



---

# Opgradering af biogas til biometan

Et projektsamarbejde med VandCenter Syd, Ejby Mølle Renseanlæg

---

*Forfatter*

Michella Biesbjerg Nielsen

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Michella B. Nielsen'.

*Vejleder*

Henrik Wenzel, Institut for Kemi-, Bio- og Miljøteknologi

*Virksomhedsvejledere*

Ib Pedersen, VandCenter Syd, teamleder, drift af renseanlæg

Nina Almind-Jørgensen, VandCenter Syd, proces konsulent

SYDDANSK UNIVERSITET, DET TEKNISKE FAKULTET, ODENSE

BACHELORPROJEKT I ENERGITEKNOLOGI, 6. SEMESTER

2. JUNI 2020

*Må offentliggøres*

*Antal tegn 60.031 = 25,01 NP*

---

## Anvendte forkortelser

|                            |                  |
|----------------------------|------------------|
| Kombineret kraftvarmeanlæg | CHP              |
| Ejby Mølle Renseanlæg      | EMR              |
| Energistyrelsen            | ENS              |
| Fosfor                     | P                |
| Kuldioxid                  | CO <sub>2</sub>  |
| Kvælstof                   | N                |
| Metan                      | CH <sub>4</sub>  |
| Naturgasnettet             | Gasnettet        |
| Nettoafgiftsfaktor         | NAF              |
| Nutidsværdi                | NV               |
| Svovlbrinte                | H <sub>2</sub> S |
| Vandcenter Syd             | VCS              |

---

## Abstract

In 2050, Denmark must be free of fossil fuels, where energy instead is produced by renewable energy sources like biomass, solar and wind. On the basis of energy scenarios presented by the Danish Energy Agency, wind will have a major role. A problem arises during periods when there is no wind. At the same time there will also be periods where production is higher than consumption.

The biogas production has risen in recent years and is expected to increase further. Raw biogas must be used continuously and cannot be stored, and therefore it will not function as a safety net in a fossil-free society. However, biogas can be upgraded to biomethane which is done through an upgrade plant. It removes  $\text{CO}_2$  and increase the content of  $\text{CH}_4$  from 65% to just under 100%. This way it can be injected into the existing natural gas network, as the quality is similar, and acts as a safety net for fluctuating energy production.

Ejby Mølle Renseanlæg (EMR) in Odense, produces biogas from sludge, a residual product in wastewater purification which is converted into electricity and heat, which need to be replaced in several years. Focus in the project is to make a socio-economic and a company financial analysis of the two technologies to see if it is efficient for EMR to upgrade biogas to biomethane.

The result shows that it will be more expensive for EMR to upgrade biogas to biomethane which was also expected since a build-up is necessary and EMR also has to buy electricity and heat. If EMR chooses to upgrade it will give them a good image. This is because, from a socio-economic point of view, there are several advantages to using biomethane rather than biogas. Advantages include that biomethane contributes to green conversion in difficult-to-change sectors like transport and industry and the manufacturing sector. This is because the sectors depend on gasoline, diesel and natural gas, which can be replaced by biomethane. The use is also associated with several positive effects for climate and environmental like reductions in  $\text{CO}_2$ -emissions.

In the perspectivation, methanisation is presented in which excess  $\text{CO}_2$  is hydrogenated with  $\text{H}_2$ . It increases the energy content one and a half time compared to biogas and reduce  $\text{CO}_2$ -emissions further than upgrading to biomethane. The method is applied at Biofos wastewater treatment plant in Avedøre and has a positive impact on the company's own  $\text{CO}_2$ -account. Therefore, it is an opportunity to consider for EMR even though the cost is not accounted for. If EMR chooses to continue using biogas, it is also possible to consider reselling  $\text{CO}_2$  to e.g. breweries or horticultures.

# Indhold

|                                                      |           |
|------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Abstract</b>                                      | <b>ii</b> |
| <b>1 Indledning</b>                                  | <b>1</b>  |
| 1.1 Danmarks fremtid . . . . .                       | 2         |
| 1.2 Problemformulering . . . . .                     | 4         |
| <b>2 Spildevandets vej på Ejby Mølle Renseanlæg</b>  | <b>7</b>  |
| 2.1 Fra slam til biogas . . . . .                    | 8         |
| 2.1.1 Slam - en grøn industrisymbiose . . . . .      | 11        |
| <b>3 Opgradering af biogas til biometan</b>          | <b>14</b> |
| 3.1 Metoder til opgradering af biogas . . . . .      | 15        |
| 3.1.1 Aminskrubberanlæg . . . . .                    | 15        |
| 3.1.2 Vandskrubberanlæg . . . . .                    | 16        |
| 3.1.3 Membrananlæg . . . . .                         | 16        |
| 3.2 Valg af anlægstype . . . . .                     | 17        |
| 3.2.1 Placering af anlæg . . . . .                   | 19        |
| <b>4 Økonomien forud for teknologierne</b>           | <b>21</b> |
| 4.1 Samfundsøkonomisk perspektiv . . . . .           | 21        |
| 4.2 Selskabsøkonomisk perspektiv . . . . .           | 21        |
| 4.3 Fastsættelse af forudsætninger . . . . .         | 22        |
| 4.4 Skatter, afgifter, tariffer og tilskud . . . . . | 23        |
| <b>5 Økonomien bag teknologierne</b>                 | <b>24</b> |
| 5.1 Biogas til el- og varmeproduktion . . . . .      | 25        |
| 5.1.1 Samfundsøkonomisk analyse . . . . .            | 25        |
| 5.1.2 Selskabsøkonomisk analyse . . . . .            | 25        |
| 5.2 Opgradering til biometan . . . . .               | 26        |
| 5.2.1 Samfundsøkonomisk analyse . . . . .            | 27        |
| 5.2.2 Selskabsøkonomisk analyse . . . . .            | 27        |
| <b>6 Diskussion af resultater</b>                    | <b>28</b> |
| 6.1 Valg af løsning . . . . .                        | 28        |
| 6.2 Hvorfor vælge biometan . . . . .                 | 29        |

