



SELEKTION AF BAKTERIER VED EFTERUDRÅDNING AF REAKTORINDHOLD

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Dette notat beskriver erfaringer fra efterudrådning af reaktorindhold før udrådning af halm, der er behandlet på forskellig måde for at forøge omsætningen til biogas.

INDHOLD:

- [Indledning](#)
- [Forsøgsgrundlag](#)
- [Resultater af efterafgasning](#)
- [Resultater fra andre anlæg](#)
- [Konklusion](#)

INDLEDNING

SEGES og firmaet Bio/textT udfører sammen med Khon Kaen University i Thailand forsøg med udrådning af halm, til dels forbehandlet ved ensilering eller varmebehandling.

Baggrunden for forsøgsrækken er universitetets ønske om at forøge biogasproduktionen på deres biogasanlæg, der producerer biogas til opgradering. Den opgraderede bio-metan benyttes i campus lokale busser til drift, og der er opnået gode erfaringer både med opgradering i biogasanlæggets membranlæg og med drift af bussen på bio-metan og diesel.

FORSØGSGRUNDLAG

Til forsøgene er hentet podemasse fra et stort Dansk biogasanlæg, der blandt andet tilføres

gylle, majsensilage og dybstrøelse. Anlægget er vurderet til at bakteriefloraen kunne være optimal for omsætning af halm. Podemassen er udtaget fra én reaktortank. Det er samme masse, der er tilført alle forsøgs-reaktorer. Massen er grundigt omrystet umiddelbart før fordeling til de 7 reaktorer, således at alle burde få tilført sammenlignelig masse.

Der er opstillet 7 forsøgsreaktorer med podemasse til efterfølgende test af:

- Byghalm
- Rishalm, indsamlet som friskhøstet udenfor Khon Kaen
- Ensileret byghalm, fra Dansk biogasanlæg
- Varmebehandlet byghalm
- Varmebehandlet rishalm.

Ved forsøgsopsætning stabiliserer vi normalt de opsatte reaktorer ved nogle døgns efterafgasning, således at massen er effektivt efterafgasset før der tilsættes testmasse. I denne sammenhæng har efterafgasningen givet meget afvigende resultater, og det er derfor alene resultaterne af denne efterafgasning, der gengives i dette notat.

Udrådningstemperaturen er som på fuldskala anlægget cirka 45°C.

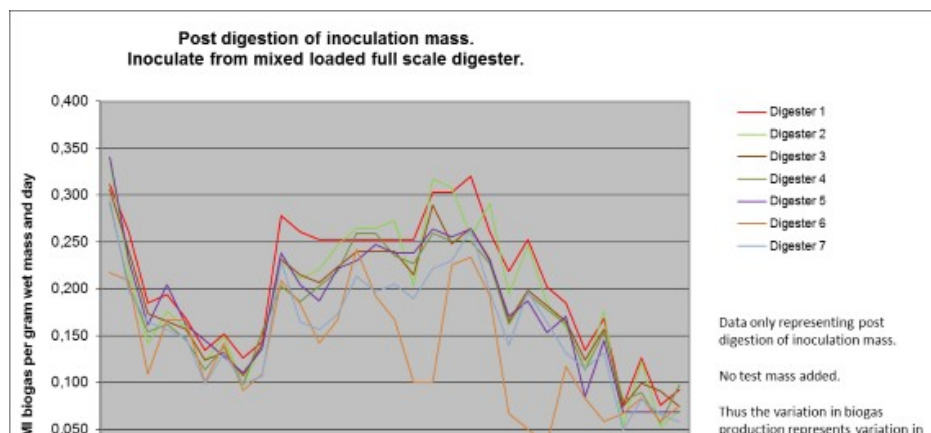
RESULTATER AF EFTERAFGASNING

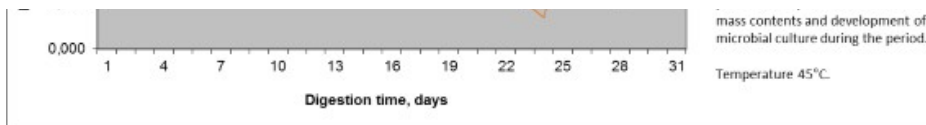
Normalt er det muligt at opnå en ret ensartet efterafgasning af masse fra et biogasanlæg i parallelopstillede forsøgsreaktorer, også selv om der for en masse med relativt højt tørstofindhold kan være klumper af biomasse, der kan give lettere afvigende mængder biogas i løbet af efterafgasnings-perioden.

