

Kerääjäkasvien minisiilosäilöntä ja metaanituottopotentiaali (kesän 2015 ja 2016 sadot)

Ravinteet pellossa vaan ei vesistöön –hanke
2015 –2017

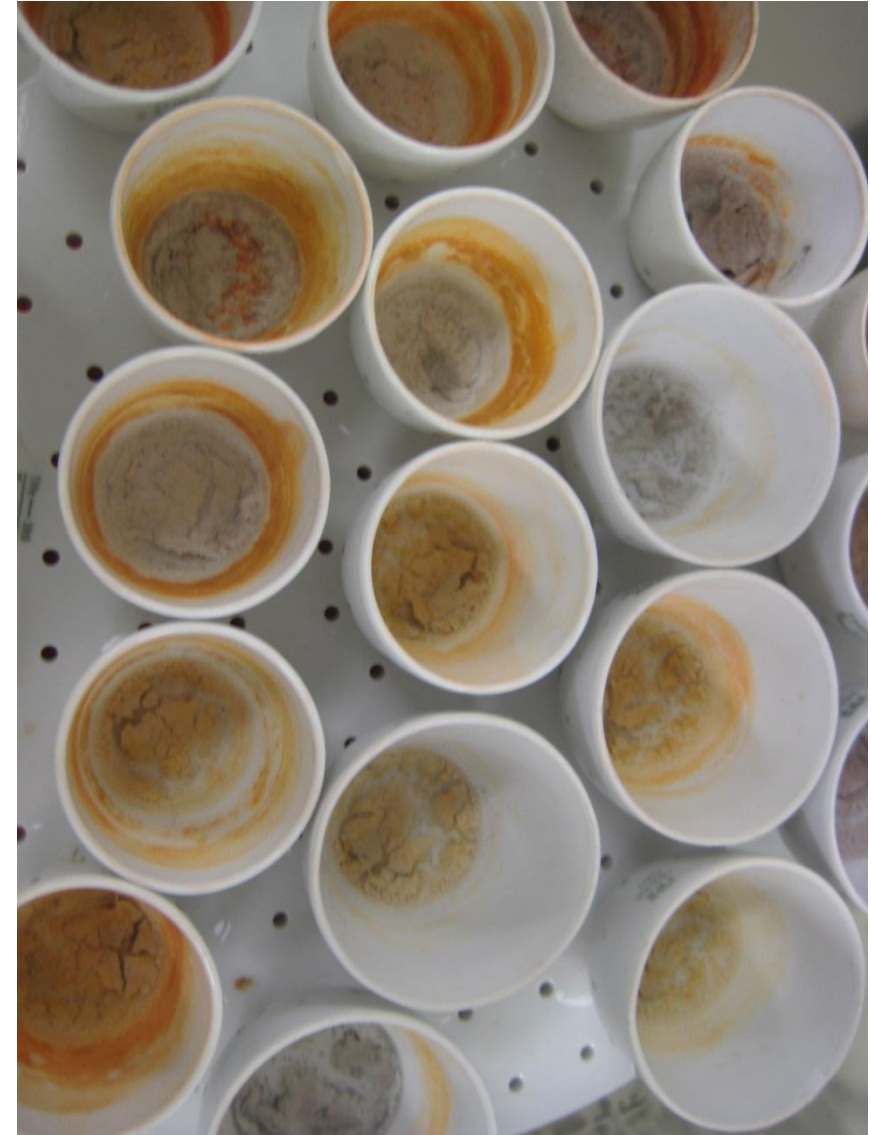
Laura Kannisto, Maritta Kymäläinen

Kerääjäkasvien koeruudut

Koeruudun koodi	Kerääjäkasvi	Lannoitus	Viljelypaikka
A2	Italianraiheinä; siemenmäärä pieni (7 kg/ha)	Karjanlanta max määrä, loput väkilannoitteena	karjatila
A3	Italianraiheinä; siemenmäärä suuri (20 kg/ha)	Karjanlanta max määrä, loput väkilannoitteena	karjatila
A4	Monivuotinen heinäseos	Karjanlanta max määrä, loput väkilannoitteena	karjatila
A6	Puna-apila + italianraiheinä	Karjanlanta max määrä, loput väkilannoitteena	karjatila
A7	Puna-apila + öljyretikka	Karjanlanta max määrä, loput väkilannoitteena	karjatila
A8	Puna-apila + italianraiheinä, ohrakokoviljana	Karjanlanta max määrä, loput väkilannoitteena	karjatila
B8	Valkoapila	Lannoitus kokonaan väkilannoitteella	viljatila

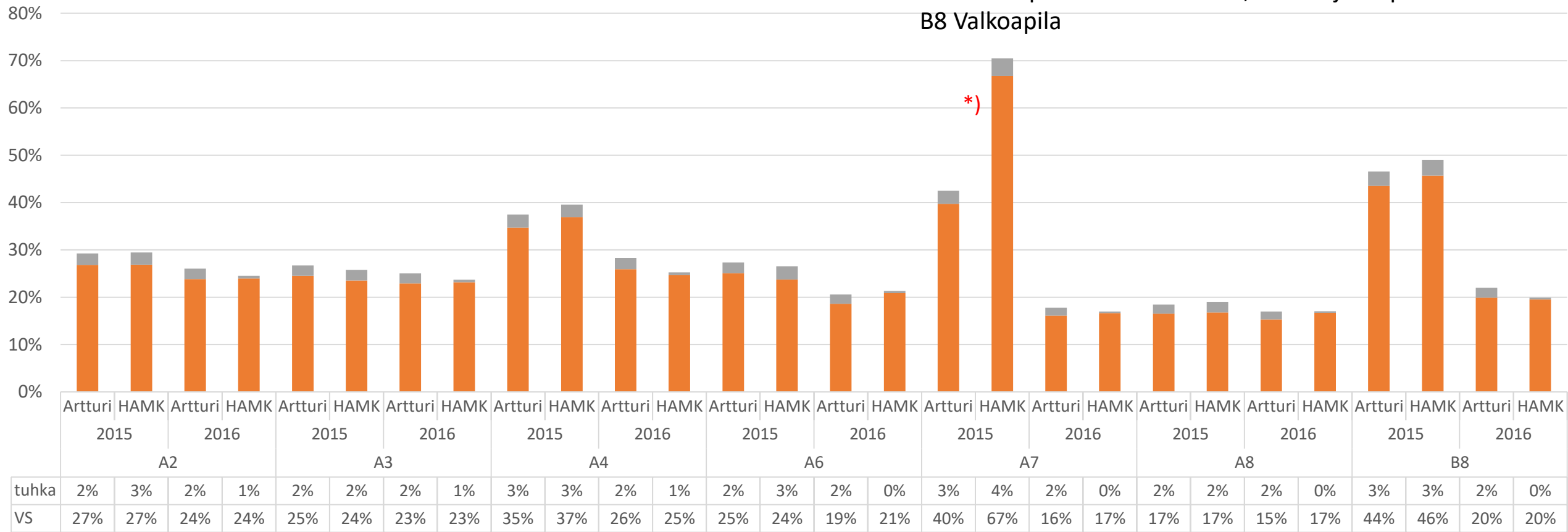
Kerääjäkasvien kosteus, orgaaninen aine ja tuhka

- Valion Artturi-analyysipalvelusta kerääjäkasveista saatiin kuiva-aine- ja tuhkapitoisuus.
- HAMKissa määritettiin kuiva-aine (TS)- ja orgaanisen aineen (VS) pitoisuus (SFS 3008).
- Molemmissa laboratorioissa tehdyistä tuloksista mahdollista laskea näytteiden:
 - Kosteus
 - Kuiva-aine, sisältää
 - Orgaanisen aineen
 - Tuhkan



Kerääjäkasvien kuiva-aine vuoden 2015 ja 2016 sadoista

A2 Italianraiheinä (7 kg/ha)
A3 Italianraiheinä (20 kg/ha)
A4 Monivuotinen heinäseos
A6 Puna-apila + italianraiheinä
A7 Puna-apila + öljyretikka
A8 Puna-apila + italianraiheinä, olki korjattu pois
B8 Valkoapila



*) Kuiva-ainepitoisuus poikkeuksellisen suuri; tod.näköisesti analyysipoikkeama.

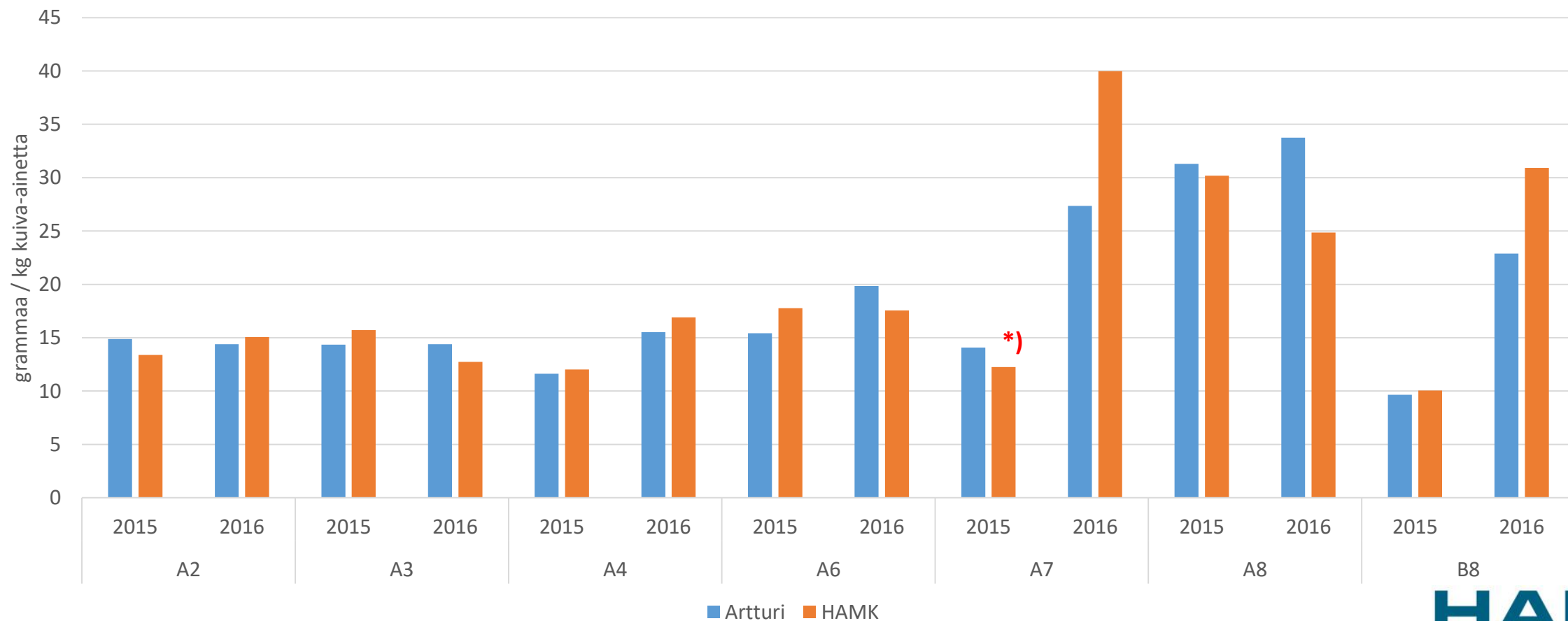
Kerääjäkasvien typpipitoisuus ja raakavalkuainen

- Valion Artturi-analyysipalvelussa kasveista saatiin raakavalkuaispitoisuus (NIR-analyysi)
- HAMKissa määritettiin kokonaistyppipitoisuus Kjeldahl-menetelmällä.
- Kun oletetaan että kaikki rehunäytteiden tyyppi on valkuaista, voidaan kokonaistyppituloksen perusteella laskea valkuaispitoisuus.
 - Laskennassa käytetään kerrointa 6,25, joka perustuu oletukseen, että proteiinista 16 % on typpeä.
 - Raakavalkuainen muutettiin typpitulokseksi samalla oletuksella.