|          |                                                                                                                      |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>7</b> | <b>Perspektivering</b>                                                                                               | <b>32</b> |
| 7.1      | Metanisering af biogas . . . . .                                                                                     | 32        |
| 7.1.1    | Metanisering på renseanlæg . . . . .                                                                                 | 33        |
| 7.2      | Videresalg af CO <sub>2</sub> fra EMR . . . . .                                                                      | 34        |
| <b>8</b> | <b>Konklusion</b>                                                                                                    | <b>35</b> |
|          | <b>Bilag</b>                                                                                                         | <b>41</b> |
| <b>A</b> | <b>Styring- og reguleringsskema over gasbeholdere på EMR</b>                                                         | <b>41</b> |
| <b>B</b> | <b>Styring- og reguleringsskema over kedler og generatorer på EMR</b>                                                | <b>42</b> |
| <b>C</b> | <b>Uddybning af beregningsmæssige forudsætninger og priser der indgår i samfunds- og selskabsøkonomiske analyser</b> | <b>43</b> |
| C.1      | Beregningsmæssige forudsætninger . . . . .                                                                           | 43        |
| C.2      | Priser . . . . .                                                                                                     | 44        |
| <b>D</b> | <b>Økonomiske påvirkninger</b>                                                                                       | <b>46</b> |
| D.1      | Skat pålagt produktion af biogas . . . . .                                                                           | 46        |
| D.2      | Afgifter pålagt forbrænding . . . . .                                                                                | 46        |
| D.3      | Skatter og afgifter pålagt elektricitet . . . . .                                                                    | 47        |
| D.4      | Tilskud . . . . .                                                                                                    | 48        |
| <b>E</b> | <b>Regnskab</b>                                                                                                      | <b>49</b> |
| E.1      | Årsregnskab EMR . . . . .                                                                                            | 49        |
| E.2      | Afgiftsregnskab EMR . . . . .                                                                                        | 50        |
| E.3      | Afgiftsregnskab opgradering . . . . .                                                                                | 51        |
| <b>F</b> | <b>Samfundsøkonomisk analyse ved anvendelse af rå biogas</b>                                                         | <b>52</b> |
| <b>G</b> | <b>Selskabsøkonomisk analyse ved anvendelse af rå biogas</b>                                                         | <b>54</b> |
| <b>H</b> | <b>Overslagspris fra Nærenergi Danmark</b>                                                                           | <b>56</b> |
| <b>I</b> | <b>Beregning af elpris ved opgradering</b>                                                                           | <b>57</b> |
| <b>J</b> | <b>Samfundsøkonomisk analyse ved opgradering til biometan</b>                                                        | <b>58</b> |
| <b>K</b> | <b>Selskabsøkonomisk analyse ved opgradering til biometan</b>                                                        | <b>60</b> |

## 1 Indledning

Når vand tappes fra hanen og efterfølgende hældes ud i afløb eller kloak, går det under begrebet spildevand. Spildevand indeholder organiske og uorganiske stoffer, affaldsrester, bakterier og vira, kvælstof (N), fosfor (P), miljøfremmede stoffer og uvelkomne faste materialer, bl.a. vatpinde og stofrester. Spildevand kan også være tag- og overfladevand, fx regnvand fra tagarealer. For at beskytte natur og grundvand, er *Bekendtgørelse om spildevandstilladelser* vedtaget, der hører under *Miljøbeskyttelsesloven* kapitel 3 og 4 [1], hvorved der sikres korrekt håndtering og rensning af spildevand. Det er nødvendigt af flere årsager idet:

- Organiske stoffer forbruger ilt ved nedbrydning og omsætning, hvilket kan resultere i iltsvind i hav, søer og vandløb.
- Næringsstoffer, særligt P, fremmer væksten af alger, hvilket kan give problemer med algeopblomstring.
- Miljøfremmede stoffer, bl.a. tungmetaller, sæbe- og olierester, kemikalier og lægemidler, kan påvirke jord, hav, søer og vandløb meget forskelligt, og føre til omfattende skader, både akutte og på længere sigt.

Herved sikres, at forurenende stoffer nedbrydes og fjernes i en sådan grad, at de ikke længere kan skade opgivelserne, så det rensede vand efterfølgende kan ledes ud i hav, vandløb og søer eller nedsive i jorden [2].

I Danmark findes der 839 renseanlæg (2015), der modtager spildevand svarende til 30 PE<sup>1</sup> eller derover. Det betyder at 92% af spildevandet renses på de 287 største og mest avancerede renseanlæg, og at der ialt renses 768 mio. m<sup>3</sup> spildevand (2015) [3]. Dog udnytter kun 74 af dem slammet til produktion af biogas [4].

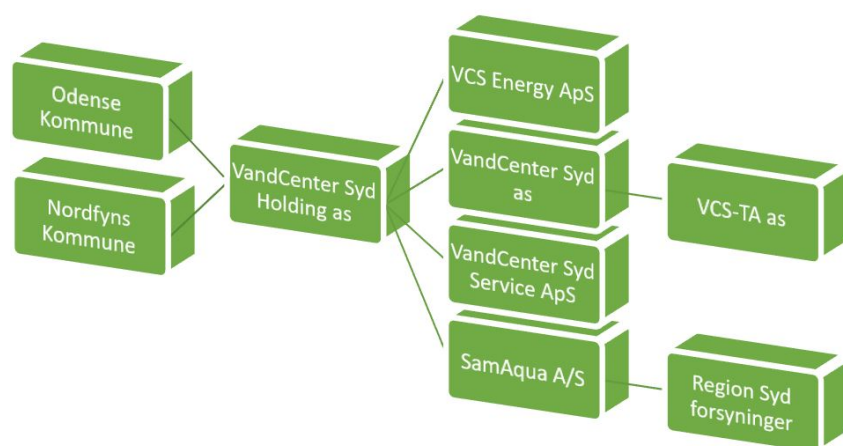
Et af de anlæg, der udnytter slammet, er Ejby Mølle Renseanlæg (EMR) i Odense, der drives af VandCenter Syd (VCS). EMR blev taget i drift i 1908 og i takt med at behovet for rensning af spildevand steg og teknologierne forberedt, er anlægget blevet udbygget. I dag sker VCS's spildevandshåndtering gennem otte renseanlæg, ca. 2.2000 husstandspumper, 320 pumpestationer, 250 bassiner, 160 overløbsbygværker og ca. 37.000 brønde, samt 2.600 km kloakledning. På EMR renses 97% af spildevandet fra husholdninger og spildevandet fra al industri i Odense og Nordfyns Kommune [5], på den måde blev der i 2019 rensset 30 mio. m<sup>3</sup> spildevand på EMR [6].

---

<sup>1</sup> 1 PE svarer til spildevandsbelastningen fra én person

EMR omtales i dag, både nationalt og internationalt, som et topmoderne ressourceter [6]. Det skyldes, at anlægget er et af de førende i verden til at udnytte slam til produktion af biogas, som ellers er et restprodukt fra rensning af spildevand. Det sker gennem optimeret slamstabilisering, hvor den producerede mængde biogas øges. Således opnås en biogasproduktion på ca. 500 m<sup>3</sup>/h [7], eller ca. 4,3 mio. m<sup>3</sup>/år. Den producerede biogas anvendes dels på selve renseanlægget til drift og opvarmning af mandskabsbygninger og rådnetanke, mens overskydende sælges til Energi Fyn og Fjernvarme Fyn.

Koncernstrukturen i VCS er bygget op som vist i figur 1. Det betyder at alle anlæg hører under selskabet VandCenter Syd as, mens de energiproducerende anlæg hører under VCS Energy ApS (i opgaven anvendes fortsat forkortelsen EMR). Det har den betydning, at EMR reelt set køber den producerede biogas fra VCS Energy, hvorfor visse omkostninger ikke medregnes - det uddybes i afsnit 5.1.



