



Gasskonferansen i Bergen 23. og 24. mai 2012

## ***Om metoder og økonomi for oppgradering av biogass***

ved

Førsteamanuensis Lars M Nerheim

Høgskolen i Bergen / HiB

i samarbeid med BIR



## ***Om oppgradering av biogass***

**Hensikt:** *Belyse aktuelle metoder for oppgradering av biogass til naturgass-kvalitet for bruk i kjøretøy (busser) med henvisning til konseptet VA seksjonen i Bergen Kommune og BIR er kommet fram til*

**Innhold:**

- 1. Bakgrunn**
- 2. Om biogass**
- 3. Rensing av biogass**
- 4. Anriking av biogassen**
- 5. Sammenligning av anrikingsmetoder**
- 6. Samspill med forbrenningsanlegget**
- 7. Realisering**
- 8. Oppsummering**



## 1. Bakgrunn

- Kloakkrensning-anleggene i og rundt Bergen har gjennomgått en stadig oppgradering og forbedring de siste årene med den følge at det i mellomtiden skilles ut betydelige mengder organisk slam som rest-avfall fra disse og som er et godt utgangsmateriale for produksjon av biogass. Sammen med annet våtorganisk avfall fra industri, husholdninger og andre i samme området utgjør dette anslagsvis en mengde på ca 43.200 tonn / år.
- Det har lenge vært ønske om å samle dette på ett sted hvor det så kunne etableres et passende biogass-anlegg. Den nevnte slam-mengden beregnes å kunne gi en gassproduksjon på ca 3.190.000 nm<sup>3</sup>/år, som igjen skulle tilsvare en energimengde på ca 24.5 GWh.  
Det dreier seg altså om betydelige energiressurser som kan utvinnes fra dette avfallet.



- I neste omgang kommer så spørsmålet om hvordan det nevnte *energipotensialet i denne gassen best kan utnyttes*. Biogass inneholder som kjent både **skadelige forurensninger samt ca 40% ikke-energiholdig CO<sub>2</sub>**. Selv om det finnes anleggstyper som kan brenne biogass mer eller mindre direkte, *er det derfor vanligvis påkrevet både å rense samt anrike biogass til en "kvalitet" mest mulig lik naturgass*, for at den miljøvennlig og effektivt kan utnyttes som energikilde
- Det er problemstillinger rundt denne *oppgraderingen av biogass til naturgasskvalitet* som skal diskuteres i dette innlegget.
- Informasjonen stammer fra omfattende studier utført i regi av BIR, VA seksjonen i Bergen Kommune og også Avdeling for Ingeniørutdanning ved Høgskolen i Bergen har vært involvert.

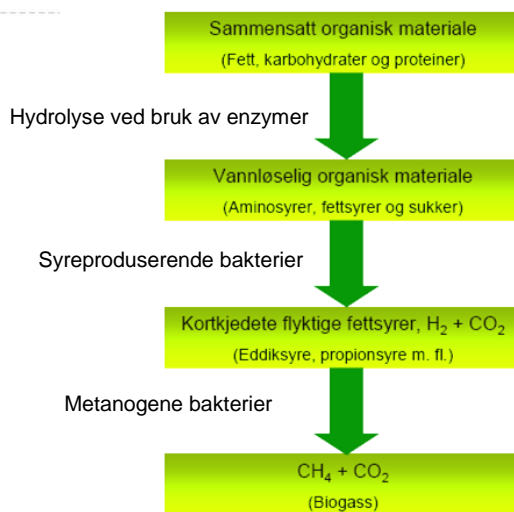


## 2. Om biogass

- Dette er et samlebegrep på gass som er dannet gjennom **anaerobisk forråtnelse** (dvs uten lufttilgang) **av organisk materiale**. Hovedbestanddelene er **metan CH<sub>4</sub>** (50 – 65 vol-% alt etter prosess) og **CO<sub>2</sub>** (35 – 45%).
- Forenklet kan man si at "biogass er naturgass som er yngre enn 100 år"
- Biogasser er **mettet med vanddamp** og inneholder i ubehandlet tilstand **diverse skadelige "sporstoffer"** (H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, Si-, Cl- og F-forbindelser alt etter avfallets opprinnelse).
- Mest stabil biogass med høyest metaninnhold får man ved **forråtnelse i lukkede beholdere**, derimot har **åpne forekomster** f. eks. fra søppelfyllinger, meget varierende egenskaper.
- Biogass må derfor **tørkes, renses og filtreres** før den kan benyttes til energiformål, og brennverdi og egenvekt kan varierer noe.



## Om dannelsen av biogass:

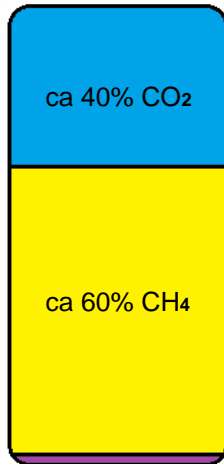


Ref: Norsk Gassforum



## Oppgradering av biogass:

Rågassen:



→ CO<sub>2</sub> –andelen fjernes gjennom "anrikingen" (og gasstrømmen reduseres tilsvarende)

→ Metan blir hovedandelen i gassen etter oppgraderingen ( ny "100%")

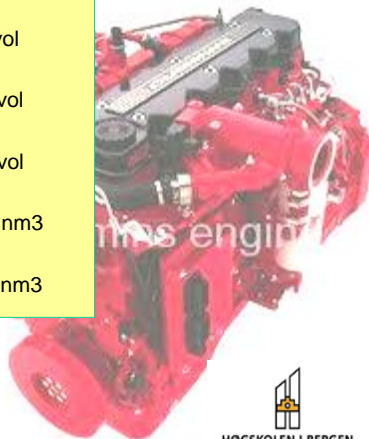
→ Forurensningene fjernes i "rensingen" (H<sub>2</sub>S, Cl – F, Si-O, NH<sub>3</sub> etc)



## Ønsket sammensetning av den oppgraderte biogassen:

Hensynet til hva den skal brukes til (her: motordrivstoff) bestemmer denne. F. eks. gir høy brennverdi økt rekkevidde pr tankfylling, osv

* Brennverdi ("energiinnhold"):	38 – 43 MJ / nm <sup>3</sup>
* Metan-innhold:	> 97 % vol
* Oksygen-innhold:	< 0.1 % vol
* CO <sub>2</sub> – innhold:	< 2.5 % vol
* Hydrogen-disulfid, H <sub>2</sub> S	< 5 mg / nm <sup>3</sup>
* Merkaptaner	< 6 mg / nm <sup>3</sup>



### 3. Rensing av biogass

Selv om innholdet av skadelige spor-stoffer i biogass vil variere noe etter sammensetningen av avfallet som behandles, kan man fra forråtnelse i lukkede reaktorer (som her) påregne følgende forurensninger:

- \* hydrogen-disulfid  $H_2S$
- \* ammoniakk  $NH_3$
- \* siloksaner (Si-O – forbindelser)
- \* oksygen og nitrogen
- \* div. partikler (faste stoffer) og slam
- \* vann, fritt og som damp

Det er hensiktsmessig å fjerne disse forurensningene **før** den påfølgende anrikingen da disse lett har konsekvenser for gjennomføringen av prosessene.



### Typiske sammensetning av biogass fra "lukket reaktor":

		Forråtningsanlegg
Nedre brennverdi	MJ/Sm <sup>3</sup>	22
	kWh/Sm <sup>3</sup>	6,2
	MJ/kg	20,2
Tetthet	kg/Sm <sup>3</sup>	1,1
Wobbeindex, øvre	MJ/Sm <sup>3</sup>	26
Metantall		> 135
Metan	vol%	65
Metan, variasjon	vol%	60-70
Tynge hydrokarboner	vol%	0
Hydrogen	vol%	0
Karbonmonoksyd (CO)	vol%	0
Karbondioksyd (CO <sub>2</sub> )	vol%	35
Karbondioksyd, variasjon		30-40
Nitrogen	vol%	0,2
Nitrogen, variasjon	vol%	-
Oksygen	vol%	0
Oksygen, variasjon	vol%	-
Hydrogensulfid	ppm	< 500
Hydrogensulfid, variasjon	ppm	0-4000
Ammoniak	ppm	100
Total klor som Cl <sup>-</sup>	mg/Sm <sup>3</sup>	0-5

Energitekn. data

"Forurensninger"



## Eksempel: rensing av H<sub>2</sub>S

Dette er ett av hovedproblemene, idet H<sub>2</sub>S både er giftig og ikke minst sterkt korrosiv sammen med vanndamp. Det finnes mange anerkjente metoder for rensing av H<sub>2</sub>S, som følger:

- \* bruk av tilsetninger i prosessen, f. eks FeCl<sub>3</sub>
- \* absorpsjon i aktivt kull
- \* biologisk nedbrytning (vann, oksygen, bakterier)
- \* bruk av spesielle absorbenter (NaOH, ulike spesialprodukter etc)

Da det ofte vil foreligge div. "beslektet virksomhet" i og rundt selve biogassanlegget, *gjelder det å kombinere de ulike rensemetodene på best mulig måte opp mot de øvrige anleggs forholdene* med tanke på å forenkle totaliteten av anlegget. Dette har vært en viktig forutsetning for den valgte oppgraderingsmetoden.



