

Prosessoimalla lannasta ja muusta eloperäisestä materiaalista biokaasua ja ravinnetuotteita markkinoille

Sari Luostarinen

WP6 vetäjä, Baltic MANURE

Erikoistutkija, FT

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT

Baltic MANURE-hanke tekee lannasta liiketoimintaa

- Baltic MANURE-hanke (2010-2013) pyrkii muuttamaan käsityksen lannasta: LANTA EI OLE JÄTE, VAAN TÄRKEÄ RESURSSI, JOKA ON HYÖDYNNETTÄVÄ TEHOKKAAMMIN
 - Samalla luodaan uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja vähennetään maatalouden vaikutuksia Itämereen ja muuhun ympäristöön
- WP6 tarkastelee lannan energiakäyttöä
 - Fokus biokaasussa, mutta myös poltto ja terminen kaasutus
 - Yhteistyössä muiden työpakettien kanssa tarkastellaan myös lannan energiakäytön vaikutuksia ravinteiden uudelleenkäyttöön sekä lannan käsittelyn elinkaariin ympäristövaikutuksiin
- Hanketta vetää MTT, partnereita kaikkiaan 18 kahdeksasta Itämeren maasta

Miksi prosessoida?

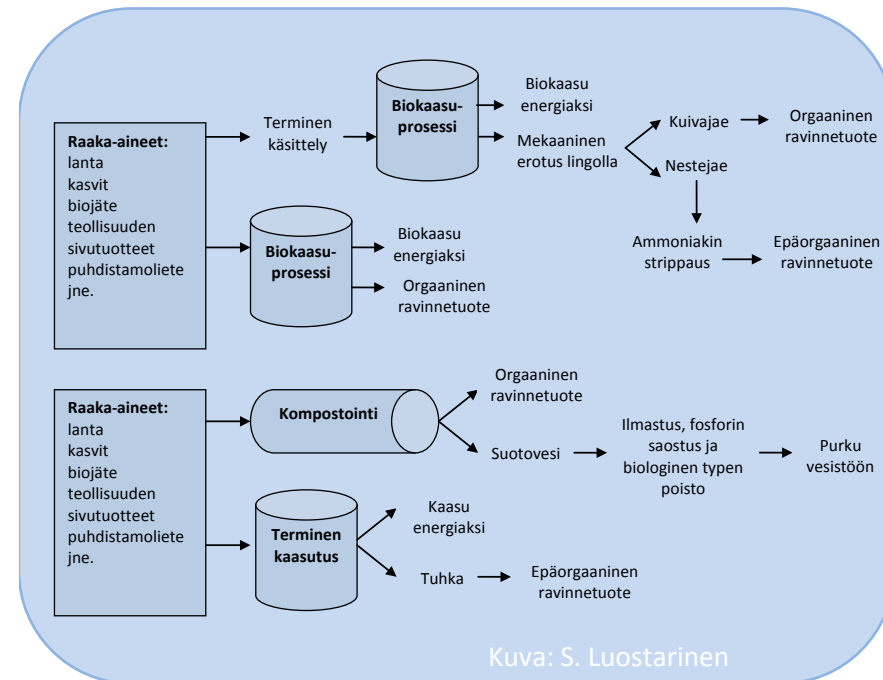
- Hiili ja ravinteet merkittävä...
 - Potentiaalinen ympäristökuormittaja
 - Mm. kasviuonekaasu- ja ammoniakkipäästöt, ravinnevalumat
 - Resurssi
 - Orgaaninen aine: energiasisältö ja maaperän kunnon ylläpito
 - Ravinteiden kierto väkilannoitetuotannon sijaan
 - Fosfori uusiutumaton, typen tuotanto energiantensiivistä ja kasviuonekaasulähde
- Ympäristökuormitus hallittavissa ja resurssi otettavissa käyttöön ympäristöteknologisilla prosesseilla
 - Soveltuvat materiaalit
 - Maataloudesta: lanta, kasvibiomassat
 - Yhdyskunnista: puhdistamoliete, biojäte
 - Teollisuudesta: puhdistamoliete, moninaiset jätteet ja sivutuotteet

Prosessointiteknologiat (1)

Lukuisia erilaisia ympäristöteknologian prosesseja, joilla erilaiset käyttökohteet

– Soveltuvin prosessi tai prosessiketju valittava tapauskohtaisesti

- Käytettävissä olevat materiaalit
- Hinta (investointi- ja käyttökulut, tulot, säästöt)
- Työmäärä, erikoisosaaminen
- Mittakaava
- Tavoitteet
- Tuotteiden hyödynnettävyys ja markkinat
- Energia- ja ravinnetaset
- Ympäristöpäästöt ja kokonaiskestävyys



Prosessointiteknologiat (2)

- Katsaus lannan ja muiden eloperäisten materiaalien prosessointiin julkaistu osana HYÖTYLANTA-tutkimusohjelmaa:
 - Saatavissa sähköisenä: <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti27>