Kerääjäkasvien typpipitoisuus

A2 Italianraiheinä (7 kg/ha)
A3 Italianraiheinä (20 kg/ha)
A4 Monivuotinen heinäseos
A6 Puna-apila + italianraiheinä
A7 Puna-apila + öljyretikka
A8 Puna-apila + italianraiheinä, olki korjattu pois
B8 Valkoapila



*) A7-näytteen HAMK-tulosten laskennassa kuiva-ainepitoisuutena on käytetty Artturin kuiva-ainetulosta.

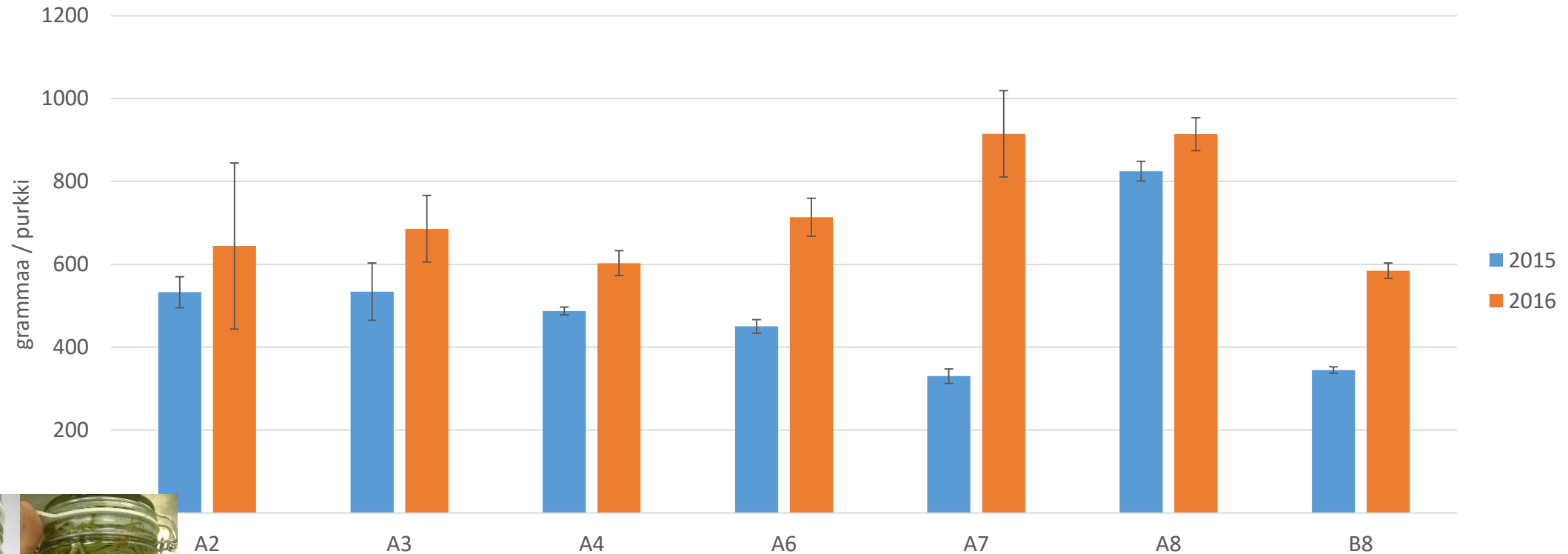
Kerääjäkasvien säilöntä minisiiloihin

- Niitetyt kerääjäkasvit säilöttiin minisiiloihin (säilykepurkkeihin) tiiviisti
- Jokaisesta koealasta tehtiin kaksi minisiiloa
- Purkit suljettiin ja säilytettiin vähintään 90 vrk pimeässä, huoneenlämmössä
- Siiloihin saatiin tiivistettyä eri määrät rehua, vaihtelevuuteen vaikutti rehun sisältämän oljen/sängen määrä: mitä enemmän olkea (kevyttä), sitä vähemmän massaa purkissa.



Säilöntä minisiiloihin

A2 Italianraiheinä (7 kg/ha)
A3 Italianraiheinä (20 kg/ha)
A4 Monivuotinen heinäseos
A6 Puna-apila + italianraiheinä
A7 Puna-apila + öljyretikka
A8 Puna-apila + italianraiheinä, olki korjattu pois
B8 Valkoapila



A4 rehu vasemmalla 2015, oikealla 2016

Minisiilojen vertailu

- A2 Italianraiheinä (7 kg/ha)
- A3 Italianraiheinä (20 kg/ha)
- A4 Monivuotinen heinäseos
- A6 Puna-apila + italianraiheinä
- A7 Puna-apila + öljyretikka
- A8 Puna-apila + italianraiheinä, olki korjattu pois
- B8 Valkoapila



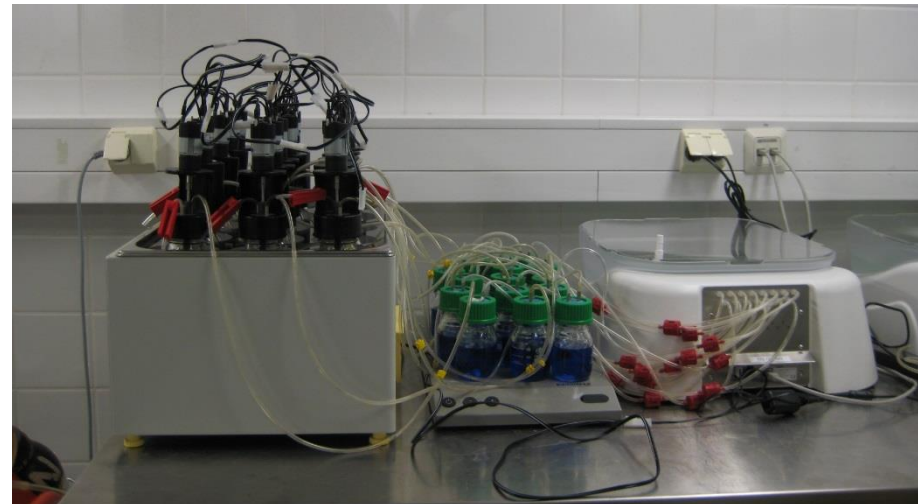
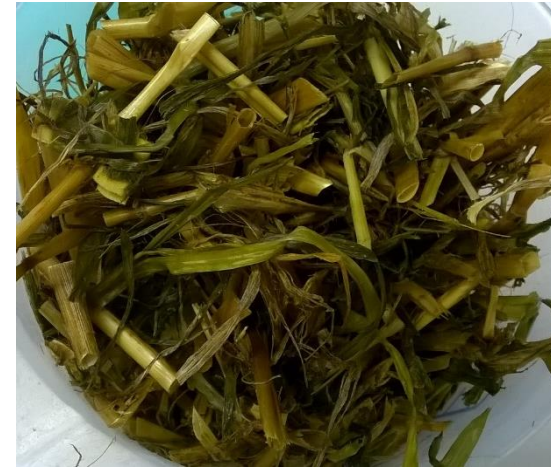
Minisiilojen tarkkailu

- Siilojen vähintään 90 vrk kestäneen säilönnän aikana tarkkailtiin ulkonäköä ja otettiin valokuvia
- Rehut säilyivät hyvin
 - Vuonna 2015-2016
 - Muutamassa minisiilossa muodostui hometta.
 - B8 näytettä lukuun ottamatta vähintään toinen minisiilo säilyi ilman hometta jokaisesta rehusta.
 - Vuonna 2016-2017
 - Kaikki minisiilot säilyivät homeettomina.



Säilöttyjen rehujen käsittely ja analysointi metaanituottomäärittystä varten

- Noin kolmen kuukauden säilönnän jälkeen rehut saksittiin
- Pilkotusta säilörehusta määritettiin
 - pH (HAMK)
 - kuiva-ainepitoisuus, TS (HAMK)
 - orgaanisen aineen pitoisuus, VS (HAMK)
 - kokonais-N (Kjeldahl, HAMK)
 - liukoinen N (HAMK)
 - kokonais-P (Luke)
 - kokonais-C (Luke)
- Säilörehusta määritettiin metaanituottopotentiaali AMPTS-laitteistolla.



pH:n muutos säilönnässä

- pH määritettiin maanparannusaineille ja kasvualustoille tarkoitetun standardin (SFS-EN 13037) mukaan
 - Näyte uutettiin 1 + 5 suhteessa
 - Uutteesta mitattiin pH-arvo 1h ravistelun jälkeen
- Näytteiden pH laski säilönnän aikana:
 - 2015
 - Ennen säilöntää pH välillä 6,4 - 7,3
 - Säilönnän jälkeen pH välillä 5,1 - 5,9
 - 2016
 - Ennen säilöntää pH välillä 6 - 6,6
 - Säilönnän jälkeen pH välillä 4,6 - 5,8

A2 Italianraiheinä (7 kg/ha)

A3 Italianraiheinä (20 kg/ha)

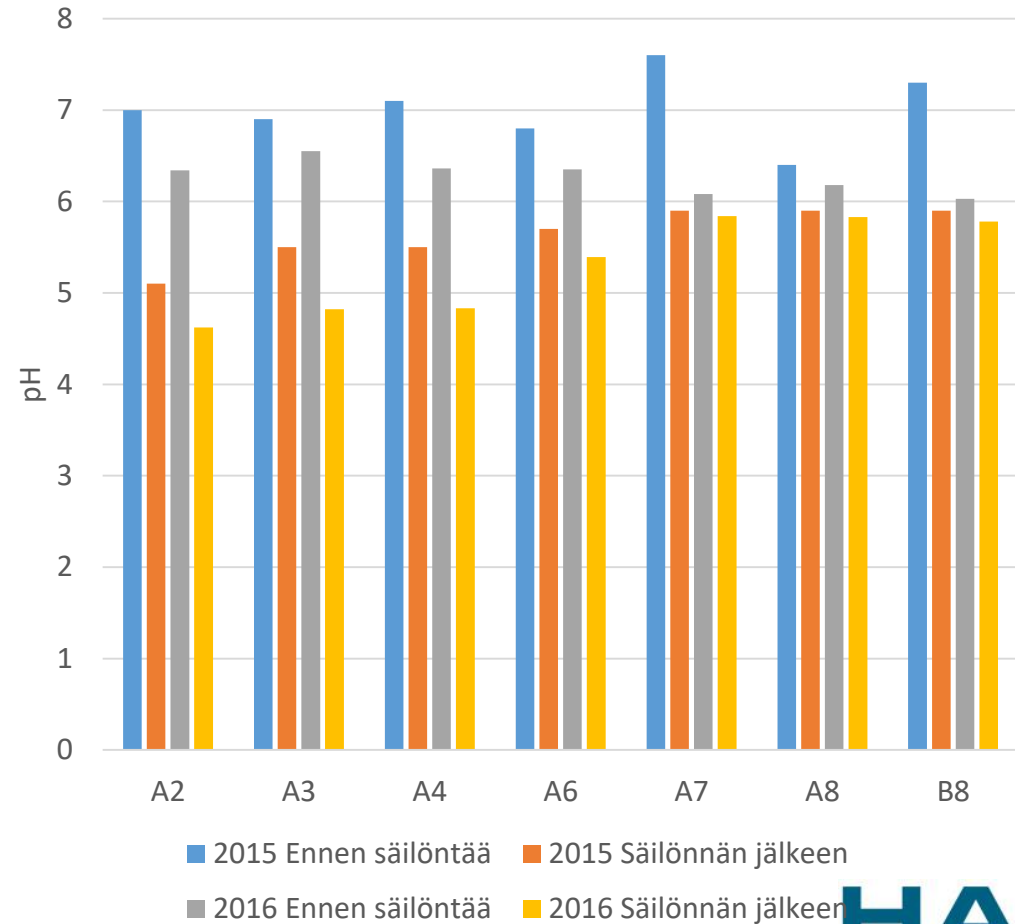
A4 Monivuotinen heinäseos

A6 Puna-apila + italianraiheinä

A7 Puna-apila + öljyretikka

A8 Puna-apila + italianraiheinä, olki korjattu pois

B8 Valkoapila



Säilörehun kokonaistyyppi ja fosforimäärät

A2 Italianraiheinä (7 kg/ha)

A3 Italianraiheinä (20 kg/ha)

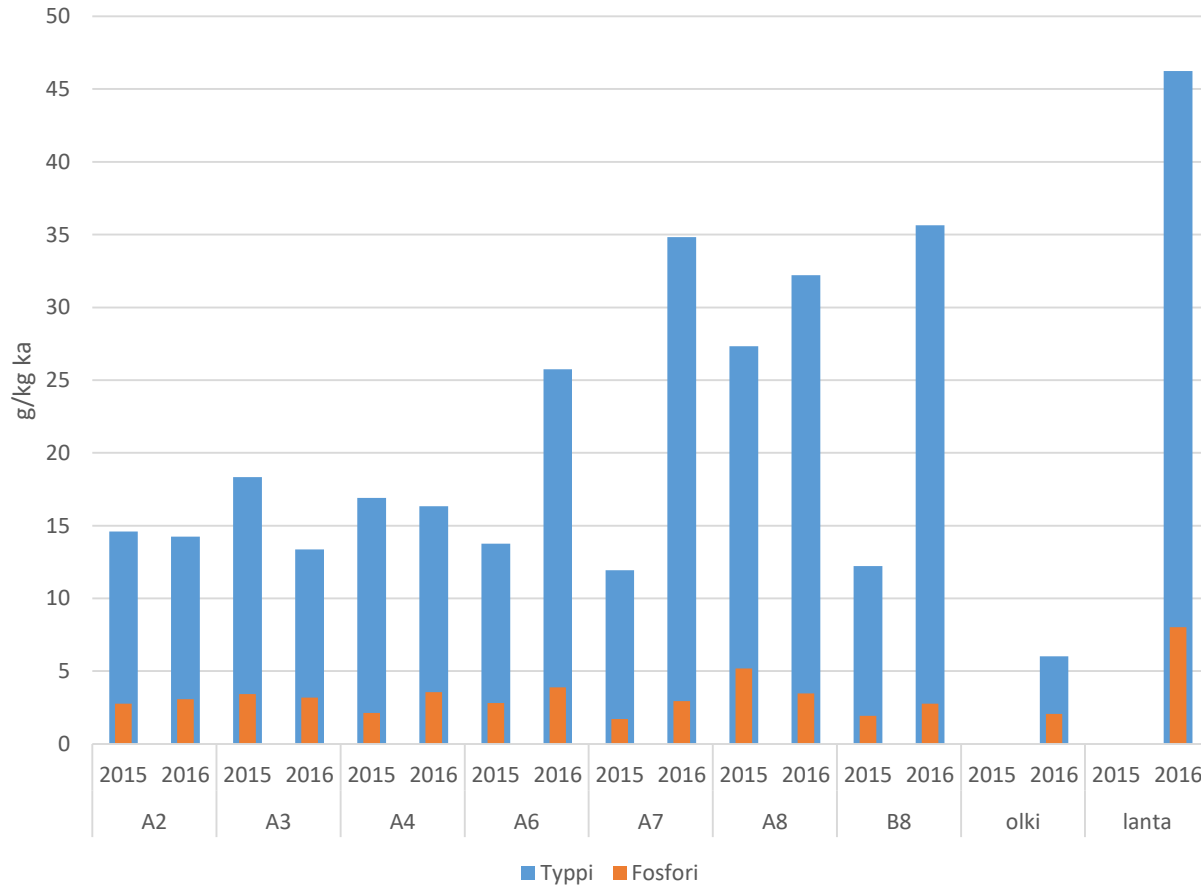
A4 Monivuotinen heinäseos

A6 Puna-apila + italianraiheinä

A7 Puna-apila + öljyretikka

A8 Puna-apila + italianraiheinä, olki korjattu pois

B8 Valkoapila

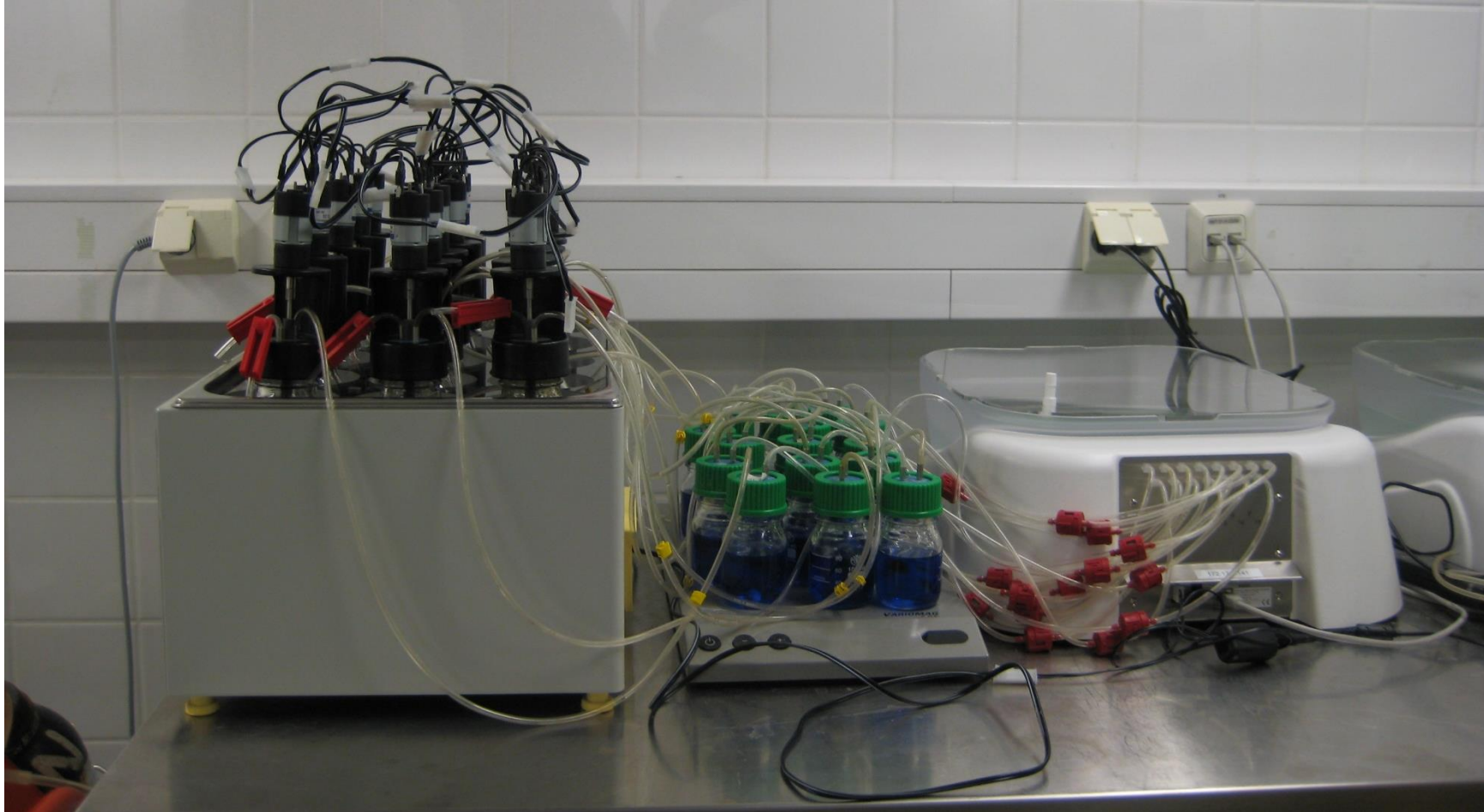


- Säilöttyjen näytteiden

- Fosforin määrä kuiva-aineesta oli alle 5 g/kg ka. 2016 sadossa pitoisuudet hieman korkeampia kuin 2015 sadossa (johtuen oljen osuudesta)
- Typen määrä kuiva-aineesta vaihteli välillä 12 – 27 g /kg ka. Vuonna 2016 apila-kerääjäkasvien (A7,A8 ja B8) pitoisuudet nousivat tätä korkeammiksi, 32 – 35 g/kg ka

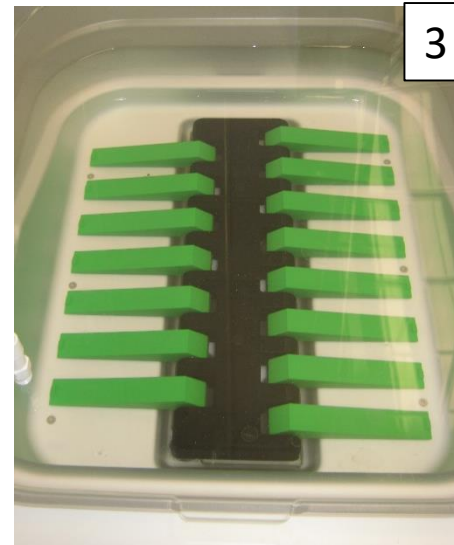
- Fosforin ja typen osuus oli sitä alhaisempi mitä enemmän näytteessä oli olkea.

Metaanituottopotentiaali



Metaanituottopotentiaalin määrittäminen

- Metaanituottopotentiaali määritettiin panoskokeella 37 °C:ssa 30 vrk
 - Määrittämisessä näytepullo (1) punnitaan näytettä sekä ympäristöä toimivaa biokaasureaktorin poistetta.
 - Syntyvä biokaasu johdetaan pesupulloon, jossa poistuu CO₂ (2).
 - Kaasun mittauskennostolla (3) määritetään metaanikaasun määrä. Jokainen kennon nousu rekisteröity tietokoneelle.
- Vuonna 2015 metaanituottotestiin otettiin mukaan myös Mustialan liettelanta ja vuonna 2016 kerääjäkasvilohkoilla viljellyn ohran olki.



Säilörehujen ja lietelannan metaanituottopotentiaali

A2 Italianraiheinä (7 kg/ha)
 A3 Italianraiheinä (20 kg/ha)
 A4 Monivuotinen heinäseos
 A6 Puna-apila + italianraiheinä
 A7 Puna-apila + öljyretikka
 A8 Puna-apila + italianraiheinä, olki korjattu pois
 B8 Valkoapila

2015

Säilörehu	Metaanituotto					
	litraa/kg		litraa/kg VS		litraa/kg TS	
	keskiarvo	hajonta	keskiarvo	hajonta	keskiarvo	hajonta
A2	78	4,5	291	16,7	267	15,4
A3	73	1,0	296	4,3	272	3,9
A4	102	5,5	295	15,7	274	15,0
A6	79	2,1	316	8,3	290	7,6
A7	155	8,5	389	21,4	364	20,0
A8	73	2,7	440	16,1	395	14,5
B8	106	9,3	243	21,4	227	20,0
Lietelan ta	19	1,3	230	15,4	223	14,9

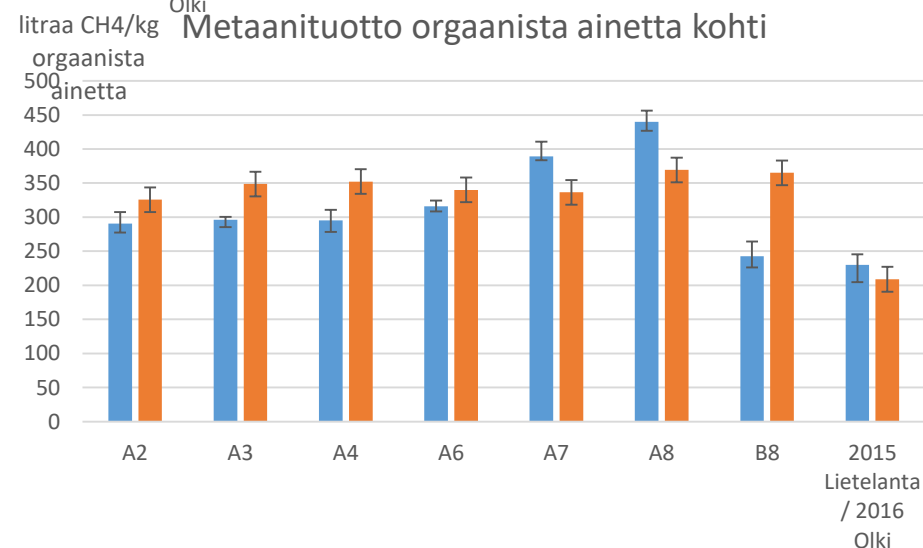
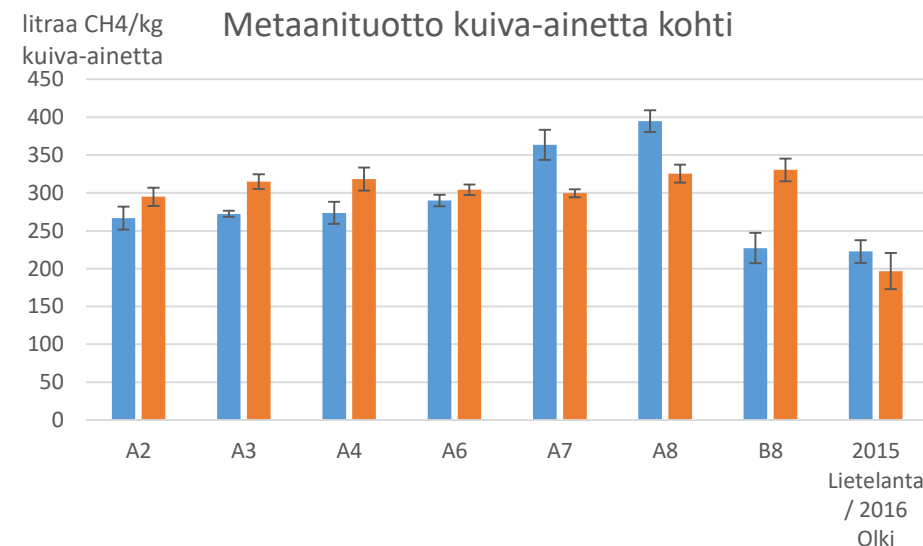
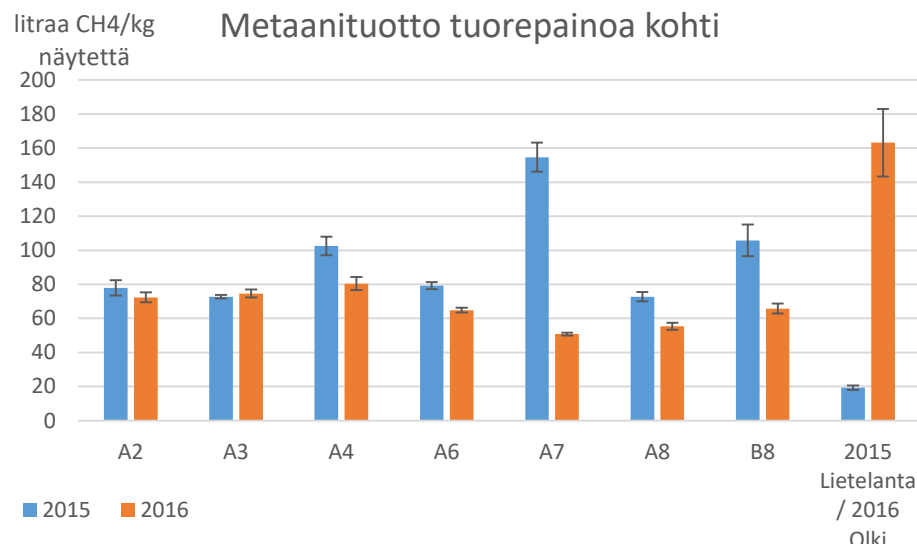
2016

Säilörehu	Metaanituotto					
	litraa/kg		litraa/kg VS		litraa/kg TS	
	keskiarvo	hajonta	keskiarvo	hajonta	keskiarvo	hajonta
A2	72	3,0	326	13,3	295	12,1
A3	75	2,3	349	10,9	315	9,8
A4	80	3,8	352	16,8	318	15,2
A6	65	1,5	340	7,6	304	6,8
A7	51	0,9	336	5,9	300	5,2
A8	55	2,0	369	13,5	326	11,9
B8	66	3,0	365	16,5	330	15,0
Olki	163	19,8	209	25,4	197	23,9

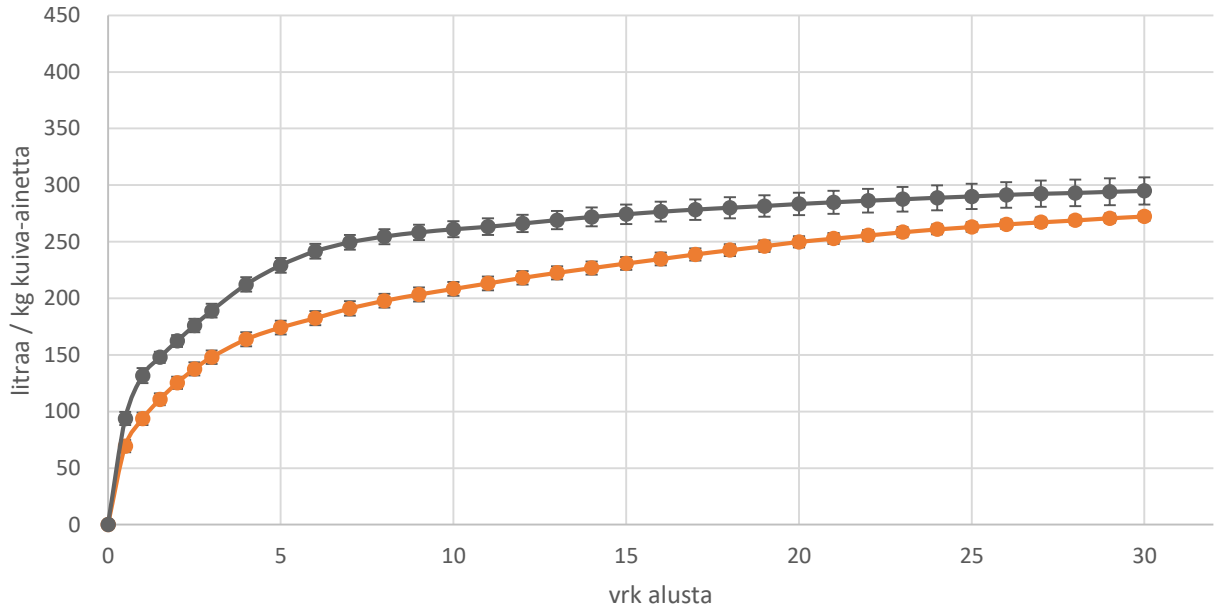
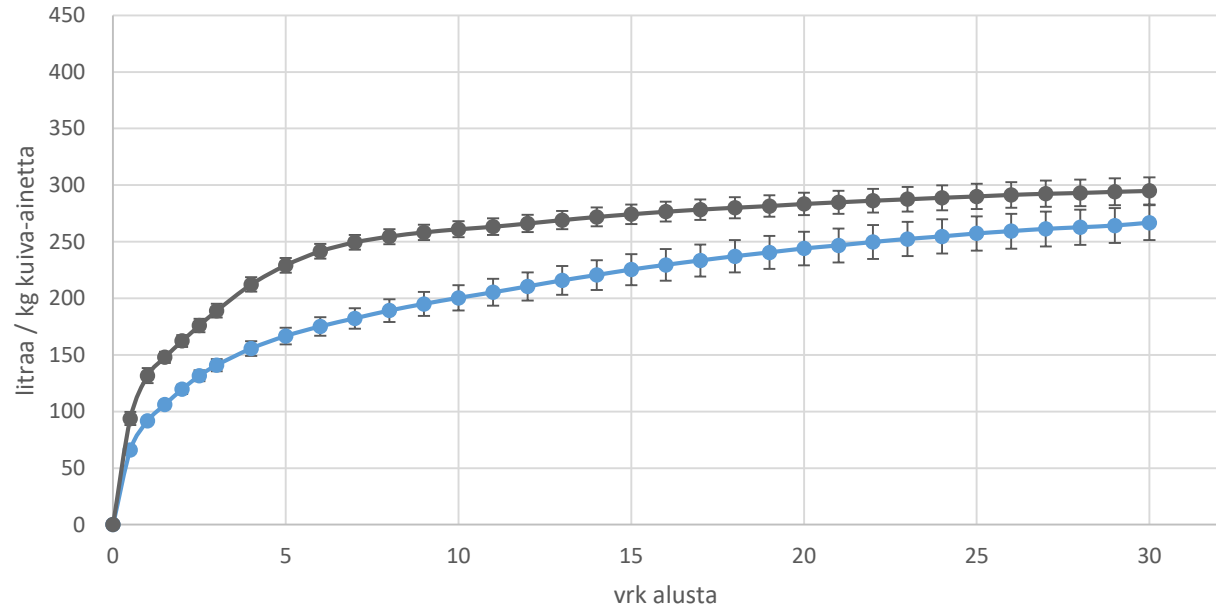
Metaanituotto tuorepainoa, kuiva-ainetta ja orgaanista ainetta kohti viittaa alkuperäiseen kerääjäkasviin. Oletuksella, että säilönnän aikainen massahäviö on mitätön.

Säilörehujen ja lietelannan metaanituottopotentiaali

- A2 Italianraiheinä (7 kg/ha)
- A3 Italianraiheinä (20 kg/ha)
- A4 Monivuotinen heinäseos
- A6 Puna-apila + italianraiheinä
- A7 Puna-apila + öljyretikka
- A8 Puna-apila + italianraiheinä, olki korjattu pois
- B8 Valkoapila

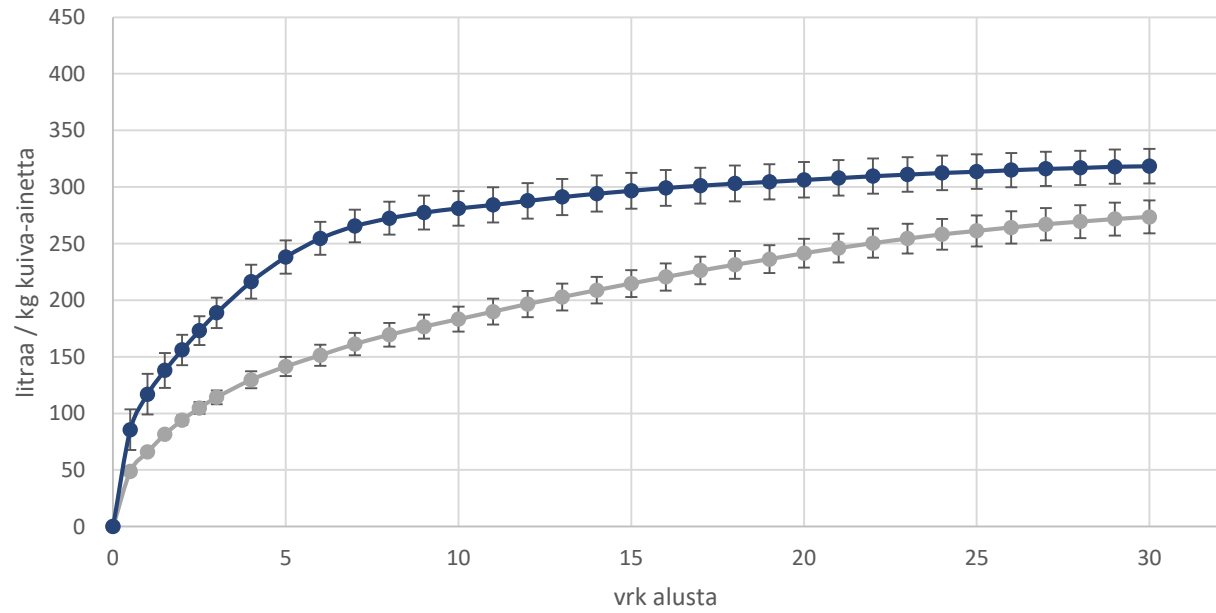


Metaanituotto tuorepainoa, kuiva-ainetta ja orgaanista ainetta kohti viittaa alkuperäiseen kerääjäkasviin. Oletuksella, että säilönnän aikainen massahäviö on mitätön.



A2 Italianraiheinä (7 kg/ha)

2015 A2 2016 A2

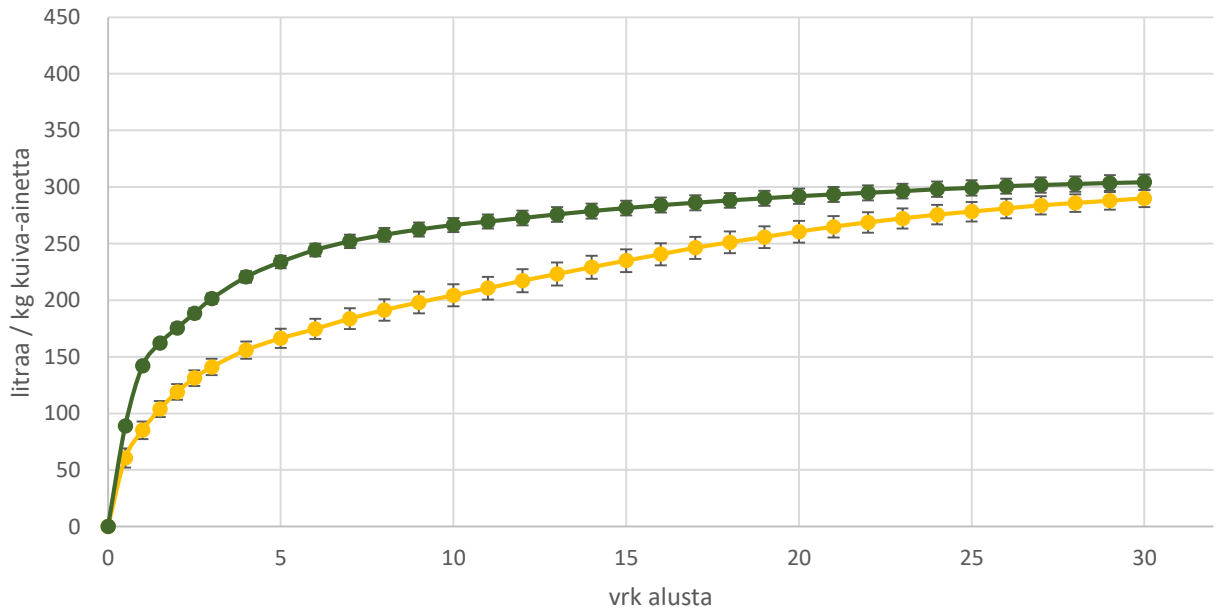


A4 Monivuotinen heinäseos

2015 A4 2016 A4

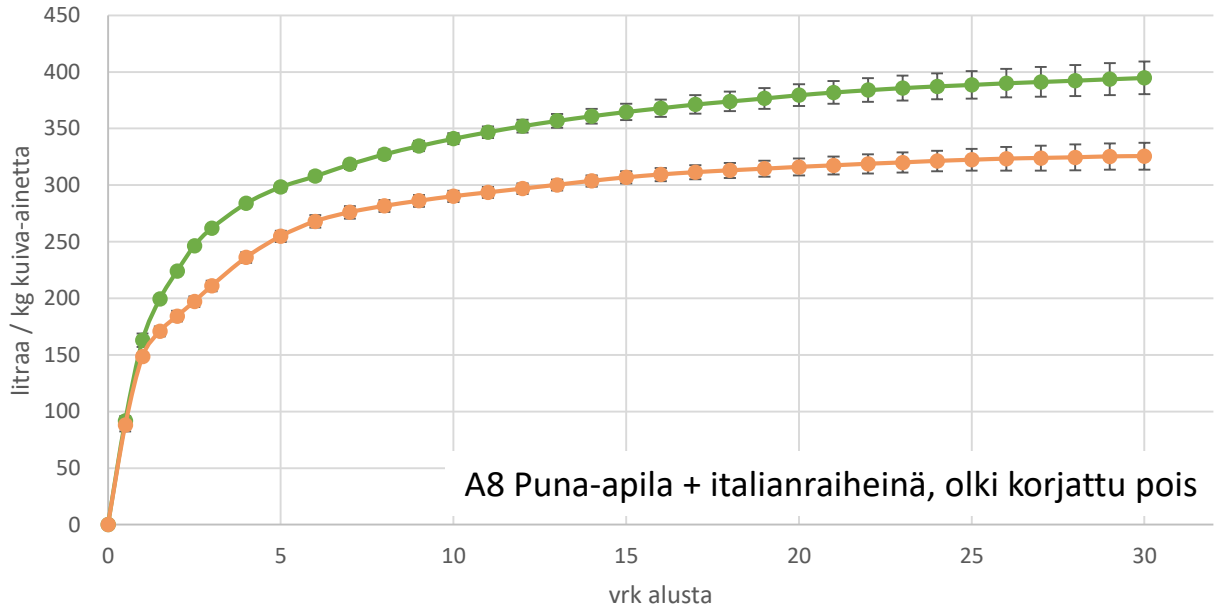
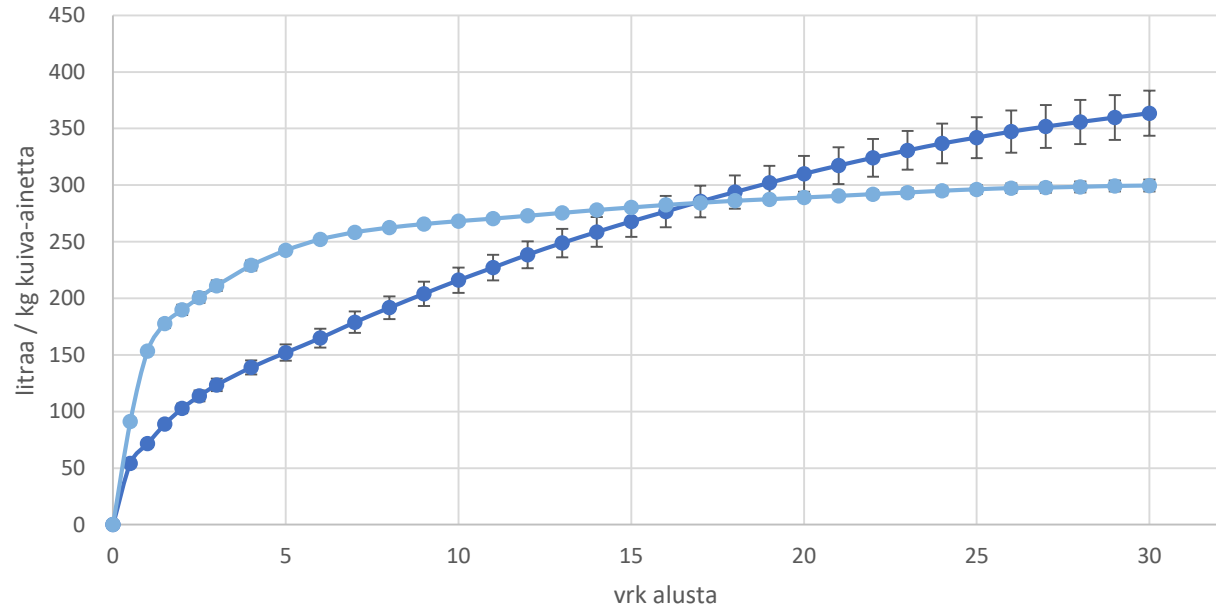
2015 A3 2016 A3

A3 Italianraiheinä (20 kg/ha)

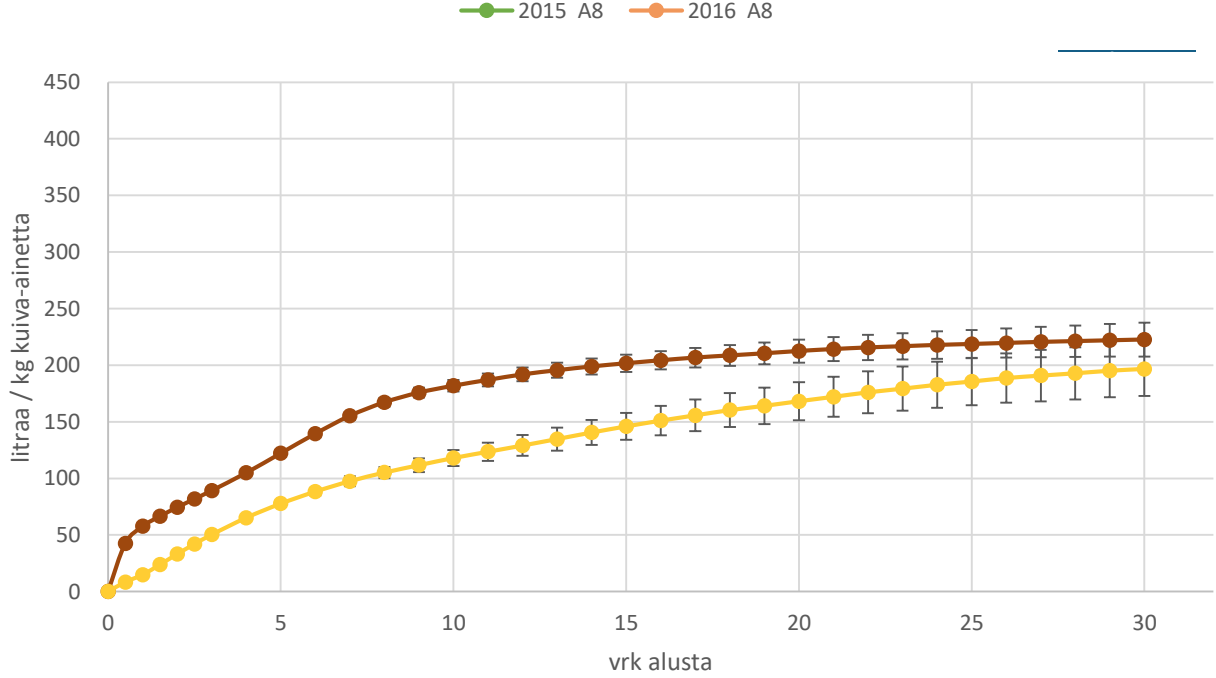
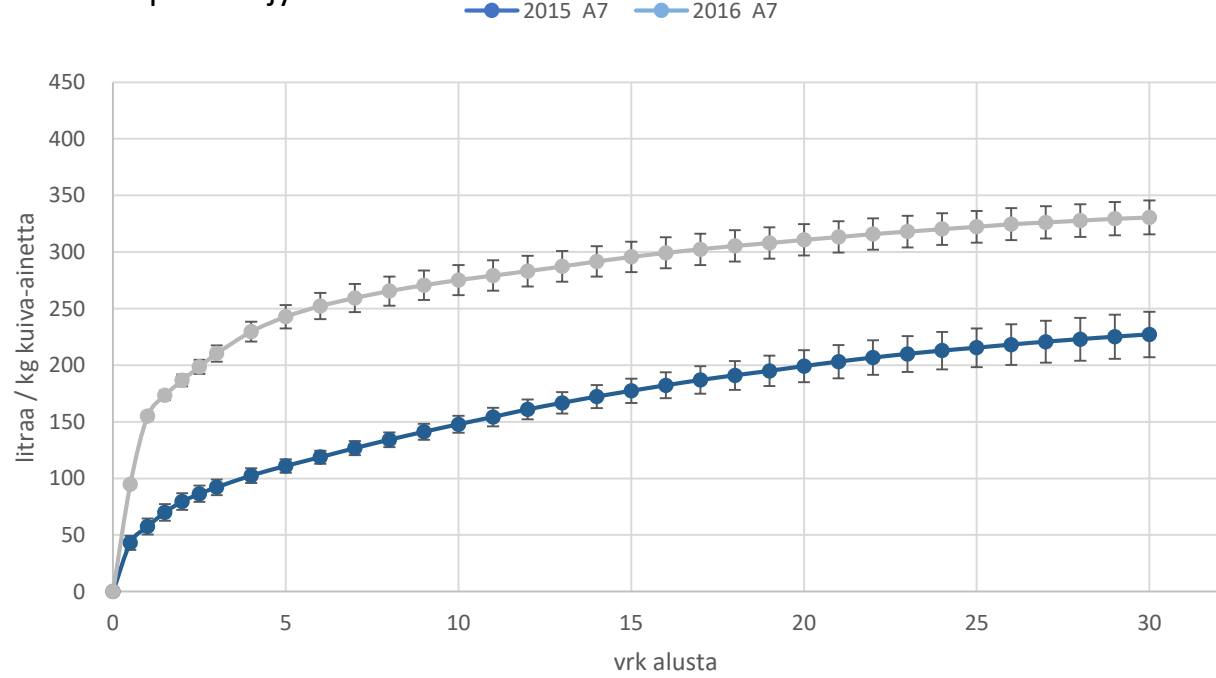


