

Metanointi maatilalla

Tuloswebinaari 17.12.2024

Marianne Reinikka

Miia Jämsén

Ville Svan



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

jamk | biotalous

BGC NORDIC

jamk

Tilaisuuden ohjelma

- Tervetuloa – Annemari Sinikorpi, Jamk
- Katsaus Metanointi maatilalla -hankkeeseen – Marianne Reinikka, Jamk
- Metanoinnin turvallisuus – case Tarvaala – Ville Svan, Jamk
- Havainnot Jamk Biotalousinstituutin metanointikokeista- Miia Jämsén, Jamk
- Metanoinnin kannattavuus – Ville Pyykkönen, Luke
- Termofiilinen prosessi Paavolan maitotilalla – Henri Viiru, BGCNordic Oy
- Tilaisuuden yhteenveto – Annemari Sinikorpi, Jamk

Katsaus Metanointi maatilalla -hankkeeseen

Marianne Reinikka
Projektipäällikkö



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

jamk | **biotalous**

BGC WORLDWIDE

Metanointi maatilalla

Hankeaika 1.10.2022-31.12.2024

- Hanketta hallinnoi Jyväskylän ammattikorkeakoulun Biotalousinstituutti
- EIP-ryhmässä mukana myös BGCNordic Oy ja Paavolan maitotila
- Rahoittaja Hämeen ELY-keskus ja Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahasto

Hankkeen tavoitteet ja työpaketit

- Hankkeen tavoitteet
 - *Tutkia metanoinnin vaikutusta erityisesti keskikokoisen maatalan biokaasutuotannon kannattavuuteen*
 - *Rakentaa yhdelle tilalle rinnakkaisena investointihankkeena biokaasulaitos metanointijärjestelmään*
 - *Pilotoida metanointia pilot-kokoluokan teknologiakokonaisuudella*
- TP1: Biokaasupilottilaitteiston päivittäminen
- TP2: Mädätyksen optimointi ja mädätyksen ohjauksen kehittäminen
- ~~TP3: Sähkön tuotannon ja elektrolyysilaitteiston rakentaminen pilotille~~
- TP4: Liiketaloudelliset laskelmat
- TP5: Maatilamittakaavaan skaalaamisen suunnittelu
- TP6: Viestintä ja verkoston laajentaminen



Laitteistomuutokset ja mädätyksen optimointi

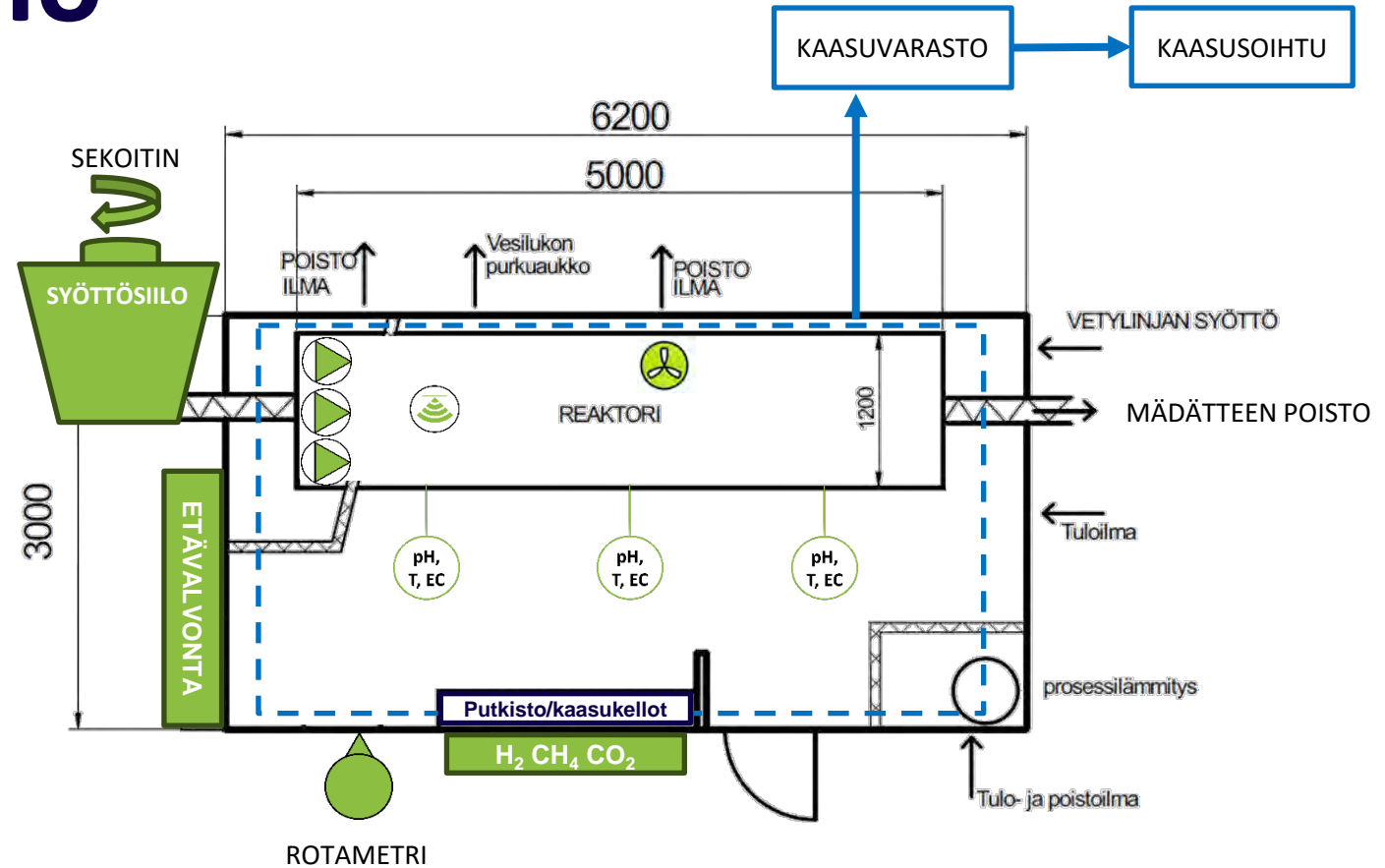
- *TP1 Laitteiston päivittäminen lietelanta-nurmirehu –seokselle metanointikokeiden tarpeisiin sopivaksi*
- *TP2. Mädätysolosuhteet optimoidaan kokeellisesti*
- Suoritettiin kokeita pilottikokoluokan biokaasureaktorilla Biotalousinstituutissa
 - Hankkeeseen päivitettyjen laitteiden sekä syötteiden testikokeet keväällä 2024
 - Metanointikokeet syksyllä 2024
- Havainnoitiin laitteiston ominaisuuksien, sääolosuhteiden yms. vaikutusta prosessiin, vedynsyöttöön ja kaasuntuottoon

