

Klimaeffekter ved afgang af husdyrgødning

Forfattere: Lars Villadsgaard Toft og Kira Kalsen Nissen



Promilleafgiftsfonden for landbrug

Indhold

Introduktion	3
Positive sideeffekter	4
Effekt på klimagasser	4
Metode	5
Resultater og diskussion	7
Tørstofindhold i den afgassede biomasse	7
Organisk materiale (VS)	9
Kvælstof- og ammoniumindhold	10
Hydraulisk opholdstid	11
Konklusion	13
Referencer	14
Bilag 1	15

Introduktion

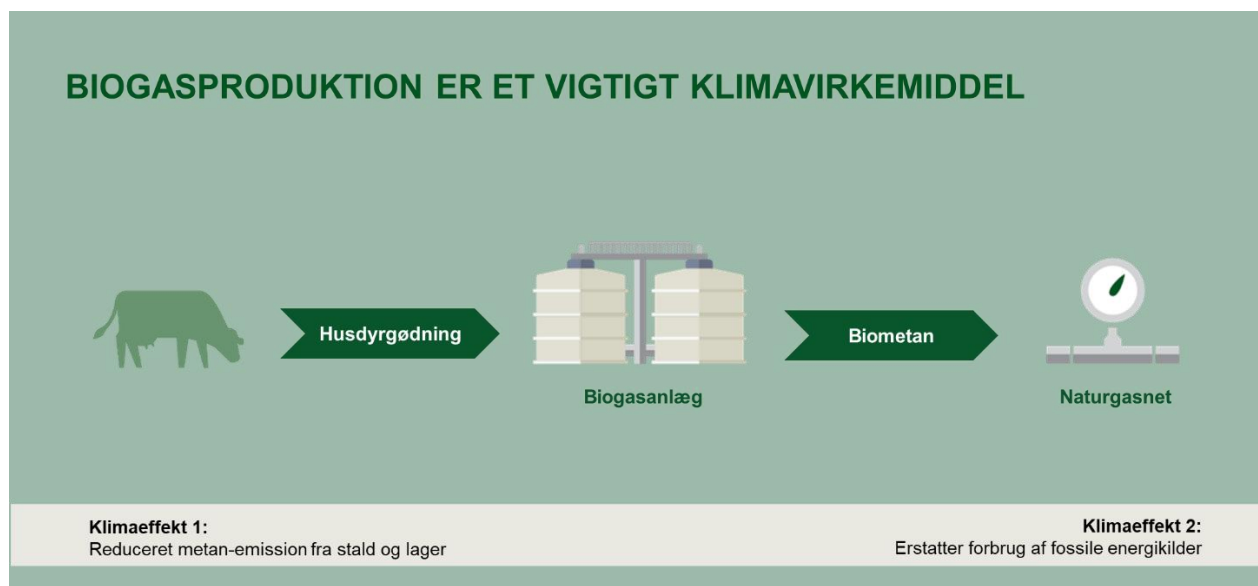
Afgasning af husdyrøgning er et af de klimavirkemidler, der skal bidrage til at realisere landbrugets ambitiøse klimamålsætninger. Ved afgasning af husdyrgødning bliver der samtidig produceret grøn og vedvarende energi, der kan erstatte brændsler, og gøre Danmark uafhængig af russisk naturgas.

Biogas er i dag en integreret del af husdyrhåndteringen i Danmark, og i 2022 blev 30% af husdyrgødningen afgasset. Biogasanlæggene drives imidlertid meget forskelligt, hvilket har betydning for kvaliteten af den afgassede gødning. Kvaliteten afhænger både af hvilke biomasser der bruges i anlægget samt procesbetingelserne på anlægget som f.eks. opholdstiden. Ligeledes har sammensætningen af biomasser og procesbetingelserne også betydning for både emissionen af metan fra lagertankene og for emission af lattergas efter udbringning af gødningen.

Udover at være et middel til at producere grøn energi, så er biogas også et klimavirkemiddel, der kan reducere klimaaftrykket på gården samtidig med at der bliver produceret grøn energi.

Klimagevinsterne ved afgasning kommer fra:

1. At biogasanlægget reducerer emissionen af metan i gylletanken. Metan er en drivhusgas, der er knap 30 gange så potent som CO₂. Klimagevinsten ved reduceret metan-emission bliver godskrevet landbruget i den nationale drivhusgasopgørelse, og bidrager til opfyldelsen af landbrugets bindende målsætning om at reducere drivhusgasemissionen med 55-65% i 2030.
2. At den grønne bionaturgas erstatter fossil energi. Klimagevinsten bliver godskrevet i Energisektoren.
3. At landmanden potentielt kan reducere sit forbrug af handelsgødning. Klimaeffekten herfra påvirker ikke den nationale drivhusgasopgørelse, da produktionen af handelsgødning foregår udenfor Danmark.



Figur 1: Klimaeffekter ved afgasning af husdyrgødning.

Hvis landbruget skal have maksimal klimaeffekt ved afgasning, er det helt centralt, at den afgassede biomasse giver en lav metan-emission i landmandens lagertank samtidig med, at den afgassede biomasse kan erstatte så meget handelsgødning som muligt.

Når gylle leveres til et biogasanlæg, omdannes en del af tørstoffet til metan via bioforgasning. Mange biogasanlæg opgraderer metanen, så det kan sendes ud i naturgasnettet som erstatning for naturgas.

Derudover produceres der også el og varme på en række biogasanlæg. Den producerede metangas erstatter dermed de fossile brændstoffer.

Den afgassede biomasse, der kommer retur fra biogasanlægget, indeholder mindre organisk materiale end ubehandlet gylle, hvilket reducerer emissionen af metan og lattergas.

Positive sideeffekter

Afgasning af husdyrgødning kan begrænse lugtemissioner ved håndtering af gylle, idet afgasning reducerer gyllens indhold af ildelugtende organiske komponenter. Lugtgenerne fra nyligt udbragt, afgasset biomasse er ca. 25 procent af niveauet for ubehandlet gylle.

Afgasset biomasse kan også have en højere udnyttelsesgrad end ubehandlet gylle og giver dermed en reduktion i nitratudvaskningen fra rodzonen ved tilførsel af gødningen til marken.