Ympäristötekniikan prosessi	Prosessoinnin tavoite/tavoitteet
Biologiset prosessit	
Biokaasuteknologia	Biokaasun (energian) tuotanto, materiaalin hallittu stabilointi, liukoisen typen määrän lisääminen (ammonifikaatio), lannoitevalmisteet
Kompostointi	Materiaalin hallittu stabilointi, lannoitevalmisteet
Ilmastus	Orgaanisen aineen poisto
Nitrifikaatio-denitrifikaatio	Typen poisto jäte- ja rejektivesistä
Vaihtoehtoiset typenpoistoprosessit	Typen poisto jäte- ja rejektivesistä
Biologinen fosforin poisto	Fosforin poisto jäte- ja rejektivesistä
Kemialliset prosessit	
Termokemiallinen käsittely	Hygienisointi/sterilointi, materiaalin hajoavuuden lisääminen (esikäsittely)
Terminen kaasutus	Energiantuotto, materiaalin määrän vähentäminen, lannoitevalmisteet
Fosforin ja kiintoaineen saostus ja/tai kiteytys	Fosforin ja kiintoaineen poisto ja/tai talteenotto väkevöinnillä eri jakeeseen
Fysikaaliset prosessit	
Terminen käsittely	Hygienisointi/sterilointi, materiaalin hajoavuuden lisääminen (esikäsittely)
Erotusprosessit	Materiaalin erottelu kuiva- ja nestejakeeseen
Ammoniakin strippaus	Typen poisto ja/tai talteenotto väkevöimällä eri jakeeseen
Kalvotekniikat	Orgaanisen aineen ja ravinteiden poisto ja/tai talteenotto eri jakeisiin
Ultraääni	Materiaalin hajoavuuden lisääminen (esikäsittely), hygienisointi

Lietelannan jakeistus

- Tavoite esim. kiintoaineen erotus, ravinnesuhteiden muuttaminen, biokaasuprosessiin kuljetettavan jakeen erotus
- Erilaisia menetelmiä tarjolla, valinta tehtävä toivotun lopputuloksen mukaan, esim.
 - Lingolla tehokas kiintoaineen ja fosforin erotus
 - Ruuvikuivaimilla ja seulaerottimilla tehokas kiintoaineen erotus, mutta ei niinkään fosforin
 - Lisäaineiden käyttö lannan käsittelyssä ei suotavaa (polymeerit)
- Kuivajakeen biokaasukäyttöä varten mahdollisimman tehokas kiintoaineen erotus tarpeen
 - Silti nestejakeeseen jää merkittävästi metaanipotentialia
 - Huomioitava myös, että jäännöksestä tulee fosforipainotteinen

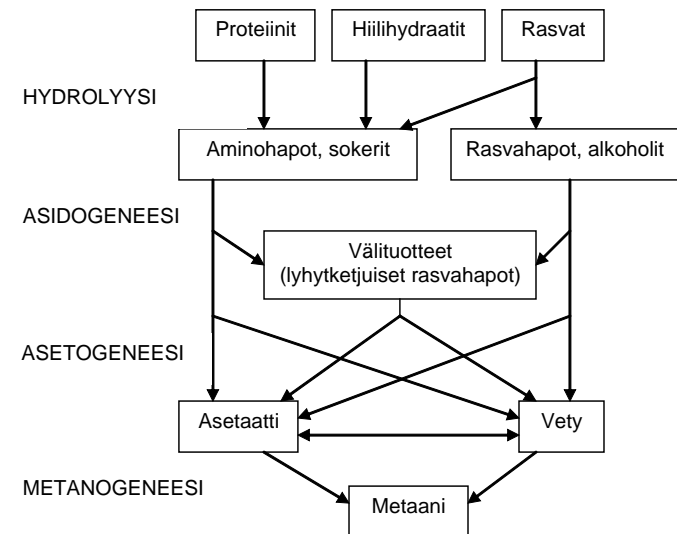
Biokaasuteknologia

- Eloperäisen materiaalin mikrobiologinen hajotus
- Perustana hapeton eli anaerobinen mikrobiologinen toiminta
- Lopputuotteina
 - Metaania sisältävä biokaasu (50-70 % CH₄)
 - Ravinnerikas käsittelyjäännös

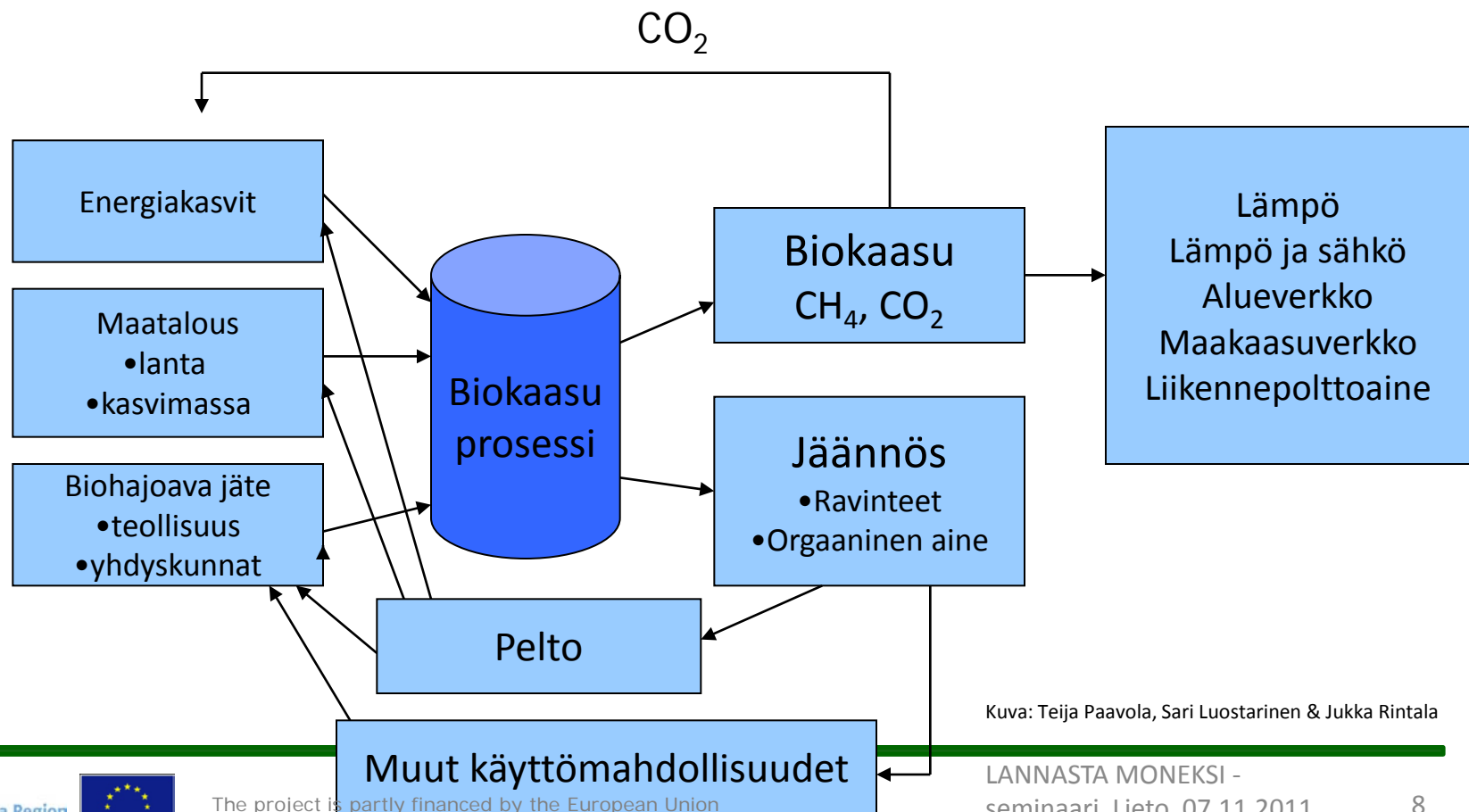


Kuvat: S. Luostarinen

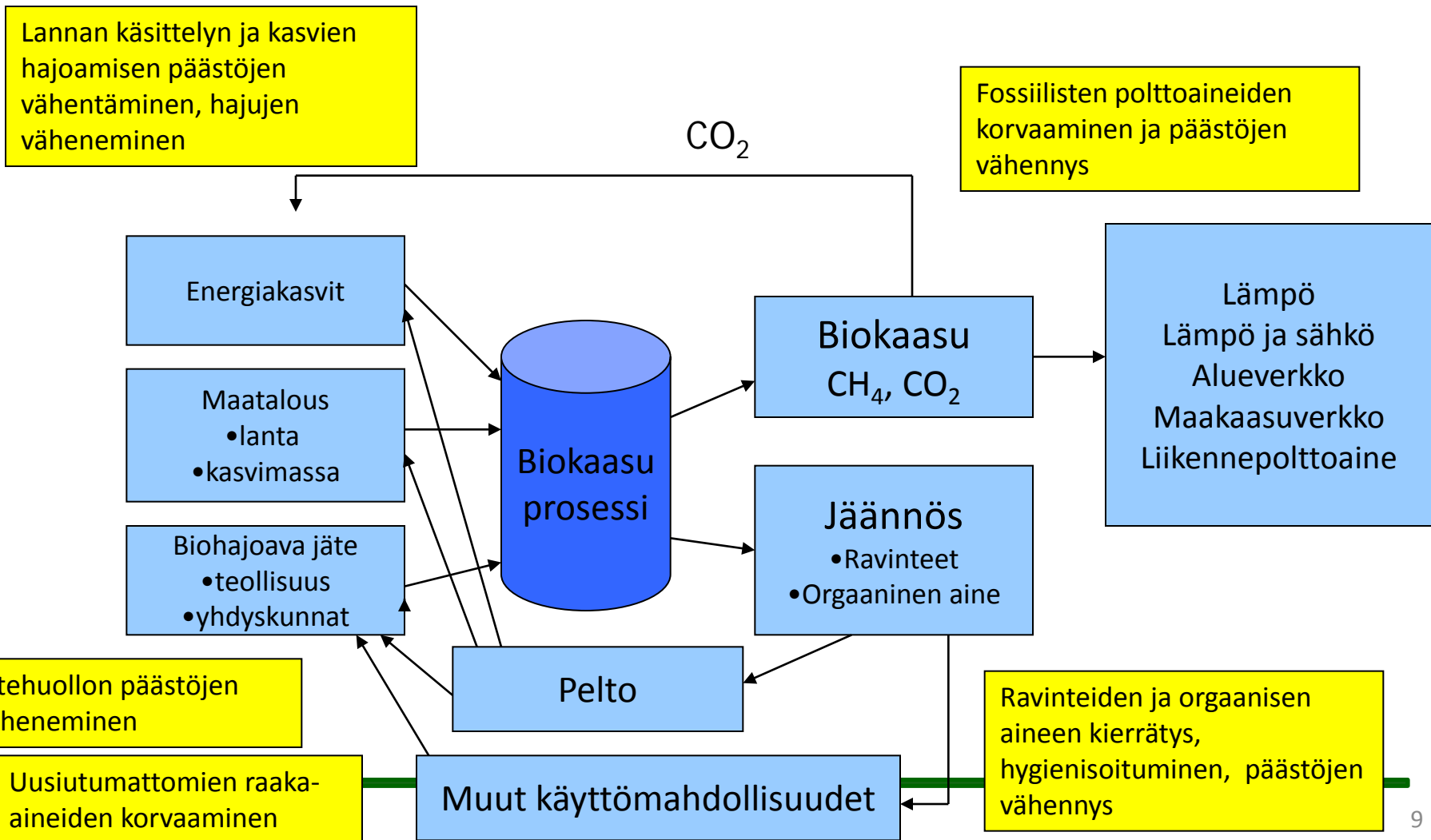
Eloperäinen materiaali



Biokaasuprosessi



Kuva: Teija Paavola, Sari Luostarinen & Jukka Rintala



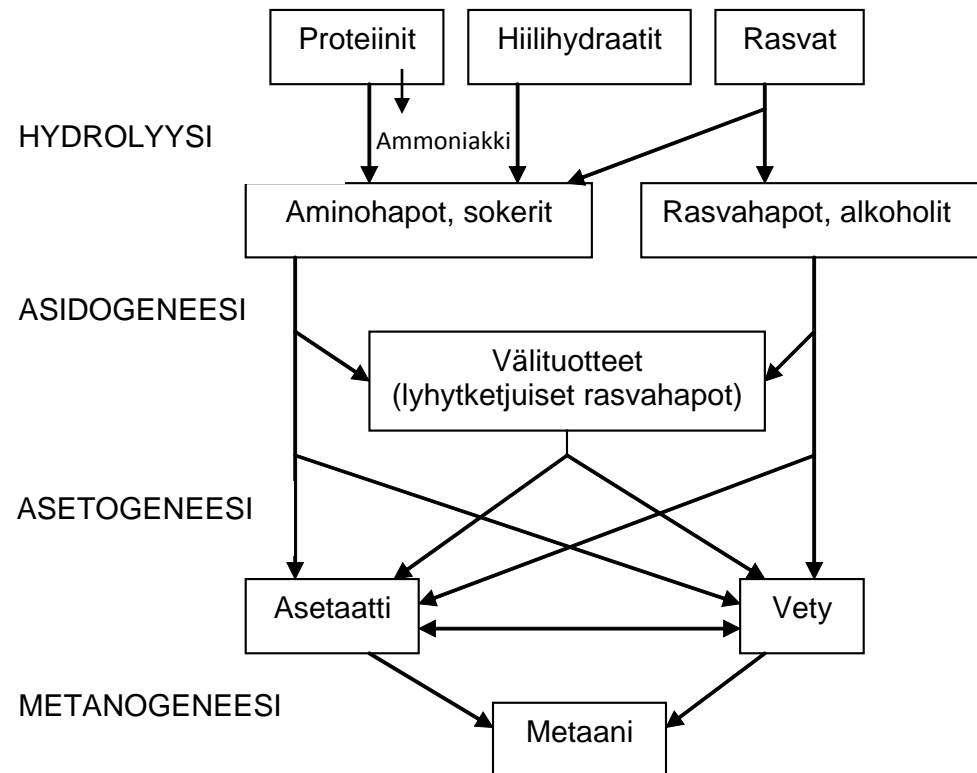
Anaerobinen hajoaminen

Mikrobien erittämät entsyymit pilkkovat orgaanisia yhdisteitä pienemmiksi, liukoisiksi osikseen
Usein kiinteän materiaalin hajoamista rajoittava vaihe

Haponmuodostajabakteerit hajottavat liukoisia yhdisteitä lähinnä rasvahapoiksi, alkoholeiksi, vedyksi ja hiilidioksidiksi; yleensä nopea hajoamisen vaihe; inhibitorisriski (rasvahapot, H_2S , NH_3)

Asetogeenit muodostavat asestaattia (etikkahappoa) joko rasvahapoista ja alkoholeista tai vedystä ja CO_2 :sta; tuottavat myös vetyä; inhibitorisriski (H_2)

Metanogeenit tuottavat metaania pääosin asestaatista, mutta myös vedystä ja hiilidioksidista



Biokaasuprosessiin vaikuttavat tekijät

- Lämpötila
 - Vaikutus mm. yhdisteiden liukoisuuteen, viskositeettiin, ionisoitumiseen, sekoitukseen
 - Mikrobiaktiivisuus kasvaa lämpötilan noustessa
- pH
 - Yleensä 6-8 metaania tuottavien mikrobien pH-optimin mukaan
 - Kaksivaiheisessa prosessissa mahdollista optimoida hydrolyysi ja metanogeneesi erikseen
- Ravinteet ja kosteus
- Inhibiittorit
 - Syöttömateriaalien mukana (esim. antibiootit, desinfiointiaineet)
 - Hajoamisen välituotteina (typpi, rasvahapot, vety)
 - Estettävissä (laimennus, mikrobien sopeutus, poisto, olosuhteet)

Sekoituksen vaikutukset

- Varmistaa mikrobien ja käsiteltävän massan kosketuksen
- Tasaa prosessilämpötilan
- Pitää käsiteltävän massan tasalaatuisena
- Vapauttaa muodostuvan biokaasun
- Vääränlainen sekoitus voi
 - Estää tasalaatuisen jäännöksen tuoton
 - Heikentää biokaasutuotantoa
 - Aiheuttaa prosessiongelmia, kuten
 - Vaahtoaminen
 - Biokaasutaskut ja massan kohoaminen ja purkautuminen väriin ulostuloihin

Biokaasuprosessit

- Mesofiilinen vs. termofiilinen prosessi
- Kuiva- vs. märkäprosessi
- Panosprosessi vs. jatkuvatoiminen prosessi



Mesofiilinen vai termofiilinen?

Mesofiilinen:

- 35-38 C
- Vakaa prosessi, kestää prosessihäiriöitä
- Alhaisempi energiankulutus (lämmitystarve)

Termofiilinen:

- Yleensä 55 C
- Tehokkaampi hygienisoituminen
- Potentiaalisesti korkeampi metaanintuotto lyhyemmässä ajassa
 - Korkeampi kuormitettavuus, pienempi reaktorikoko
- Käytännössä usein herkempi prosessihäiriöille ja inhibiittoreille
- Korkeampi energiankulutus (lämmitystarve)

Kuiva- vai märkäprosessi?

KUIVA

- Kuiva-ainepitoisuus ~20-40%
- Siirrot ruuvikuljettimilla, hihnoilla tms.
- Sekoittamiseen erityislaitteet
- Kaasunpoisto haastavaa
- Ympin kierrätys
- Gradientteja
 - Eri kohdissa reaktoria erilaisia materiaalipitoisuuksia ja hajoamisen asteita
 - Jälkikäsittelytarve?
- Pieni lämmitystarve

MÄRKÄ

- Kuiva-ainepitoisuus <15%
 - Pumpattavaa
- Osa syöttömateriaalista voi olla kuivaa
- Mekaaninen sekoitus
- Täyssekoitteinen = reaktorin sisältö tasalaatuista
- Oikovirtaus
 - Osa juuri syötetystä materiaalista poistuu
 - Oikealla operoinnilla minimoitavissa
- Jännöksen kuivaus tarpeen mukaan

Panos- vai jatkuvatoiminen prosessi?

