

# Mädätysjäännöksen hyödyntäminen

Ville Pyykkönen  
Tutkija (FM), Luke  
Biokaasukahvit 17.1.2023

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma



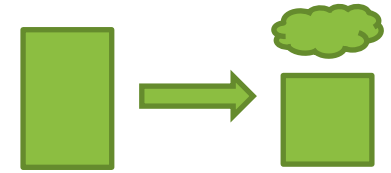
Pohjois-Savon liitto tukee  
maakunnan  
menestystä



Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



# Miten biokaasuprosessi muuttaa syötettä?



- Orgaanista ainetta muuttuu kaasuksi → massa vähenee, minkä seurauksena ravinnepitoisuudet kasvavat
  - Biokaasun mukana poistuu: enimmäkseen  $\text{CH}_4$  ja  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (pari % kaasun tilavuudesta),  $\text{H}_2\text{S}$  (max 0,5 %),  $\text{NH}_3$  (0-0,05 %), muita epäpuhtauksia
- Orgaanista typpeä hajoaa ammoniumtypeksi → käyttökelpoisuus kasveille kasvaa
  - Liuk. N/P –suhdeluku kasvaa → mädätteen mukana enemmän liuk. N pellolle P-rajoituksen puitteissa
  - Liuk. N/kok. N -suhdeluku kasvaa → enemmän liuk. N pellolle nitraattidirektiivin rajoissa
- pH nousee esim. 10-15 %: esim. lietelanta pH 7 vs. mädäte 7,5-8,0
  - Korkea pH lisää ammoniakkin haihtumisriskiä → suositus: katettu varasto, levitys sijoittavalla laitteistolla
- Orgaanisesta aineesta vapautuu ortofosfaattia ( $\text{PO}_4$ )
  - Naudan lietelantaa ja rasvajätettä käsittelevien neljän laitoksen tuloksissa ei fosforihäviöitä havaittu ja liukoisen fosforin pitoisuus kasvoi 33 % (Crolla & Kinsley 2013)
  - Toisaalta ortofosfaattia ja hivenaineita voi saostua mineraalitekiksi (esim. struviitiksi ( $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ ) ja kalsiumfosfaatiksi) reaktorin putkien ym. pinnoille, jos pH on korkea (esim. sianlietteen käsittely)
    - Marcaton ym. (2008) tutkimuksessa sianlietteen fosforista pidättyi reaktoriin 36 %, kalsiumista 44 % ja magnesiumista 33 %

Kestävää kasvua ja elämäntilaa -ohjelma

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

# Typen mineralisoituminen (liukoistuminen) mädätyksessä

- **Yksinkertainen malli** (esim. Biokaasulaskurissa): oletetaan, että orgaanisen typen ja orgaanisen aineen (VS) **hajoamisen suhdeluku on 0,6**
  - Esim. VS:sta hajoaa 40 % → org. tyypestä hajoaa ammoniumtypeksi  $40\% \cdot 0,6 = 24\%$
  - **Pätee kirjallisuuden perusteella suunnilleen lietelantoihin, biojätteeseen**
- **Todellisuudessa** eri syötöiden orgaaninen tyyppi voi olla eri tavalla biohajovaa ja hajoaminen riippuu esim. viipymääjasta (esim. Bareha ym. 2019)

# Mädätteen massa: yksinkertainen laskentamalli

- Oletus: kaasu koostuu vain metaanista ja hiilidioksidista
- BMP = orgaanisen aineen (VS, volatile solids) metaanintuottopotentiaali,  $\text{Nm}^3 \text{CH}_4$  = normaalikuutio metaania (0 °C, 1 atm) = 10 kWh (LHV)
- Lähtöarvoja esimerkkilaskelmille:

	Lyhenne		Yksikkö
Metaanin tiheys	$\rho_{\text{CH}_4}$	0,717	kg/Nm <sup>3</sup>
Hiilidioksidin tiheys	$\rho_{\text{CO}_2}$	1,977	kg/Nm <sup>3</sup>
Lietelannan BMP	$B_{\text{lanta}}$	0,200	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg VS
Säilörehun BMP	$B_{\text{rehu}}$	0,350	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg VS
BMP-toteutuma biokaasulaitoksessa	Y	90	% BMP:sta
Lantabiokaasun metaanipitoisuus	$C_{\text{CH}_4,\text{lanta}}$	60	til.%
Rehubiokaasun metaanipitoisuus	$C_{\text{CH}_4,\text{rehu}}$	55	til.%

Kestävä kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

# Massatase-laskenta: lietelanta 10 t ja rehu 1 t

	Lyhenne	Yksikkö	Kaava
<b>Lantabiokaasu:</b>			
Lietelannan massa	$m_{\text{lanta}}$	10000 kg	
Ka-pitoisuus	ka%	9,0 %	
Lietesyötessä ka	$m_{\text{ka}}$	900 kg	$=m_{\text{lanta}} * \text{ka\%/10}$
Lietesyötessä VS	$m_{\text{VS}}$	720 kg	$=m_{\text{ka}} * 0,80$
Metaanin tilavuus	$V_{\text{CH}_4}$	130 Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	$=m_{\text{VS}} * B_{\text{lanta}} * Y/100$
Metaanin massa	$m_{\text{CH}_4}$	93 kg	$=m_{\text{VS}} * B_{\text{lanta}} * Y/100 * \rho_{\text{CH}_4}$
CO <sub>2</sub> tilavuus	$V_{\text{CO}_2}$	86 Nm <sup>3</sup> CO <sub>2</sub>	$=(100-c_{\text{CH}_4,\text{lanta}})/c_{\text{CH}_4} * V_{\text{CH}_4}$
CO <sub>2</sub> massa	$m_{\text{CO}_2}$	171 kg	$=V_{\text{CO}_2} * \rho_{\text{CO}_2}$
<b>Lantabiokaasun massa</b>	<b><math>m_{\text{bg, lanta}}</math></b>	<b>264 kg</b>	<b><math>=m_{\text{CH}_4} + m_{\text{CO}_2}</math></b>
VS:n vähenemä		<b>37 %</b>	<b><math>=m_{\text{bg}}/m_{\text{lanta}} * 100</math></b>
	Lyhenne	Yksikkö	Kaava
<b>Rehubiokaasu:</b>			
Rehun massa	$m_{\text{rehu}}$	1000 kg	
Ka-pitoisuus	ka%	30,0 %	
Rehusyötessä ka	$m_{\text{ka}}$	300 kg/t	$=m_{\text{rehu}} * \text{ka\%/10}$
Rehusyötessä VS	$m_{\text{VS}}$	270 kg/t	$=m_{\text{ka}} * 0,90$
Metaanin tilavuus	$V_{\text{CH}_4}$	85 Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	$=m_{\text{VS}} * B_{\text{rehu}} * Y/100$
Metaanin massa	$m_{\text{CH}_4}$	61 kg	$=m_{\text{VS}} * B_{\text{rehu}} * Y/100 * \rho_{\text{CH}_4}$
CO <sub>2</sub> tilavuus	$V_{\text{CO}_2}$	70 Nm <sup>3</sup> CO <sub>2</sub>	$=(100-c_{\text{CH}_4,\text{rehu}})/c_{\text{CH}_4} * V_{\text{CH}_4}$
CO <sub>2</sub> massa	$m_{\text{CO}_2}$	138 kg	$=V_{\text{CO}_2} * \rho_{\text{CO}_2}$
<b>Rehubiokaasun massa</b>	<b><math>m_{\text{bg, rehu}}</math></b>	<b>199 kg</b>	<b><math>=m_{\text{CH}_4} + m_{\text{CO}_2}</math></b>
VS:n vähenemä		<b>74 %</b>	<b><math>=m_{\text{bg}}/m_{\text{rehu}} * 100</math></b>