Laitteistokaavio

Tulppavirtausreaktori

Osastoitu kolmeen kammioon

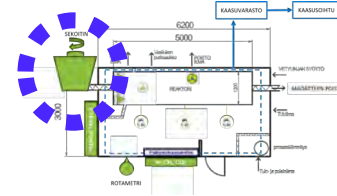
Tilavuus 5m³ (reaktori)



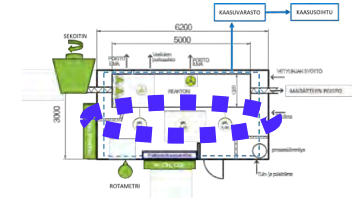
Syöttösiilo

Syöttösiiloon lisättiin sekoitin

- Syötteen holvaantumisen estäminen
- Syötteen tasalaatuisuuden turvaaminen
 - ehkäisi mikrobeille syntyvää kuormitusta
- Syöttöruuvia jatkettiin, jotta kiinteämpi syöte kulkeutui paremmin reaktoriin



pH, lämpötila ja johtokykyanturit



- **Koteloidut** anturit lisättiin kolmeen kammioon
 - Endress Hauser (kammio 1 ja 3)
 - Sentron (kammio 2)
- **Tavoitteet:**
 - Reaktorin tilan seuranta, myös etänä
 - Alkaliteettimuutoksen seuraaminen datasta mallinnuksen avulla



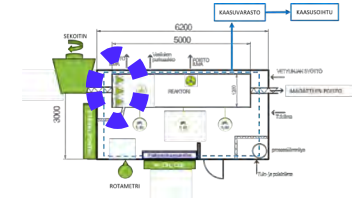
Kuva: Ville Svan



Kuva: Ville Svan

Kemikaalipumput

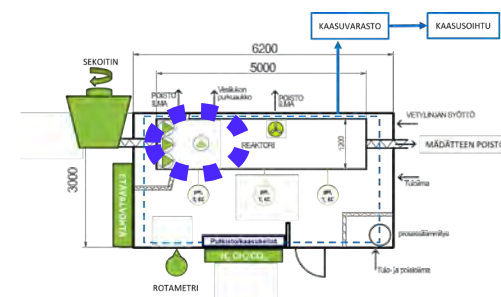
- Tavoitteena oli tehokkaampi prosessin hallinta
- Kolme pumppua, jokaiselle kammiolle oma
 - putkilinjaston halkaisija oli 6/4 mm
 - pumppuja voitiin hallita myös etänä
- Pumput soveltuivat
 - pH:n säätöön
 - mikrobitasapainon säätöön
- Havainnot:
 - pumput ”pelastivat” koeajot kaksi kertaa
 - pumput annostelivat kemikaaleja hitaasti
 - pumppujen sijainti oli viileässä tilassa
 - => neste täytyi lämmittää ennen pumppaamista ja pitää lämpimänä
 - linjaston putkisto kannattaa tehdä halkaisijaltaan suuremmaksi, jolloin myös sakeampi ja palakooltaan rakeisempi aine saadaan syötettyä reaktorin sisälle



Kuva: Ville Svan

Pinnankorkeusanturi

- Tavoitteena oli valvoa ja säätää mädätemassan pinnankorkeutta reaktorissa
- Laittevalinnat tehtiin ATEX-määräyksiin mukaan
- Tutka vaati rinnalleen galvaanisen erottimen, jolla estetään jännitepiikin pääsy toimilaitteelle



Kuva: Ville Svan



Kuva: Ville Svan



Kuva: Ville Svan

Etävalvonta ja Logiikkamuutokset

Tosibox ja Siemens laajennusmoduuli

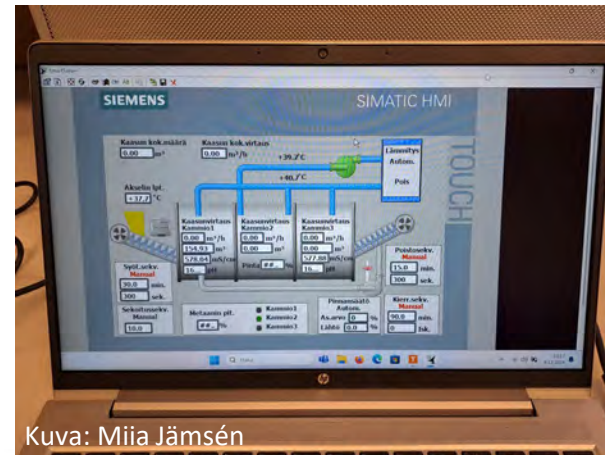
- Siemens
 - Siemens Simatic ohjaukseen lisättiin laajennusmoduuli, johon saatiin lisättyä analogia tulot (anturit)
- Etävalvonta
 - Avaimet käteen periaatteella tilattu etävalvonta
 - Ohjainpaneelin näyttö saatiin kopioitua kannettavalle
 - Laitteiston parametrejä voitiin säätää etänä



Kuva: Ville Svan



Kuva: Ville Svan



Kuva: Miia Jämsén

Tehdyt toimenpiteet

TP4: Liiketaloudelliset laskelmat

- *Liiketaloudellisilla laskelmilla tarkastellaan metanoinnin vaikutusta tilan kannattavuuteen*
- Liiketaloudelliset laskelmat ostopalveluna Luonnonvarakeskukselta
- Näistä tilaisuuden ohjelmassa erillinen esitys: Metanoinnin kannattavuus - Ville Pyykkönen, Luonnonvarakeskus



Tehdyt toimenpiteet

TP5: Maatilamittakaavaan skaalaamisen suunnittelu

- *Tavoitteena asentaa yksi in situ -metanointilaitteisto toimivaan tai rakennettavaan biokaasun tuotantolaitokseen*
- Suunniteltiin ja asennettiin EIP-ryhmässä mukana olevalle Paavolan maitotilalle vedynsyöttölaitteisto biokaasulaitoksen yhteyteen
- Suunniteltiin metanointikoetta myös Paavolan maitotilalle, mutta päädyttiin siihen, että koetta ei toteuteta
 - Todettiin, että kokeeseen liittyy haastavia vastuukysymyksiä, kun toimitaan maatilaympäristössä ja kokeessa on merkittävät henkilöturvallisuus- ja omaisuusriskit
- Paavolan maitotilalla siirryttiin termofiiliseen prosessiin (ei vedynsyöttöä) keväällä ja siitä saatiin hyvää tietoa ja tuloksia hankkeen aikana

