

# **Svovlrensning - metoder og anbefalinger**

**EUDP-j.nr. 64018-0512**

**Projektrapport**

**Januar 2021**

1. reviderede udgave

**RAPPORT**

## Kolofon

Titel:	Svovlrensning – metoder og anbefalinger
Rapportkategori:	Projektrapport
Forfatter:	Anette Münther Hansen
Dato for udgivelse:	1. reviderede udgave: 28. januar 2021 (oprindelig udgave: 1. december 2020)
Copyright:	Projektets resultater kan frit citeres med kildeangivelse
ISBN-nr.:	978-87-7795-437-5
Sagsnummer:	746-84
Sagsnavn:	Energi- og omkostningsoptimering af bionaturgasproduktion
URL:	<a href="https://www.dgc.dk/publikationer/soeg">https://www.dgc.dk/publikationer/soeg</a>
Arkivering:	h:\746\84 Optimering bionaturgas

## Indholdsfortegnelse

1.	Indledning .....	4
2.	Konklusion .....	5
3.	Hvor renses der for svovl? .....	5
4.	In-situ O <sub>2</sub> -injektion .....	6
4.1.	Økonomi.....	6
5.	Jern.....	7
5.1.	Økonomi.....	7
6.	Kulfilter.....	8
6.1.	Økonomi.....	8
7.	Biologisk rensning .....	9
7.1.	Økonomi.....	9
8.	Biologisk rensning med ekstern regenerering.....	11
8.1.	Økonomi.....	11
9.	Valg af svovlrensningsløsning .....	12
9.1.	Svovlrensning afhængig af opgraderingsteknologi.....	12
9.1.1.	Membrananlæg.....	12
9.1.2.	Aminskrubberanlæg .....	12
9.1.3.	Vandskrubberanlæg .....	13
9.2.	Svovlrensning afhængig af anlægsstørrelse .....	13
9.3.	Svovlrensning afhængig af O <sub>2</sub> -problematikker.....	14
9.4.	Andre overvejelser om valg af svovlrensningsmetode .....	14
	Referencer .....	16
	Bilag 1: Nøgledata for danske opgraderingsanlæg .....	17

## 1. Indledning

Når biogas produceres, vil det indeholde en betydelig mængde svovl. Mængden af svovl afhænger af råmaterialet/biomassen, som biogassen fremstilles af, men ligger normalt omkring 1.000-2.000 ppm for danske, gyllebaserede biogasanlæg. Niveaulet ligger dermed langt over kvalitetskrav til opgraderet biogas, som skal injiceres i gassystemerne, og hvad nogen opgraderingsteknologier kan håndtere. Svovlen skal derfor renses væk, inden den opgraderede biogas kan tilføres gassystemerne.

Ses der på svovlrensningssløsninger for danske biogasanlæg, der leverer opgraderet biogas til gassystemerne, ses der et lidt broget billede i forhold til ensartethed i valg af svovlrensning (se Bilag 1). Desuden fremstår de valgte svovlrensningssløsninger langt fra altid som de mest optimale, hvis der ses på den overordnede anlægsøkonomi (CAPEX + OPEX) for de enkelte anlæg.

Formålet med dette notat er derfor at give et simpelt overblik over de svovlrensningsteknologier, som benyttes til danske opgraderingsanlæg. Overblikket indeholder en beskrivelse af, hvordan teknologierne fungerer, fordele og ulemper ved teknologier, evt. erfaringsindsamling fra danske opgraderingsanlæg samt økonomiske overvejelser om teknologien.

I notatet antages det, at læseren har overordnet kendskab til, hvad det vil sige at opgradere biogas, samt er bekendt med de tre opgraderingstyper, som benyttes i Danmark:aminskrubbere, vandskrubbere og membranlæg. Har man brug for en nærmere beskrivelse af biogasopgradering, kan det findes her [1].

Denne rapport er udarbejdet i projektet ”Energi- og Omkostningsoptimering af Bionaturgasproduktion”, EUDP jr. 64018-0512. De deltagende parter er Dansk Gasteknisk Center a/s (DGC) (projektleder), PlanEnergi, Aarhus Universitet, Foreningen Biogasbranchen, Evida og Dansk Fagcenter for Biogas. Projektets formål er at foreslå tiltag, der kan forøge indtægter, og at reducere omkostninger til produktion af opgraderet biogas, samt foreslå tiltag, der kan reducere klimabelastningen.

Projektet er delvis finansieret med af det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP), der er en offentlig tilskudsordning. Ordningen støtter ny teknologi på energiområdet, som kan bidrage til at indfri Danmarks målsætninger inden for energi og klima. Projektet startede i januar 2019 og afsluttes i september 2020.