Effekt på klimagasser

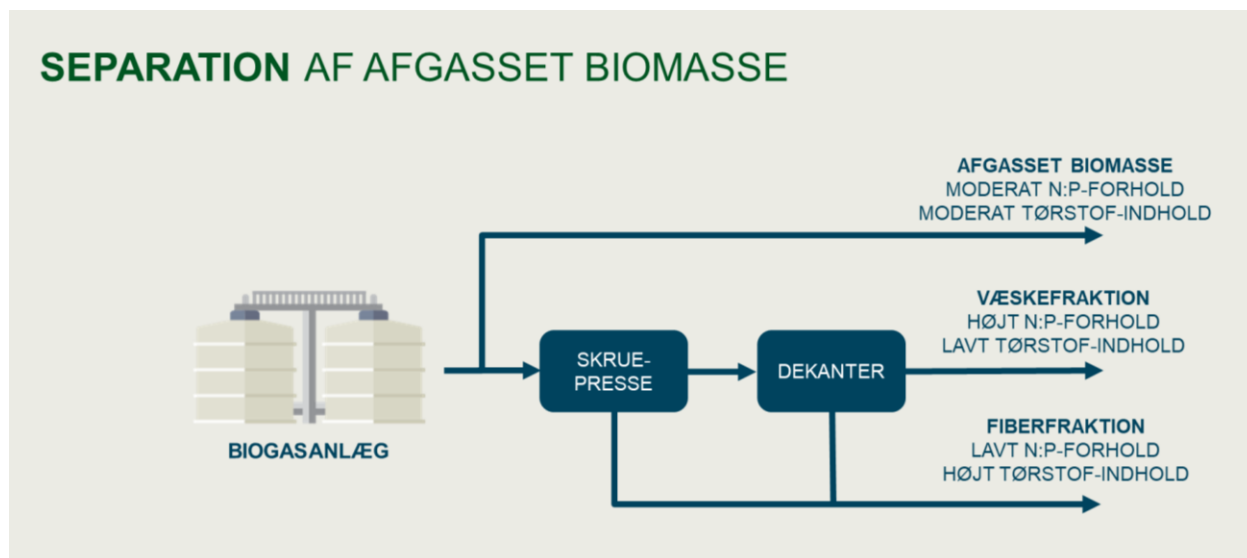
Når husdyrgødning leveres til biogasproduktion, reduceres udledningen af drivhusgasser fra gyllen. Processen gør samtidig næringsstofferne i gødningen lettere tilgængelige for planter. Effekternes størrelse afhænger af karakteristika ved produktionen, herunder især hvilke biomasser, der anvendes, samt procesbetingelserne på anlægget. Desuden har forhold som transport, forbrug af procesenergi og størrelsen af eventuelle metan-udslip fra anlægget betydning i forhold til den samlede klimagevinst ved produktionen.

Opholdstiden i biogasanlægget har også betydning for den samlede klimaeffekt ved biogas. Ved en længere opholdstid produceres der typisk mere gas, og mængden af omsætteligt tørstof (VS) under den efterfølgende lagring bliver reduceret. Herved bliver metan-udledningen fra lagring af det afgassede materiale reduceret.

I denne rapport er analyser fra 20 danske biogasanlæg blevet sammenholdt med data omkring biomassesammensætningen og procesbetingelserne på anlæggene, for at finde anbefalinger til, hvordan biogasanlæggene bedst kan drives ift. at opnå så høj en klimaeffekt som muligt.

Metode

For at undersøge hvordan man opnår så høj en klimaeffekt ved afgasning som muligt, er der udtaget prøver af afgasset biomasse fra 20 forskellige anlæg. For anlæg, der separerer den afgassede biomasse, er der udtaget prøver af både væskefraktion, fiberfraktion og afgasset biomasse (se figur nedenfor). Samlet set er der indsamlet 22 prøver.



Figur 2: Separering af afgasset biomasse. Kun en mindre andel af biogasanlæggene separerer, og de få der gør, bruger typisk kun en skruepresse. Det er kun Maabjerg, Nature Energy Videbæk og Kalundborg Biogas, der bruger en dekantercentrifuge.

Prøverne er udtaget fra det sidste trin med gasopsamling og der er lavet gødningsanalyser, tørstof- og askeanalyser samt bestemmelse af restgaspotentialet. Alle analyserne er udført af Aarhus Universitet, og de anvendte metoder er angivet i tabellen nedenfor:

Parameter	Analysemetode
P, K	Induced Coupled Plasma (ICP)
VFA	Gaskromatografi (GC)
Total Ammonium Nitrogen	Fotometrisk
Organisk kvælstof	Elementaranalyse

Biogasanlæggene er blevet udvalgt med henblik på at opnå så stor en variation i forhold til råvaregrundlag og anlægstype som muligt. De 20 anlæg er desuden blevet interviewet omkring størrelsen på deres anlæg, procesbetingelser som f.eks. temperatur, opholdstid, reaktorvolumen mm., samt biomassesammensætningen i anlægget.

De indberettede biomasser er herefter blevet opdelt i kategorierne;

- Kvæggylle
- Svinegylle
- Fast husdyrgødning
- Halm
- Anden plantebiomasse
- Slagteriaffald
- Andet industriaffald.

For de anlæg der har haft kendskab til tørstofindholdet og det organiske indhold (VS-indholdet) i deres biomasser, er der brugt faktiske tal til beregningerne. For de resterende biomasser, typisk industriprodukterne, er der regnet med typiske erfaringstal for tørstof- og VS-indholdet.

I denne rapport er analyserne blevet sammenholdt med data omkring biomassesammensætningen og procesbetingelserne på anlæggene, for at undersøge om der er nogle sammenhænge, som kan lede til anbefalinger til, hvordan anlæggene bedst drives ift. at opnå så høj en klimaeffekt som muligt.

I nærværende rapport bruges restgaspotentialet som et mål for, hvor effektiv biogasprocessen er, og hvor stor en metan-emission, der potentielt kan komme fra den afgassede biomasse, når den efterfølgende opbevares. Da forholdene i et biogasanlæg og i en opbevaringstank til gylle ikke er de samme, kan man dog ikke direkte sige, at restgaspotentialet er lig emissionspotentialet fra lagertanken. Et biogasanlæg drives typisk ved 30-50 grader og under iltfrie forhold, hvorimod temperaturen i en lagertank typisk er lavere. Emissionen fra lagertanken vil derfor være lavere, end det restgaspotentiale der måles i den afgassede biomasse. Omvendt vil et højere restgaspotentiale også give en større emission fra lagertanken.

Når Aarhus Universitet skal beregne emissionspotentialet for metan, sker det med afsæt i denne formel:

$$F_t = (VS_d + 0,01VS_{nd}) \cdot e^{\left(\ln A - \frac{E_a}{RT}\right)}$$

Hvor F_t er metanproduktionsraten ($\text{g CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ VS h}^{-1}$),
 E_a er processens aktiveringsenergi (J mol^{-1}),
 $\ln A$ ($\text{g CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ VS h}^{-1}$) er en konstant relateret til gyllens metanproduktionspotentiale,
 R er den universelle gaskonstant ($\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$)
 T er temperaturen (K).

Emissionspotentialet afhænger i denne formel således ikke af restgaspotentialet i biomassen, men i stedet af metanproduktionsraten, aktiveringsenergien og temperaturen [1].

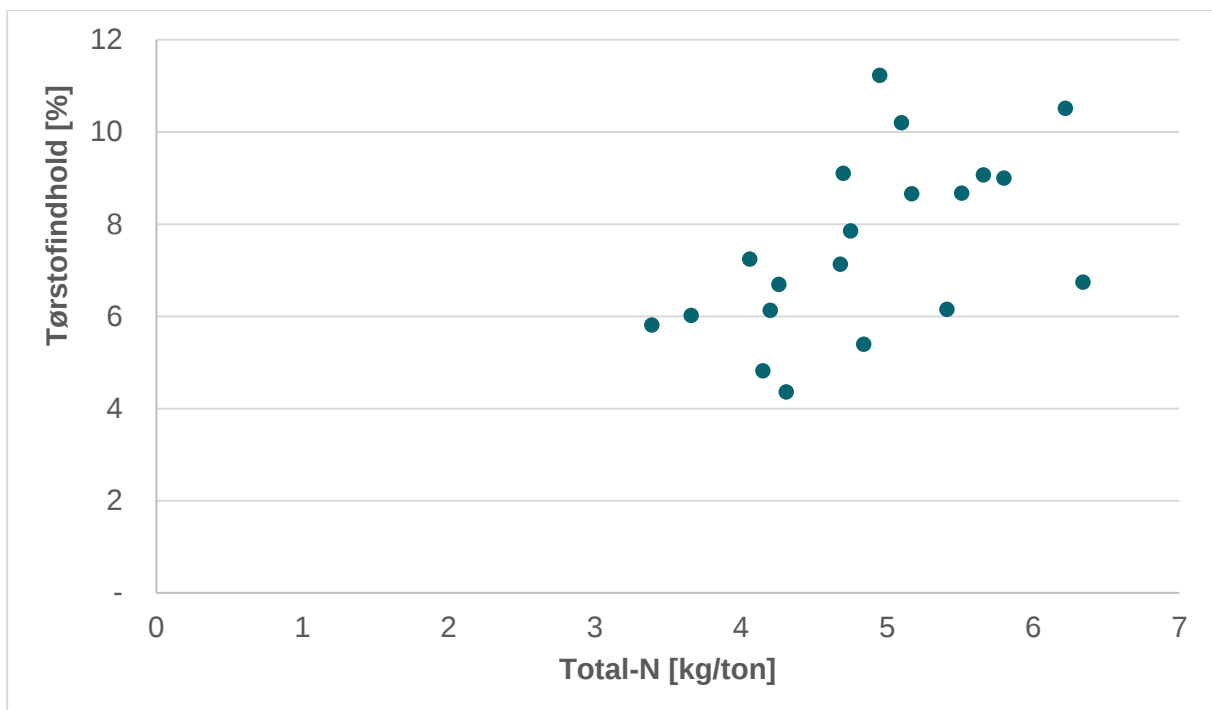
Som en del af KlimaGylle-projektet, vil Aarhus Universitet forsøge, om de kan udvikle en model som kan estimere potentialet for metan-emission ud fra temperaturen og restgaspotentialet i den afgassede biomasse.

Resultater og diskussion

I det følgende afsnit er resultaterne af analyserne sammenholdt med biogasanlæggets driftsparametre med henblik på at identificere hvilke parametre, der har størst påvirkning på restgaspotentiale og gødningskvaliteten af den afgassede biomasse.

Tørstofindhold i den afgassede biomasse

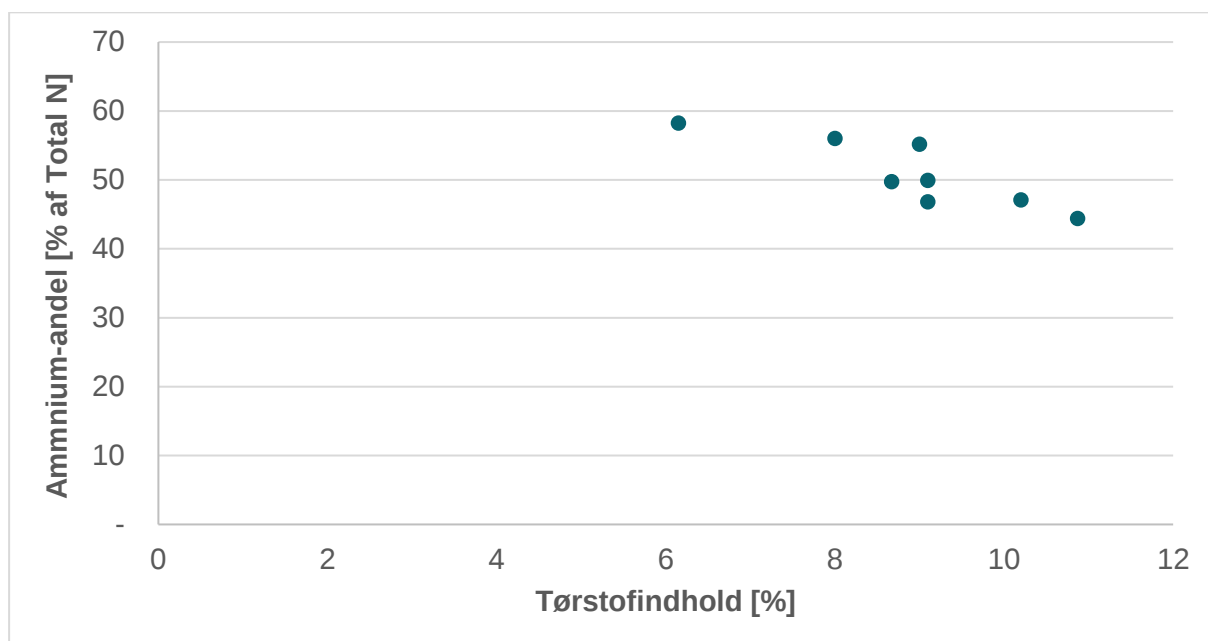
Tørstof (TS) er en af de primære parametre og som er nemt at måle for både landmanden og biogasanlægget. Når landmanden får gylle retur fra biogasanlægget, modtager han typisk afgasset biomasse svarende til den mængde kvælstof han leverede til biogasanlægget. Som det fremgår af figur 3, er der en næsten lineær sammenhæng mellem tørstofindholdet og det totale N-indhold i den afgassede biomasse. Det vil sige, at afgasset biomasse med et højt tørstofindhold er en mere koncentreret gødning. Koncentrationen har betydning for mængden af afgasset biomasse, som landmanden skal opbevare og udbringe.



Figur 3: Tørstofindholdet i den afgassede biomasse som funktion af total-N indholdet i den afgassede biomasse.

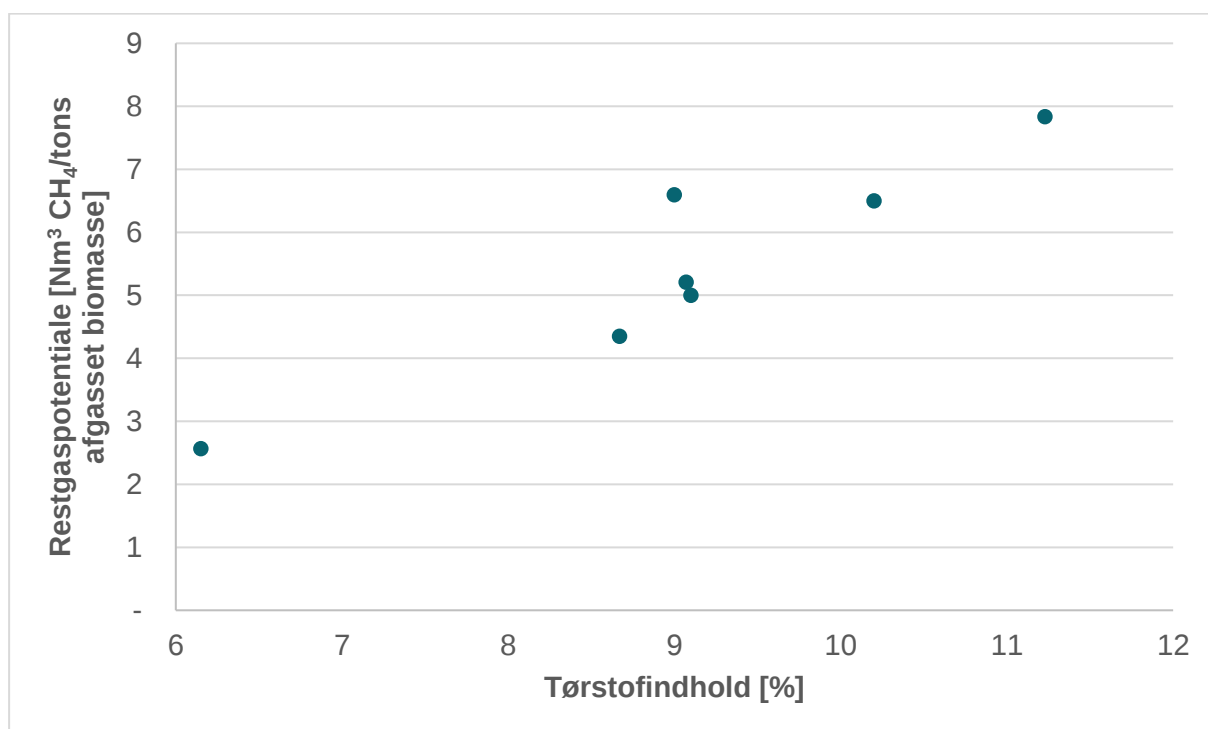
Som det fremgår af figur 4, er der en omvendt proportionel sammenhæng mellem tørstofprocenten og ammonium-andelen i den afgassede biomasse. Et øget tørstofindhold i den afgassede biomasse giver således anledning til en lavere ammonium-andel. Forklaringen herpå er formentligt, at der ved højere tørstofkoncentrationer er mere bakteriemasse, der immobiliser kvælstof, i reaktoren. Anlæggene med højt tørstof i den afgassede biomasse anvender typisk også store mængder halm. Halm består bl.a. af cellulose, der også er i stand til at immobilisere kvælstof.

For landmanden er det vigtigt, at så høj en andel af den afgassede biomasses kvælstof findes som ammoniumkvælstof ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), da det er denne form der er umiddelbart plantetilgængeligt.



Figur 4: Ammonium-andelen (som % af total N) som funktion af tørstofprocenten i den afgassede biomasse.

Ligeledes ses det af figur 5, at et højere tørstofindhold leder til et øget restgaspotential i den afgassede biomasse. Restgaspotentialet er det størst opnåelige gasudbytte, der kan opnås ved efterudrødning, hvis opholdstiden i sidste trin forlænges, så den samlede opholdstid i anlægget udvides op til >90 dage.

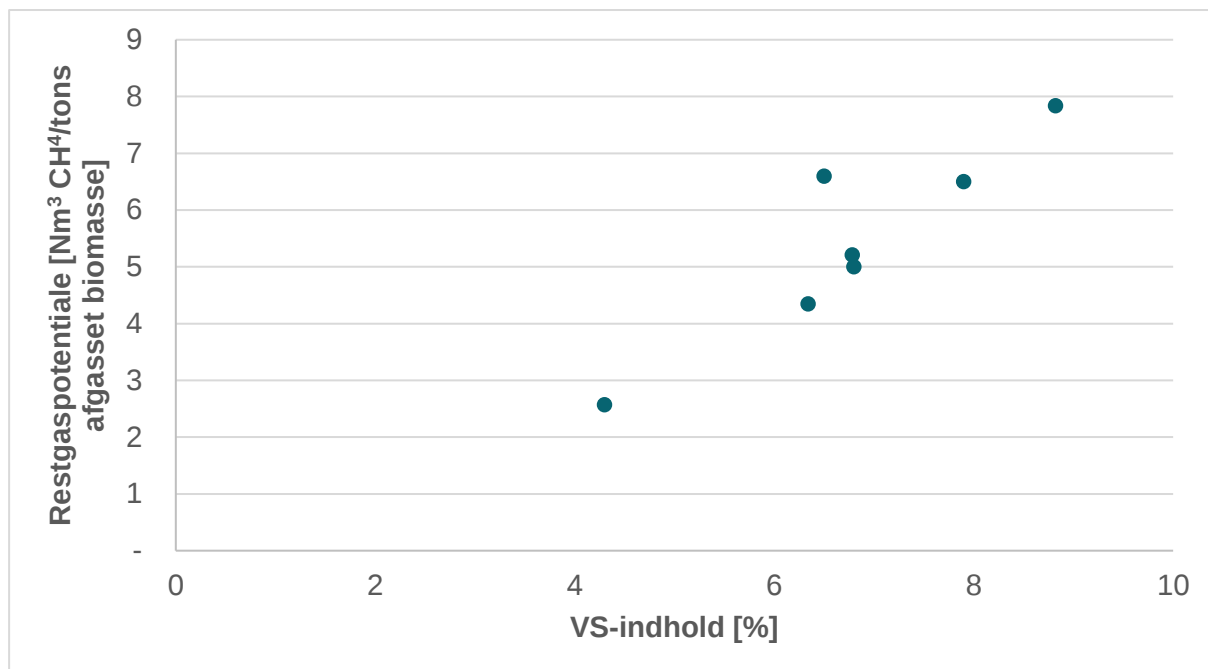


Figur 5: Restgaspotentialet i den afgassede biomasse fra anlæggene som funktion af tørstofprocenten i den afgassede biomasse.

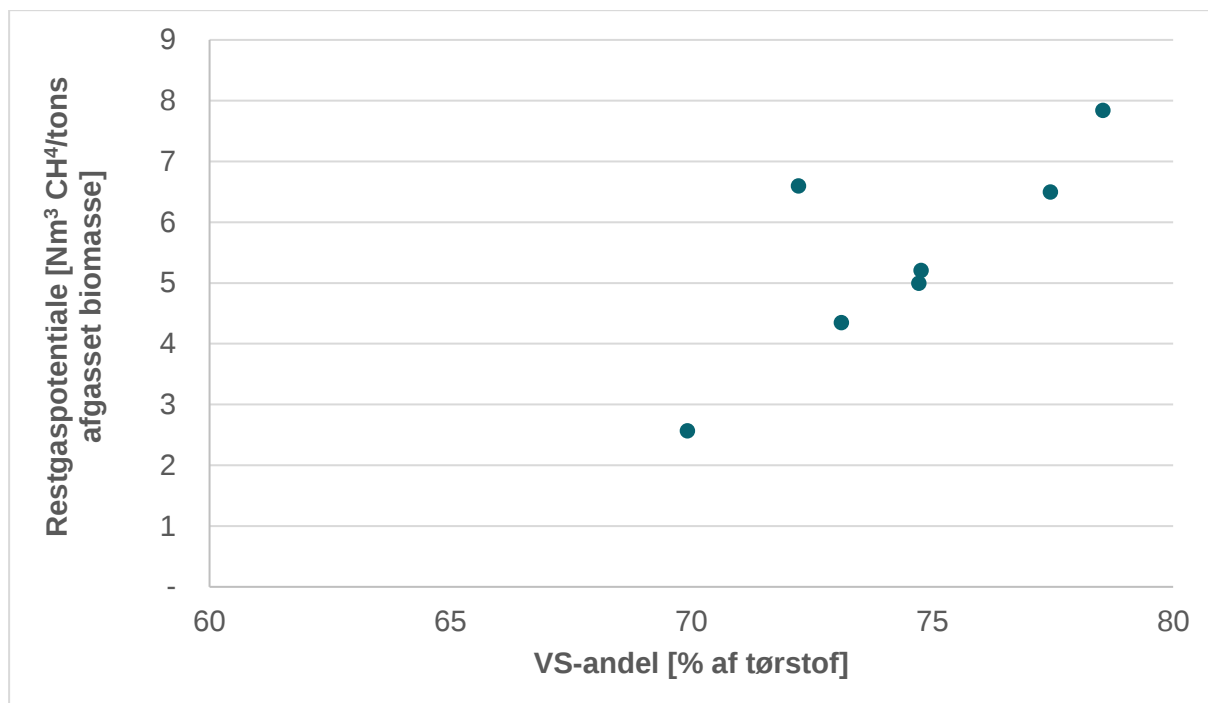
Af de tre figurer fremgår det således, at tørstof er en væsentlig parameter ift. hvilken omsætning der er af biomassen og dermed hvilken gødningskvalitet landmanden modtager, samt hvilket restgaspotential der er i den afgassede biomasse. Der ses en tydelig tendens mod, at et højere tørstof-niveau giver et ringere gødningsprodukt med lavere andel af kvælstoffet på ammonium-form, samt en gødning med større potential for metan-emission.

Organisk materiale (VS)

På figur 6 og 7 ses det, at jo mere organisk materiale (VS) der er i den afgassede biomasse, jo større bliver restgaspotentialet. VS-andelen er et udtryk for hvor god omsætningen af biomassen er. Det vil sige, at jo bedre omsætning der er i biogasreaktoren, jo større en andel af VS vil blive omsat til gas, hvorved VS-andelen falder. På samme måde vil en dårlig omsætning give et højt restgaspotentiale.



Figur 6: Restgaspotentialet i den afgassede biomasse fra anlæggene som funktion af %VS i den afgassede biomasse.



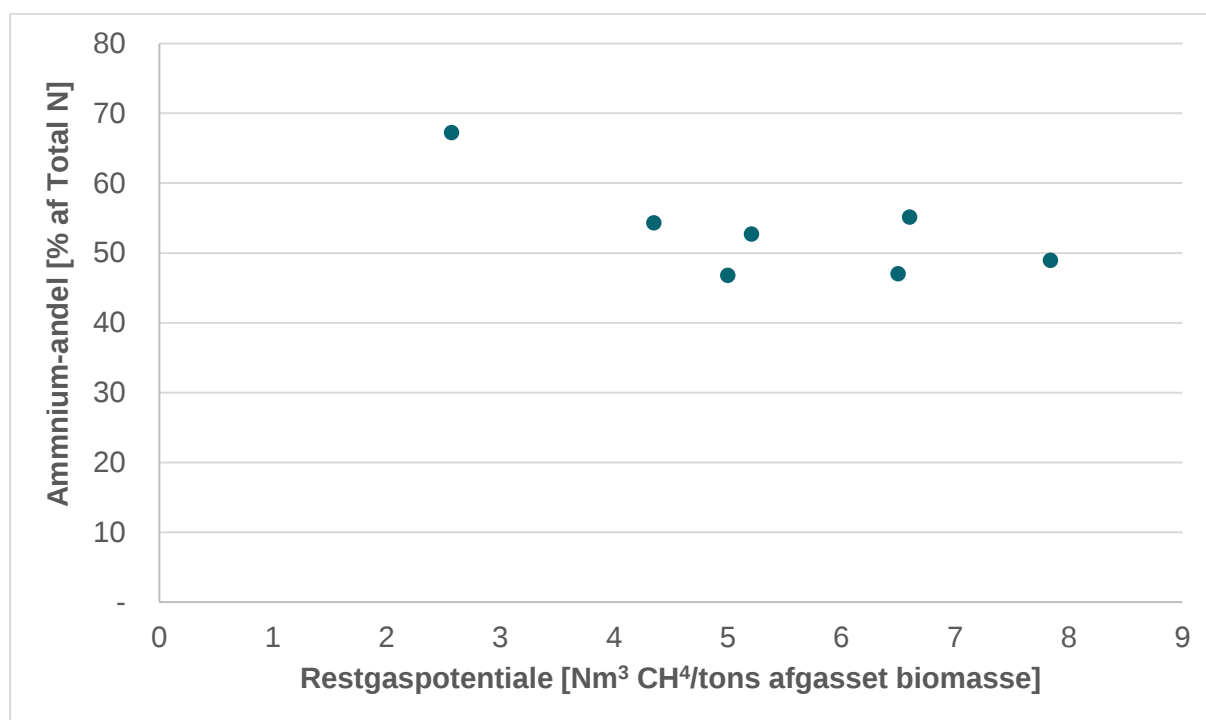
Figur 7: Restgaspotentialet i den afgassede biomasse fra anlæggene som funktion af VS-andelen af tørstoffet.

Ud fra ovenstående ser det ud til, at VS vil kunne bruges som et værktøj af biogasanlæggene som mål for hvor effektiv en udrådning der finder sted i reaktoren.

Kvælstof- og ammoniumindhold

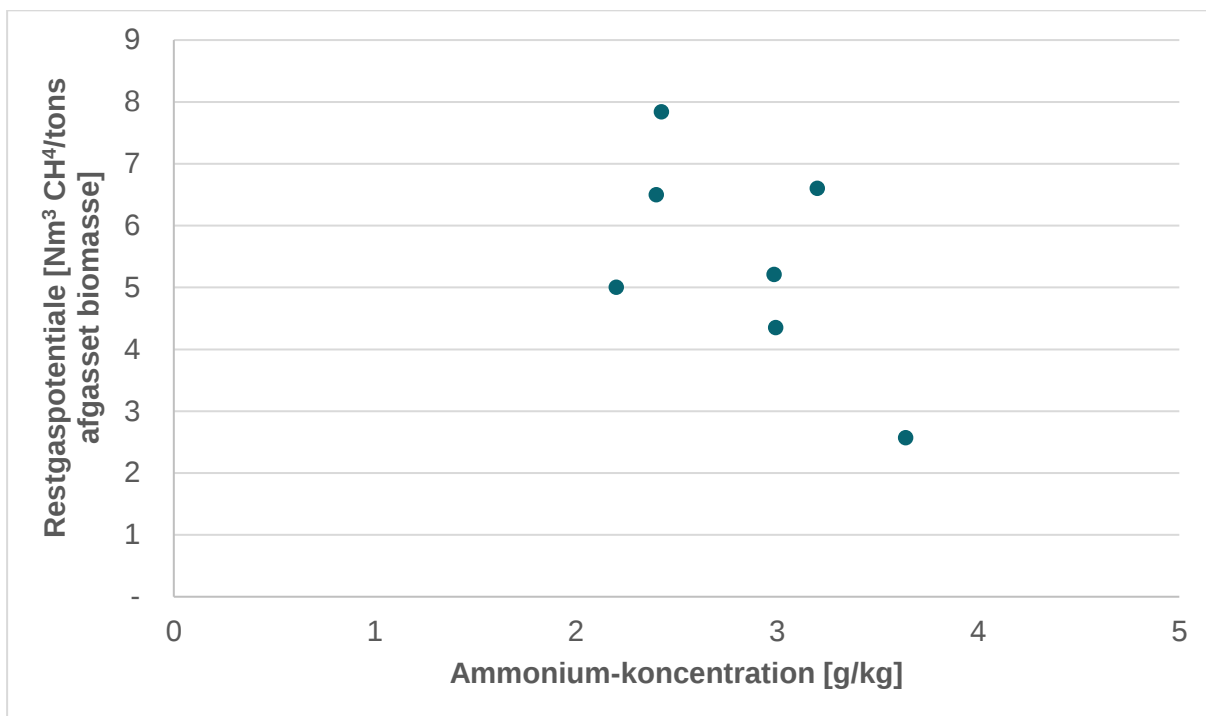
Af figur 8 og 9 ses der en svag tendens til en omvendt proportionel sammenhæng mellem restgaspotentialet og ammonium-andelen i den afgassede biomasse, således at ammonium-andelen af total-N stiger, når biomassen har et lavere restgaspotentiale. Den samme tendens ses for ammoniumkoncentrationen. Dette stemmer godt overens med de tidligere resultater, der viste at en afgasset biomasse, der er effektivt afgasset både er godt for landmanden, idet en større del af kvælstoffet er plantetilgængeligt, og godt for klimaet, idet der er færre emissioner af metan fra lagringstanken.

Anlæg med et højt restgaspotentiale, er typisk et resultat af, at der ikke sker en tilstrækkelig proteinomsætning. Det resulterer i, at det kvælstof der er bundet til aminosyrerne, ikke bliver frigivet som ammonium, hvorved ammonium-andelen af total-N ikke bliver hævet så meget, som man kan opnå på et biogasanlæg med en effektiv omsætning af den afgassede biomasse.



Figur 8: Ammonium-andelen (som % af total N) i den afgassede biomasse som funktion af restgaspotentialet i den afgassede biomasse.

Der kan ikke umiddelbart ses en sammenhæng mellem restgaspotentialet og det totale N-indhold i den afgassede biomasse. En figur af dette findes i bilag 1.