**Figur 1:** Egen illustration af koncernstruktur i VCS, lavet med inspiration fra VCS.

## 1.1 Danmarks fremtid

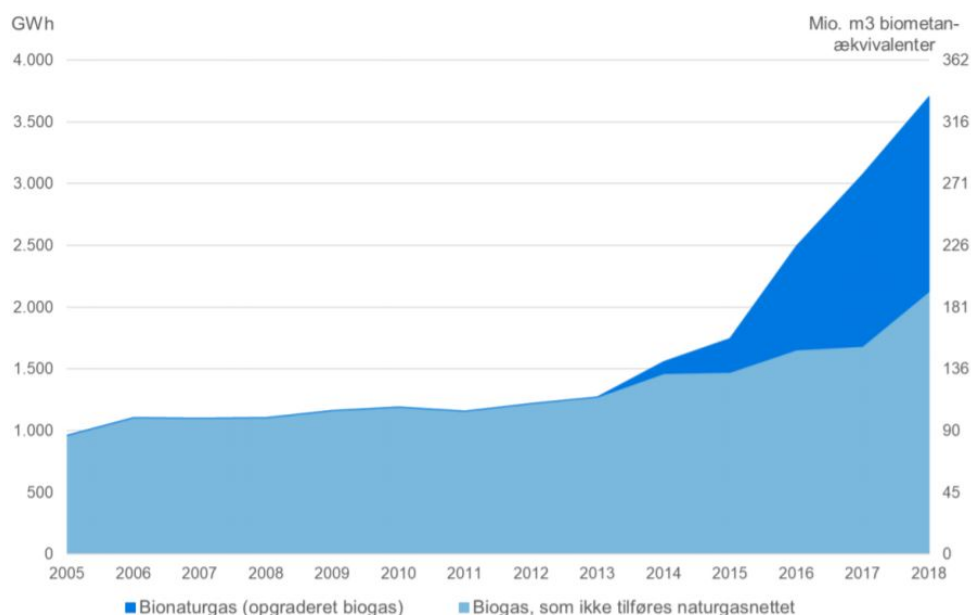
I Danmark har produktionen af vedvarende energi, herunder biogas, vundet frem de seneste år. Hvorfor der i 2018 blev produceret 13,4 PJ biogas, en stigning på 113% sammenlignet med 2015, tre år efter energiaftalen, der for alvor satte fokus på den grønne omstilling [8]. En grund til det er, at Danmark i 2050 skal være fri af fossile brændsler, som kul, olie og naturgas, hvorfor biogas må forventes at udgøre en central del af fremtidens energiforsyning.

Samtidig ligger Energistyrelsen (ENS) op til, at samfundet i fremtiden skal elektrificeres

mere, og det forventes at hovedparten af denne el skal produceres af vindmøller [9]. På nuværende tidspunkt kan overskydende el dog ikke lagres, så hvis forsyningssikkerheden skal fastholdes på 99,99% er det nødvendigt at finde alternativer, og her kommer biogas ind i billedet.

For at biogas kan overtage naturgassen plads, skal det dog opgraderes til biometan (også kaldet bionaturgas), denne proces uddybes i kapitel 3.

Det sker allerede i mindre grad, hvorfor forbruget af biometan i 2018 var 335 mio. m<sup>3</sup>, se figur 2 [10]. Ifølge ENS forventes det, at andelen af biometan stiger fra 5% i 2017 til 25% i 2030 ift. det indenlandske forbrug af gas [11]. For yderligere at fremme den grønne udvikling, giver staten tilskud til kraftværker og virksomheder, der anvender biogas i stedet for naturgas.



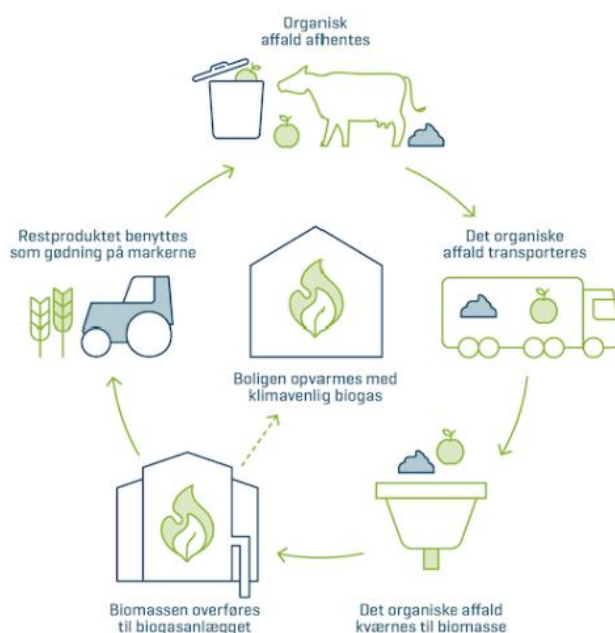
**Figur 2:** Udvikling i forbrug af biogas, hhv. rå og opgraderet til biometan, i perioden 2005-2018 [10].

At biogas skal komme til at spille en større rolle i den danske energisektor i fremtiden, understøttes af de millioner af produktionsdyr i Danmark, der producerer gylle, husdyrgødning og dybstrøelse. Derudover anvendes også rester fra fødevareproduktion, madrester fra restauranter og storkøkkener, kasserede madvarer fra supermarkeder og energiafgrøder.

Ydermere begynder flere kommuner at indsamle bioaffald fra husstande, som ligeledes kan anvendes til produktion af biogas. På den måde anvendes affald som en ressource, der ellers var gået til spilde, og produktionen af biogas kommer til at gå under begrebet

cirkulær økonomi, se figur 3. Det skyldes at restproduktet, det afgassede og næringsrige gylle, kan anvendes på marker, hvilket er mere effektivt end ubehandlet gylle.

Det samme gør sig gældende med spildevand, idet samfundet forbruger store mængder vand, som efter rensning indeholder slam. Ved at udnytte slam til produktion af biogas, opstår ligeledes cirkulær økonomi.



**Figur 3:** Grafisk illustration af cirkulær økonomi ved produktion af biogas [12].

## 1.2 Problemformulering

Projektet fokuserer på det energitekniske område, med særlig fokus på spildevandsslam og udnyttelse af det til energiformål.

Som nævnt forventes det, at samfundet i fremtiden elektrificeres mere, hvor el hovedsageligt produceres af vindmøller. Udfordringen opstår, når det ikke blæser, idet el så skal produceres på anden vis. Ved at opgradere biogas til biometan, kan det lagres på det eksisterende gasnet med dets lagre, idet kvaliteten er det samme som naturgas. Her ved kan det enten bruges til at producere el, når det ikke blæser, eller til fremstilling af brændstof til transport- og/eller i industrisektoren. Det er forventeligt mere perspektivrigt end at producere el og varme kontinuert, hvilket ville være nødvendigt, hvis gassen ikke opgraderes til biometan, fordi værdien af kontinuert elproduktion mindskes efterhånden som der kommer mere vindkraft i systemet.

Målet med projektet er at sammenligne en opgradering af biogas til biometan ved at udskille kuldioxid ( $\text{CO}_2$ ), hvorefter metan ( $\text{CH}_4$ ) injiceres på gasnettet som biometan, med en anvendelse af den rå biogas til produktion af el og varme. På den måde er det muligt at besvare om det økonomisk kan betale sig for EMR at opgradere den producerede biogas til biometan. Det gøres ved at lave en vurdering fra et samfundsøkonomisk perspektiv og et selskabsøkonomisk perspektiv. Det er dog nødvendigt først at have teorien på plads, hvorfor der først besvares en række spørgsmål:

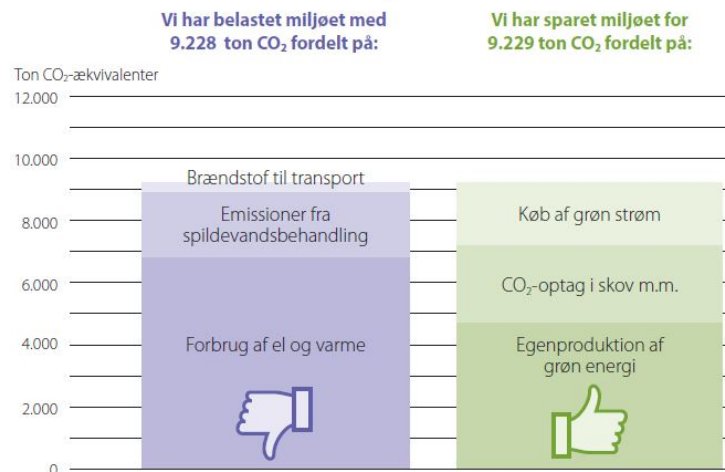
- Hvordan foregår processen for rensning af spildevand?
- Hvordan omdannes slam til biogas på EMR?
- Hvordan foregår processen for opgradering af biogas til biometan og hvilke opgraderingsmuligheder findes der?