	Lyhenne	Yksikkö
Metaanin tiheys	$\rho_{\text{CH}_4}$	0,717 kg/Nm <sup>3</sup>
Hiilidioksidin tiheys	$\rho_{\text{CO}_2}$	1,977 kg/Nm <sup>3</sup>
Lietelannan BMP	$B_{\text{lanta}}$	0,200 Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg VS
Säilörehun BMP	$B_{\text{rehu}}$	0,350 Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg VS
BMP-toteutuma biokaasulaitoksessa	Y	90 % BMP:sta
Lantabiokaasun metaanipitoisuus	$c_{\text{CH}_4,\text{lanta}}$	60 til.%
Rehubiokaasun metaanipitoisuus	$c_{\text{CH}_4,\text{rehu}}$	55 til.%

**Tonni rehua voi tuottaa lähes yhtä paljon metaania kuin 10 t lietettä, rehulla suuri massan vähenemä**

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

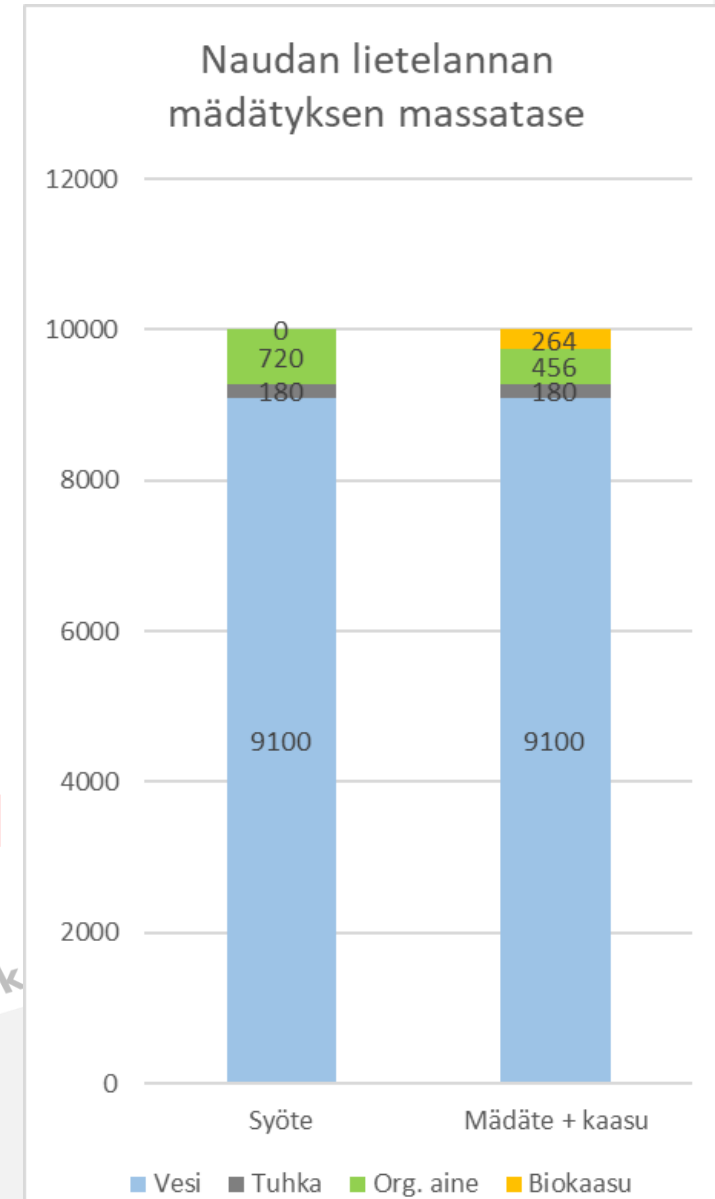
Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



# Lietelannan mädätys: massatase ja pitoisuudet

- Suuri vesipitoisuus → kokonaisravinnepitoisuudet kasvavat vain vähän
- Liuk. N pitoisuus sekä suhdeluvut Liuk. N/P ja Liuk. N/N kasvavat selvästi