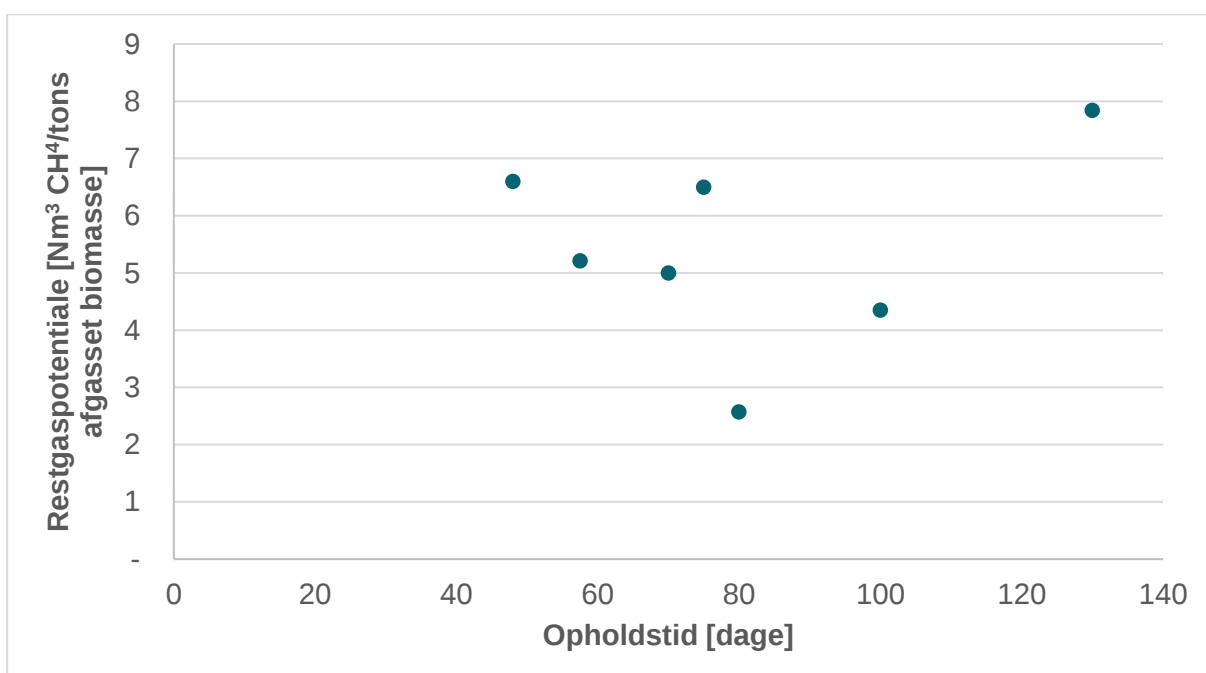


Figur 9: Restgaspotentialet som funktion af ammonium-koncentrationen i den afgassede biomasse.

Hydraulisk opholdstid

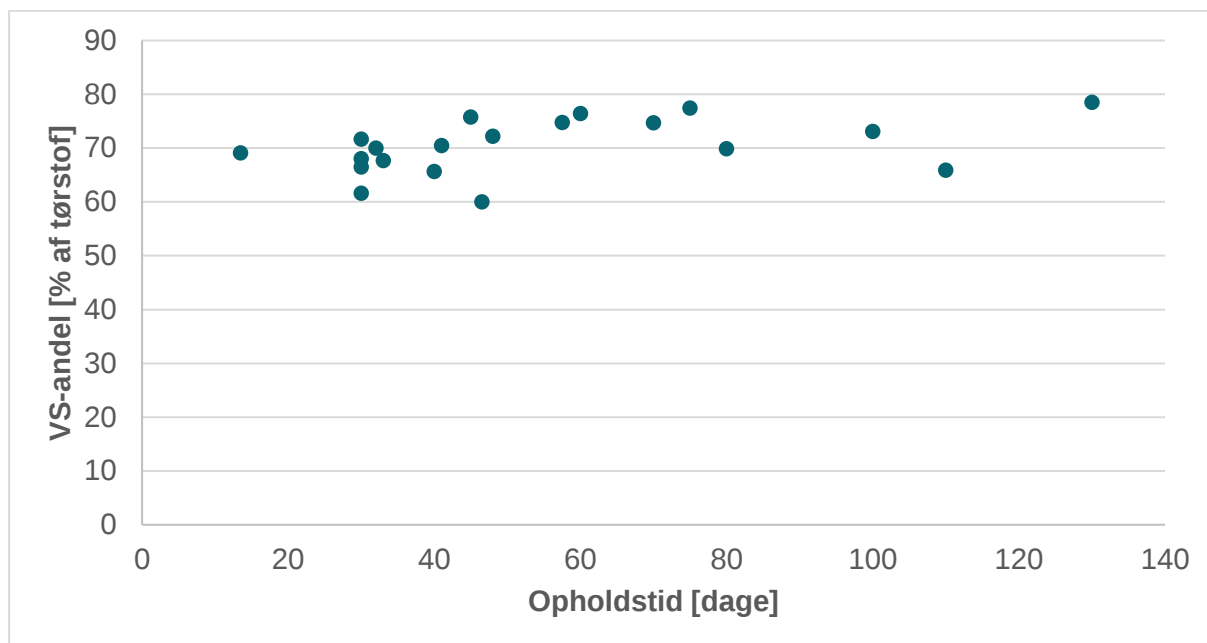
Den hydrauliske opholdstid er et udtryk for, hvor lang tid råvarerne i gennemsnit bliver behandlet på biogasanlægget. Opholdstiden er en afgørende driftsparameter i forhold til omsætning af biomassen. Restgaspotentialet bliver bl.a. brugt til at vurdere om den ekstra gasproduktion, som man kan opnå ved at forlænge opholdstiden, kan forrente investeringen i yderligere reaktortanke.

På figur 10 ses det, at der er en svag tendens mod at en længere opholdstid i reaktoren giver et lavere restgaspotential og dermed en bedre omsætning af biomassen. En afvigelse fra dette er anlægget med en opholdstid på 130 dage, som på trods af en ekstremt lang opholdstid, også har et meget højt restgaspotential.



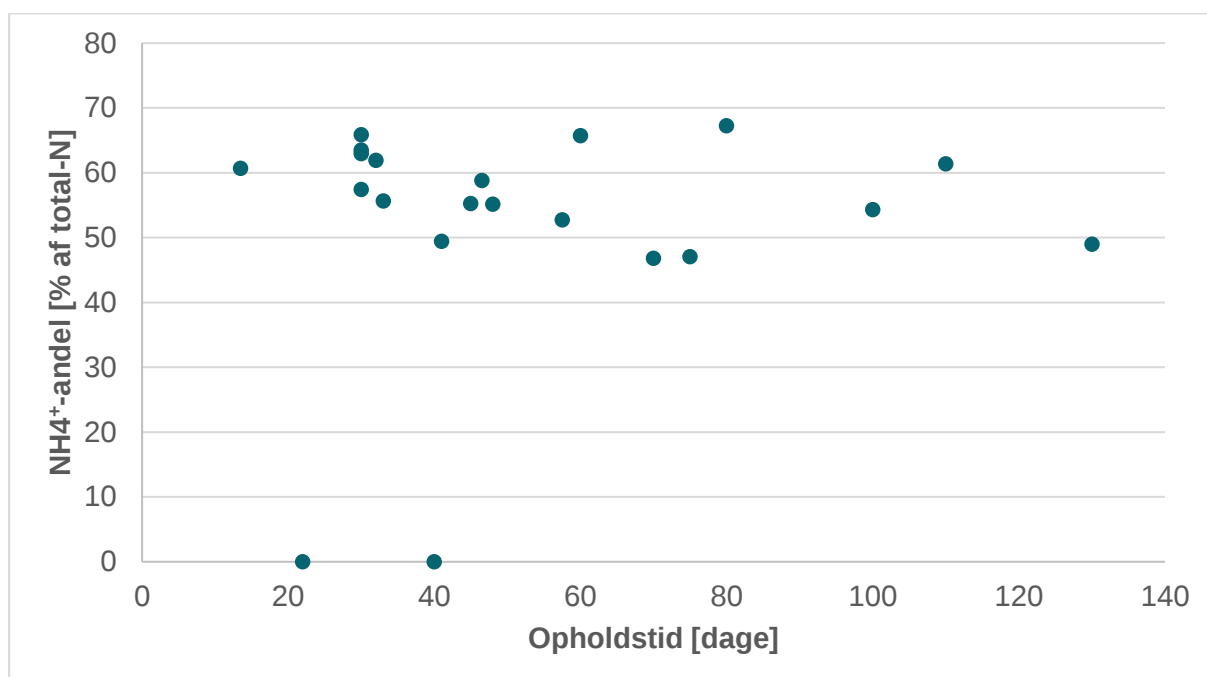
Figur 10: Restgaspotentialet i den afgassede biomasse som funktion af opholdstiden.