At dette projekt er interessant for EMR skyldes at anlægget har to gasmotordrevne generatorer, som hver har en levetid på 120.000 timer, og er samlet i drift 12.000 timer om året. Motor 1 fra 2009 har 15. maj 2020 været i drift i 65.900 timer, hvilket giver en yderligere levetid på 4,5 år, hvis det kun er den, der er i drift.

Motor 2 fra 2013 har 15. maj 2020 været i drift i 35.560 timer, hvilket giver en yderligere levetid på 7 år, hvis det kun er den, der er i drift.

Hermed er det nødvendigt snart at overveje en plan for fremtidens EMR. Skal der investeres i nye gasmotordrevne generatorer eller i et opgraderingsanlæg?

VCS har stort fokus på at være energineutral, og det ses på tallene, i 2019 endte selvforsyningsgraden for hele VCS på 101%, mens den alene for EMR var 188%. Således blev der produceret 23,752 GWh grøn energi, fordelt på 9,518 GWh el og 14,234 GWh varme [13]. Ses der på VCs's  $\text{CO}_2$ -regnskab, er virksomheden kun  $\text{CO}_2$ -neutral, når der købes certifikater, som sikrer, at energileverandører udbygger deres vedvarende energianlæg, se figur 4. Ændres rammebetingelserne for det regnskab og måden tallene opgøres på, er det forventeligt at  $\text{CO}_2$ -regnskabet ikke længere er positivt [6].



**Figur 4:** CO<sub>2</sub>-regnskab for VCS fra 2019 angivet i CO<sub>2</sub>-ækvivalenter, hvor tallene beregnes ved brug af emissionsfaktorer til at omregne el- og varmeenergiens kWh til CO<sub>2</sub>-ækvivalenter [6].

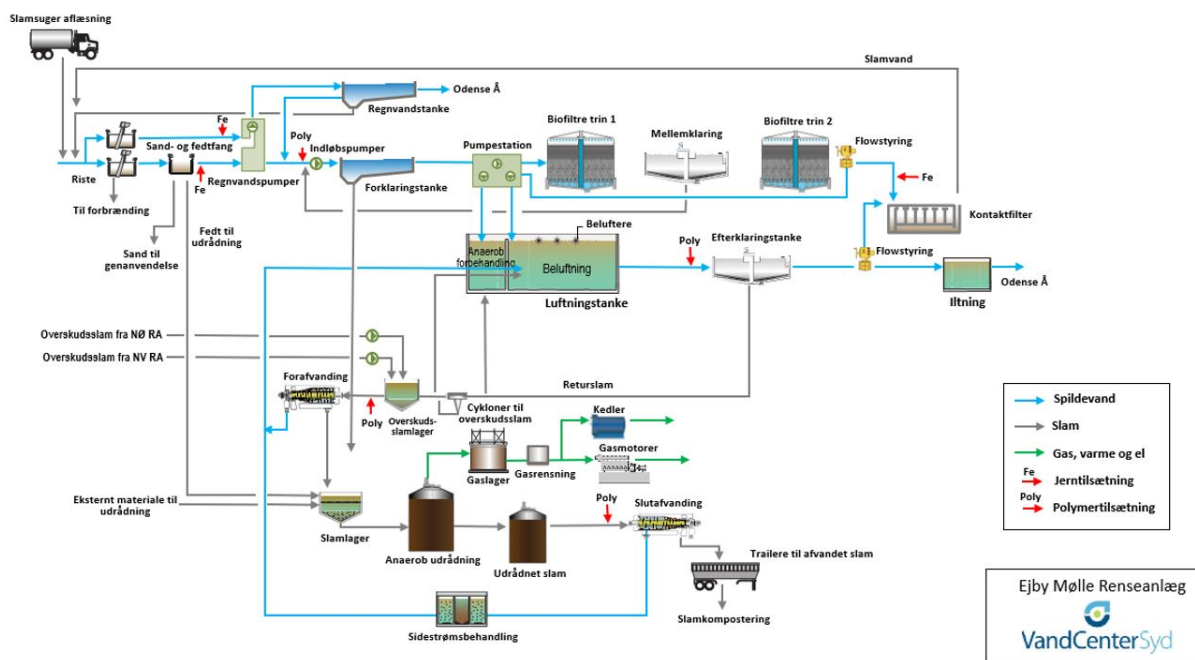
Et af VCS's fokusområder er derfor at reducere energiforbruget ved rensning af spildevand, så virksomheden bliver bedre til at tage energi ud af slammet.

Af den grund laves der i perspektiveringen et add on, der bygger på opgradering ved metanisering af biogas-CO<sub>2</sub> med brint (H<sub>2</sub>), hvori det diskuteres om det kan være en idé at gøre. Det betyder at der bygges en ekstra biogasreaktor ved anlægget, hvor der dannes CH<sub>4</sub> ud fra CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>.

En anden mulighed vil være at videresælge CO<sub>2</sub> til andre relevante virksomheder fx bryggerier, hvor det anvendes som kulsyre, eller til gartnerier, som i dag benytter gasmotorer i drivhuse.

## 2 Spildevandets vej på Ejby Mølle Renseanlæg

For at sikre ordentligt rensning af spildevand, sker den proces på EMR i tre trin, mekanisk, biologisk og kemisk, se figur 5.



Figur 5: Grafisk flowskema over spildevandets vej gennem EMR [7].

Flere gange om dagen ankommer slamsugere med slam til EMR. Herfra pumpes spildevandet op i den mekaniske del af anlægget, hvor riste tilbageholder større, faste og uvelkomne materialer som kviste, papir og plast. Herefter ledes vandet over i et bassin, kaldet sand- og fedtfang, hvor fedt og sand skilles fra, idet fedt flyder ovenpå og sand synker til bunds. Herefter sendes fedtet til forbrænding, mens sandet sendes til genanvendelse. Som sidste trin i den mekaniske rensning, ledes vandet over i forklaringstanken. Her er der ingen bevægelse i vandet, hvilket får små klumper af bl.a. madrester og afføring til at danne slam, som synker til bunds, og her betegnes slammet som primær slam. Om nødvendigt kan der tilsættes polymere, som får de faste stoffer i spildevandet til at samles og bundfælde.