2015 A6 2016 A6

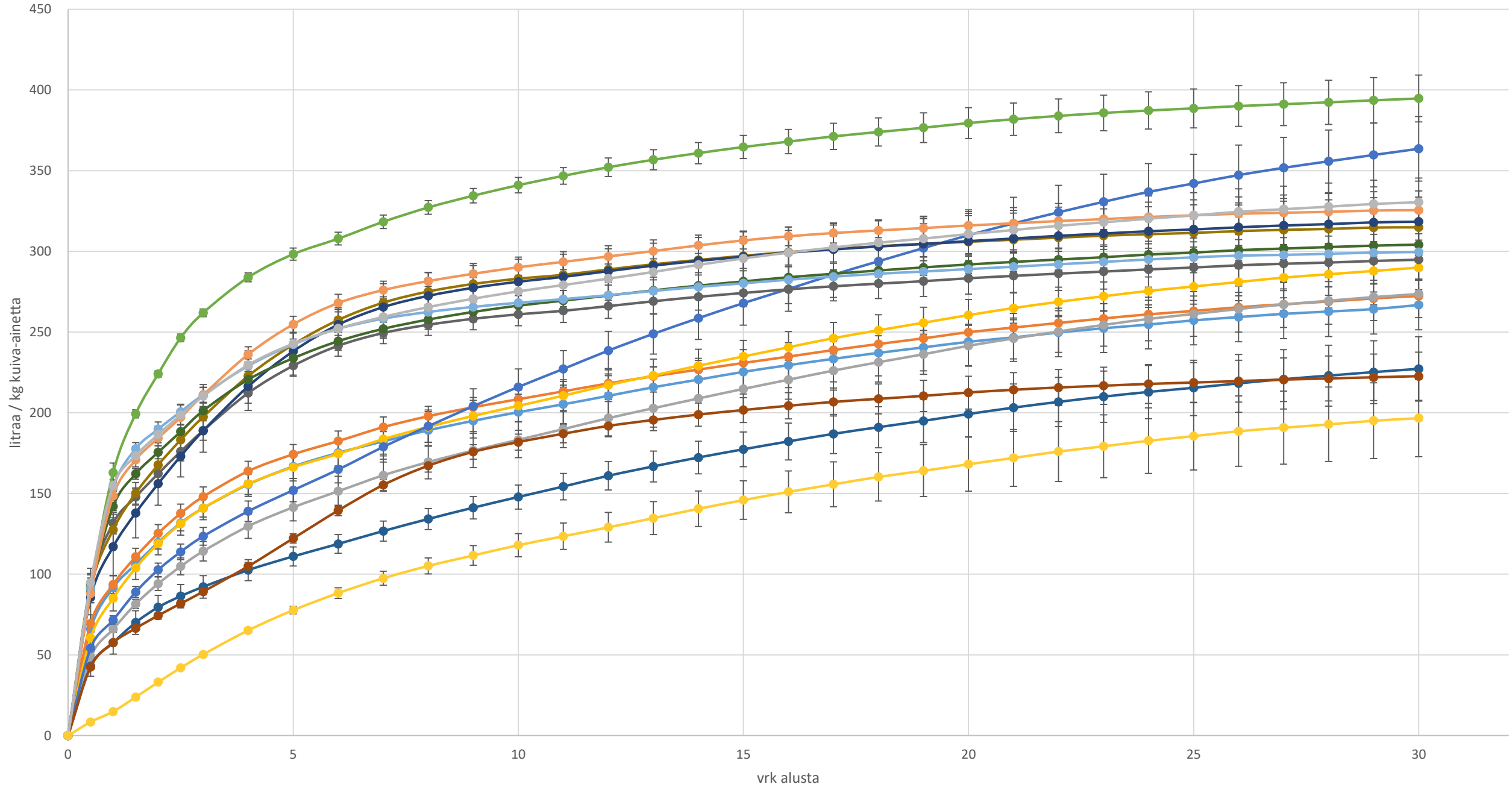
A6 Puna-apila + italianraiheinä



A7 Puna-apila + öljyretikka

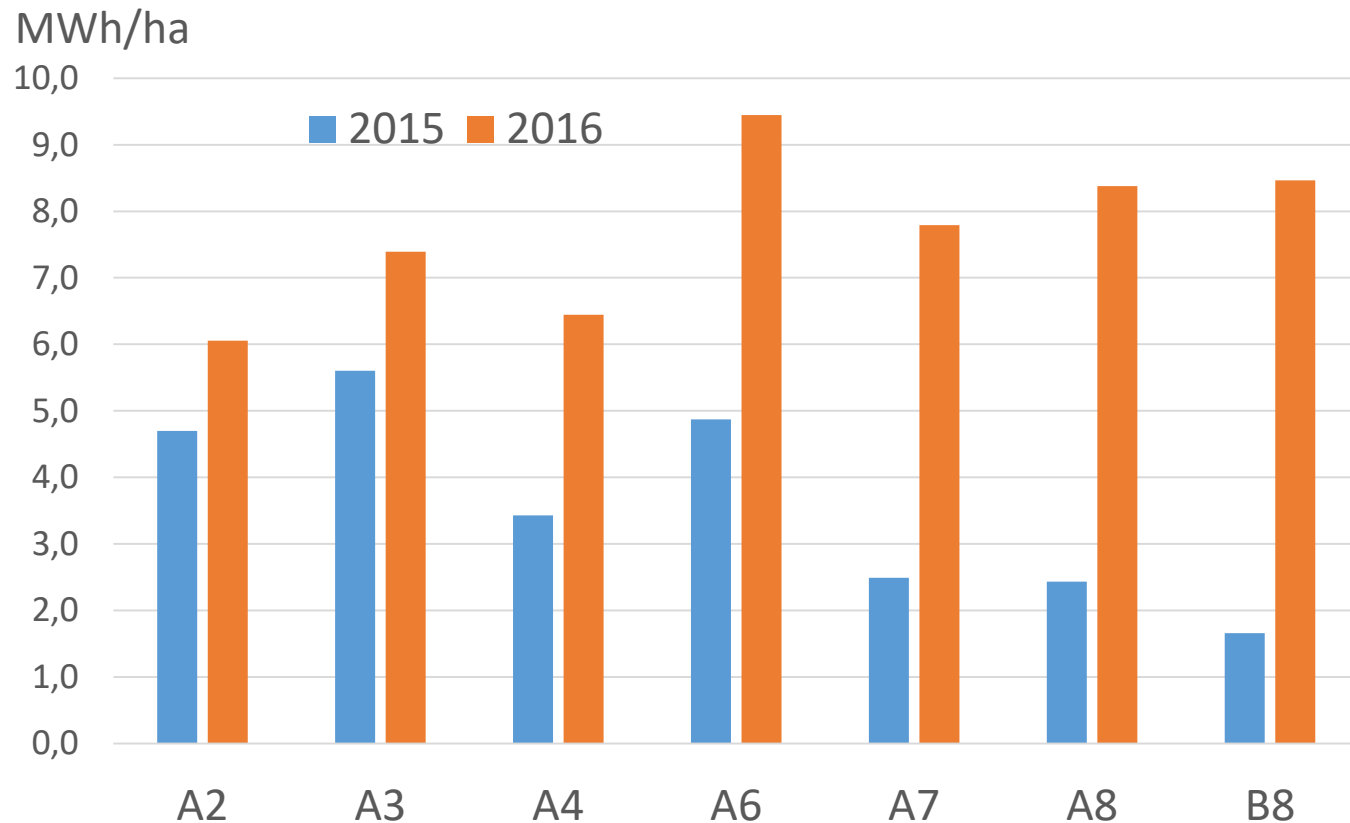


B8 Valkoapila



- | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| 2015 A2 | 2015 A3 | 2015 A4 | 2015 A6 | 2015 A7 | 2015 A8 | 2015 B8 | 2015 Lietelanta |
| 2016 A2 | 2016 A3 | 2016 A4 | 2016 A6 | 2016 A7 | 2016 A8 | 2016 B8 | 2016 Olki |

Metaanienergiatuotto hehtaarilta



A2 Italianraiheinä (7 kg/ha)

A3 Italianraiheinä (20 kg/ha)

A4 Monivuotinen heinäseos

A6 Puna-apila + italianraiheinä

A7 Puna-apila + öljyretikka

A8 Puna-apila + italianraiheinä, olki korjattu pois

B8 Valkoapila

	Kerääjäkasvisato kg ka/ha		CH ₄ -tuotto litraa/kg ka		Energiatuotto MWh/ha	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
A2	1760	2050	270	290	4,7	6,1
A3	2060	2350	270	310	5,6	7,4
A4	1250	2020	270	320	3,4	6,4
A6	1680	3110	290	300	4,9	9,4
A7	690	2600	360	300	2,5	7,8
A8	620	2570	390	330	2,4	8,4
B8	730	2560	230	330	1,7	8,5

*Taulukon sato ja metaanituottoarvot pyöristetty;
Energiatuotot laskettu tarkemmilla arvoilla.*

Säilörehujen ravinnetarkastelua

Tarkasteltiin seuraavia tekijöitä liittyen kerääjäkasvisäilörehuihin biokaasutuotannon raaka-aineena ja mädätysjäännöksen laadun kannalta:

Raaka-aineena:

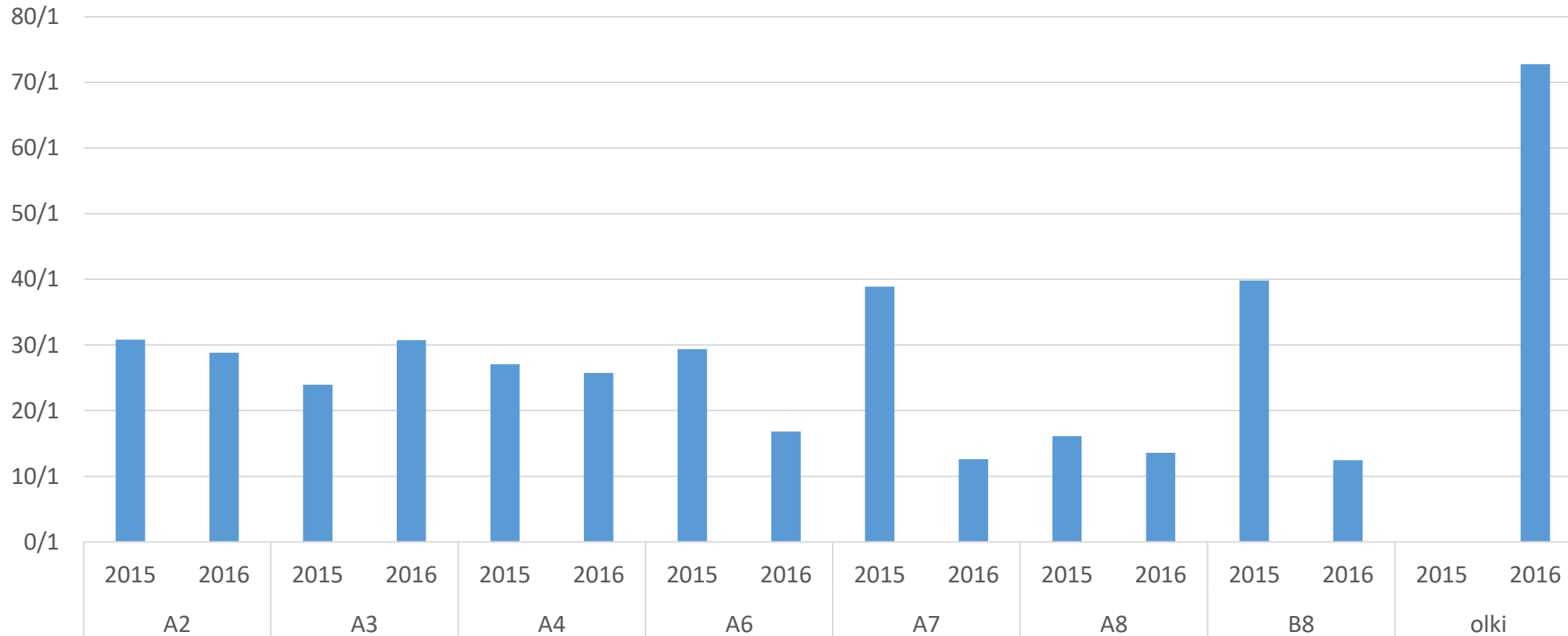
- kuiva-aine(TS) ja orgaaninen aines(VS), pitoisuudet (ks. dia 4) ja VS/TS-suhde
- hiili/typpi –suhde

Mädätysjäännöksen ravinnearvona:

- typen liukoistuminen ammonium-muotoon biokaasuprosessin aikana
- kokonaistyyppi- ja fosforipitoisuudet (laskettu säilörehun pitoisuuksista olettaen että kaikki ravinteet säilyy biokaasuprosessin aikana ja jää mädätysjäännökseen)

Säilörehu biokaasutuotannon raaka-aineena: hiili/typpi -suhde

A2 Italianraiheinä (7 kg/ha)
A3 Italianraiheinä (20 kg/ha)
A4 Monivuotinen heinäseos
A6 Puna-apila + italianraiheinä
A7 Puna-apila + öljyretikka
A8 Puna-apila + italianraiheinä, olki korjattu pois
B8 Valkoapila

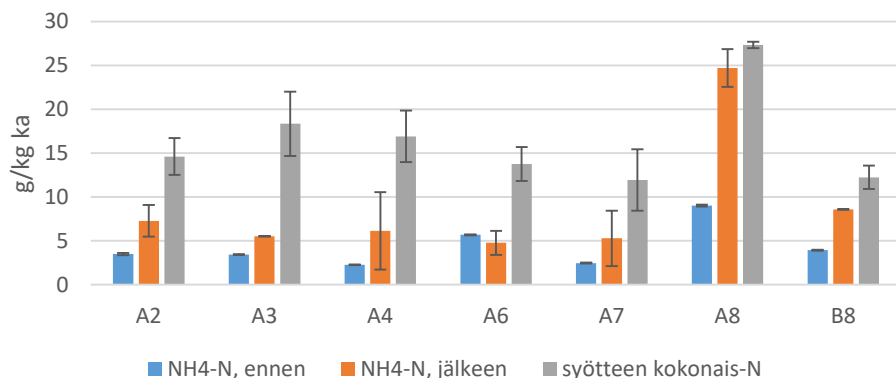


- Mitä korkeampi oljen osuus, sitä korkeampi C/N-suhde ; kerääjäkasveilla olkea korkeampi N-pitoisuus (oljelle C:N-suhde 73)
- Kaikkien näytteiden C:N –suhde (2015 välillä 16 – 46 ja 2016 välillä 12 – 31) on hyvällä tasolla verrattuna biokaasutuottoprosessin optimaaliseen C:N –suhteeseen (välillä 10-30).