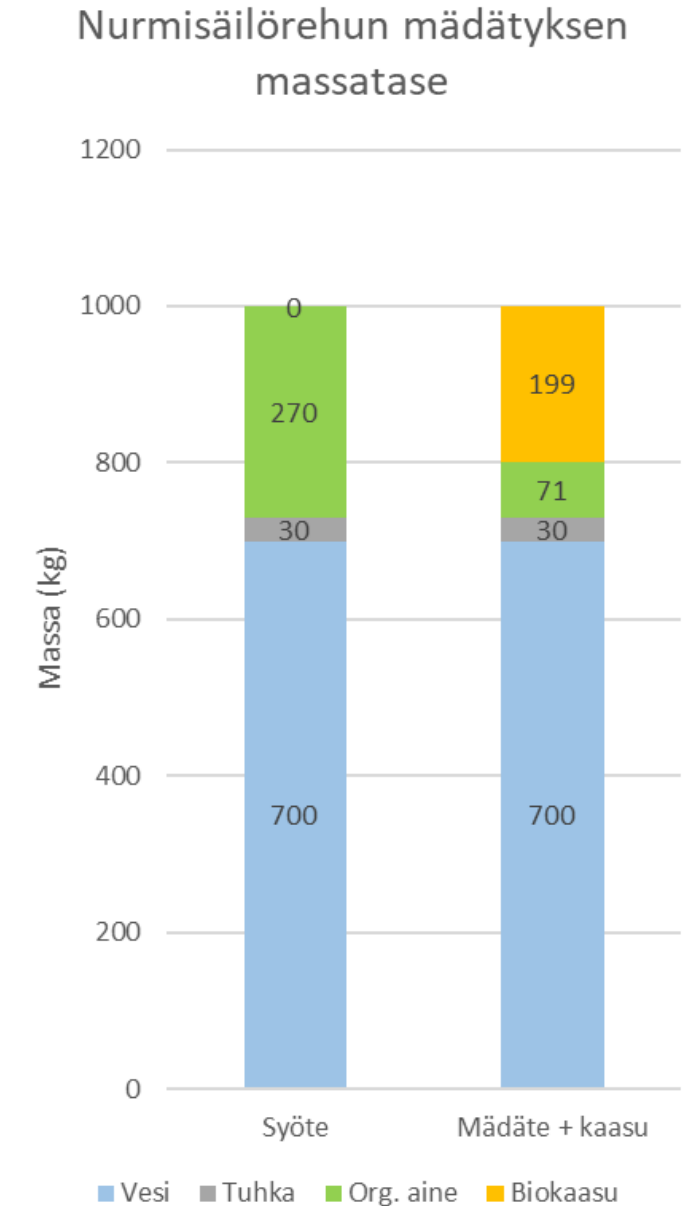
Komponentti	Lyhenne	Massa (kg)			Pitoisuus (kg/t)		
		Syöte	Mädäte	Muutos	Syöte	Mädäte	Muutos
Tuoremassa	m	10000	9736	-3 %	-	-	-
Kuiva-aine	ka	900	636	-29 %	90	65	-27 %
Orgaaninen aine	VS	720	456	-37 %	72	47	-35 %
Typpi	N	31,00	31,00	0 %	3,10	3,18	3 %
Liukoinen typpi	Liuk.N	15,00	18,52	23 %	1,50	1,90	27 %
Orgaaninen typpi	Org.N	16,00	12,48	-22 %	1,60	1,28	-20 %
Fosfori	P	5,00	5,00	0 %	0,50	0,51	3 %
Kalium	K	36,00	36,00	0 %	3,60	3,70	3 %
Liuk.N/N -suhde	Liuk.N/N	0,48	0,60	23 %	0,48	0,60	23 %
Liuk.N/P -suhde	Liuk.N/P	3,00	3,70	23 %	3,00	3,70	23 %