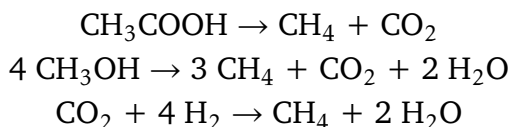
Slammet pumpes videre gennem pumpestationen til biofilteret, og spildevandet, der stadigvæk er forurenet af opløste stoffer, ledes videre til beluftningstanken, som er første trin i den biologiske rensning. I beluftningstanken blandes spildevandet med noget slam, der nu går under betegnelsen aktiv slam, hvilket holder de biologiske pro-

cesser i gang. I den biologiske rensning fjernes opløste organiske stoffer, som N og P, ved at bakterier i spildevandet omsætter de opløste stoffer ved skiftevis anaerobe og aerobe forhold. I efterklaringstanken skilles spildevand og slam igen ad, og spildevandet sendes gennem et sandfilter, som fjerner de sidste urenheder. Her kan der tilsættes jernklorid for at fjerne det resterende P. Herefter gennemgår spildevandet en iltningsproces, så der er 60% ilt i vandet, inden det rensede vand ledes ud i vandmiljøet, som del af det naturlige kredsløb, så det senere igen kan anvendes som drikkevand [7][14].

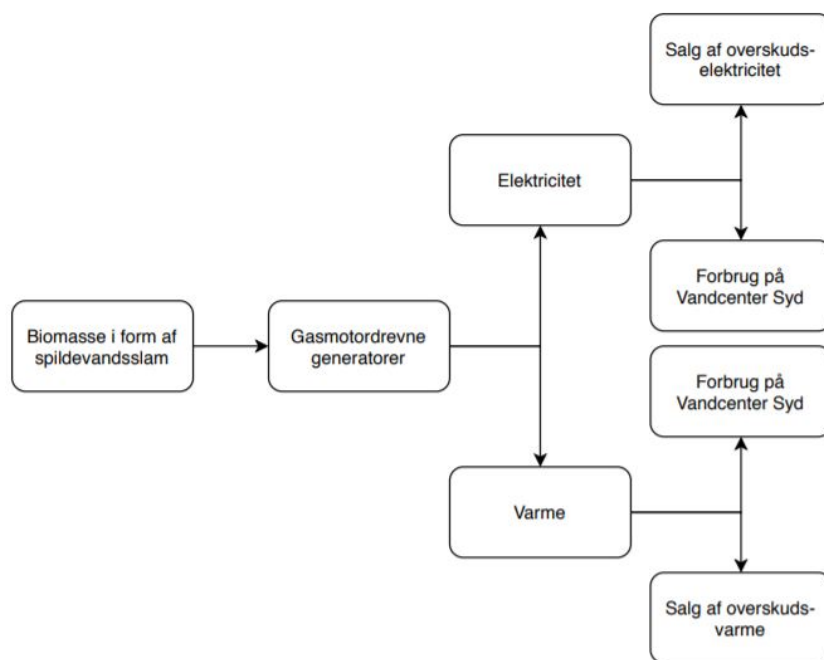
## 2.1 Fra slam til biogas

Det slam der pumpes til rådnetanke, består primært af organiske stoffer, samt nærings- og miljøfremmede stoffer, og har et tørstofindhold på omkring 4%. Behandlingen af slammet foregår ligeledes i tre trin, og det er her begrebet slamstabilisering kommer ind i billedet. På EMR anvendes en anaerob, enfaset proces.

Som første trin sker udrådning af slammet i rådnetanken, idet tanken opvarmes til 37°C, da bakterier arbejder bedst, hvis det er lunt. Det får de tilstedeværende bakterier til at aktivere en anaerob nedbrydningsproces, en proces der tager omkring 20 døgn. Det sker gennem to faser, en sur og en alkalisk. I den sure fase nedbryder anaerobe mikroorganismer kulhydrater, proteiner og fedt til organiske syrer og alkohol. Herefter starter den alkaliske fase, hvor syrer og alkohol danner CH<sub>4</sub> og CO<sub>2</sub>, hvorved slammet omdannes til biogas. Hovedkomponenten i denne gas er CH<sub>4</sub> (omkring 64%), resten er hovedsageligt CO<sub>2</sub> [7]. Forenklet kan processen sammenfattes som:



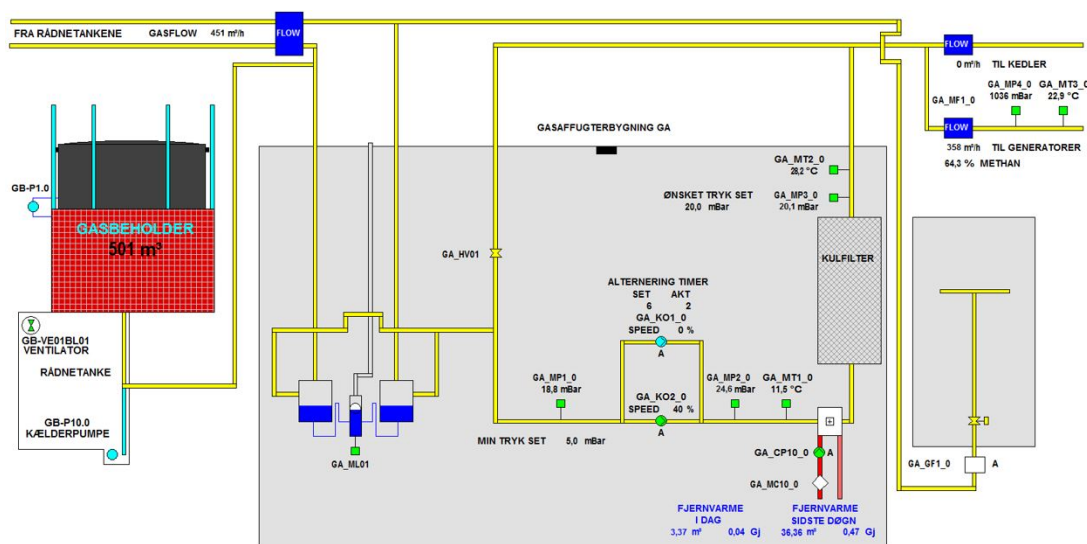
EMR anvender biogassen som brændstof på kombineret kraftvarmeanlæg (CHP), hvor der produceres hhv. el og varme, jf. figur 6.



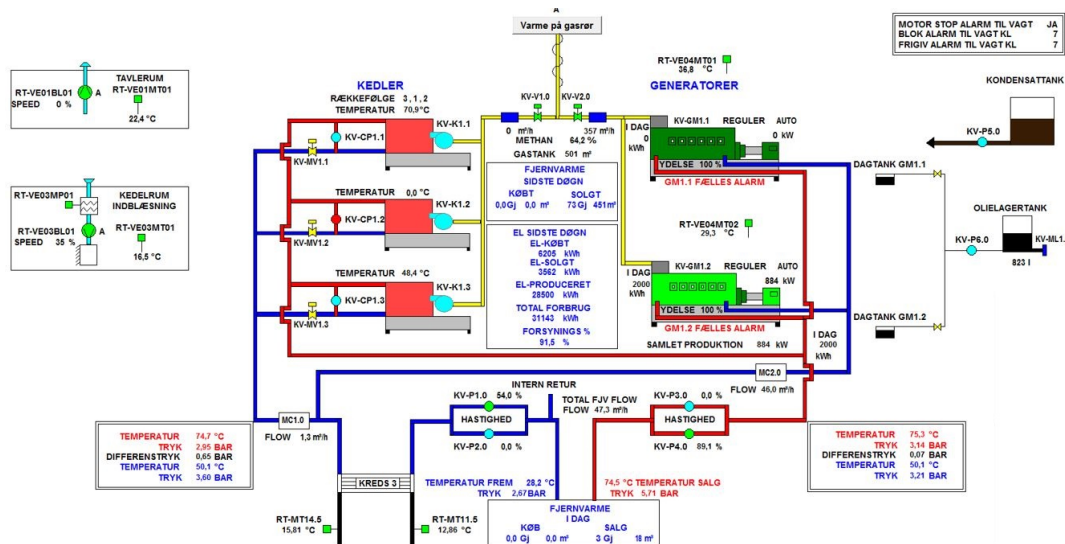
**Figur 6:** Egen skitse over opbygning af den nuværende situation på EMR.

Det sker ved at slammet føres fra rådnetanken til en 501 m<sup>3</sup> gasbeholder, se figur 7. Herfra pumpes det videre til kedlerne, se figur 8. På EMR er der tre kedler (venstre del af figuren), hvor det mest er kedel 3 (øverst) og kedel 1 (nederst) der er i brug. Fra kedlerne pumpes gassen videre til to gasmotordrevne generatorer, hvor hovedsageligt generator 2 (nederst) er i brug. Gennem generatorerne produceres el, og idet gasmotoren fungerer som en forbrændingsmotor, vil der også produceres varme. Gennem udstødningsgasserne og kølevæsken forlader varmen motoren, og via en varmeveksler vil den termiske energi kunne opfanges og herved forbruges. På den måde opnås en samlet effektivitet af biogasprocessen på 50% ift. reduktion i organisk materiale, samt en elvirkningsgrad på 39% og en varmeeffekt på 53%.

Undervejs renses gassen for svovlforbindelser gennem et filter af aktivt kul, så det ikke udledes til atmosfæren, hvorfor EMR ikke er pålagt at betale svovl-afgift [7][14][15].



**Figur 7:** Styring- og reguleringsskema over gasbeholdere på EMR [7]. En større udgave findes i bilag A.



**Figur 8:** Styring- og reguleringsskema over kedler (røde) og generatorer (grønne) på EMR [7]. En større udgave findes i bilag B.

Når biogassen er omdannet til el og varme, vil der forekomme et restprodukt i form af udrådnet slam. Det har et vandindhold på op til 95%, og skal derfor afvandes. Det sker i en centrifuge, hvor vandet slynges ud af slammet. Efterfølgende kan det afvandede slam bortskaffes, hvilket kan ske som gødning i landbruget, da det indeholder N og

P. Det kan også nyttiggøres i industrien, hvor det tørres og kan indgå som fyldstof i beton, eller det kan køres til kompostering. I Odense sker det på Odense Nord Miljøcenter [14][15].

For at denne proces er helt ideel, skal CHP-anlægget være placeret tæt på forbrugeren, hvilket sjældent er tilfældet. Varmen kan dog transporteres til forbrugeren, men det er både omkostningsfuldt og skaber et varmetab på omkring 20%. Hvor stort tabet er, kan dog svinge en del fra fjernvarmenet til fjernvarmenet [16]. Det er derfor en fordel, at EMR selv kan anvende en stor del af den producerede el og varme.

Modsætningsvis er både biogas og el lettere og mere effektivt at transportere. Er rådnetank og CHP-anlæg tæt på hinanden, vil CHP-anlægget kunne generere den nødvendige mængde varmeenergi ift. at opretholde en temperatur i rådnetanken på 37°C. Er de derimod placeret langt fra hinanden, vil det være nødvendigt med yderligere tiltag, hvilket kan være i form af et varmelegeme drevet af biogas eller et mini-CPH.

En ulempe ved at anvende biogas på denne måde, er at både brændværdi og kvalitet er lavere end ved konventionel naturgas og biometan. Naturgas har en brændværdi på 35,9 MJ/m<sup>3</sup>, svarende til 10 kWh [17], og da biogas kun indeholder 64% CH<sub>4</sub> vil det svare til 6,4 kWh/m<sup>3</sup>.

Ydermere kan gasmotorerne påvirkes af forurenende og skadelige stoffer som svovl- og halogenidforbindelser, syrer og faste stoffer.

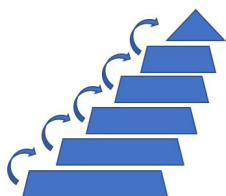
### 2.1.1 Slam - en grøn industrisymbiose

Symbioser i industrien kendes allerede fra Kalundborg Symbiose, et samarbejde mellem virksomheder, hvor der udveksles materialer, energi og vand [18]. I en symbiose kan produkter, som spildevandsslam, udnyttes optimalt gennem samarbejde med andre virksomheder eller kommuner.

Ved at udnytte slam fra spildevand som på EMR, opstår en symbiose, der har både miljømæssige og økonomiske gevinster. Det skyldes at slammet udnyttes som energikilde til produktion af biogas, og restproduktet i form af det udrådnede og afvandede slam bruges til gødning i landbruget. Altså udnyttes energiindholdet og næringsstofferne recirkuleres.

EMR er som sagt et af de førende anlæg ift. at udnytte slam til produktion af biogas, og samtidig også et af de få anlæg, der gør det. Det betyder på landsplan, at størstedelen af spildevandsslammet i dag spredes på marker, mens resten deponeres,

eksporteres eller forbrændes. Da der er andre anvendelsesmuligheder, er det egnet til at indgå som industrisymbiose med en gevinst til følge. Denne gevinst kan dog kun opstå, hvis indstillingen er at energiindhold og næringsstoffer udnyttes bedst muligt. Processen kan derfor illustreres som en trappepyramide, se figur 9 - des højere op, des mere forbedres udnyttelsen og des større er de miljømæssige og økonomiske gevinster.



**Figur 9:** Egen illustration af gevinsten ved symbiose, hvor energiindhold og næringsstoffer udnyttes bedst mulig.

Der er flere udnyttelsesmuligheder ift. at udnytte slam til produktion af biogas - på EMR udnyttes el og varme til anlæggets egen drift og overskuddet sælges videre. En anden mulighed er at sende biogassen videre til en anden virksomhed, der anvender den til procesformål. Dog kan det være nødvendigt for virksomheden at installere en ekstra brænder i kedlen, så den enten kan skifte mellem natur- og biogas eller overgå fuldstændig til biogas. Det vil resultere i en bedre udnyttelse af gassen, idet årsvirkningsgraden er højere for kondenserende kedler end for kraftvarmeproducerende gasmotorer.

På EMR forbrændes den producerede biogas i en gasmotor, hvorefter varmen udnyttes internt eller sælges. En anden mulighed er dog også at opgradere biogassen, så den kan distribueres via naturgasnettet og anvendes til fx proces- eller transportformål. På den måde kan erstatte fossile brændsler, kul, olie og naturgas, og skabe en stor klima- og miljømæssig gevinst.

Ydermere kan produktionen af biogas øges, hvis der tilføres organiske restfraktioner, der kan komme fra fødevareproducerende virksomheder. Det kan være økonomisk fordelagtigt, hvis den virksomhed der leverer restfraktioner, er tæt på renseanlægget. Hermed tilføres primær slam til rådnetanken, så et øget biogasudbytte opstår, fordi dette slam ikke skal gennem den biologiske og kemiske renserproces. Her spiller fødevarelovgivningen også ind, og det besværliggør processen for renseanlægget, hvorfor denne løsning er fravalgt på EMR [7][19].

Der kan også opstå en symbiose ved at anvende slam til gødning og forbrænding, men begge dele har sine ulemper.

Hvis slam anvendes til gødning, skal det overholde en række krav beskrevet i *Slambe-kendtgørelsen* vedrørende grænseværdier for bl.a. miljøfremmede stoffer og tungmetaller. Overskrider slammet disse grænseværdier kan det i stedet forbrændes. Ulempen her er dog det høje vandindhold, hvilket betyder at der først skal bruges energi på at tørre slammet. Forbrændes det, betyder det også at næringsstoffer ikke recirkuleres.

Fordelen ved at tørre det, er dog at energiindholdet ved forbrænding er 12 GJ/ton, til sammenligning er det for biomasseaffald 17 GJ/ton [20]. Det tørrede slam kan enten forbrændes eller udnyttes som brændsel og råstof i forbindelse med produktion hos en industrivirksomhed. Det sker bl.a. hos cementproducenten Aalborg Portland. Her modtages tørret slam fra Aalborg Kommunes renseanlæg, der erstatter kul, og asken inkorporeres i den færdige cement. I den produktion opstår varme som et restprodukt, der sendes ud på Aalborg Kommunes fjernvarmenet [19].

At udnytte spildevandsslam i industrisymbiose, har både økonomisk og gevinster. Af økonomiske gevinster kan nævnes reducere driftsomkostninger og forøgelse af indtægter. Størrelsen på den økonomisk gevinst er dog afhængig af måden hvorpå slammet bortskaffes eller videresælges.

Udnyttes slammet i stedet til biogasproduktion, og restprodukter spredes på landbrugsjorden, fås en miljømæssig gevinst. Det vil dog være forbundet med en omkostning for renseanlægget, som dog kan mindskes, hvis der tilsættes kalk til slammet. Det skyldes at kalken øger værdien af gødningen. Ses det derfor fra et økonomisk synspunkt, har EMR valgt den bedste mulighed ved at udnytte slammet til produktion af biogas.

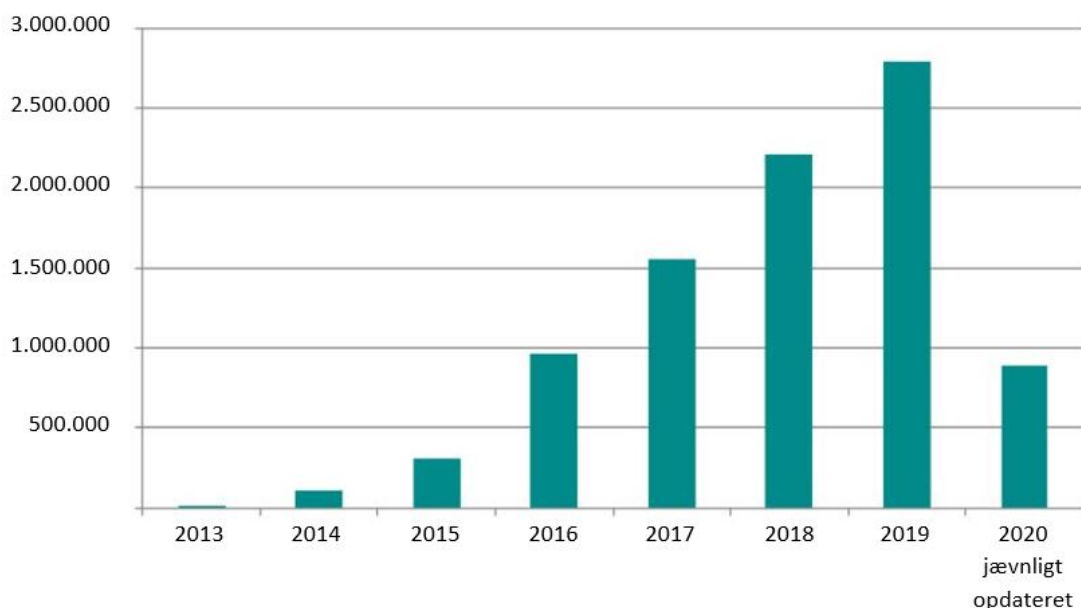
De miljømæssige gevinster er afhængig af måden slammet anvendes på. Anvendes det til gødning, vil næringsstoffer recirkuleres, hvilket gavner væksten for planter, og samtidig mindskes importen af gødning. Et af de næringsstoffer som er vigtige at få til at recirkulere, er P, idet det kun kan udvindes få steder i verden, og er samtidig en begrænset og ikke-fornybar ressource.

Forbrændes spildevandet og energien afsættes som varme, vil det erstatte det eksisterende, ofte fossile brændsel, biomasse eller kombination heraf. Derfor vil den miljømæssige gevinst være størst, hvis slammet erstatter fossile brændsler frem for biomasse.

### 3 Opgradering af biogas til biometan

Biogas kan ikke sendes direkte ud på gasnettet, idet den består af ca. 65% CH<sub>4</sub> og 35% CO<sub>2</sub>, hvorfor den først skal gennem et opgraderingsanlæg. Det skyldes at CO<sub>2</sub> ikke har nogen brændværdi, og derfor skal renses fra, og samtidig renses også H<sub>2</sub>O og svovlforbindelser fra. Efter rensningen består den CO<sub>2</sub>-neutrale biogas af næsten 100% ren CH<sub>4</sub>. Herfra skifter det navn fra biogas til biometan, som sendes ud på gasnettet, og handles på det konventionelle gasmarked [21] til samme pris som naturgas. Herved kan det lagres indtil der er behov for det. I 2017 var der tilsluttet 21 opgraderingsanlæg til gasnettet, hvis kapacitet varierer fra 100-2.500 m<sup>3</sup>/h, samlet blev der injiceret ca. 290 mio. m<sup>3</sup> biometan på gasnettet [22]. Anlæggene skal dog have et certifikat fra Energinet for at injicere biometan, som udstedes for hver injiceret MWh biometan.

I takt med at produktionen af biometan stiger, stiger antallet af certifikater også, fra 2,2 mio. i 2018 til 2,8 mio. i 2019, se figur 10 [23].



**Figur 10:** Antallet af udstedte certifikater per MWh biometan injiceret på gasnettet i perioden 2013-2020 [23].

I dag vælges det på mange nyanlagte biogasanlæg fra start at opgradere til biometan, idet anlægget så ikke er afhængig af kunder ift. når gassen skal distribueres og afsættes på gasnettet [24].