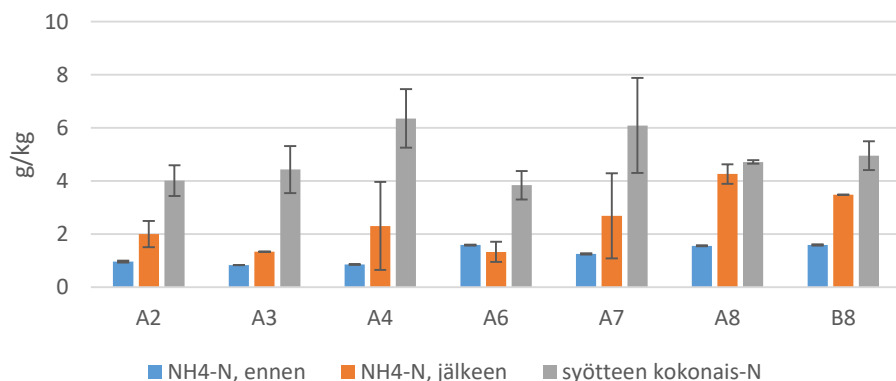
Typen liukoistuminen ammoniumiksi biokaasuprosessin aikana (tarkastelu tehty kesän 2015 näytteistä)

A2 Italianraiheinä (7 kg/ha)
A3 Italianraiheinä (20 kg/ha)
A4 Monivuotinen heinäseos
A6 Puna-apila + italianraiheinä
A7 Puna-apila + öljyretikka
A8 Puna-apila + italianraiheinä, olki korjattu pois
B8 Valkoapila

Ammonium- ja kokonais-N,
ennen ja jälkeen biokaasutuksen
säilötyn näytteen kuiva-ainetta kohti

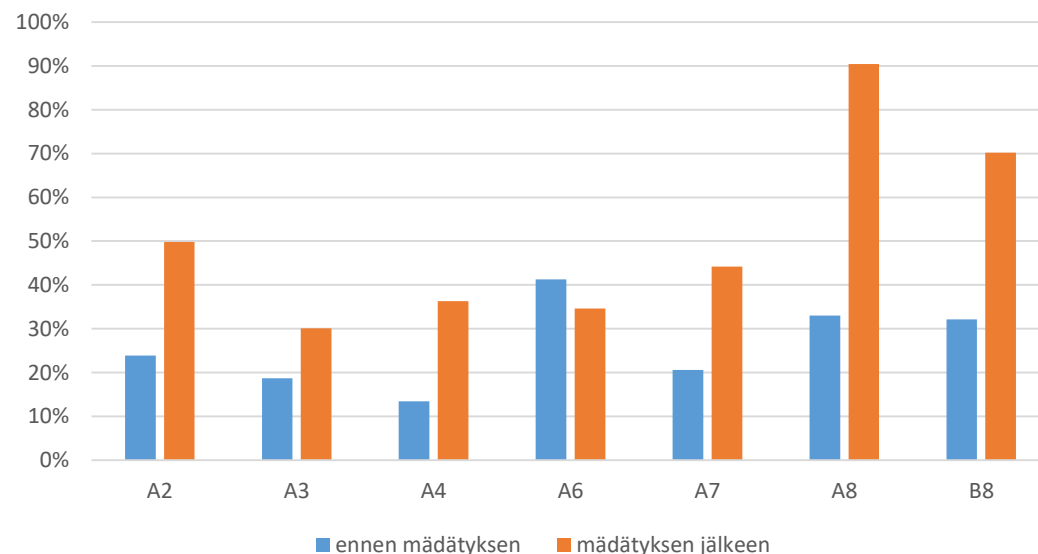


Ammonium- ja kokonais-N,
ennen ja jälkeen biokaasutuksen
tuorerehun massaa kohti



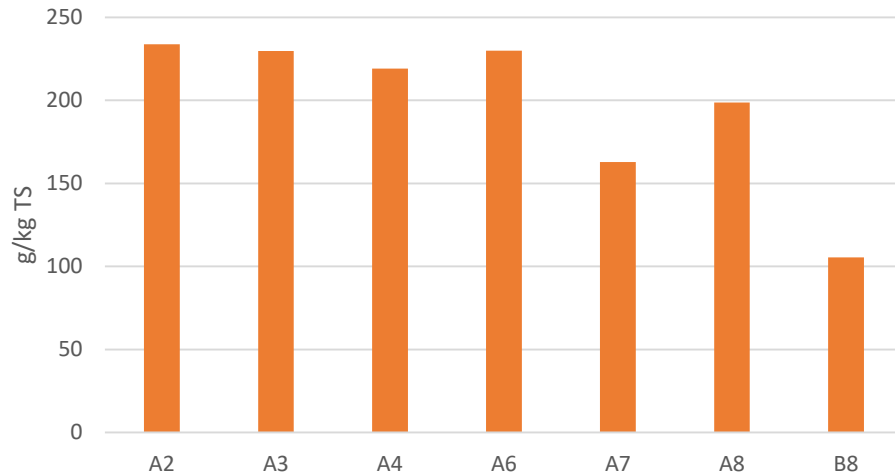
- Mädätyksen jälkeiset ammoniumtyppipitoisuudet olivat korkeampia kuin ennen mädätystä, indikoiden typen liukoistumista biokaasutuksen aikana
- Merkittävin liukoistuminen todettiin kerääjäkasvilla ilman olkea (A8-näyte): ammo-N:n osuus kokonais-N:stä nousi 33 % → 90 %.

Ammoniumtypen osuus kokonaistypestä

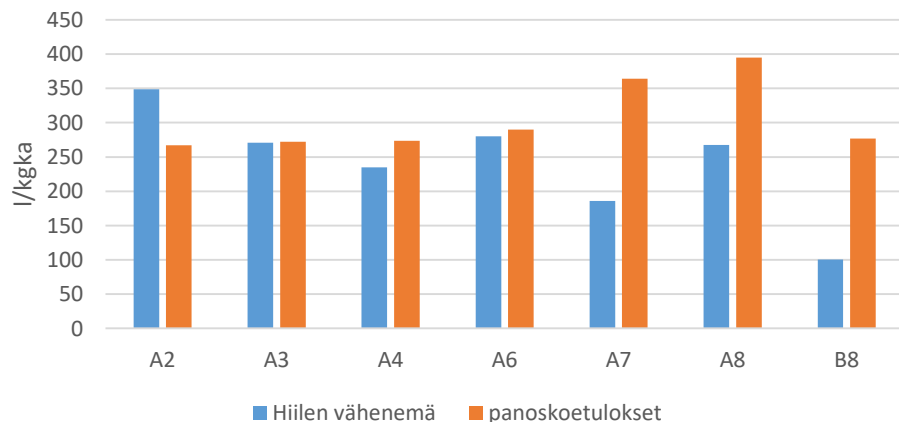


Hiilen vähenemä biokaasutuksen aikana (tarkastelu tehty kesän 2015 näytteistä)

Hiilen vähenemä mädätyksessä



Metaanituotto, laskettuna hiilivähenemästä (ol.
55% CH₄) sekä panoskoetulokset



Alemmassa kuvassa on verrattu metaanituottoa perustuen analysoituun hiilivähenemään ja panoskookeella mitattua metaanituottoa (laskennassa oletettu biokaasun koostumus: 55 % CH₄ + 45 % CO₂)

- Kolmen näytteen (A3, A4 ja A6) osalta tulokset ovat hyvin vastaavia, mutta muuten esiintyy vaihtelua, usein niin päin että mitattu metaanituotto on suurempi kuin C-analyysien (C-vähenemän) perusteella laskettu tuotto
- C-analysoinnin tarkkuutta heikentää panoskookeessa käytetyn ympin merkittävä määrä, jolloin näytteessä tapahtuvat pitoisuusmuutokset ovat suhteellisen pieniä verrattuna ympin suuriin lähtöpitoisuuksiin

Mädätysjäännöksen ravinnepitoisuudet

- Tarkasteltiin laskennallisesti, kahdelle valitulle syötteelle (v. 2015), näiden biokaasutuotannon märkäprosessista saatavan mädätysjäännöksen ravinnepitoisuudet
 - Syötteet: puna-apila/italianraiheinäseos ilman olkea (A8) ja oljen kanssa (A6)
 - Syötteen TS-pitoisuus 12 %, ja TS-reduktio 35 %
 - Syötteen kokonais-N ja kokonais-P säilyy ja päättyy kokonaisuudessaan mädätysjäännökseen, jonka TS-pitoisuudeksi saadaan on 8 % (kun TS reduktio 35 %)
 - A8-näytteessä typpi liukoistuu, eli ammo-N-pitoisuus nousee: syötteessä n. 33% ja jäännöksessä n. 90 % kokonaistypestä
 - Yllä olevilla oletuksilla rehun ja syntyvän mädätysjäännöksen ravinnepitoisuudet on esitetty taulukossa

	Kerääjäkasvirehu			Mädätysjäännös	
	A6	A8		A6	A8
typpi, g/kg ka	13,8	27,3	typpi, g/kg ka	21,2	42,0
typpi, g/kg (TS 12 %)	1,7	3,3	typpi, g/kg (TS 8 %)	1,7	3,4
ammonium-N, g/kg ka	5,7	9,0	ammonium-N, g/kg ka	8,8	37,8
ammonium-N, g/kg (TS 12 %)	0,7	1,1	ammonium-N, g/kg (TS 8 %)	0,7	3,1
fosfori, g/kg ka	2,8	5,2	fosfori, g/kg ka	4,3	8,0
fosfori, g/kg (TS 12 %)	0,3	0,6	fosfori, g/kg (TS 8 %)	0,4	0,7

Johtopäätökset

- Kerääjäkasvien **vaihteleva laatu** on hyvä tiedostaa ja sen vaikutukset tunnistaa, etenkin kasvien seassa oleva **olki vaikuttaa** moneen, mm:

Mitä enemmän olkea, sitä

- ✓ Korkeampi kuiva-ainepitoisuus
 - ✓ Alempi typpipitoisuus
 - ✓ Korkeampi C/N –suhde
 - ✓ Alempi fosforipitoisuus
 - ✓ Vähemmän säilörehumassaa per säilötty tilavuus
 - ✓ Alempi metaanituotto ja hitaampi hajoaminen biokaasuksi
- Tässä työssä säilöntä metaanituottotestausta varten onnistui hyvin, ja näytteiden epähomogeenisuudesta (vaihteleva olki/vihermassakoostumus) huolimatta rinnakkaistulokset olivat hyvin vastaavia, kuin myös eri laboratorioissa mitatut vastaavat tulokset

Johtopäätökset

- Kerääjäkasvit biokaasutuotannon raaka-aineena:
 - Sopiva C/N –suhde
 - sitä korkeampi mitä enemmän olkea eli kerääjäkasvilla korkeampi N-pitoisuus kuin oljella ; korkeimmillaan suhdearvo 40 (näyte B8 vuonna 2015)
 - vuoden 2016 kerääjäkasvisadon C/N –arvot olivat kaikki hyvällä tasolla (välillä 12-31), johtuen niiden alemmasta oljen osuudesta verrattuna v. 2015 satoon
- Biokaasuprosessin aikana kerääjäkasvin tyyppi liukoistuu hyvin ammonium-N-muotoon
 - parhaimmillaan (näyte A8 vuonna 2015) mädätysjäännöksessä ammonium-N:n osuus kokonaistypestä oli 90 %
- Kerääjäkasvien metaanituottopotentiaali on hyvä
 - Ominaistuotto korkeimmillaan n. 400 litraa/kgka, vrt. olki n. 200 litraa/kgka ja lietelanta n. 220 litraa/kgka
 - Hehtaarituet vaihtelevia, mutta potentiaalisia energiahyödyntämiseen, välillä 2,5 – 9 MWh/ha
 - Kerääjäkasvien vaikutus myös pääkasvin satoon on huomioitava kasvia valittaessa