PANOS

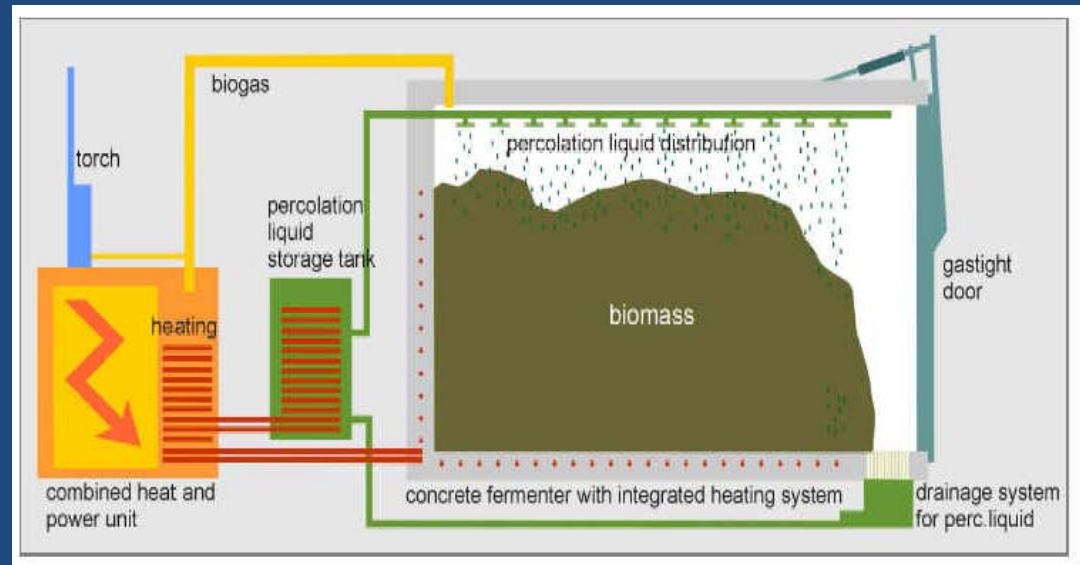
- Biokaasureaktori täyttö > hajoamisvaihe > tyhjennys
 - Täytön yhteydessä uuteen syöttömateriaaliin sekoitetaan jo käsiteltyä jäännöstä bakteeriympiksi
 - Huomioitava prosessin mitoituksessa
- Yleensä useita panoksia eri vaiheissaan yhtä aikaa
 - Metaanintuoton tasaaminen
- Yleensä kuivan materiaalin käsittelyyn
 - Kuivalanta, kasvibiomassa
 - Voi sisältää nesteen kierrätystä hajoamisen edistämiseksi
 - Lisätty neste tai materiaalin hajotessa muodostuva neste
 - Jäännös syöttömateriaalista riippuen liettynyttä: huomioitava käyttökohdetta pohdittaessa

JATKUVATOIMINEN

- Reaktoria syötetään ja sieltä poistetaan käsiteltyä jäännöstä säännöllisesti
 - Bakteeriympästä jostain jo toimivasta prosessista tarvitaan vain prosessin käyttöönotossa
- Erilaisia teknologiaratkaisuja, esim.:
 - Jatkuvasekoitteinen
 - Tulppavirtaus
 - Suotopeti
- Valinta käsiteltävän materiaalin mukaan
 - Jatkuvasekoitteinen lietemäisille, pumpattaville
 - Kuivaa materiaalia voidaan sekoittaa joukkoon
 - Tulppavirtaus / suotopeti kuiville

Kuivapanosprosessi

- ”Autotallimalli” yleisin



www.wagcons.ca/biogas.htm

Jatkuvasekoitteinen reaktori

- Hyvin tunnettu tekniikka
 - Mahdollista rakentaa kaikkiin kokoluokkiin
- Syöttöseoksen kuiva-ainepitoisuus <15 %
- Voidaan käsitellä osin myös kuivaa materiaalia
 - Joko sekoitettuna pumpattavaan materiaaliin esisäiliössä tai suoraan reaktoriin erillisellä syöttölaitteella
 - Kuivan materiaalin syötön määrä riippuu prosessin ja sekoituksen kapasiteetista
- Syöttö ja poisto säännöllisesti
 - Aina hieman ohivirtausta > jälkikaasuallas tarpeen
- Voi olla kaksivaiheinen



Kuva: S. Luostarinen

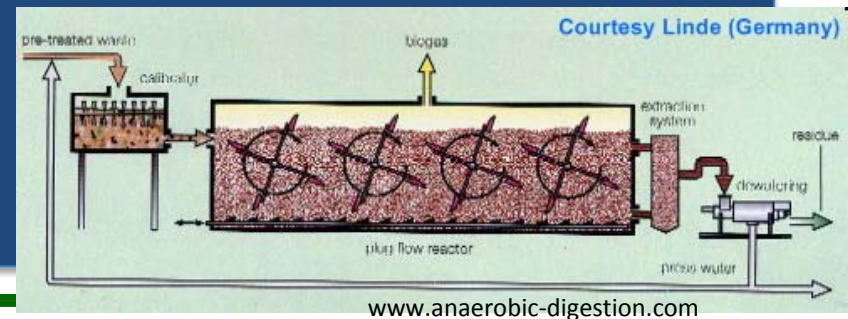


Tulppavirtausreaktori

- Yleensä vaakatasossa oleva sylinteri
 - Syöttö toisesta päästä
 - Käsiteltävä massa liikkuu hitaasti eteenpäin
 - Purku toisesta päästä
- Syöttöön lisättävä käsiteltyä materiaalia / erotettua nestettä ympiksi
- Lähinnä biojätteen, teollisuuden sivuvirtojen ja puutarhajätteen käsittely
- Sekoitus, tasalaatuisuus ja kaasunkeräys haasteena