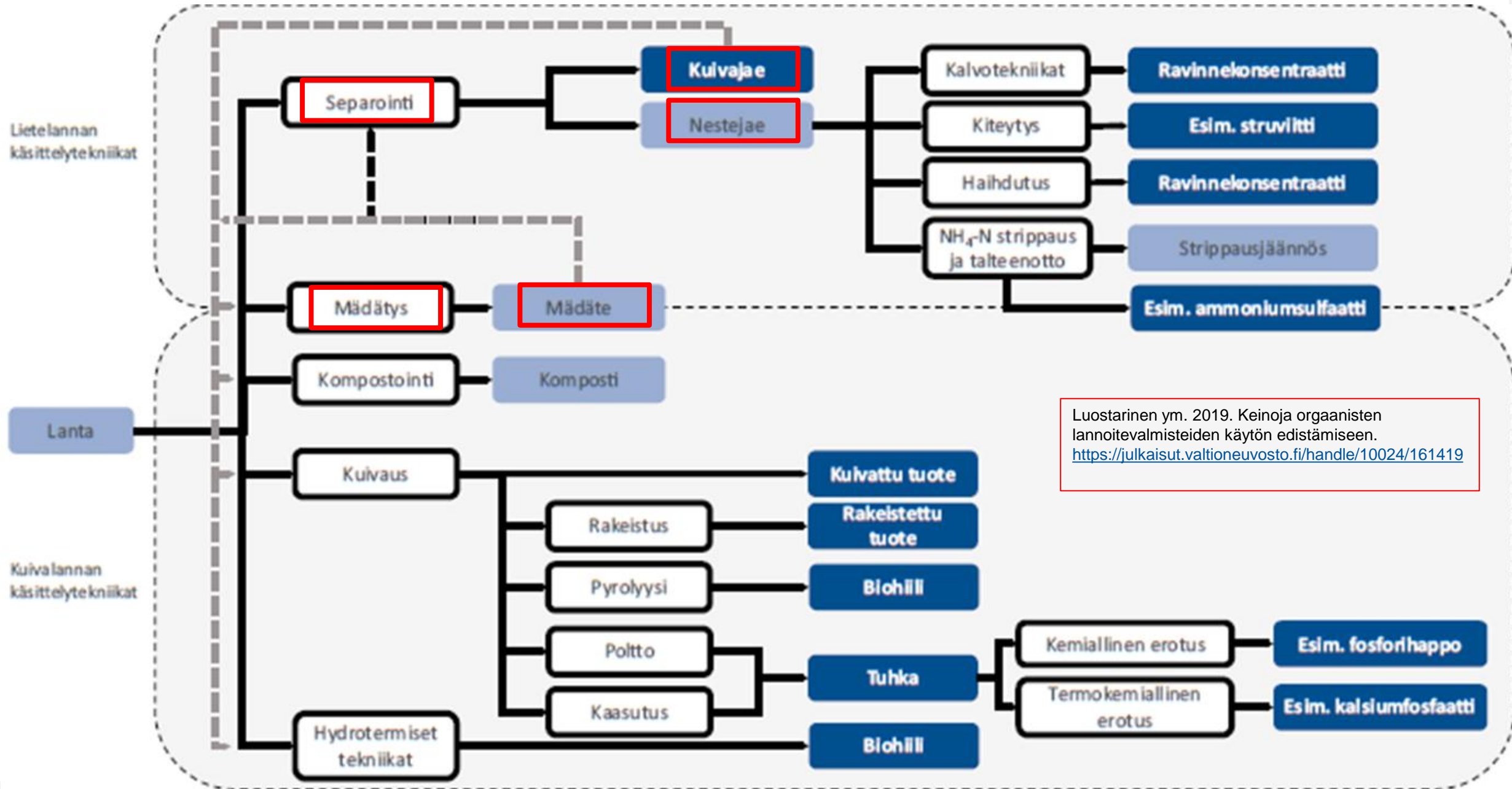
# Rehun mädätys: massatase ja pitoisuudet

- Syötteessä vähän vettä ja org. aine hyvin biohajoavaa  
→ pitoisuuksien huomattava kasvu, etenkin Liuk. N  
(syötteessä hyvin pieni pitoisuus & org. typpeä hajoaa)