## Mulig kombinerings av rensemetoder:

Ut fra det som er sagt, finnes det flere ulike rensemetoder for de fleste forurensningene i biogassen, og mye av *potensialet for å realisere et økonomisk attraktivt anlegg ligger i å kombinere de metodene som passer best til hverandre.*

I dette tilfellet er man kommet frem til følgende:

PROBLEM	METODE
H <sub>2</sub> S-fjerning	Kombinasjon av biologisk fjerning og aktivt kull
Fjerning av ammoniakk	Bruk av aktivt kull
Vannfjerning ("tørking")	Bruk av aktivt kull
Siloksaner	Bruk av aktivt kull
Faste partikler	Filtrering



### Blivende problemstillinger:

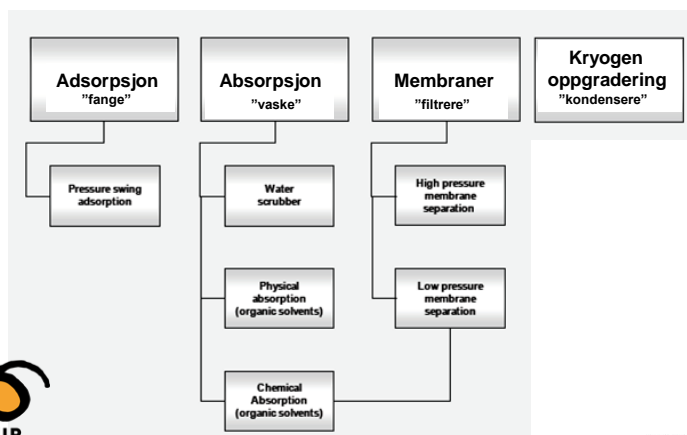
- Biologisk H<sub>2</sub>S-rens gir oksygen og nitrogen i reaktoren og gassen (uønsket), men som antas også å kunne fjernes i aktiv-kullet
- Nevnte metode vil kreve store aktiv-kull reaktorer og som krever mye energi til re-generering. Dette må dekkes på en økonomisk måte. Mer om det senere.



## 4. Anriking av biogassen

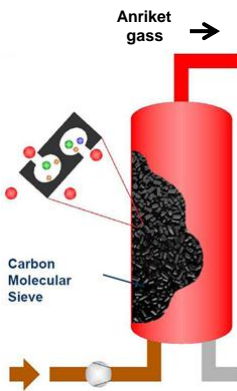
“Anriking” av biogassen vil her si å øke energiinnholdet pr volumenet ved at CO<sub>2</sub>-andelen fjernes ut av gasstrømmen.

Til dette finnes det ulike metoder som:

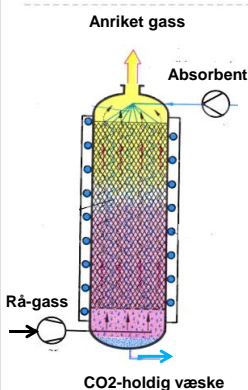


## Kort om anrikingsmetoder

- \* PSA – metoden: Denne går ut på å *adsorbere* (“fange”) CO<sub>2</sub> på overflaten og i porene på *aktivt kull* eller *zeolitter*. Når disse har samlet opp en viss mengde CO<sub>2</sub> avtar effekten slik at de må *re-genereres* ved trykkendringer, derav navnet. Dette er mao en diskontinuerlig prosess, og anleggene utføres som sammenkoblede beholdere som sjaltes inn / re-genereres etter tur. Metoden er mye brukt med godt resultat, ulemper er et rel høyt energiforbruk og noe metan-utslipp i avgassene



- \* “**Scrubbing**”: Dette er et fellesnavn på ulike “vaskeprosesser” hvor en væske dusjes mot gasstrømmen slik at væsken tar opp i seg (“absorberer”) CO<sub>2</sub> fra biogassen. Effekten varierer etter type væske som benyttes, trykk og temperatur, og den benyttede væsken må kontinuerlig regenereres (“tømmes for CO<sub>2</sub>”) for å beholde effekten. Videre vil nødvendig trykk, energibehov til prosessen og metanutslippet variere noe med hvilken type absorbent som benyttes.





\* **Membraner:** Å skille gasser med membraner som slipper igjennom noen molekylstørrelser, f. eks CO<sub>2</sub> og holder tilbake andre, f. eks metan, har vært brukt lenge, og utviklingen har gått videre mot stadig mer avanserte membran-typer. Metodene er robuste og kan også bidra til å rense gassene, men betydelige ulemper er det høye drivtrykket, begrenset kapasitet og noe høyt metanutslipp.