Denne rapport er et tillæg til arbejds pakken AP 6 – Biogasopgradering, Optimering og er udarbejdet af Anette Münther Hansen, DGC.

Projektets offentliggjorte resultater kan frit citeres med kildeangivelse.

## 2. Konklusion

Umiddelbart udgør udgiften til svovlrensning en relativt stor del af den samlede udgift til opgradering af biogassen. Derfor giver det også god mening at tænke valg af svovlrensningsløsning godt igennem.

Umiddelbart er den billigste løsning at vælge biologisk rensning på CO<sub>2</sub>-afkastet for de opgraderingsteknologier, hvor det kan lade sig gøre – dvs. amin- og vandskrubbere. For membranlæg vil billigste løsning være biologisk rensning – enten traditionel eller med ekstern rensning – efterfulgt af et poleringskulfilter inden membranlægget.

## 3. Hvor renses der for svovl?

Svovlrensning kan ske flere steder i proceskæden:

- Under biogasproduktionen, hvor svovlen bindes, inden biogassen forlader biogasreaktortanken.
- Biogassen renses, inden det føres ind i opgraderingsanlægget.
- Afkastet fra opgraderingsanlægget (som primært består af CO<sub>2</sub>) kan renses inden udledning.
- Den producerede opgraderede biogas fra opgraderingsanlægget kan have brug for et polishfilter til at sikre, at al svovl er fjernet. Dette er normalt kun nødvendigt i de tilfælde, hvor svovlen helt eller delvist fjernes ved rensning af afkastet.

Vælger man at rense på afkastet frem for helt eller delvist at fjerne svovl inden opgraderingsanlægget, skal man være opmærksom på, at opgraderingsanlægget skal være designet til at kunne holde til det højere svovlniveau, da H<sub>2</sub>S er en korrosiv gas. Der kan også afhængig af design være øget behov for vedligehold af udsatte dele. Desuden kan der være arbejdsmiljømæssige overvejelser i forbindelse med valg af svovlrensning/-reduktion tidligt i proceskæden.

## 4. In-situ O<sub>2</sub>-injektion

En udbredt svovlrensning for danske opgraderingsanlæg er indblæsning af O<sub>2</sub> direkte i biogasreaktoren. Denne teknologi udnytter den eksisterende bakteriekultur i biomassen, som med O<sub>2</sub> til stede omdanner svovlen til ikke-flygtige forbindelser, som dermed bindes i den afgassede biomasse. O<sub>2</sub> kan enten tilføres som atmosfærisk luft eller som ren O<sub>2</sub>, men normalt bruges ren O<sub>2</sub> genereret på stedet for at undgå tilførsel af N<sub>2</sub> (som sænker brændværdien) af opgraderet biogas.

Processen kræver et vist overskud af O<sub>2</sub>, og der skal derfor tages hensyn til O<sub>2</sub>-grænsen på 0,5 % i den producerede opgraderede biogas. Pga. sikkerhedsmargin og opkoncentrering gennem opgraderingsprocessen justerer anlæggene oftest efter omkring 0,2-0,3 % O<sub>2</sub> i den producerede biogas. Vi har ikke klar information om sammenhængen mellem slut-svovlniveau og påkrævet O<sub>2</sub>-niveau i biogassen, men umiddelbart forventes det at kræve et noget højere O<sub>2</sub>-niveau, hvis al svovlen skal fjernes. Dette er også tilbagemeldingen fra et par anlæg, som DGC har besøgt [3].

### 4.1. Økonomi

Økonomisk set er in-situ O<sub>2</sub>-injektion en ret billig måde at fjerne svovl på. DGC har ikke i øjeblikket nogle data for den præcise pris, men tilbagemeldingen fra biogasanlæggene er, at det er langt den billigste løsning. Der vil være en mindre investering til et O<sub>2</sub>-genereringsanlæg, men derefter er driftsudgifterne absolut minimale.

## 5. Jern

Ligesom ved in-situ O<sub>2</sub>-injektion kan jern bruges ved tilsætning i biogasreaktoren. Her tilsættes en jernforbindelse, som reagerer kemisk med svovlen og binder det som en ikke-flygtig forbindelse. Normalt bruges jernklorid, men jernsulfat og andre svovlforbindelser bruges også nogle steder. Valg af jernforbindelse afhænger af priser, doseringsmetoder samt overvejelser omkring korrosivitet. Det er usikkert, hvorvidt brug af jern er tilstrækkeligt i sig selv til at rense al svovl væk. Et enkelt biogasanlæg har rapporteret, at de ville kunne fjerne al svovl alene med jern, men vi har ikke yderligere information fra fx en leverandør om dette eller dets betydning for prisen [3].

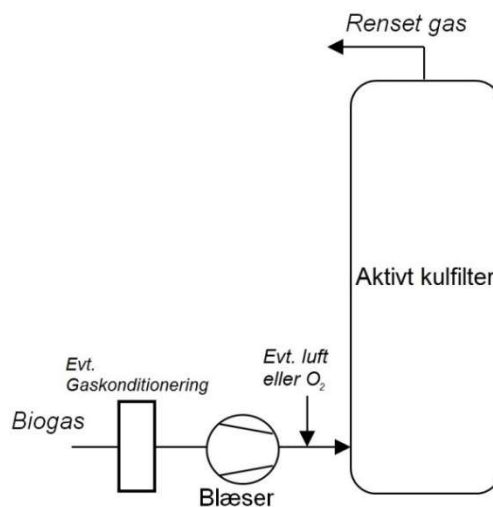
### 5.1. Økonomi

Brug af jern til svovlreduktion har meget lave investeringsomkostninger, men har til gengæld ret høje driftsomkostninger til indkøb af jernforbindelsen. Det bruges derfor mest til at tage ”toppen” af svovlkoncentrationen (normalt ned til 100-500 ppm [3]) og/eller i kombination med in-situ O<sub>2</sub>-injektion for at begrænse forbruget. Alternativt kan metoden anvendes ved særlige biogasprocesser/biomasser med særligt lavt svovlindhold. Ved et indhold på 2.000 ppm H<sub>2</sub>S koster (CAPEX+OPEX) omkring 10 øre/Nm<sup>3</sup> biogas.[2]

## 6. Kulfilter

Brug af kulfilter til svovlgasrensning virker ved, at svovlen bindes kemisk på overfladen af det aktive kul. Processen kræver et overskud af  $O_2$ , som derfor enten skal være til stede i forvejen eller tilsættes inden kulfilteret. Det aktive kul vil langsomt blive mættet og skal derfor med jævne mellemrum fornyes. Kullet kan ikke umiddelbart regenereres, dvs. der er omkostninger både til nyindkøb og bortskaffelse.

Procesmæssigt kan kulfilteret enten bruges til at rense biogassen inden opgradering eller til at rense  $CO_2$ -afkastet efter opgraderingen. I sidstnævnte tilfælde bruger man typisk også et polish-kulfilter til den producerede opgraderede biogas for at tage evt. smårester af  $H_2S$ .



### 6.1. Økonomi

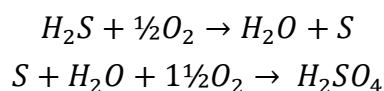
Brug af kulfilter er billigt rent investeringsmæssigt, da udstyr og teknologi er ret simpelt. Til gengæld er de løbende driftsomkostninger til udskiftning af kul ret høje. Det koster (CAPEX+OPEX) omkring 30 øre/ $Nm^3$  biogas ved et indhold på 2.000 ppm  $H_2S$  [2]. Prisen er (stort set) den samme, uanset om kulfilteret sidder før eller efter opgradering, da prisen primært afhænger af svovlflow (g/h) og ikke flowhastighed eller koncentration.

Grundet den høje pris vil man oftest kombinere kulfilteret med anden form for svovlrensning, som måske ikke kan sikre lige så stabilt/lavt niveau af svovl i den rensede gas, og hvor der derfor er brug for ekstra rensning efterfølgende. Reducerer man fx svovlniveauet til 150 ppm med in-situ  $O_2$ -injektion og/eller jern først, så koster kulfilteret kun omkring 2 øre/ $Nm^3$  biogas.



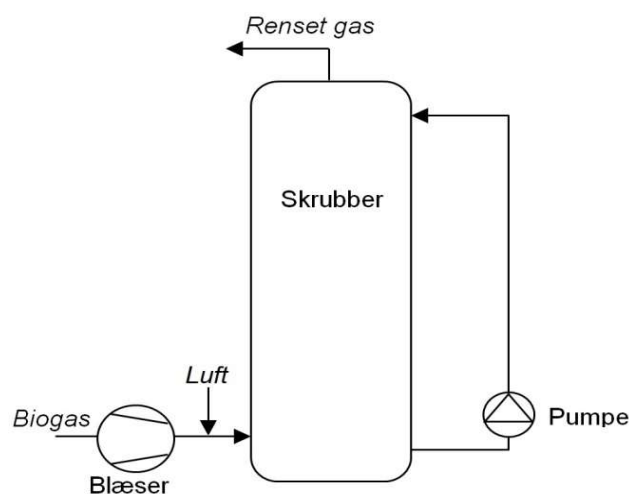
## 7. Biologisk rensning

Biologisk rensning er en noget mere teknisk kompliceret løsning end de øvrige svovlrensningstoder. Her bliver gassen ledt igennem en skrubberkolonne med fyldlegemer, mens en pumpe sørger for en kontinuert overrisling af fyldlegemerne. På ydersiden af fyldlegemerne sidder der biologisk materiale, som får svovlen til at reagere med  $O_2$  og danne først frit svovl og derefter svovlsyre:



Svovlen vaskes herefter væk med vandet og kan fjernes.

Som det fremgår af reaktionsligningerne, er  $O_2$  nødvendigt for at sikre reaktionen, der omdanne og fjerner svovlen. Et vist overskud af  $O_2$  er nødvendigt for at sikre en effektiv omdannelse. Det kan i teorien lade sig gøre med et lavt overskud af  $O_2$  (omkring 0,2 %  $O_2$  i den rensede biogas, dvs. lavt nok til at sikre  $<0,5$  %  $O_2$  i den færdige opgraderede biogas), men processen vil være følsom over for variationer og er derfor svær at få til at fungere optimalt. Dette har medført, at mange anlæg, der tidligere brugte biologisk rensning inden opgradering, efterfølgende har skiftet til andre svovlrensningstoder.



Har man i stedet biologisk rensning af  $CO_2$ -afkastet fra opgraderingsprocessen, kan der køres med et væsentligt højere  $O_2$ -overskud (1,5-2 % jf. firmaet Biogasclean [4]). På den måde kan der sikres effektiv og stabil drift af den biologiske rensning, uden at det giver problemer med kvaliteten af den producerede opgraderede biogas.

### 7.1. Økonomi

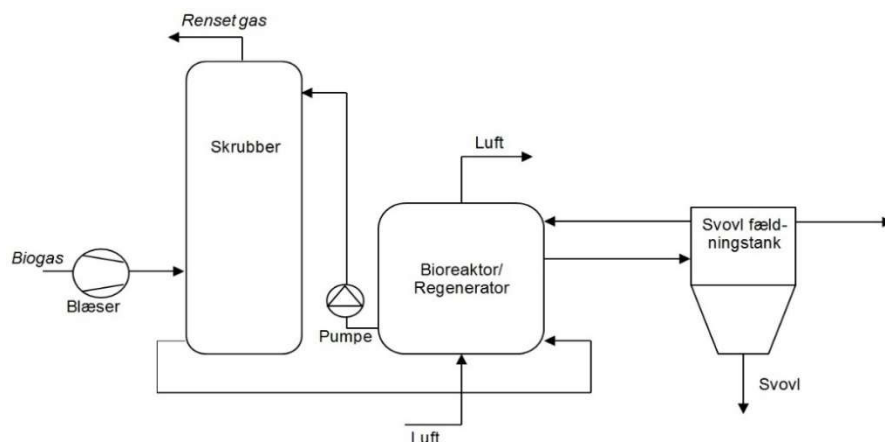
Biologisk rensning er en mere kompliceret proces og har derfor højere investeringsomkostninger på anlægget. Til gengæld er driftsomkostningerne minimale. Derfor kombineres biologisk rensning sjældent med anden svovlrensning, med mindre der er andre driftsmæssige omstændigheder, der kræver det. Investeringsomkostningerne for biologisk rensning afhænger både af samlet flow og svovlflowet (g/h). Det er derfor lidt billigere at benytte biologisk rensning på  $CO_2$ -afkastet, hvor flowet er lavere end for biogassen.

Biologisk rensning efter opgradering (dvs. af CO<sub>2</sub>-afkastet) for et anlæg med en kapacitet på 1500 Nm<sup>3</sup>/h og et indhold af H<sub>2</sub>S på 2.000 ppm vil koste omkring 2 øre/Nm<sup>3</sup> biogas [2]. DGC ligger ikke inde med priser for traditionel, biologisk rensning før opgradering, men det må antages at være en smule dyrere end biologisk rensning af afkastet pga. flowstørrelse, men må samtidig forventes at være lavere end prisen for biologisk rensning med ekstern regenerering (se afsnit 8.1 nedenfor). Prisen varierer i begge tilfælde noget af kapacitet af opgraderingsanlægget, da der er en betydelig stor-driftsfordel prismæssigt [2][4].

## 8. Biologisk rensning med ekstern regenerering

Ønsker man at bruge biologisk rensning inden opgraderingen uden at risikere komplikationer pga.

$O_2$ -indholdet i den opgraderede biogas, er en modificeret udgave af den biologiske rensning en mulighed. Her vaskes svovlen først ud af biogassen med en let basisk skrubbevæske. Væsken med den absorberede  $H_2S$  ledes så over i en ekstern bioreak-



tor, hvor det biologiske materiale befinder sig. Det betyder, at luften ikke tilføres biogassen direkte. Desuden styres luftindholdet omhyggeligt, for at svovlen kun oxideres til frit svovl og ikke videre til svovlsyre. Det betyder alt i alt, at der ikke tilføres  $O_2$  til biogassen.

### 8.1. Økonomi

Ligesom for traditionel biologisk rensning er denne modificerede udgave investeringsmæssigt dyr, men har lave driftsomkostninger. Prisen her ligger på omkring 4 øre/ $Nm^3$  for et anlæg med en kapacitet på  $1500 Nm^3/h$  og et indhold af  $H_2S$  på 2.000 ppm [2]. Det er derfor lidt dyrere end biologisk rensning af afkastet, men væsentligt billigere end brug af kulfilter – især ved store anlæg – og en god løsning, hvis man gerne vil undgå tilsætning af  $O_2$  til sin biogas.

## 9. Valg af svovlrensning

Når man som nyt (eller eksisterende) biogasanlæg skal vælge, hvilken svovlrensning man ønsker at investere i til sit anlæg, er der forskellige faktorer, som vejer mere eller mindre:

- Investeringsomkostninger.
- Driftsomkostninger.
- Krav fra opgraderingsanlægget.
- Krav til kvaliteten af opgraderet biogas.
- Arbejdsmiljø.

Endelig er der altid de mere "uforudsigelige" årsager, såsom dårlige erfaringer fra netværket eller anbefalinger fra leverandøren af biogas- eller opgraderingsanlægget.

### 9.1. Svovlrensning afhængig af opgraderingsteknologi

Når der skal vælges svovlrensningsteknologi, er det ikke uvæsentligt, hvilken opgraderingsteknologi man anvender.

#### 9.1.1. Membrananlæg

Når man benytter membrananlæg til at opgradere biogassen, skal **al** svovl være fjernet inden opgradering, da svovlen er giftig for membranerne og vil medføre varig kapacitetsnedsættelse af opgraderingsanlægget. Det er derfor vigtigt ikke alene at rense svovlen væk før opgradering, men også at benytte en svovlrensningstype, som helt sikkert fjerner al svovl fra biogassen – også under uregelmæssigheder i driften.

Af denne grund er et kulfilter inden membrananlægget en rigtig god idé, da det i hvert fald fjerner al resterende svovl. Da kulfilter alene er en driftsøkonomisk dyr løsning, er det dog smart at nedbringe svovlindholdet på anden vis inden kulfilteret. Dette gøres normalt på de danske membrananlæg med en kombination af jern og O<sub>2</sub> i biogasreaktoren, men kunne i princippet også gøres med en form for biologisk rensning. Sidstnævnte er den billigste løsning på den lange bane – især for større anlæg – men kræver, at anlægget har mulighed for de større investeringsomkostninger til start.

#### 9.1.2. Aminskrubberanlæg

I forbindelse med aminskrubberer kan svovlen som sådan fjernes hvor/når som helst i processen. Ønsker man at fjerne svovlen efter opgradering, kræver det dog, at aminanlægget er designet til det. Dette både i forhold til korrosionsbeskyttelse og valg af en aminvæske, som kan binde svovlen tilstrækkeligt.

Korrosionsbeskyttelse vil gøre anlægget lidt dyrere, og en brugbar aminvæske kan have lidt højere varmebehov (ved regenerering) og dermed lidt højere driftsudgifter. Begge dele er dog relativt lave ekstraudgifter sammenlignet med de driftsøkonomiske udgifter til svovlrensning. Vælger man at gøre dette, kan svovlen fjernes med biologisk rensning af CO<sub>2</sub>-afkastet, hvilket er den klart billigste løsning til svovlfjernelse. Dette synes også efterhånden at være tendensen blandt nybyggede anlæg. Alternativt skal svovlen fjernes inden opgradering, hvilket fx kan gøres med jern/O<sub>2</sub> i biogasreaktoren efterfulgt af biologisk rensning og/eller kulfilter. Dette vil dog være noget dyrere rent driftsøkonomisk.

### 9.1.3. Vandskrubberanlæg

Vandskrubberanlæggene har ligesom aminanlæggene potentielt mulighed for at fjerne svovlen hvor som helst i processen, men tilsvarende kræver det, at anlægget er designet til det. Dette gøres normalt ikke jf. leverandøren Malmberg og de eksisterende vandskrubberanlæg, men det kan lade sig gøre [6]. I disse tilfælde vil biologisk rensning af CO<sub>2</sub>-afkastet tilsvarende være langt den billigste svovlrensningsmetode. I praksis er dette dog normalt ikke tilfældet.

I stedet benyttes der normalt biologisk rensning (gerne den modificerede løsning, da den traditionelle historisk har givet problemer med for højt O<sub>2</sub>-indhold) eller kulfilter inden opgradering – evt. kombineret med brug af jern i biogasreaktoren inden.

## 9.2. Svovlrensning afhængig af anlægsstørrelse

Som beskrevet i de tidligere afsnit er nogle svovlrensningsløsninger mere omkostningstunge i forhold til startinvestering (CAPEX), mens andre har høje driftsudgifter (OPEX). Samtidig har de biologiske rensningsanlæg en betydelig stordriftsfordel [4]. Derfor kan det være forskelligt, hvilken løsning, som skønnes bedst for forskellige størrelser anlæg.

Bygger man et stort, industrielt opgraderingsanlæg, vil den klart billigste løsning være biologisk rensning – gerne på CO<sub>2</sub>-afkastet.

Bygger man derimod et mindre anlæg, vil stordriftsfordele gøre den biologiske rensning relativt dyrere sammenlignet med de andre teknologier. Samtidig kan der for nogle anlægsejere være problemer med lånemuligheder til at vælge mest effektive løsning. Og endelig er små anlæg oftere ejet af lokale landmænd, hvor simplicitet i forhold til drift og vedligehold vejer tungt [3]. Dette kan gøre, at en løsning med jern/O<sub>2</sub> og kulfilter oftere er foretrukket, selvom det på den lange bane kan blive en dyrere løsning.

### 9.3. Svovlrensning afhængig af O<sub>2</sub>-problematikker

Der har de senere år været et stigende fokus på, at en øget mængde af opgraderet biogas i gassystemet vil give et øget O<sub>2</sub>-indhold i den danske naturgas. Dette er ikke et direkte problem i forhold til det danske lovkrav om 0,5 % O<sub>2</sub>, men ved eksport til Tyskland kan det give problemer, da de her kun tillader 0,001 % O<sub>2</sub> i transmissionsnettet, hvor den danske gas tilføres. Der arbejdes derfor i flere sammenhænge på løsninger på dette problem. Én mulig løsning er at nedbringe/eliminere O<sub>2</sub>-indholdet i den producerede opgraderede biogas. Dette kan gøres ved at udelukke brug af in-situ O<sub>2</sub> i biogasreaktoren samt kulfilter og traditionel biologisk rensning inden opgradering som svovlrensningsmetoder.

Dette vil i så fald reducere mulighederne for svovlrensning til:

- Jerntilsætning i biogasreaktoren.
- Biologisk rensning med ekstern regenerering inden opgradering.
- Biologisk rensning af CO<sub>2</sub>-afkast.

Jerntilsætning er en ret dyr metode – især hvis man også skal investere i en form biologisk rensning efterfølgende. Det vil derfor reelt reducere svovlrensningsmulighederne til:

- Biologisk rensning med ekstern regenerering til de opgraderingsanlæg, hvor svovl skal fjernes inden opgradering – dvs. membranlæg og muligvis vandskrubberanlæg. Membranlæg vil dog nok kræve et poleringskulfilter uden O<sub>2</sub> efterfølgende, da biologisk rensning oftest efterlader en minimal rest af svovl.
- Biologisk rensning af CO<sub>2</sub>-afkast for de anlæg, hvor man designer til, at dette kan lade sig gøre – dvs. aminanlæg og muligvis vandskrubberanlæg.

### 9.4. Andre overvejelser om valg af svovlrensningsmetode

Ud over ovennævnte overvejelser kan andre faktorer også spille ind, når der vælges svovlrensnings-teknologi:

- Fjernes svovlen først efter opgradering, er der et større område, hvor der ved utilsigtede udslip vil være relativt høje koncentrationer af H<sub>2</sub>S. Derfor kan der ud fra arbejdsmiljøhensyn argumenteres for at fjerne/reducere svovlen tidligere i processen.
- Især mindre/gårdbaserede anlæg synes at lytte en del til erfaringer i deres netværk eller tilsvarende [3]. Har en anden anlægsejer i området fx haft dårlige erfaringer med biologisk rensning eller er særlig glad for brug af jern til svovlreduktion, kan det spille ind i valget af svovlrensning.

- Nogle leverandører af enten biogas- eller opgraderingsanlæg anbefaler en særlig svovlrensningensløsning til deres anlæg. Dette kan der være god mening bag – fx at optimere eller beskytte deres eget anlæg. Men man kan ikke nødvendigvis regne med, at leverandøren har kendskab til alle svovlrensningsteknologier, eller at den anbefalede løsning nødvendigvis er den billigste løsning for det samlede anlæg.

## Referencer

- [1] "*Biogas Upgrading – Technical Review*", Report 2016:275, Energiforsk, 2016, [http://vav.griffel.net/filer/C\\_Energiforsk2016-275.pdf](http://vav.griffel.net/filer/C_Energiforsk2016-275.pdf)
- [2] "*Svovlemissioner fra anvendelse af biogas*", Dansk Gasteknisk Center & Miljøstyrelsen, 2015
- [3] "*Erfaringsindsamling fra danske biogasopgraderingsanlæg*", Dansk Gasteknisk Center, 2019
- [4] Møde med Biogasclean, DGC (AMH, NBR, THE), 18/12-19
- [5] "*Reduktion af ilt i bionaturgas*", Dansk Gasteknisk Center, 2019
- [6] Besøg og telefoniske samtaler med de enkelte opgraderingsanlæg i Danmark, 2018-2020



## Bilag 1: Nøgledata for danske opgraderingsanlæg

Idriftsatte opgraderingsanlæg pr. november 2020 (som oplyst af anlæggene) [6]:

Anlægsnavn	Anlægstype	Idriftsat	Opgraderings-teknologi	Kapacitet opgrad. biogas Nm <sup>3</sup> /time	Svovlrensning
Fredericia Spildevand A/S	Rensnings-anlæg	2011	Vandskrubber	200	Termisk forbrænding (RTO) til CO <sub>2</sub> afkast
GFE Krogenskær P/S	Gårdanlæg	2014	Vandskrubber	900	Jern under biogasproduktion
LBT agro K/S	Gårdanlæg	2014	Vandskrubber	800	Biologisk filter inden opgradering
Madsen bioenergi	Gårdanlæg	2014	Aminskrubber	600	Biologisk filter til CO <sub>2</sub> afkast
Rønnowsholm	Gårdanlæg	2014	Vandskrubber	500	Jern under biogasproduktion + kulfilter inden opgradering
Hemmet Bioenergi	Gårdanlæg	2015	Aminskrubber	800	Ilt og jern under biogasproduktion + kulfilter inden opgradering
NGF Nature Energy Vaarst A/S	Fællesanlæg	2015	Vandskrubber	1.150	Jern under biogasproduktion + kulfilter til CO <sub>2</sub> afkast
BB Biogas aps.	Gårdanlæg	2016	Aminskrubber	2.200	Ilt og jern under biogasproduktion + biologisk og kulfilter til CO <sub>2</sub> afkast
Frijsenborg Biogas	Gårdanlæg	2016	Membran	1.300	Ilt og jern under biogasproduktion + kulfilter inden opgradering
Grøngas Vraa A/S	Fællesanlæg	2016	Aminskrubber	1.600	Ilt og jern under biogasproduktion + kulfilter inden opgradering
Rybjerg Biogas P/S	Gårdanlæg	2016	Membran	500	Ilt og jern under biogasproduktion + kulfilter inden opgradering
Sønderjysk Biogas Bevtoft A/S	Fællesanlæg	2016	Aminskrubber	2.800	Biologisk filter inden opgradering
Zastrow Bioenergi aps.	Gårdanlæg	2016	Membran	400	Ilt og jern under biogasproduktion + kulfilter inden opgradering
Ausumgaard (AU Vindmøller I/S)	Gårdanlæg	2017	Membran	550	Ilt og jern under biogasproduktion + kulfilter inden opgradering
HOFOR - BIOFOS Spildevandscenter Avedøre	Rensnings-anlæg	2017	Aminskrubber	300	Kulfilter til CO <sub>2</sub> afkast
Grønhøj Biogas	Gårdanlæg	2017	Aminskrubber	800	Lidt ilt og jern under biogasproduktion + biologisk filter til CO <sub>2</sub> afkast
Lykkeslund Bioenergi	Gårdanlæg	2017	Membran	400	Ilt og jern under biogasproduktion + kulfilter inden opgradering
NGF Nature Energy Månsson A/S	Fællesanlæg	2017	Aminskrubber	900	Biologisk filter til CO <sub>2</sub> afkast
Sindal Biogas	Gårdanlæg	2017	Membran	950	Ilt og jern under biogasproduktion + vask og kulfilter inden opgradering
Vestjysk Biogas aps.	Gårdanlæg	2017	Membran	650	Ilt og jern under biogasproduktion + kulfilter inden opgradering
Iglsø Biogas	Gårdanlæg	2018	Aminskrubber	900	Lidt ilt under biogasproduktion + biologisk filter til CO <sub>2</sub> afkast
Kalundborg Bioenergi	Industrianlæg	2018	Aminskrubber	3.500	Jern under biogasproduktion + biologisk filter til CO <sub>2</sub> afkast
NGF Nature Energy Korskro A/S	Fællesanlæg	2018	Aminskrubber	2.500	Biologisk filter til CO <sub>2</sub> afkast
Ribe Biogas	Fællesanlæg	2018	Aminskrubber	1.700	Biologisk filter til CO <sub>2</sub> afkast