Komponentti	Lyhenne	Massa (kg)			Pitoisuus (kg/t)		
		Syöte	Mädäte	Muutos	Syöte	Mädäte	Muutos
<b>Rehun massatase:</b>							
Tuoremassa	m	1000	801	-20 %	-	-	-
Kuiva-aine	ka	300	101	-66 %	300	127	-58 %
Orgaaninen aine	VS	270	71	-74 %	270	89	-67 %
Typpi	N	7,35	7,35	0 %	7,35	9,17	25 %
Liukoinen typpi	Liuk.N	0,41	3,47	746 %	0,41	4,33	955 %
Orgaaninen typpi	Org. N	6,94	3,88	-44 %	6,94	4,84	-30 %
Fosfori	P	0,79	0,79	0 %	0,79	0,98	25 %
Kalium	K	7,94	7,94	0 %	7,94	9,91	25 %
Liuk.N/N -suhde	Liuk.N/N	0,06	0,47	746 %	0,06	0,47	746 %
Liuk.N/P -suhde	Liuk.N/P	0,52	4,41	746 %	0,52	4,41	746 %



# Lannan ja mädätteen prosessointitekniikoita



Luostarinen ym. 2019. Keinoja orgaanisten lannoitevalmisteiden käytön edistämiseen. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161419>



# Separoinnin tavoitteet lannoituksessa

Separoinnin tavoitteita voivat olla esimerkiksi seuraavat (Virkajärvi ym. 2016):

1. Halutaan saada levitettyä **enemmän liukoista typpeä** ympäristökorvausjärjestelmän **fosforirajoituksen** rajoissa (nestejakeessa suurempi **Liuk. N/P** –suhde)
2. Halutaan saada levitettyä **enemmän liukoista typpeä nitraattiasetuksen** rajoissa (orgaanisen lannoitteen kokonaistypen levitysmäärä enintään 170 kg/ha) (suurempi **liuk. N/kok. N** -suhde)
3. **Logistiikka**: typpipitoista nestejakeetta voidaan levittää lähipelloille ja kuljettaa fosforipitoista kuivajakeetta kauemmas. Lähipelloilla on yleensä korkeampi fosforiluku ja siten vähäisempi fosforintarve.



Kuvat: Sari Luostarinen / Luke



Kuva: Jenni Laakso / Luke



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

# Ruuvipuristin: edullinen, mutta ”painesuodatus” ei erota fosforia tehokkaasti kuivajakeeseen



**Kuva 1.** Luke Maaningan Bauer S655 ruuvipuristinseparaattori. Separoitava liete syötetään laitteen sisään ylhäältäpäin (putki keskellä kuvaa). Nestejäte poistuu seulan läpi (kuvassa 0,5 mm viiraseula ilman kantta) ja putkea alaspäin. Kuivajäte poistuu oikeasta päädyistä, puristuslujuuden säätö tapahtuu lisäämällä painoja päätylevyissä kiinni oleviin ”aisoihin”. Kuva: Arto Pehkonen/Luke Maaninka.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

# Dekantterilinko: kalliimpi, suuri keskipakoisvoima erottaa fosforia tehokkaasti kuivajakeeseen



Kuva 4. Savonia-ammattikorkeakoulu Oy:n Alfa Laval NX4000 dekantterilinko. Kuva: Arto Pehkonen/Luke Maaninka.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



# Separointi-indeksi eli erotustehokkuus kuivajakeeseen

- **Kuivajakeen ravinnepitoisuus** =  $C_{rav} * E_{rav} / E_m$ , jossa  $C_{rav}$  on mädätteen ravinnepitoisuus,  $E_{rav}$  on ko. ravinteen erotustehokkuus kuivajakeeseen ja  $E_m$  on tuoremassan erotustehokkuus kuivajakeeseen.
  - Erotustehokkuus nestejakeeseen = 100 - E
- Kokeiden perusteella arvioituja erotustehokkuuksia:

## Erotustehokkuus (E) kuivajakeeseen (%)

	$E_{massa}$	$E_{ka}$	$E_{VS}$	$E_N$	$E_{Liuk. N}$	$E_P$	$E_K$
Ruuvipuristin	10	45	51	19	13	29	11
Dekantterilinko	18	56	63	31	18	67	15