På figur 11 ses en svagt stigende tendens mod at en længere opholdstid giver en højere VS-andel. Forventningen ville være at VS-andelen ville falde ved længere opholdstid, idet en længere opholdstid giver en bedre omsætning af biomassen, hvorved en større andel af VS burde være omdannet til gas, således at VS-andelen af Ts ville falde. Årsagen hertil er formentlig, at biogasanlæggene med meget lang opholdstid typisk også bruger mere svært omsættelige råvarer som halm og andet plantemateriale, end biogasanlæggene med kort opholdstid.



Figur 11: VS-andel i den afgassede biomasse som funktion af opholdstiden i reaktoren.

Ligeledes ses der på figur 12 en svag tendens mod en faldende ammonium-andel ved længere opholdstid. Dette er også mod forventningen, som ville være at ammonium-andelen ville stige med en længere opholdstid, idet en længere opholdstid giver et lavere restgaspotentiale pga. en bedre omsætning som i sidste ende burde give en højere ammonium-andel. Igen er årsagen formentlig, at anlæggene med lang opholdstid bruger mere halm, hvilket kan have en negativ påvirkning på ammoniumandelen.



Figur 12: Ammonium-andelen i den afgassede biomasse som funktion af opholdstiden i reaktoren.

Konklusion

Resultaterne viser, at en biomasse, der er dårligt omsat i biogasanlægget, giver et højere restgaspotentiale, som er dårligt for klimaet, idet der er større potentiale for emission af metan fra gyllelagre og marken.

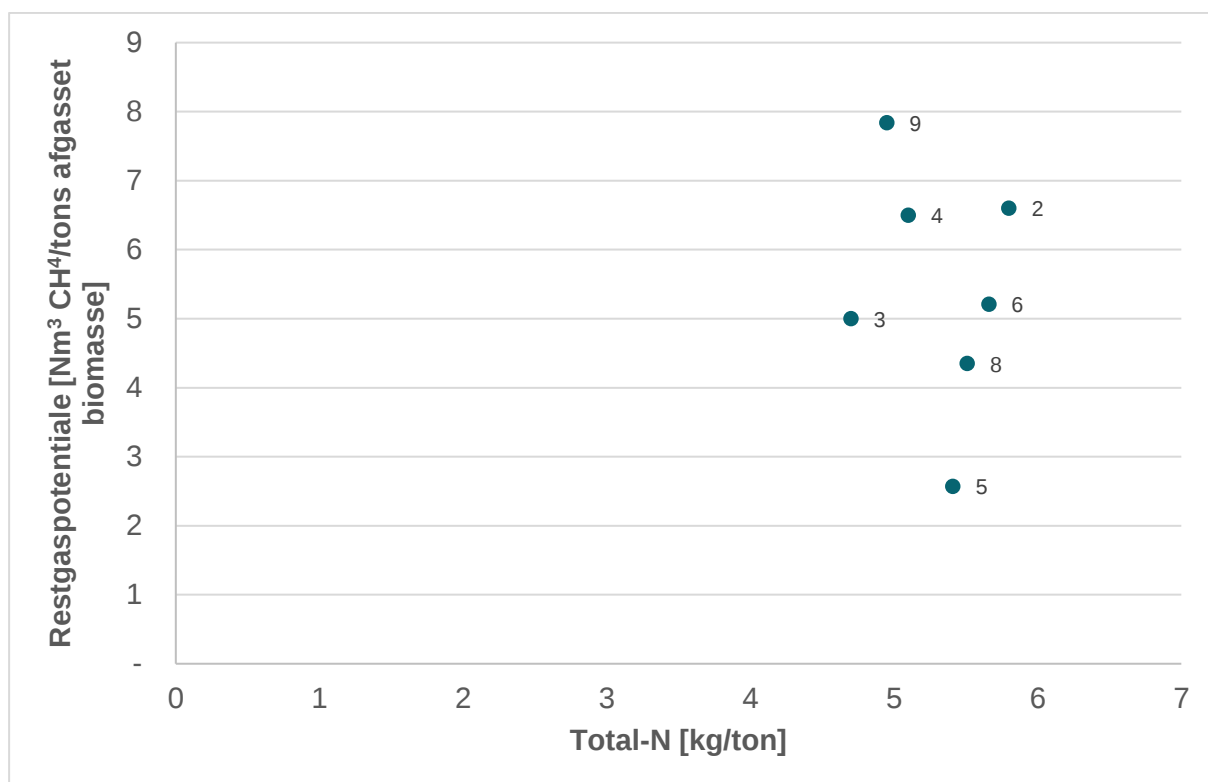
Derudover giver en dårligt omsat biomasse også en ringere gødningsprodukt, idet en lavere andel af kvælstoffet er på ammonium-form.

Der ses en svagere tendens, som peger på, at en længere opholdstid giver et lavere restgaspotentiale og en lavere ammonium-andel. Den væsentligste parameter i forhold til hvilken gødningskvalitet og hvilket restgaspotentiale vi har er dog tørstofindholdet, hvor et højere tørstofindhold giver en lavere ammonium-andel i gødningen, samt et større restgaspotentiale.

Referencer

[1] Olesen, Møller m.fl. 2020, "BÆREDYGTIG BIOGAS – KLIMA OG MILJØEFFEKTER AF BIOGAS-PRODUKTION", Rapport nr. 175 fra DCA, [DCArapport175.pdf \(au.dk\)](#)

Bilag 1



Figur 13: restgaspotentialet som funktion af total-N indholdet i den afgassede biomasse.