Hulfiber membraner

\* **Kryogen oppgradering:** dette går ut på å kjøle ned gassen under trykk til de ulike fraksjonene kondenserer og *felles ut enten som væske eller også som fast stoff* ("is"). I tilfellet CO<sub>2</sub> og metan ligger kondenseringstemperaturene langt fra hverandre slik at metoden er meget sikker. Ulemper er det betydelige energiforbruket til trykksetting og nedkjøling. Metoden kan være interessant dersom målsettingen er på lage LNG av biogassen.



## 5. Sammenligning av anrikingsmetoder

### Ytelsesdata:

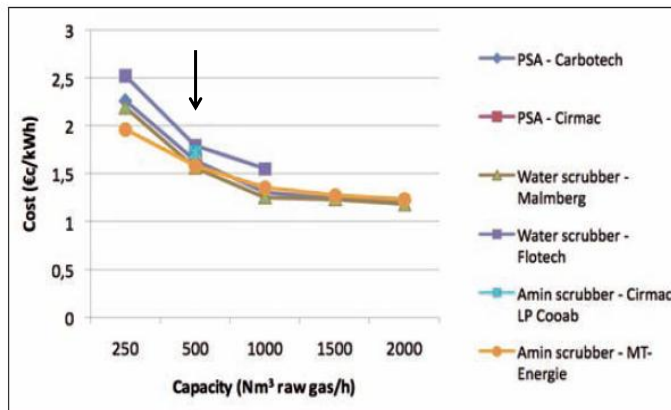
Parameter	PSA metoden	SCRUBBING med		
		vann	glycol	aminer
Pre-cleaning needed <sup>a</sup>	Yes	No	No	Yes
Working pressure (bar)	4–7	4–7	4–7	No pressure
Methane loss <sup>b</sup>	<3% / 6–10% <sup>f</sup>	<1% / <2% <sup>g</sup>	2–4%	<0.1%
Methane content in upgraded gas <sup>c</sup>	>96%	>97%	>96%	>99%
Electricity consumption <sup>d</sup> (kWh/Nm <sup>3</sup> )	0.25	<0.25	0.24–0.33	<0.15
Heat requirement (°C)	No	No	55–80	160
Controllability compared to nominal load	+/- 10–15%	50–100%	10–100%	50–100%
References <sup>e</sup>	>20	>20	2	3

Kilde: Petersson /Welling  
IEA Bioenergy



## Sammenligning av anrikingsmetoder (2)

### Produksjonspris



Kilde: Petersson /Wellinger  
IEA Bioenergy



## 6. Integrering med eksisterende forbrenningsanlegg

Som nevnt er det nye Biogassanlegget planlagt bygget vegg i vegg med BIR sitt eksisterende avfall forbrenningsanlegg. Dette byr på flere gunstige "samdrifts-fordeler:"

- energien til regenerering av rensemediene hentes i form av lavtemperatur spillvarme (temp. økning med varmepumpe)
- "avgassene" etter anrikningen (metanrest, luktstoffer) tilføres forbrenningsluften i Forbrenningsanlegget
- den betydelige biorest-mengden fra gassanlegget kan tørkes med spillvarme og event. også tilføres Forbrenningsanlegget



## 7. Realisering av Biogassanlegget inkl Oppgraderingen:

- Biogass-anlegget må være driftsklart når VA-avdelingen i Bergen Kommune har avsluttet utbyggingen av de store kloakk rensanleggene rundt byen. Etter gjeldende planer vil dette være ultimo 2014.
- En moderne flåte av gassbusser er allerede anskaffet og kjører p.t. på naturgass. En forutsetning for denne anskaffelsen var at anrikt biogass skulle bli tilgjengelig som drivstoff så snart som mulig.



## 8. Sammendrag

- Biogass f. eks. fra kloakkslam er et bærekraftig og attraktivt drivstoff for bybusser dersom den oppgraderes til akseptabel kvalitet
- Derfor må Biogass både renses og anrikes, og det finnes ulike metoder til dette og som skiller seg i valg av teknologi, i effektivitet og kostnad.
- Ved å fokusere på samdriftsfordeler med eksisterende forbrenningsanlegg har VA-seksjonen i Bergen Kommune og BIR kommet frem til et konsept for oppgradering av den produserte biogassen som utmerker seg både i effektivitet og reduserte driftskostnader.
- Denne biogassen vil bli et velegnet drivstoff for Bergen sin nye gassbuss-flåte.



*En spesiell takk til Eiendomssjef Lars Hille i BIR for bidrag med ulik informasjon til presentasjonen*