Anlægsnavn	Anlægstype	Idriftsat	Opgraderings-teknologi	Kapacitet opgrad. biogas Nm <sup>3</sup> /time	Svovlrensning
Storde biogas	Gårdanlæg	2018	Aminskrubber	600	Ilt og lidt jern under biogasproduktion + biologisk filter til CO <sub>2</sub> afkast
Andekærgård biogas ApS	Gårdanlæg	2019	Membran	850	(ikke kendt)
GreenLab Skive Biogas ApS	Fællesanlæg	2019	Aminskrubber	2.400	(ikke kendt)
Limfjordens biogas	Fællesanlæg	2019	Vandskrubber	1.600	Jern under biogasproduktion + kulfilter inden opgradering
Naturbiogas Sode A/S	Gårdanlæg	2019	Aminskrubber	2.200	(ikke kendt)
Nature Energy Båndlev	Fællesanlæg	2019	Vandskrubber	2.000	(ikke kendt)
Outrup Biogas	Gårdanlæg	2019	Aminskrubber	1.000	(ikke kendt)
Ringsted biogas	Gårdanlæg	2019	Membran	500	Ilt og jern under biogasproduktion + kulfilter inden opgradering
Vinkel Bioenergi ApS	Fællesanlæg	2019	Aminskrubber	5.500	(ikke kendt)
Ølgod Biogas	Fællesanlæg	2019	Aminskrubber	800	(ikke kendt)
Solrød Biogas	Fællesanlæg	2019	Vandskrubber	2.000	(ikke kendt)
Biogas Taagholt P/S (Rødekro)	Gårdanlæg	2020	Aminskrubber	725	(ikke kendt)
Nature Energy Videbæk	Fællesanlæg	2020	Vandskrubber	2.600	(ikke kendt)
Flemløse (Glamsbjerg)	Fællesanlæg	2020	Membran	850	(ikke kendt)
Thorsø Biogas	Fællesanlæg	2020	Aminskrubber	1.800	(ikke kendt)
Vesthimmerland Biogas	Fællesanlæg	2020	Aminskrubber	4.000	(ikke kendt)
OL Gårdbiogas	Gårdanlæg	2020	Aminskrubber	600	(ikke kendt)
NE Glansager	Fællesanlæg	2020	Aminskrubber	2.500	(ikke kendt)
Horsens bioenergi	Fællesanlæg	2014 & 2016	Vandskrubber + Aminskrubber	2.800	Jern under biogasproduktion + biologisk filter inden opgradering (vandskrubber) / biologisk filter til CO <sub>2</sub> afkast (aminskrubber)
NGF Nature Energy Holsted	Fællesanlæg	2015 & 2019	Vandskrubber + Aminskrubber	3.400	Biologisk filter inden opgradering (vandskrubber) / biologisk filter til CO <sub>2</sub> afkast (aminskrubber)
Linkogas a.m.b.a.	Fællesanlæg	2016 & 2019	2 x Vandskrubber	2.400	Biologisk filter inden opgradering + Termisk forbrænding (RTO) til CO <sub>2</sub> afkast
Vrejlev Bioenergi	Gårdanlæg	2016 & 2019	2 x Membran	900	Ilt og jern under biogasproduktion + kulfilter inden opgradering
NGF Nature Energy Midtlyn A/S	Fællesanlæg	2016 & 2020	Vandskrubber + Aminskrubber	3.500	Biologisk filter inden opgradering, Vandskrubber installeret først med 1.500 Nm <sup>3</sup> , i 2020 yderligere 2.000 Nm <sup>3</sup>
NGF Nature Energy Nordfyn A/S	Fællesanlæg	2016 & 2020	Vandskrubber + Aminskrubber	3.100	Biologisk filter inden opgradering, Vandskrubber installeret først med 1.100 Nm <sup>3</sup> , i 2020 yderligere 2.000 Nm <sup>3</sup>