Tehdyt toimenpiteet

TP6: Viestintä ja verkoston laajentaminen

- *Viestinnän tavoitteena on tavoittaa mahdollisia biokaasuinvestointia kaavailevia alkutuottajia sekä investoinnista kiinnostuneita pääomasijoittajia.*
- Hanke ollut mukana useissa eri tapahtumissa toiminnan aikana
 - mm. Okra-messut, Innovaatiotori, EIP-hanketilaisuudet, biokaasulaitosavajaiset, yritysvierailut..
- Biokaasusta liiketoimintaa maataloille –työpaja toteutettiin yhteistyössä Kestävä keskisuomalainen maatila –hankkeen kanssa 20.11.2024
 - Osallistujia 18+ hankehenkilöstö
- Hankkeen tuloswebinaari 17.12.2024 klo 13-15
- Artikkeleita, blogeja ja podcast tulossa loppuvuoden aikana ja vuoden 2025 alussa
 - Julkaisut löytyvät hankkeen [verkkosivuilta](#) ja Jamk Arenasta viimeistään alkuvuonna 2025

Biokaasusta liiketoimintaa maataloille

Nostoja työpajasta

- Suurin este investoinneille maatalojen heikko kannattavuus -> Uusia rahoitusmalleja tarvitaan
 - Heikosti kannattavat tilat eivät investoi isosti, vaikka olisi rahoitustakin saatavilla
- Pienten projektien yhdistäminen suuremmiksi kokonaisuuksiksi
- Kunnan rooli koettiin merkittäväksi investointeja käynnistävänä ja lisäävänä tekijänä (Vieremän malli)
- Teollisuuden potentiaali biometaanin ostajana ollut vielä vähäisellä huomiolla, päästövähennys tarpeita on
- Sääntelyn yksinkertaistaminen ja keventäminen tarpeen
- Uudenlaiset energiayhteisöt mahdollisuus
- Jakeluvarmuuden parantaminen tärkeää
- Neuvontaorganisaatioiden aktivointi ja neuvontatyö tärkeää



Metanoinnin turvallisuus – case Tarvaala

Ville Svan

Tekninen asiantuntija



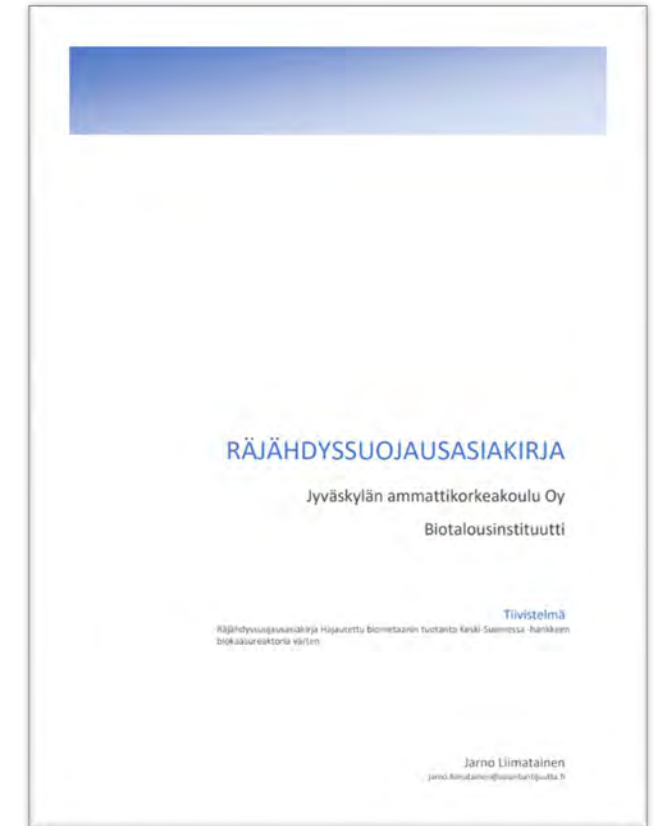
Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

jamk | **biotalous**

BGC_{NORDIC}

Räjähdyksvaarallinen tila (EX / Atex)

- Räjähdyksvaarallinen tila on tila, jossa voi esiintyä räjähtävä ilmaseos. Hankkeen tapauksessa metaani ja vety → Tarvitaan räjähdys-suojausasiakirja
- Velvoittava lainsäädäntö → Laadittava lain pohjalta
- Laadittava ennen kuin räjähdysvaarallisessa tilassa aloitetaan työskentely.
- Asiakirjassa ilmenee mm. seuraavat asiat:
 - Toiminnan kuvaus.
 - Vaaran ja riskien arviointi.
 - Luokitellaan räjähdysvaaralliset tilat, tilaluokat.
 - Riskien pienentäminen ja toteutetut räjähdys-suojaustoimenpiteet.
 - Ex laitteet ja niiden vaatimuksenmukaisuustodistukset.



Materiaali- ja laitevalinnat in-situ metanointiin

- Vety on energiatiheä, kevyt ja ohut kaasu
- Suurina pitoisuuksina tukahduttava
- Syttymisraja 4-75 %:a, muodostaa kaasuuntuneena hapen kanssa räjähtävän seoksen
 - Vedyn ja ilman seoksen sytyttämiseen riittää 0,02 mJ:n energia
- Kaasulinjaston putkistot ja komponentit on valittava tarkkaan, jotta saavutetaan tiiveys ja korroosio kestävyys. Käytännössä ruostumaton teräs
- Ruosteinen pinta voi sytyttää vedyn huomattavasti itsesyttymislämpötilaa alemmassa lämpötilassa
- Vety haurastuttaa erityisesti sellaisia tiivisteitä, jotka ovat herkkiä hapettumiselle, kuten kumi- ja nitriliitivistet, myös muoveja
- Komponentit ovat arvokkaita joten syytä miettiä kustannustehokkuutta