En efterafgasnings-periode vil typisk strække sig over 5 til 10 døgn med løbende fald i produktionen af biogas. Typisk vil alle reaktorer i en serie producere stort set lige meget gas ved slutningen af en efterafgasnings-periode.

I denne sammenhæng er der opnået ganske divergerende resultater. Nedenstående diagram viser biogasproduktionen fra de enkelte reaktortanke i ml biogas per gram vådvægt og døgn.

[Til top](#)





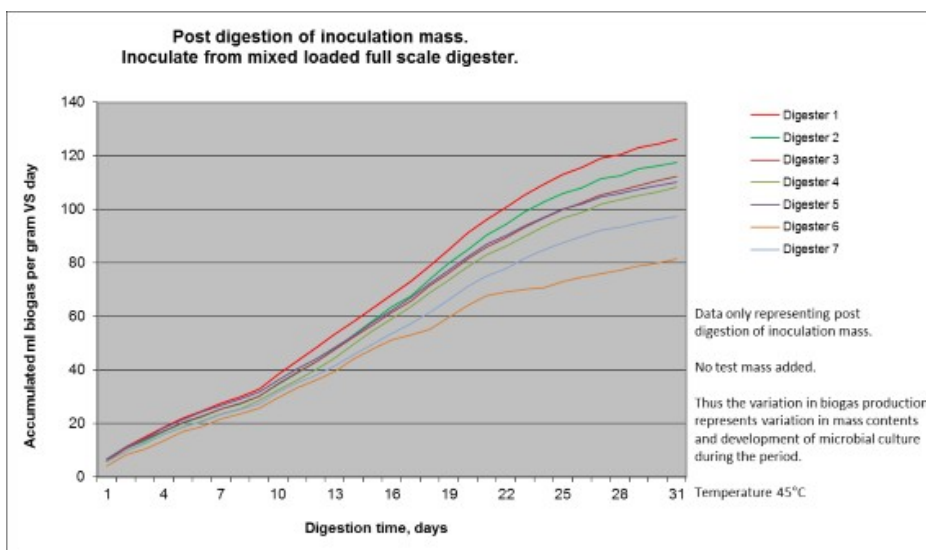
Figur 1.

Bortset fra mindre afvigelser for reaktor 6 over første døgn ses gasproduktionen som forventet at falde løbende, men kun indenfor de første 8 døgn. Herefter stiger gasproduktionen for samtlige reaktorer, hvor de største stigninger når et niveau, der svarer til den indledningsvise gasproduktion. Det er interessant, at døgnproduktionen toppet omkring døgn 20, hvorefter den falder lige med undtagelse af reaktor 6, der som nævnt viser et ganske atypisk forløb.

Det ses desuden, at resultaterne for forsøg angivet med orange kurve afviger fra de andre ved en relativt lav gasproduktion igennem hele perioden samt ved, at gasproduktionen efter døgn 8 er stærkt varierende med flere betydelige svingninger i forløbet. Den let lilla kurve følger i mindre udstrækning et tilsvarende forløb.

Nedenstående diagram viser den akkumulerede biogasproduktion som funktion af tilført organisk stof og tid. Forløbet af kurverne viser, at forsøget angivet ved den røde kurve skiller sig ud som givende speciel høj biogasproduktion og forsøget angivet ved den orange kurve skiller sig ud ved en modsat specielt lav biogasproduktion.

Igen ses, at biogasproduktionen ændres betragteligt og i alle tilfælde efter dag 8.



Figur 2.

Til top

Det er fra tilsvarende forsøg i andre sammenhænge kendt, at efterudrødning af biomasse fra et biogasanlæg, der af en eller anden grund er hæmmet, kan give sådanne kurveforløb. Typisk vil det være ændringer i fordelingen af bakterier massen, der giver sådanne ændringer og / eller forskelligheder i biogasproduktionen med forsøg som her.

For hårdt belastede anlæg, hvor belastningen betinger, at der ikke er "driftsøkonomi" for bakterierne i at producere større mængder exo-enzym, kan tilsvarende kurveforløb opnås ligesom sådan et forløb som nævnt ofte ses for biogasanlæg, hvor der er hæmning af processen af en eller anden årsag.

I denne sammenhæng forventes det umiddelbart, at det er en relativt høj belastning af anlægget med organisk stof, der giver det afvigende kurveforløb. Det kan noteres, at mineraliseringen af organisk N til ammonium / ammoniak-N også ligger i den lave ende.

Tabel 1. Nedenstående tabel viser de opnåede omsætningsrater gennem forsøgsperioden.

	RT 1	RT 2	RT 3	RT 4	RT 5	RT 6	RT 7
MI gas / gram masse	6,5	6,0	5,7	5,5	5,6	4,2	5,0
MI gas / gram TS	93	87	83	80	81	60	72
MI gas / gram VS	126	118	112	108	110	81	97

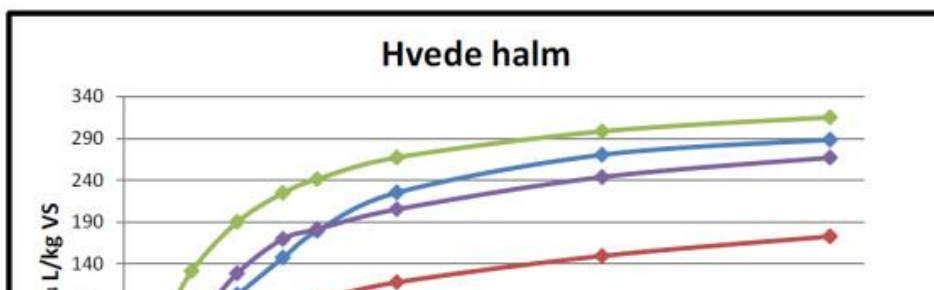
Set i forhold til, at gasproduktionen på biogasanlæg typisk ligger på i størrelsesordenen 350 til 500 m³ biogas / tons TS, afhængigt af biomasse til anlægget, er den fundne restgas produktion ganske betydelig. Det skal dog noteres, at gasudviklingen er langsom, men det forventes, at denne langsomme udvikling i gasproduktionen skyldes, at bakterierne i anlægget ikke har optimale vækstvilkår, og derfor først udvikler sig mod det optimale i løbet af forsøgsperiodens første 8 døgn.

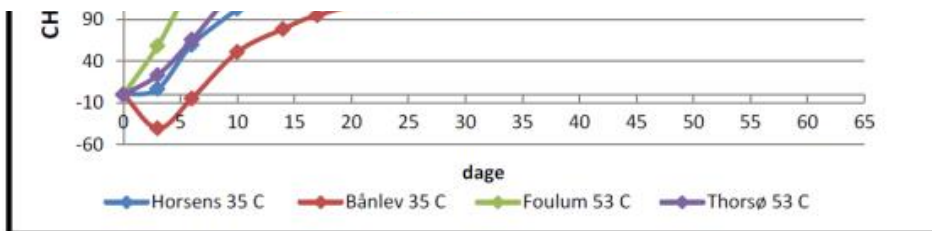
Til sammenligning kan noteres, at anlægget, hvorfra podemassen kommer, typisk giver en gasproduktion på mellem 450 og 550 m³ biogas / ton TS tilført. Det kan tilføjes, at effektivt fungerende biogasanlæg gerne skal levere en efterafgasning, der ligger omkring 5 % af den opnåede gasproduktion på anlægget. I denne sammenhæng nås rundt 16 til 25 % merproduktion for laveste og højeste biogasproduktion med et gennemsnit på cirka 21 %.

RESULTATER FOR ANDRE ANLÆG

Hvis man ser på tilsvarende fuldskala anlæg, kan omsætningseffektiviteten af halm variere ganske betydeligt. Nedenstående resultater fra forsøg på Foulum viser noget tilsvarende for den mikrobielle kapacitet til nedbrydning af halm og dermed hydrolyseeffektiviteten.

Det skal noteres, at udrådningstemperaturerne for forsøgene afviger fra temperaturerne på fuldskala anlæggene, hvor de 2 angivne mesofilt drevne anlæg drives ved godt 40°C og hvor i det mindste det termofile anlæg ved Thorsø drives ved lidt lavere temperatur end angivet.





Figur 3. Ref: Henrik B. Møller. Halm, dybstrøelse og andre tørstofrige produkter til biogas – forbehandling og potentialer.

Til top

Disse forsøg med halm viser, at specielt Foulum anlægget, der igennem en lang periode er tilført ekstruderet halm, omsætter halm hurtigt og effektivt i forhold til de øvrige anlæg. Især Bånlev anlægget, i mindre udstrækning Horsens anlægget, gennemgår en lag-fase, før der omsættes væsentlige mængder halm til biogas. Her skal det dog noteres, at anlæggenes driftstemperatur er mere end 5°C højere end anvendt ved forsøgene.

Uanset dette ses for Bånlev, Horsens og Thorsø anlæggene en lag-fase, der afviger fra resultatet for Foulum.

Sådanne afvigelser er typisk afstedkommet af bakteriernes aktuelle produktion af exo-enzymmer til neddeling af halm samt af bakteriesammensætningen. Man kan udlede, at dersom driftsforholdene betinger, at bakterierne er belastede med organisk stof på et niveau, hvor de ikke behøver producere exo-enzymmer i videre udstrækning for at have optimale vækstvilkår, vil de ikke bruge energi på produktionen af exo-enzymmer. Det kan føre til, at bakterier, der er særligt egnede til netop at producere effektive exo-enzymmer, der kan nedbryde halm-masse, reduceres i antal eller eventuelt vaskes ud af anlægget.

Normalt vil der altid være bakterier i biogasanlæg, der kan nedbryde halm med en hvis virkningsgrad, men som ovenstående viser, kan der være betydelige afvigelser i nedbrydningshastigheden og effektiviteten anlæggene imellem.

KONKLUSION

Resultaterne for efterudrødning af podemasse indikerer, at de bakterier, der er i fuldskala anlægget, ikke er optimalt aktive i hydrolyse af polymerer. Efter-udrødningen viser dette ved den stigende gasproduktion efter forsøgenes første 8 døgn, hvor den forøgede gasproduktion forventes kun at komme fra hydrolyse af polymer biomasse.

Ligeledes indikerer forsøgene, at bakteriemassen er labil. For reaktor 6, der giver den lave produktion af biogas, kan metanbakterierne være hæmmede af en høj produktion af organiske syrer. Høje koncentrationer af organiske syrer fører ofte til ophobning af propionsyre, og en række af de metan-producerende bakteriearter er særligt følsomme for propionsyre. For reaktor 1, der giver den højeste produktion, må bakteriemassen have nået at stabilisere tidligere end for de øvrige forsøg, således at de har været god balance mellem hydrolyse og metanbakterier

igennem forsøgsperioden. Det kan noteres, at den gennemsnitlige gasproduktion ligger noget nærmere den højeste produktion end den laveste.

Der er også på anlægget, hvorfra podemassen kommer, konstateret en relativt lav mineralisering af organisk N til ammonium / ammoniak-N, hvilket også indikerer en sub-optimal hydrolyse-aktivitet.

Det er nu besluttet at afslutte forsøgene med efterafgasningen og vurdere massens egenskaber i forhold til omsætning af halm. Resultaterne af forsøgene med halm følger indenfor de kommende 4 måneder.

[Til top](#)