- Mädätteen pitoisuuksien ja erotustehokkuuksien perusteella lasketut jakeiden pitoisuudet (todellisuudessa erotustehokkuudet vaihtelevat esim. mädätteen ka-pit. Mukaan):

	massa kg	ka %	VS %	N kg/t	Liuk. N kg/t	P kg/t	K kg/t	Liuk. N/ P -suhde
Mädäte	1000	6,00	4,50	3,10	2,00	0,43	3,90	4,65
Ruuvin nestejake	900	3,67	2,45	2,79	1,93	0,34	3,86	5,70
Ruuvin kuivajake	100	27,00	22,95	5,89	2,60	1,25	4,29	2,09
Lingon nestejake	820	3,22	2,03	2,61	2,00	0,17	4,04	11,56
Lingon kuivajake	180	18,67	15,75	5,34	2,00	1,60	3,25	1,25

Lingon nestejakeella 148 % korkeampi Liuk.N/P –suhde, ruuvin nestejakeella vain 23 % korkeampi kuin separoimattomalla mädätteellä → levitysmäärät P-rajoituksen puitteissa

Kuivajakeen korkeat ravinne- ja etenkin P-pitoisuus → logistiikkahyöty

Kestävä kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



# Mädätteen kuivajae nautojen kuivikkeena

- Mädätteen kuivajakeessa vähemmän bakteereja kuin raakalietelannan kuivajakeessa (Husfeldt ym. 2012)
  - Mutta: sama ilmiö kuin yleensä käsittelyillä/lisäaineilla: bakteerimäärät nousevat nopeasti raakalietteen kuivajakeen tasolle (Husfeldt ym. 2012, Lilli Frondelius, Luke)
- Jos mädätteen ka-pitoisuus on alhainen, voi kuivajakeen tuottaminen olla hidasta (vaatii paljon syötettä verrattuna paksumpaan lietteeseen)
- FarmGas-hankkeen koe keväällä 2023: kuivikkeina 1) mädätteen kuivajae ja 2) raakalietelannan kuivajae + ruokohelpisilppu
- Iso-Britanniassa mädätettyä tai kompostoitua lantaa ei saa käyttää kuivikkeena lämpöresistenttien bakteerien itiöiden riskin takia – ”kunnes toisin todistetaan” → mahdolliset tappiot juuston valmistuksessa & pastöroidun maidon säilyvyysajan lyheneminen (APHA)

Husfeldt ym. 2012. Management and characteristics of recycled manure solids used for bedding in Midwest freestall dairy herds. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5105>

APHA:  
[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/585281/guid-ab143.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/585281/guid-ab143.pdf)