Työturvallisuus

- Laitteiston ja putkistojen koeponnistus ja tiiveystarkastukset myös käytön aikana
- Vetylinjastojen typpihuuhtelu ennen vedynsyötön aloitusta, järjestelmässä ei saa olla happea
- Henkilöstön koulutus, työskentely räjähdysvaarallisissa tiloissa, Atex kurssi
- Työvaatevalinnoissa tulee kiinnittää huomiota suojausluokitukseen.
 - Suojaus staattiselta sähköltä sekä kuumuudelta ja liekiltä
- Kriittisissä tiloissa tulee olla kaasunilmaisin anturi, joka hälyttää mikäli pitoisuudet nousevat kaasuvuodon takia
- Biokaasulaitoksella työskentelevillä tulee olla henkilökohtainen kaasuhälytin ja hengityssuojain patogeenejä vastaan (FFP3)
- Reaktorin sijaintia kannattaa arvioida mahdollisen vaaratilanteen varalta
- Rotametrin havaittiin olevan herkkä lämpötilamuutoksille

Suojaimet



Kuva: Miia Jämsén

Kaasunilmaisin

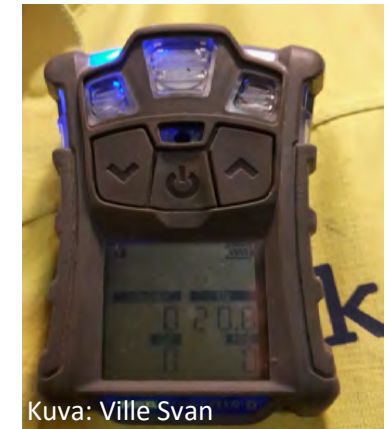


Suojausluokat



Kuva: Ville Svan

Kaasuhälytin



Kuva: Ville Svan

Vedynsyöttölaitteisto

- Vedynsyöttölaitteisto oli rakennettu aiemmassa hankkeessa.
- Sähköinen virtaussäädin korvattiin tarkkaan mitoitetulla rotametrillä.
- Pienempi vedynsyöttömäärä valittiin myös turvallisuuden kannalta
- Kaasu syötetään paineenalentimen kautta linjastoon (pulloaine → 3bar) Vetylinjassa on kolme NC magneettiventtiiliä. Sähköinen virtaussäädin on korvattu rotametrillä, säädetty kaasumäärä syötetään kammiokohtaisesti reaktoriin. Vety kuplitetaan reaktorin sisällä olevien sinttereiden läpi mädätteeseen.

Rotametri



Kaasuvarasto



Sintterit



Kammioventtiilit



Havainnot Jamk Biotalousinstituutin metanointikokeista

Miia Jämsén
Tutkija



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

jamk | biotalous

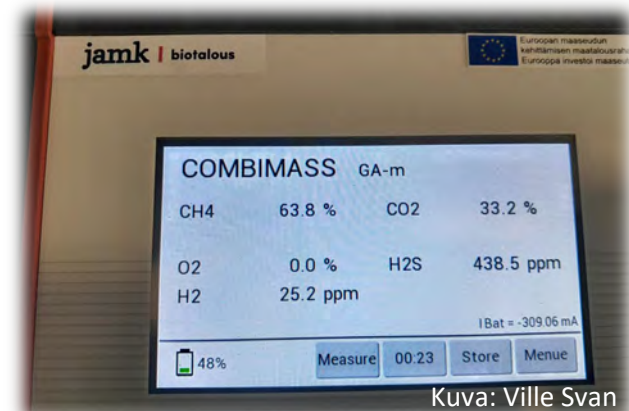
BGC WORDSC

Metanoinnin koesuunnitelma

- Koeajoissa käytettyä reaktoria on operoitu vuodesta 2020 lähtien
- Koesuunnittelun taustalla on ollut kaksi edellistä hanketta
 - BIND-hankkeen pohjalta oli tiedossa perustieto ilman in situ-metanointia
 - HABA-hankkeen in situ –metanoinnissa vetyä syötettiin lyhyinä aikaväleinä 0,5 l/min
- HABA-hankkeen kokemuksien pohjalta
 - reagoimatonta vetyä vapautui mädätepatjan läpi runsaasti
- Taustat huomioiden päädyttiin vähentämään reilusti vedyn syöttömäärää
 - Vedyn pitoisuus tuotekaasussa sekä vedyn kulutus saatiin pidettyä maltillisena
 - HABA-hankkeen suunnitelman mukaan vetyä olisi kulunut jatkuvana syöttönä 720 l/vrk:ssa
 - MetMaat-hankkeessa suunniteltiin 14 l/vrk:ssa
- Hypoteesina oli, että syötetty vety tulee reagoimattomana mädätemassan läpi
 - Tavoitteena oli saada syötetty vety muuntumaan metaaniksi

Koeajot

- Märkämädätys, mesofiilinen (35-37 °C)
- Ympäristönä käytettiin perkolaatioliuosta (Metener Oy)
- Syöttöongelmien ehkäisemiseksi kuiva-ainepitoisuutta nostettiin hitaasti kuivaheinällä
- Kokeiden suunniteltu kokonaiskesto oli 12 viikkoa
- Mädätysprosessia seurattiin etävalvonnan lisäksi viikoittaisilla analyyseillä
 - TS, VS, pH, T, EC, alkaliteetti
- Vetypitoisuus mitattiin kaksi kertaa päivässä (Combimass GA-m -kenttämittari)
- Tavoitteena oli pitää viipymä (HRT) vakiona koko kokeen ajan
- Kokonaisviipymä (4 * HRT)
 - ylösajo 2 * HRT
 - hankkeen koeajot 1 * HRT
 - gH2Addva-hankkeen koeajot 1 * HRT
- Koeaika on lyhyt
 - Ei voida tehdä täydellisiä päätelmiä tulosten pohjalta
 - MUTTA => Nähdään muutos ja mahdolliset suuntaviivat



Kuva: Ville Svan

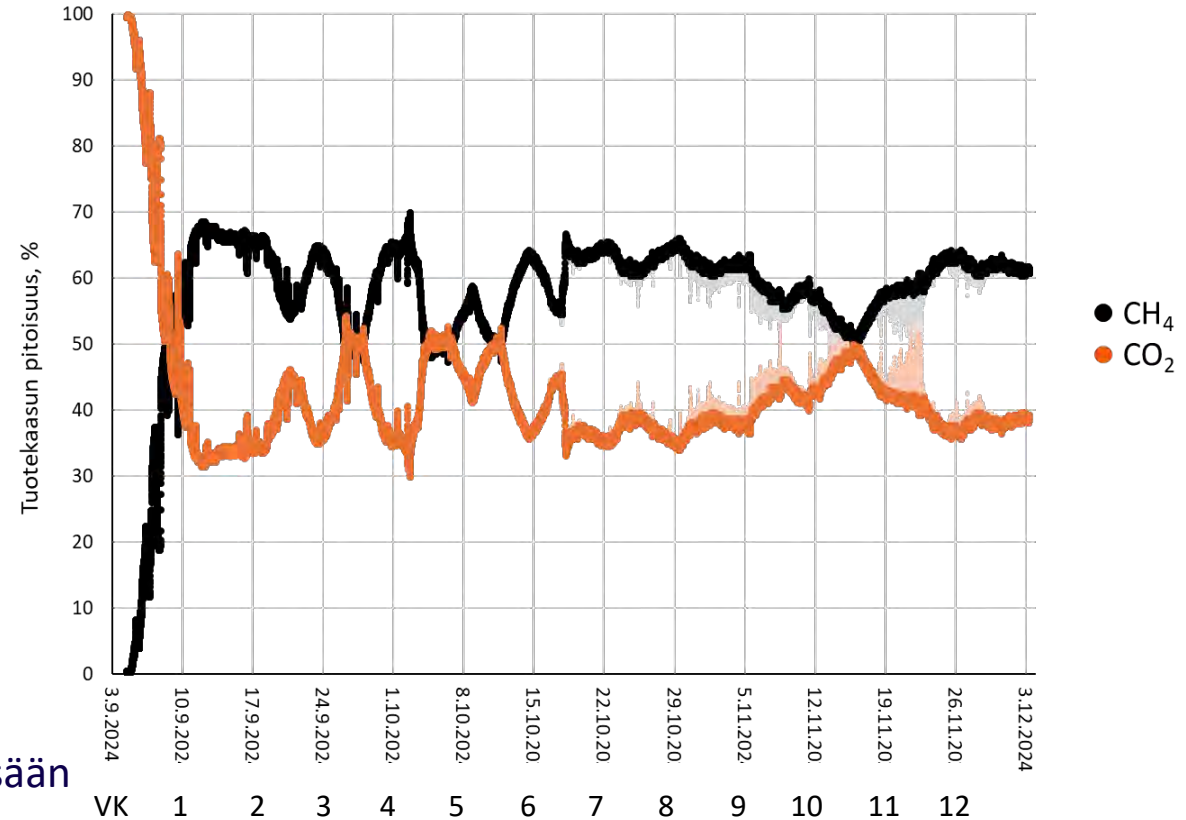


Kuva: Miia Jämsén

Koeajot

- Vedyn syöttö aloitettiin varovaisesti turvallisuussyistä
- Vetyä syötettiin kolmeen kammioon samanaikaisesti
 - vk 0-3: vetyä syötettiin n. 0,0011 ml/min (1,6 l/vrk)
 - vk 3: vedyn syöttöä lisättiin (n. 0,023 ml/min => n. 3 l/vrk)
 - vk 4: vedyn syöttö nostettiin halutulle tasolle (n. 10 ml/min => n. 14 l/vrk)
- Ylösajo kesti viikolle 6 asti, jolloin reaktori osoitui
 - kaikista kammioista tuli kaasua
 - kaasuntuotto tasaantui kammiokohtaisiksi
 - hankkeen koejakso voitiin aloittaa
- vk 6: Reaktorista poistui enemmän mädätettä kuin syötettä meni sisään
 - näkyy metaanintuoton heittelynä
 - poistoruuvi tukittiin ja mädätteen poisto suoritettiin manuaalisesti
- vk 8: Reaktorin poisto tulppaantui ja poisto normalisoitiin (7-8 kg/h)
- vk 9: Vetyä ei syötetty reaktoriin
- vk 10: Vedyn syöttö aloitettiin uudelleen

RAAKADATA



Syötteet

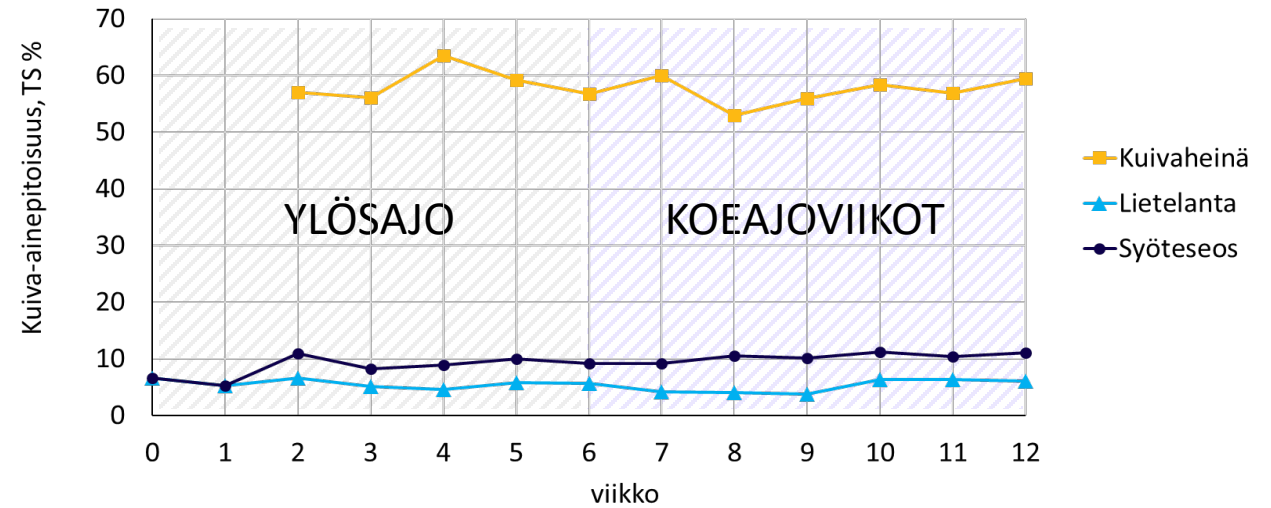
- Syötteenä on käytetty naudan lietettä (n. 83 - 87 %) ja kuivaheinää (7 - 12 %)
- Liete haettiin Pohjoisen Keski-Suomen ammattiopiston lietelantalasta
- Ravinnoksi kelpaamaton kuivaheinä tuli Saarijärven Maatalous- ja Konetyöpalvelulta
- Kuivaheinä murskattiin muhjuksi tasalaatuisuuden ja reaktorin syöttöpäähäiriöiden estämiseksi
 - reikäseula, 20 mm
 - kolmesti murskan läpi
- Syötteet punnittiin ja punnitut jakeet sekoitettiin betonimyllyllä



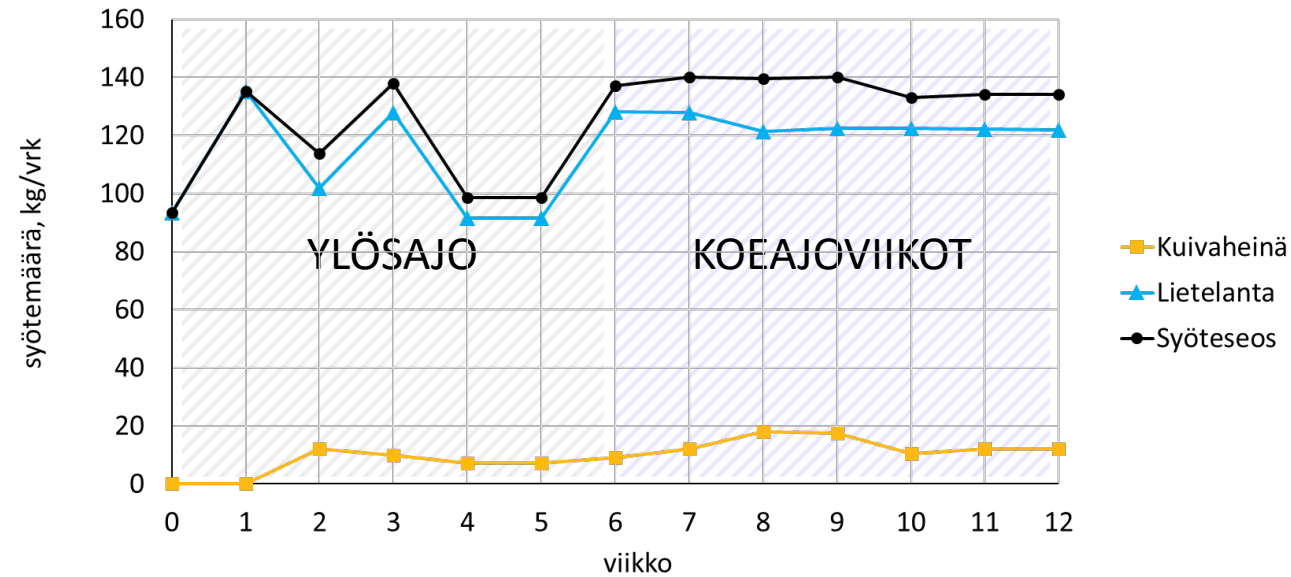
Syötteet

- Kuivaheinän syöttö aloitettiin viikolla 2
- Viikoittainen syötemäärä (7-8 kg/h) annosteltiin arkipäivinä, viikonloppuna syöttö oli poissa päältä
- Tavoitteena oli tasalaatuinen syöte
 - Viikolla 4 ja 5 syötteen laskentavirhe syöttöpäivissä => näkyy syötteen päivittäisissä viikkokeskiarvoissa
- Kuivaheinän kuiva-ainepitoisuus vaihteli huomattavasti kokeiden aikana

Syötteen kuiva-ainepitoisuudet (TS%) viikkokeskiarvoina



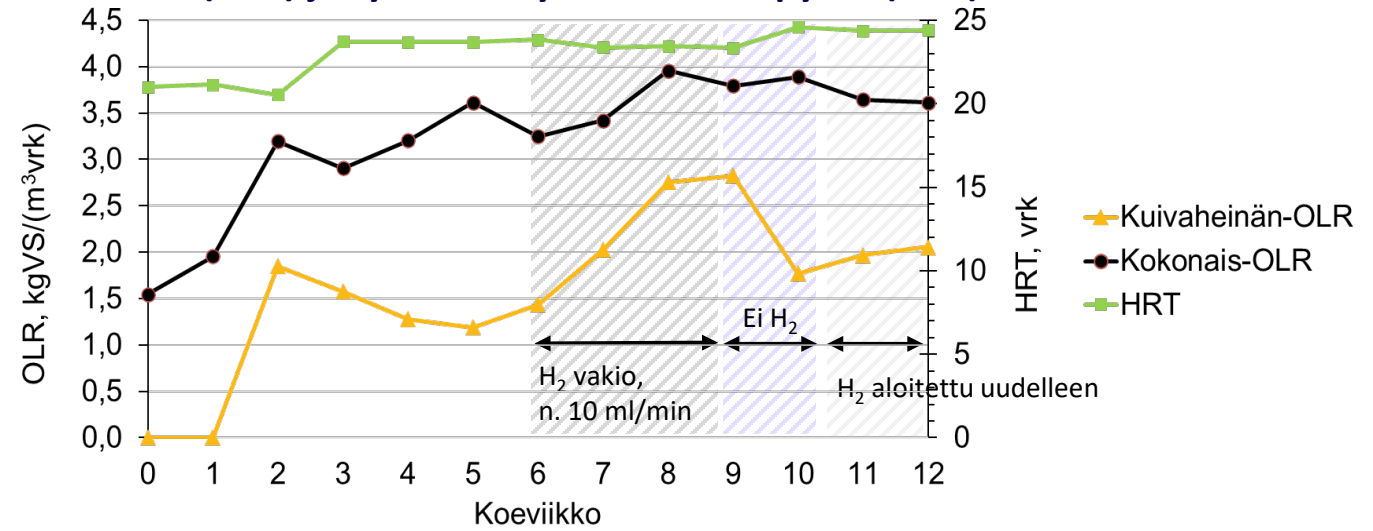
Päivittäiset syötteen tuoremassat (kg/vrk) viikkokeskiarvoina



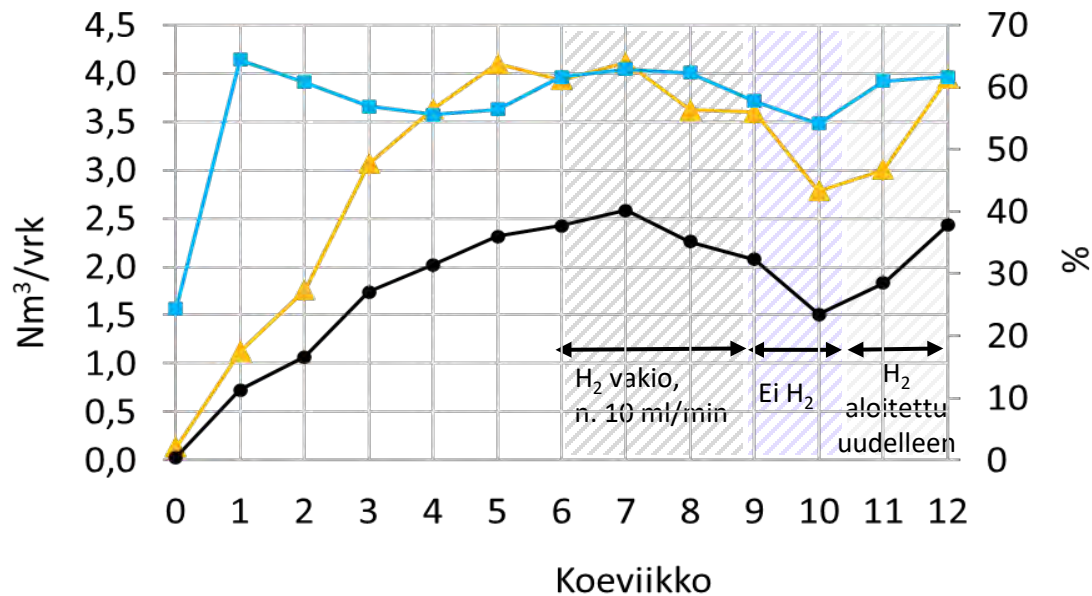
Kaasuntuotot

- HRT pysyi kokeen ajan vakiona (21-24 vrk)
- Vedyn syöttö toteutui heti alusta alkaen
 - vakioitui viikosta 4 lähtien
 - viikolla 4 lisätty saattolämmitys vetylinjaan
- vk 4 ja 5: syöttösuhteiden vaihtelut näkyvät metaanipitoisuudessa ja määrässä
- Vk 10: gH2Addvan kokeet

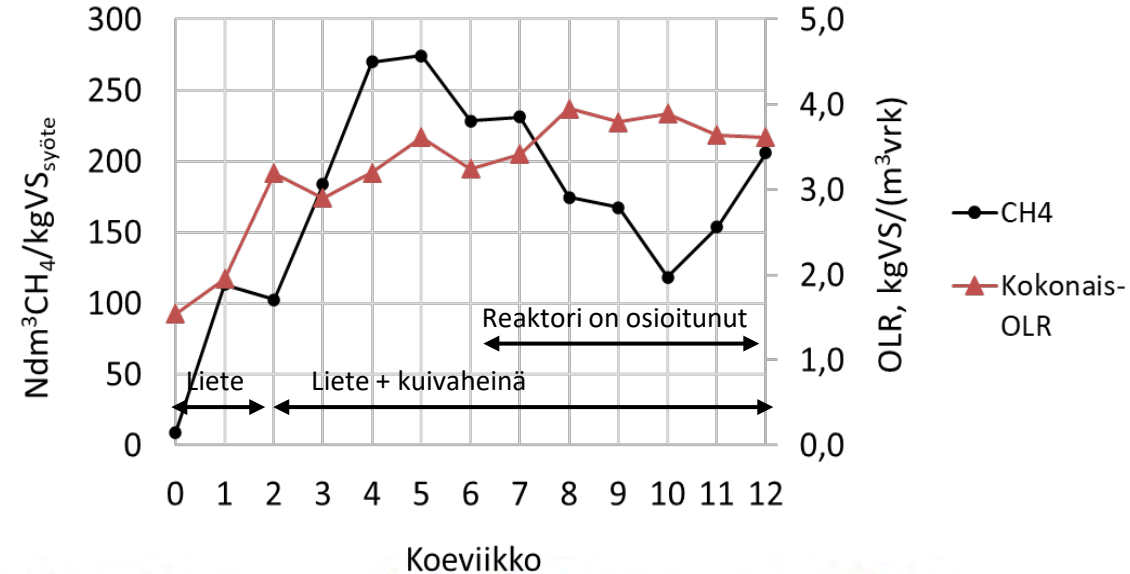
Viikkokohtaiset keskiarvot vuorokausikohtaisesta orgaanisesta kuormituksesta (OLR) ja syötteen hydraulinen viipymä (HRT) reaktorissa



Kaasun tuotto lietetilavuutta kohden viikkokeskiarvoina



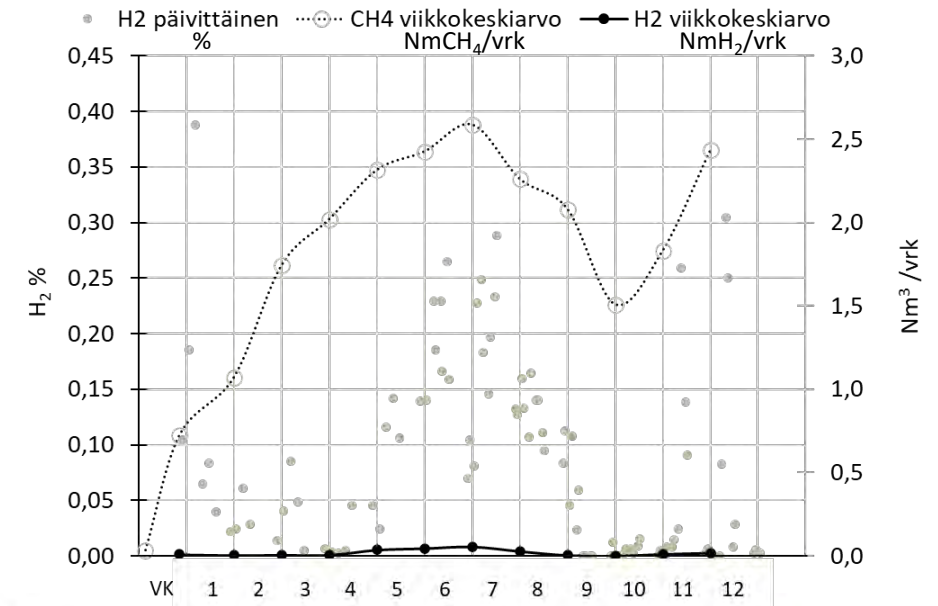
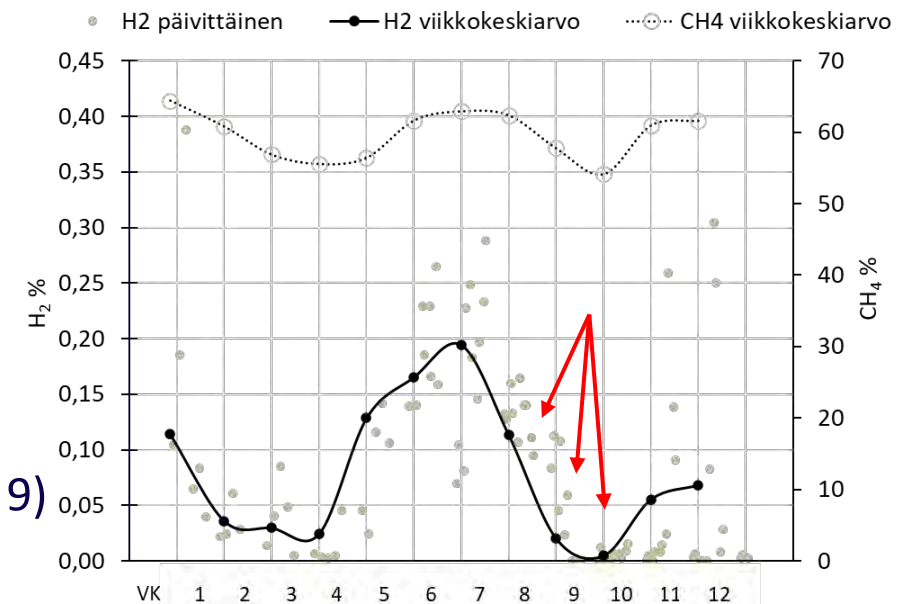
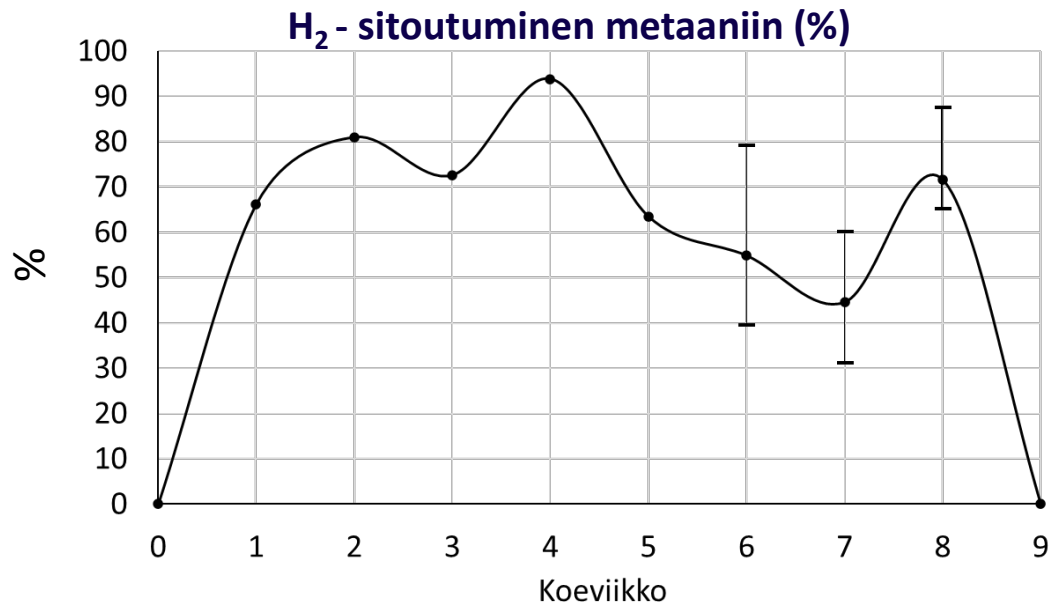
Metaanintuotto orgaanisen aineen kiloa kohden vs. OLR



Vedyn sitoutuminen metaaniin

H₂- ja CH₄-pitoisuudet (%) ja tuotot (m³) koko koeajalta

- Tarkastelujakso vk 6-9
 - sitoutuminen (%) on laskettu reaktoriin syötetyn vetykaasuun (m³) sekä tuotekaasusta mitatun vedyn (m³) määrästä
 - vedyn vaihteluväli oli suurta
- Syötetty vety sitoutuu metaaniksi tarkastelujaksolla
 - keskimäärin 50 %:a (H₂-syöttö 14 l/vrk:ssa => 7 l/vrk:ssa sitoutuisi)
 - metaanintuotto vastaavasti keskimäärin 62 %:a
 - CH₄-pitoisuus laski välittömästi vetesyötön lopettamisen jälkeen (vk 9)
=> pitoisuuden lasku 1,5 vk:n aikana 8 %:a
- Vedynsyötön sekä syötevaihtelut vk:lla 4-5 vaikuttivat vedyn sitoutumiseen tarkastelujaksolla
 - biologisella prosessilla menee oma aikansa toipumiseen



Johtopäätökset

- Reaktorille tehdyt päivitykset sekä etävalvonta olivat järkeviä toteutuksia
 - Prosessin hallinta helpottui ja turvallisuus lisääntyi
- Biokaasureaktorin vedynsyöttölaitteisto oli herkkä lämpötilavaihtelulle
 - H₂-syöttömäärissä oli epävakautta
 - turvallisuusriski
- Reaktorin online H₂-mittarin mittausalue ei soveltunut suunnitellulle vetysyöttömäärälle ja H₂-pitoisuus mitattiin manuaalisesti kenttämittarilla
 - alkuperäistä suunnitelmaa pienempi data heikensi vedyn sitoutumisen todentamista
 - viikonlopuilta ei saatu mittaustuloksia
- Sähkökatkot voivat tuoda haasteita laitteistojen toimintaan/datan keräämiseen
- Metaanintuotto laski heti, jos mädätysprosessissa oli häiriötä
- Vedyn syötöllä on vaikutusta metaanintuottoon
 - vedyn vaikutusta voitiin havainnoida 12 viikon aikana
 - syötetyn vedyn määrän ei tarvitse olla suuri
 - metaanintuotto oli keskimäärin 62 %:a tarkastelujaksolla (tyypillisesti liete+rehu syötteellä 55 %:a)
 - syötetty vety sitoutui metaaniin keskimäärin 50 %:a tarkastelujaksolla
 - vaatii edelleen lisätutkimusta => gH2Addva-hankeessa jatketaan vedyn syötön kehittämistä
- Käytännössä metanoinnin toteuttaminen tutkitulla tavalla maatilaympäristössä voi olla haastavaa ja sisältää turvallisuusriskejä

Kiitos!



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

jamk | **biotalous**

BGC BIOTECHNOLOGY GROUP