Kuva: S. Luostarinen



Kaksivaiheinen biokaasuprosessi

- Reaktori + jälkikaasuallas
 - Jälkikaasun talteenotto ja hyödyntäminen reaktorikaasun kanssa
 - Suositeltava yhdistelmä kaikille laitoksille
 - Viipymä n maksimointi mittakaavan mukaan: erityisesti tilakohtaisissa laitoksissa jk-allas lantavarastoksi
- Hydrolyysi- ja metaanintuottovaihe erikseen
 - Ideana optimoida olosuhteet ko. mikrobeille
 - Hydrolyysireaktori pienempi ja lyhyt viipymä, ei biokaasun tuottoa
 - Metaanintuotto jälkimmäisessä reaktorissa
 - Tulokset hyödyistä ristiriitaisia

Lanta biokaasuprosessissa

- Erinomainen perusmateriaali
 - Jatkuva, tasainen tuotanto
 - Ravinteikas, hyvä puskurointikyky
- Metaanintuottopotentiaali yksin melko alhainen
 - Biokaasutuotannon nostaminen lisämateriaaleilla
 - Kasvibiomassa
 - Teollisuuden ja yhdyskuntien sivuvirrat ja jätteet
 - Lannan kuivajae (ei vastaus kaikkeen: merkittävä osa metaanipotentiaalista voi jäädä nestejakeeseen!)



Lanta/ Metaanipotentiaali	Naudan lietelanta	Naudan kuivalanta	Sian lietelanta	Sian kuivalanta	Kananlanta
m ³ CH ₄ / t VS	120-300	126-250	180-490	162-270	150-300
m ³ CH ₄ / t (tuorepaino)	10-20	24-55	12-24	33-39	42-156

Lisämateriaalia lantaprosessiin?

- Yhteiskäsittelyssä usein synergioita, jotka johtavat parempaan hajoamiseen ja kaasuntuottoon
- Lisämateriaalin valinnan perusteita:
 - Saatavuus: säännöllinen / kausittainen
 - Varastoitavuus tasaisen syötön mahdollistamiseksi ja energian maksimihinnan hyödyntämisaikalla käytettäväksi
 - Orgaanisen aineen määrä ja koostumus: potentiaali lisäenergialle
 - Lisäkäsittelytarve: hygienisointi / murskaus / erottelu / ...
 - Taloudellisuus: porttimaksu / lisäenergia vs. prosessitarpeet
 - Kuljetustarve ja kuljetusten järjestelyt
 - Prosessiongelmien ratkaiseminen: inhibition laimennus, kuiva-ainepitoisuuden säätö
 - Jäännöksen laatu (ravinteet, hygienia, haitta-aineet)
 - Levityspinta-alan tarve jäännökselle

Mahdollisten lisämateriaalien metaanipotentialeja

Materiaali / Metaanipotentiali	m ³ CH ₄ / t VS	m ³ CH ₄ / t (tuorepaino)
Nurmi / nurmirehu	310-410	70-100
Ruokohelppi (tuorekorjattu)	250-350	50-110
Apila	280-300	40-70
Ruokajäte	300-500	130
Lihanjalostuksen sivutuotteet	500-900	100-300
Puhdistamoliete	220-430	10-32

1 m³ CH₄ ~ 1 l kevyttä polttoöljyä ~ 10 kWh

Esikäsittelyillä lisää biokaasua?

- Erilaiset esikäsittelyt voivat tehostaa syöttömateriaalin hajoamista ja näin johtaa korkeampaan biokaasun tuottoon
- Esimerkiksi
 - Murskaus tai silppuaminen
 - Hydrolyysin tehostuminen (entsyymit ”pommittavat” pintaa)
 - Terminen tai termokemiallinen käsittely
 - Hydrolyysin tehostuminen, mutta samalla myös hygienisointi
 - Ultraääni
 - Hydrolyysin tehostuminen

Biokaasun käyttö

- Lämpö
 - Lämpökattila
- Lämpö ja sähkö
 - Kaasumoottori
 - Kaasuturbiini
 - Stirling-moottori
 - Polttokenno
- Liikennepolttoaine tai injektointi maakaasuverkkoon
 - Jalostus biometaaniksi
 - Hiilidioksidin ja epäpuhtauksien poisto
 - Metaanipitoisuus yleensä vähintään 90 %



Biokaasuprosessin jäännös vs. lanta (1)

- Kasville käyttökelpoisempi typpi:fosfori -suhde
 - Liukoisen typen osuus kasvaa (+20-30 % lanta; +50-85 % kasvit)
 - Ammoniumtyppi suoraan kasvien käytettävissä
 - Liukoistumisen määrä riippuu mm. raaka-aineista ja käsittelyprosessista
 - Hiili/typpi-suhde laskee
 - Muut lannoitevaikutukseltaan tärkeät aineet ennallaan
 - Kalium, fosfori, kalsium, magnesium, mikroravinteet
- Muita etuja
 - Maaperän orgaanisen aineen ylläpito
 - Hygienisoituminen (riippuen prosessista)
 - Tasalaatusempi ja juoksevampi (alhaisempi kuiva-ainepitoisuus)
 - Kasvitoksisuuden laskeminen, rikkakasvinsiementen tuhoutuminen

Biokaasuprosessin jäännös vs. lanta (2)

- Biokaasuprosessilla on potentiaalia vähentää maatalouden päästöjä ilmaan, vesistöihin ja maaperään yhdessä muiden oikeiden ja oikea-aikaisten toimien kanssa
- Ympäristötietujen varmistamiseksi jäännöksen oikea käsittely avainasemassa!
 - Varastojen kattaminen (ammoniakki)
 - Peltolevitys sijoittamalla / multaamalla
 - Levitys vain kasvukaudella
 - Levitys todellisten ravinnepitoisuuksien mukaan

Jäännöksen jatkojalostus mahdollista

- Mittakaava vaikuttaa: tilakohtaisesti ehkä jakeistus, keskitetyissä laitoksissa myös moninainen prosessiketju
 - Tavoite yleensä kierrättää ravinteet, ei poistaa (hukata) niitä
- Mekaaninen erottaminen (separointi / jakeistus)
- Jakeiden jatkokäsittely
 - Kuivajakeen kompostointi (ja rakeistus)
 - Nestejakeen väkevöinti väkilannoitteen omaisiksi tuotteiksi
 - Typen strippaus, fosforin kiteytys/saostus, kalvotekniikat,...

MTT:n tilakohtainen "Mansikki"

300 m³ jälkikaasuallas

- Jatkuvasekoitteinen (yksi sekoitin)
- Kaasuhuppu kaasuvaramona
- Automatisoitu jäännöksen pumppaus paineviemärin kautta varastoaltille

300 m³ reaktori

- jatkuvasekoitteinen (kaksi sekoitinta, kaasusekoitusvalmius)
- Operointilämpötila +20...+55 °C
- Automatisoitu lannansyöttö pumpulla 100 m³ esisäiliöstä
- Kaasuhuppu kaasuvaramona
- Jäännös virtaa jälkikaasualtaaseen painovoimaisesti

Syöttölaite

- Kasvibiomassa tms.
- Ruuvi



Tekninen tila

- 20 kW_{el} + 43 kW_{th} CHP
- 80 kW_{th} kattila
- Biokaasun mittaukset
- Prosessin automaatio ja operointi



Kuvat: Sari Luostarinen



Tuloksia: Energiantuotot maatilalaitoksessa

	Syöttö (m ³ /d + kg/d)	Syötön TS (%)	HRT (d)	OLR (kgVS/ m ³ d)	CH ₄ (m ³ /tFM)	CH ₄ (m ³ /tVS)	Brutto- energia (MWh/a)	Netto- energia* (MWh/a)
Naudan lietelanta**	10	10	26+26	3,3	12	140	440	210
Lanta + säilörehu**	10+800	8,6	24+24	3,0	17	240	690	430
Lanta + sipulijäte**	10+800	8,5	24+24	2,8	15	230	620	360
Lanta + ruokohelpi	10+700	11	24+24	3,8	17	180	685	420

*Laitoksen oma sähkön ja lämmön kulutus vähennetty kokonaisenergiantuotannosta (mitattu sipulikokeen aikana, voi vaihdella eri syöttöseoksilla mm. sekoitustarpeen myötä)

**Lannan kuiva-ainepitoisuus (TS) korkeampi pelkkää lantaa käsiteltäessä kuin säilörehu- ja sipulikokeessa: ero energiantuotossa todellisuudessa siis suurempi kasvillisäyksen hyväksi

Tulokset on tuotettu BIOTILA-hankkeessa, jota rahoittavat Pohjois-Savon ELY-keskus Euroopan maaseuturahastosta, osa Pohjois-Savon kunnista sekä MTT. Hanketta vetää MTT kumppaneinaan Savonia-amk ja Envitecpolis Oy.

Maatilojen biokaasulaitosten kannattavuus

- Kannattavuus paranee sitä mukaa kuin energian ja väkilannoitteiden hinnat nousevat
- Erilaiset kannustimet tehostaisivat käyttöönottoa merkittävästi
- Nykytuilla ja –hinnoilla tilakohtainen laitos (lanta + pieni määrä nurmea) saavuttaa kannattavuuden ottamalla vastaan porttimaksullista materiaalia
- Lähes kannattava on vastaava laitos, joka pystyy hyödyntämään kaiken tuotetun energia ja korvaa lämmöllä öljyä
- Tilojen yhteislaitoksilla eniten haasteita saavuttaa kannattavuus, mikäli käsitellään vain tilojen omia materiaaleja
- Tuore raportti maatilojen biokaasun kannattavuudesta tuotettu BIOTILA-hankkeessa: www.envitecpolis.fi > ajankohtaista

Kiitos mielenkiinnosta!

Yhteydenotot:

sari.luostarinen@mtt.fi

+358 40 355 7028



Kuva: S. Luostarinen



Kuva: S. Luostarinen



Kuva: S. Luostarinen



Kuva: S. Luostarinen



Kuva: A. Lehtomäki