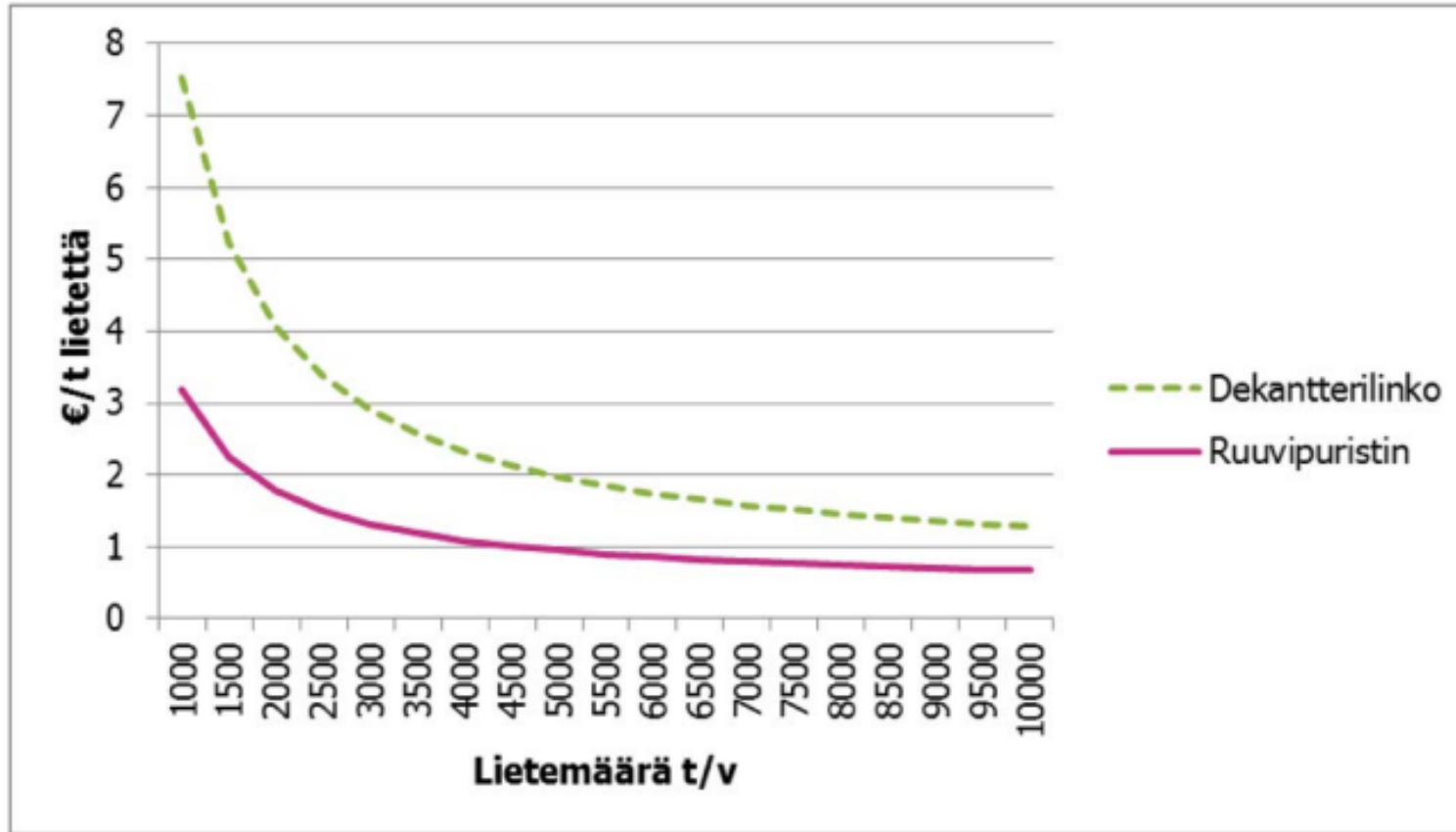
Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

# Mekaanisen separoinnin kustannus (v. 2019)



Pyykkönen, V. & Ervasti, S. 2019. Separoinnin mahdollisuudet ja kannattavuustekijät, s. 7. Teoksessa: Lanta liikkeelle ja ravinteet kiertoon. Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja 3/2019. ISBN 978-952-203-262-1 (PDF). [https://ravinnerenki.savonia.fi/images/Tulosjulkaisu\\_final.pdf](https://ravinnerenki.savonia.fi/images/Tulosjulkaisu_final.pdf)

Kuva 1. Ruuvipuristimen ja dekantterilingon lietekuutiokohtaiset separointikustannukset eri käsittelymäärillä.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

Tervetuloa  
Biokaakasukahveille  
verkkoon

# BIOKAASUKAHVIT

Tiistaisin klo 9-10

Ennakkokahvit- Biokaasutuotannon ABC (tallenne)

25.10.22 Nykytilanne, tulevaisuuden näkymät ja ohjaava politiikka

1.11.22 Mitä biokaasun ympärillä maakunnassa tapahtuu

8.11.22 Tilatason vaihtoehdot biokaasun hyödyntämiselle

15.11.22 Biokaasulaitoksen rahoitus

22.11.22 Lupa-asiat

29.11.22 Sopimustuotanto

13.12.22 Biokaasulaitostekniikka

10.1.23 Biokaasun käyttö eri maatilan koneissa ja laitteissa

17.1.23 Mädätysjäännöksen hyödyntäminen

24.1.23 Kestävyys

Katso lisää:

[www.innostutiedosta.fi](http://www.innostutiedosta.fi)



Innostutiedosta, FarmGas-PS2



Euroopan maaseudun  
kehittämisen maatalousrahasto:  
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto