisältö

- Taustaa
- Yleistä anaerobisesta käsittelystä
- Raaka-aineet
- Biokaasuntuottopotentiaali
- Prosessiteknologia
- Lopputuotteiden hyödyntäminen

EU:n asettamia tavoitteita

- Tavoitteet v. 2010 mennessä
 - Uusiutuvien energianlähteiden osuuden kaksinkertaistaminen (6 % → 12 %) yhteisön primäärienergiankulutuksesta
 - Biokaasulla tuotetun energian määrä 15 Mtoe
 - Biopolttoaineiden osuus kaikista liikenteen polttoaineista 5,75 %

Tavoitteiden taustalla

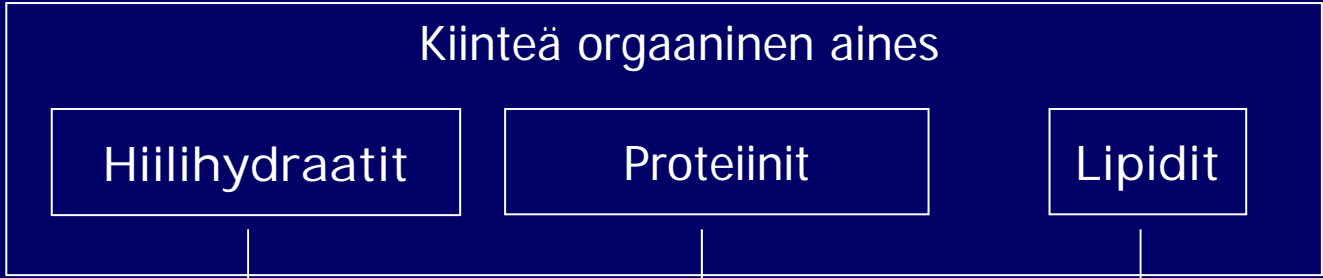
- Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen
- Kotimaisen energiantuotannon edistäminen
- Energiantuotannon omavaraisuusasteen nostaminen
- Kestävän kehityksen edistäminen

Biokaasu

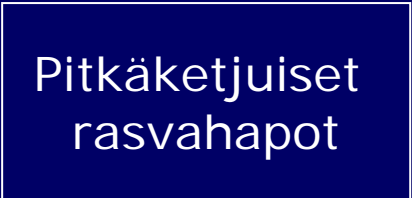
- Muodostuu mikrobien hajottaessa orgaanista ainesta hapettomissa olosuhteissa
- Tuotantoon voidaan käyttää lähes kaikkea orgaanista ainesta
- 60-75 % metaania
25-40 % hiilidioksidia
muut (rikkivety, ammoniakki, vety, häkä...)
- Lämpöä, sähköä, mekaanista energiaa ja liikennepolttoainetta

Anaerobinen hajoaminen

- Monivaiheinen prosessi, jonka eri vaiheista vastuussa eri mikrobiryhmät
- Päävaiheet:
 - Hydrolyysi
 - Happokäyminen, asidogeneesi
 - Etikkahaponmuodostus, asetogeneesi
 - Metaanintuotto, metanogeneesi
- Hajotuksen hitain vaihe määrittää koko prosessin etenemisnopeuden

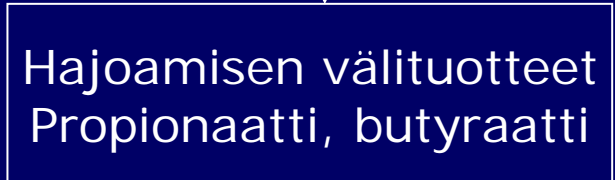


Hydrolyysi



Happokäyminen, asidogeneesi

Ammoniakki



Etikkahaponmuodostus, asetogeneesi



Asetiklastinen metanogeneesi

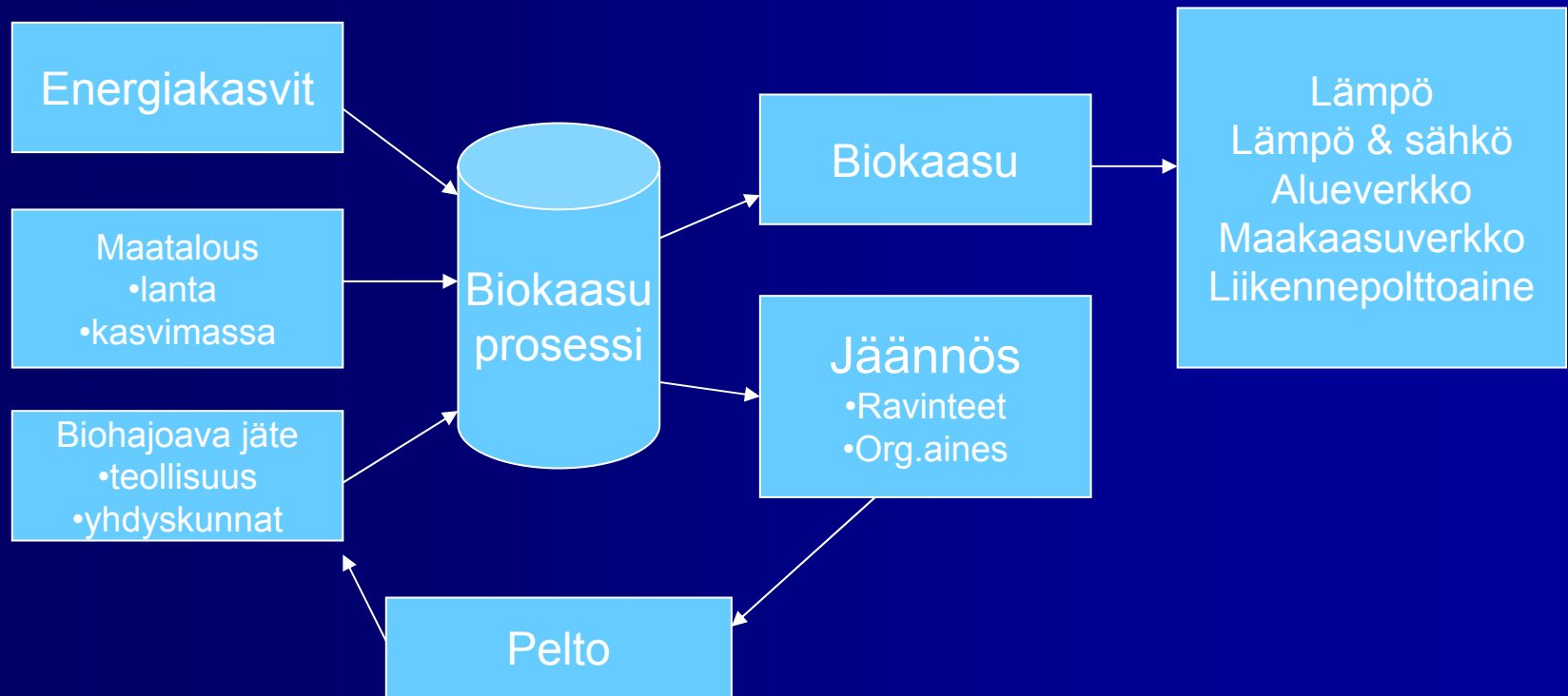
70 %



30 %

Hydrogenotrofinen metanogeneesi

Maatilakohtainen biokaasuprosessi

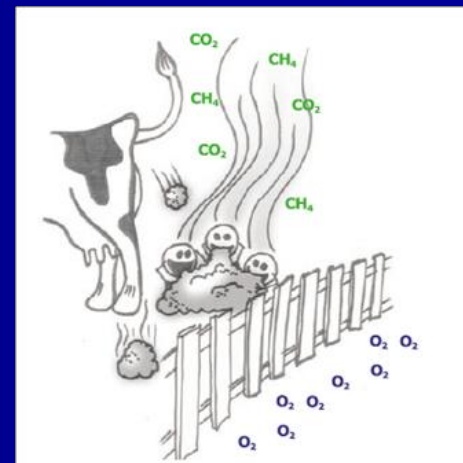


Biokaasuprosessin vaiheet

- Materiaalien vastaanotto ja varastointi
- Mahdolliset esikäsittelyt (murskaus, hygienisointi)
- Varsinainen reaktorikäsittely
- Jälkikäsittelyt
 - Jälkikaasuuntumisvarasto (10-15 % kokonaiskaasuntuotosta)
 - Neste-kiinteä -erottelu (fosfori kiinteään ja typpi nestejakeeseen)
- Lopputuotteen käyttö
- Biokaasun käsittely (pesu, kuivaus, puhdistus, paineistus)

Biokaasun raaka-aineet

- Tilalla syntyvät materiaalit:
 - Eläintuotannon jätteet
 - Lannankäsittelyn kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen
 - Peltobiomassat
 - Energiakasvit
 - Kasvintuotannon sivutuotteet ja jätteet
- Tilan ulkopuolelta tuotavat materiaalit:
 - Yhdyskuntien biojäte
 - Sakokaivo- ja puhdistamolietteet
 - Teollisuuden biohajoavat jätteet



Eri materiaalien metaanintuottopotentiaali

Materiaali	Metaanintuottopotentiaali	
	m ³ CH ₄ /t-org. ainetta	m ³ CH ₄ /tonni (märkäpaino)
Teurastamojäte	570	150
Biojäte	500-600	100-150
Peltobiomassat	300-500	30-150
Puhdistamoliete	200-400	5-12
Sianlanta	300-400	17-22
Lehmänlanta	100-250	7-14

1 m³ metaania ~ 1 l kevyttä polttoöljyä ~ 10 kWh

Lisämateriaalin valinta

- Saatavuus
- Kilpailukykyinen porttimaksu
- Lisäenergia
- Varastoitavuus energian maksimihinnan hyödyntämisaikajankohtaan
- Prosessiongelmien
- Lopputuotteen laatu
- Levityspinta-alan tarve

Yhteiskäsittely (1)

- Kahden tai useamman materiaalin käsittely samassa reaktorissa
 - Puhdistamolietemädättämöt
 - Usein ylimitoitettuja
 - Lisämateriaaleja → enemmän biokaasua
 - Maatilakohtaiset biokaasulaitokset
 - Biokaasuntuotanto yksinään lannasta ei välttämättä taloudellisesti kannattavaa
 - Lisämateriaaleja → enemmän biokaasua ja tuloja porttimaksujen kautta

Yhteiskäsittely (2)

- Lanta on hyvä perusmateriaali yhteiskäsittelyssä, koska
 - Se sisältää suurimman osan mikrobien tarvitsemista ravinteista
 - Sillä on korkea puskurikapasiteetti
 - Estää pH:n vaihtelut
 - Sillä on korkea vesipitoisuus
 - Mahdollistaa korkean metaanintuottopotentiaalilin omaavien kuivempien materiaalien käsittelyn täyssekoitteisessa prosessissa
 - Sitä on usein saatavilla suuria määriä ja jatkuvasti

Yhteiskäsittelyn etuja

- Vakaa ja varma prosessin toiminta
 - Ravinnekoostumuksen tasapainottuminen
- Lopputuotteen lannoitevaikutus (ravinnekierto)
- Korkea ja tasainen biokaasuntuotto ympäri vuoden
- "Hankalien" materiaalien käsittely laimentamalla lannan kanssa

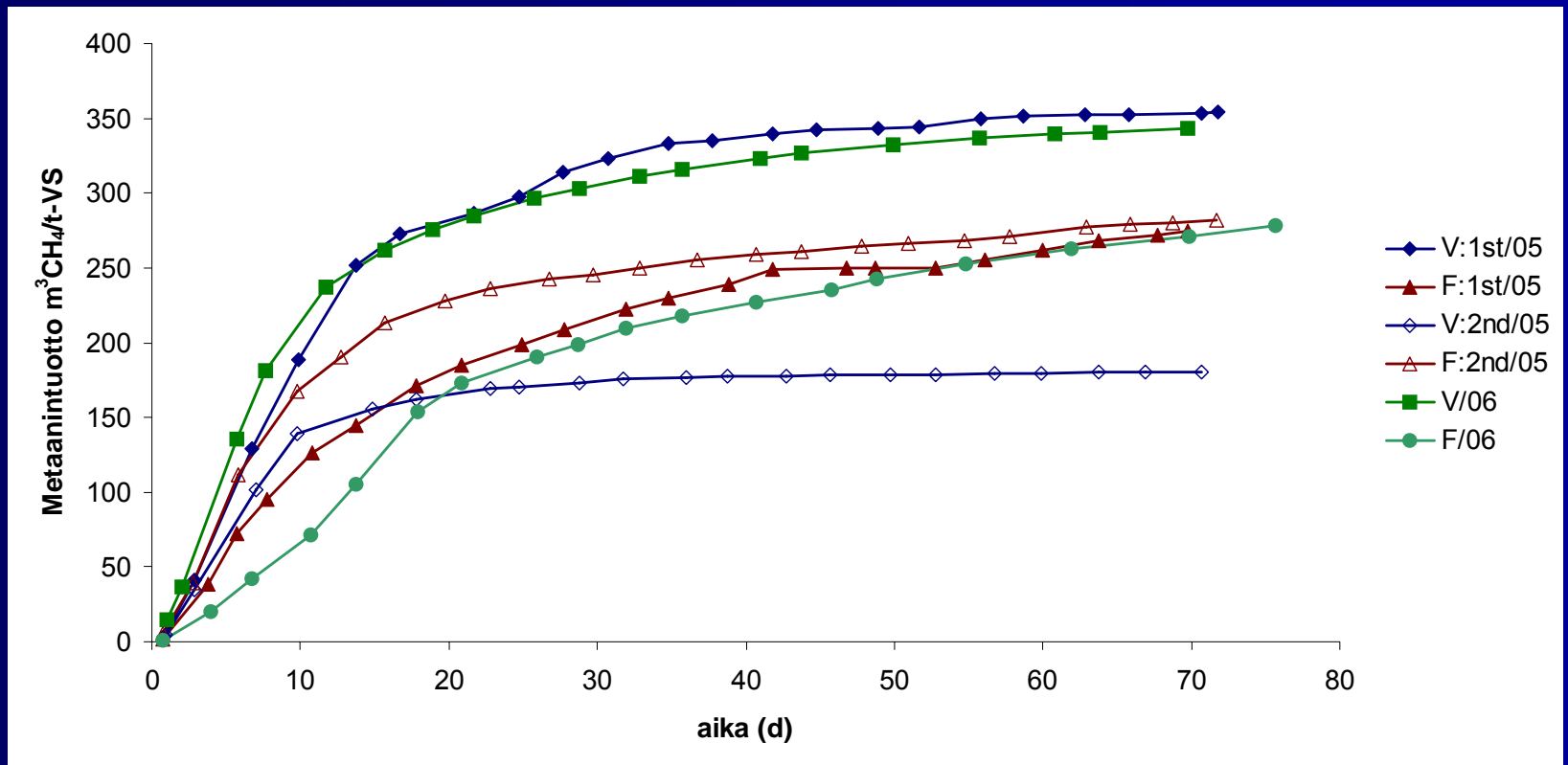
Peltobiomassat

- Energiakasvit
 - Erityisesti energiantuotantoa varten viljeltyt kasvit
- Kasvintuotannon jätteet
- Kotimainen, uusiutuva, kasvihuonekaasuneutraali energiamuoto
- Maatalouden ylituotanto-ongelmat EU:ssa
→ Peltojen vapautuminen energiakasvien viljelyyn

Kasvien metaanintuottoon vaikuttavia tekijöitä

- Korjuuajankohta
- Esikäsittely
 - Riittävä partikkelikoon pienennys
 - Muut käsittelyt: emäskäsittely (lipeä, NaOH), happokäsittely
- Varastointi
 - Energiasisällön ja ravinteiden mahdollisimman tehokas säilyminen varastoinnin aikana
 - Ei kuivausta
 - Säilörehuntekoon perustuvat menetelmät
- Lannoitus, kasvuolosuhteet
- Jalostustyö

Kasvu- ja kukintavaiheessa korjatun ruokohelven metaanintuottopotentiali



Laskennallisia metaani- ja bruttoenergiansaantoja

Kasvi	Sato (t _{ka} /ha)	Metaanisaanto (m ³ CH ₄ /ha)	Bruttoenergia- saanto (MWh/ha)
Timoteinurmi	8-11	2900-4000	28-38
Ruokohelpi	9-15	3800-4200	37-41
Maa-artisokka	9-16	3100-5400	30-53
Sokerijuurikas (juurikas+naatit)	13-17	5200-6800	50-66
Sokerijuurikas (pelkät naatit)	3-5	900-1500	8-14
Hamppu	12-13	3200-3500	31-34
Olki	2	600	6

1 m³ metaania ~ 1 l kevyttä polttoöljyä ~ 10 kWh

Lähde: Lehtomäki, A. 2006, Paavola, T. 2007

Prosessiteknologia

- Märkä- vs. kuivaprosessit
- Termofiilinen vs. mesofiilinen
- Panostyyppiset vs. jatkuvatoimiset prosessit
- Yksi- vs. monivaiheiset prosessit

Märkäprosessit

- Perinteinen biokaasuteknologia
- Suunniteltu materiaaleille, joilla alhainen kuiva-ainepitoisuus (esim. lietteet)
 - Täyssekoitteiset lietereaktorit
(CSTR = completely stirred tank reactor)
 - Kuiva-ainepitoisuus 10-13 %
 - Syöttö pumpattavissa, reaktorin sisältö mekaanisesti sekoitettavissa

Pilot-reaktori,
Jyväskylän yliopisto
Täyssekoitteinen
lietereaktori



Kuva: Annimari Lehtomäki

Kuivaprosessit

- Kuiva-ainepitoisuus 20-40 %
- Usein panosperiaatteella toimivia
- Vähemmän energiaa lämmitykseen ja pumppaukseen
- Korkeampi metaanintuotto reaktoritilavuutta kohti
 - Pienemmät reaktorirakenteet
- Vähemmän käsiteltyä materiaalia



Kuvat: Annimari Lehtomäki

Meso- vs. termofiilinen

- Termofiilinen prosessi (~55 °C)
 - Käsiteltävän jätteen nopea hajoaminen
 - Korkeampi kuormitus
 - Pienemmät reaktorirakenteet
 - Tehokkaampi hygienisoituminen
 - Herkempi lämpötilan ja pH:n muutoksille sekä inhibitiolle
- Mesofiilinen prosessi (~35 °C)
 - Vakaa toiminta
 - Alhaisempi lämmitystarve
 - Lopputuotteen hygienia?

Lopputuotteen laatu (1)

- Ravinnetasapaino paranee
 - Liukoisen typen osuus kasvaa
 - Ammoniumtyppi suoraan kasvien käytettävissä
 - Hiili/typpi-suhde laskee
 - Muut lannoitevaikutukseltaan tärkeät aineet talteen → eivät muutu käsittelyn aikana
 - Kalium, fosfori, kalsium, magnesium, mikroravinteet
- Maaperän humuspitoisuus nousee
 - Ei köyhdytä maaperää
- Mineraalilannoitteiden tarve laskee

Lopputuotteen laatu (2)

- Kuiva-ainepitoisuus pienenee ja viskositeetti nousee
→ lopputuote tasalaatuisempaa ja juoksevampaa
 - Materiaalit imeytyvät maahan nopeammin → typen haihtuminen vähenee ja hajut katoavat nopeasti levityksen jälkeen
- Käsittely hygienisoi materiaaleja, hajottaa rikkaruohonsiemeniä ja tuholaisia
- Vähentää lannan fytotoksisten yhdisteiden määrää
- Hajottaa joitakin orgaanisia haitta-aineita, kuten fenoleita
- Ammoniakin haihtumispotentiaali suurempi käsittelemättömiin verrattuna
 - Eritystä huomiota varastointiin ja levittämiseen
→ injektointilevitys

Mikrobit anaerobiprosessissa

- Perinteinen varastointi:
 - Vähenemä n. $1 \log_{10}$ (90 %)
 - Salmonella säilyy ainakin vuoden (5 °C)
- Mesofiilinen käsittely:
 - Keskimääräinen vähenemä $2 \log_{10}$ (99 %)
 - Salmonella säilyy useita viikkoja
 - Lannan ja jätteiden yhteiskäsittely: hygieniaindikaattorit lopputuotteessa $<50 - 100\ 000$ pmy/g (jäte hygienisoitu, lanta ei)
- Termofiilinen käsittely:
 - *Salmonella* spp. tuhoutuu täysin (todennäköisesti <6 tunnissa)
 - Indikaattoribakteeripitoisuudet <50 pmy/g
- Hygienisointi (70 °C):
 - Tuhoutuminen alle 10 minuutissa

Biokaasuprosessin etuja

- Suljettu ja hallittu systeemi
 - Alhaiset ympäristöpäästöt
- Kypsää teknologiaa
- Metaani arvokasta polttoainetta
- Energiantuotannon hyötysuhde hyvä
- Joustava energiantuotantomuoto:
 - Substraatiksi kelpaa lähes kaikki orgaaninen aines, ei kuivaustarvetta
 - Laitoksia eri kokoluokkiin

Maatalouden biokaasuntuotannon etuja

- Hajautettua maatilakohtaista energiantuotantoa lähellä tuotantoalueita
- Kesantomaiden sekä ylituotantona ja vuoroviljelyssä syntyvän kasvibiomassan hyödyntäminen
- Monipuolinen tuotantorakenne
- Työllistävä vaikutus
- Mahdollisuus vähentää maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä

Biokaasupotentiaali Suomessa

- Jätteen vuotuinen biokaasupotentiaali 14 TWh
 - vastaa n. 700 000 henkilöauton vuotuista polttoaineen kulutusta
 - Tästä 4 TWh eläinten lannasta, 7 TWh maatalouden kasvijätteistä
- Energiakasvien biokaasupotentiaali 20-40 MWh/ha, vastaa 1-2 henkilöauton vuotuista polttoaineen kulutusta
- N. 500 000 ha (n. 20 %) nykyisestä peltopinta-alasta voitaisiin ohjata energiantuotantoon
- Rehuntuotannon toinen sato 50 000 – 100 000 ha

Biokaasun tuotanto Suomessa v. 2005

■ Biokaasulaitokset

- Jätevedenpuhdistamot 15
- Keskitetyt jätteenkäsittelylaitokset 3
- Maatilakohtaiset 6
- Teollisuuden jätevesiä käsittelevät anaerobilaitokset 3
- 26,5 milj. m³ biokaasua – energiasisältö n. 150 GWh
 - Tästä hyödynnettiin energiana 84 %

■ Kaatopaikkakaasun keräys

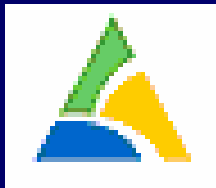
- Kaatopaikat 33
- 118,4 milj. m³ – energiasisältö n. 570 GWh
 - Tästä hyödynnettiin energiana 53 %

Biokaasun tuotanto Saksassa

- Noin 3500 maatilamittakaavan laitosta (v. 2006)
- 650 MW_{el}, vastaa 1 % kaikesta sähköntuotannosta
- Noin 80 % laitoksista käyttää energiakasveja
- Biokaasulla tuotetun sähkön myyntihinta enimmillään 21 eurosenttiä / kWh
 - Tästä 4-6 senttiä saa jos käyttää energiakasveja, 2 senttiä jos käytössä uutta teknologiaa (kuivaprosessit)

Kiitos mielenkiinnosta!

teija.paavola@jyu.fi



Maa- ja metsätalousministeriö
(projekti 1641/501/2004)



EU 6th Framework Programme
(Cropgen, project SES6-CT-2004-502824)



Jyväskylän yliopisto