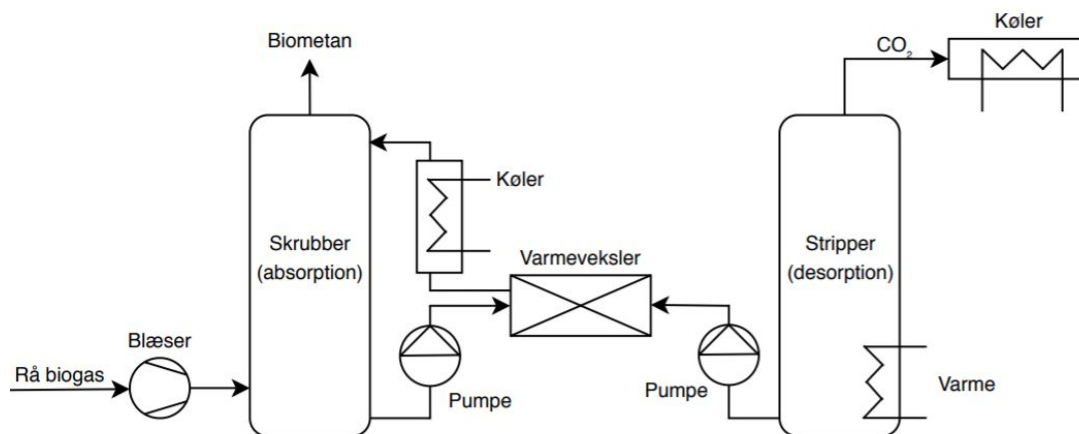
### 3.1 Metoder til opgradering af biogas

Der findes flere forskellige metoder til opgradering af biogas, hvor de mest anvendte i Danmark er aminskrubber-, vandskrubber- og membran anlæg. De tre metoder beskrives i de efterfølgende afsnit.

#### 3.1.1 Aminskrubberanlæg

I aminskrubberanlægget sker opgraderingen af biogas vha. kemisk absorption med aminer og et tryk på 1-3 bar. Denne type anlæg består af to sektioner, en vaskesektion og en regenereringssektion, se figur 11. Når biogassen kommer i kontakt med væsken i skrubberen, vil  $\text{CO}_2$  og svovlbrinte ( $\text{H}_2\text{S}$ ) adsorberes og flyttes fra gassen og over i den modstrømmende væske, for på den måde at ledes ud i bunden af skrubberen. Samtidig ledes biometan ud i toppen af skrubberen. Væsken føres fra skrubberen og gennem en varmeveksler og videre til stripperen, hvori temperaturen hæves. Når det sker, vil de optagne gasser og stoffer fra biogassen igen frigives, hvorfra de ledes ud af stripperen. Her er det primært  $\text{CO}_2$ , der forlader stripperen, fordi det er særlig reaktivt med aminer, hvormed driftstrykket er relativt lavt. Dermed er det ofte muligt at drive anlægget alene på det tryk, som biogassen tilfører. Hermed bliver kompressionsarbejdet, og dermed også elforbruget lavere end med andre opgraderingsteknologier.

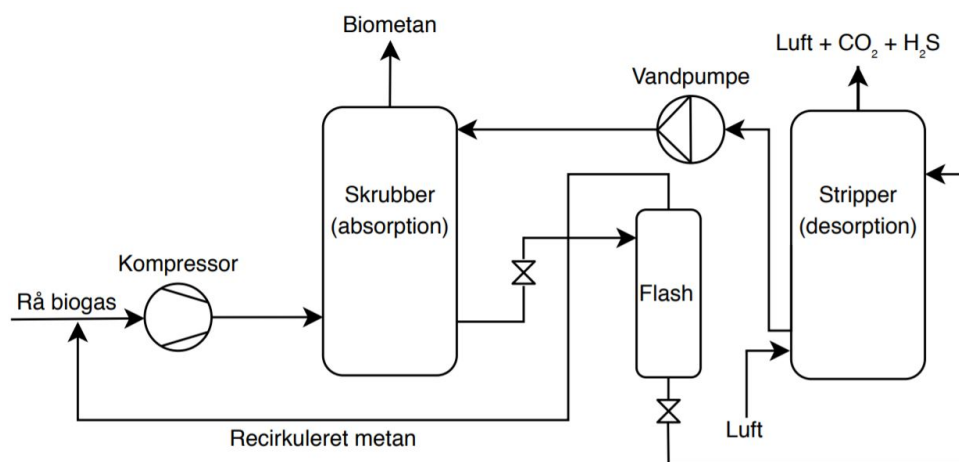
At bindingen mellem  $\text{CO}_2$  og aminerne er stærk, har dog også en negativ effekt, idet regenereringen af den cirkulerende aminopløsning bliver meget energikrævende, hvorfor væsken i varmeveksleren normalt opvarmes til op mod  $160^\circ\text{C}$  [25][26].



**Figur 11:** Eget procesdiagram for aminskrubberanlæg til opgradering af biogas, lavet med inspiration fra kilde [26].

### 3.1.2 Vandskrubberanlæg

I vandskrubberanlægget sker opgraderingen af biogas vha. absorption med vand, også kaldet trykvandsrensning, ved et tryk på 6-8 bar, se figur 12. I denne type anlæg udnyttes det, at der er forskel i opløseligheden af  $\text{CO}_2$  og  $\text{CH}_4$  i vand. Processen foregår ved at komprimeret gas føres ind fra bunden af skrubberanlægget, som for at øge kontaktfladen mellem gas og vand er pakket med flydelegemer. Samtidig indføres vand i toppen af skrubberanlægget i en modstrøm. Hermed reagerer  $\text{CO}_2$  og  $\text{H}_2\text{S}$ , der er til stede i biogassen med vandet, imens det ikke reaktive  $\text{CH}_4$  passerer op gennem skrubberen og forlader den i toppen. I vaskevandet er der ud over  $\text{CO}_2$  og  $\text{H}_2\text{S}$  også opløst  $\text{CH}_4$ , som kan genindvindes ved at sænke trykket i en flashtank. Hermed udnyttes det at  $\text{CH}_4$  er lettere at frigive end  $\text{CO}_2$  og  $\text{H}_2\text{S}$ , og det frigivne gas fra flashtanken sendes tilbage til den rå biogas. Fra flashtanken sendes vandet over i stripperen, der også indeholder flydelegemer. I stripperen vil vandet strømme i modstrøm med luften, så opløst  $\text{CO}_2$  og  $\text{H}_2\text{S}$  frigives fra vandet og forlader stripperen sammen med luften [25][26].

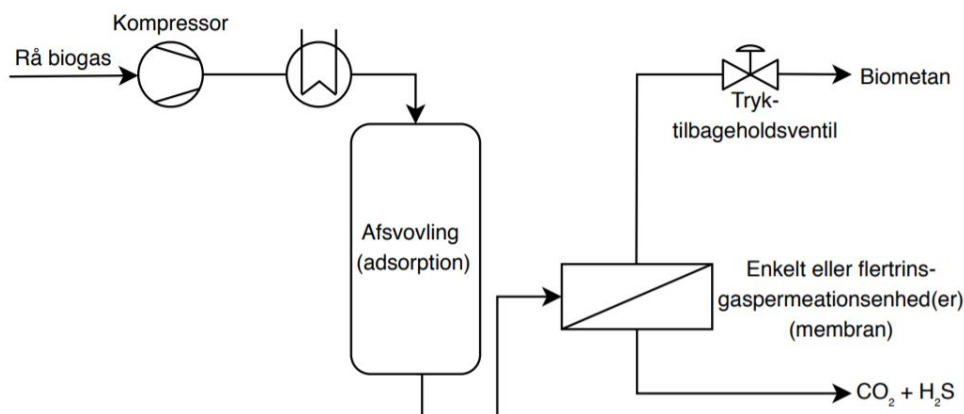


**Figur 12:** Eget procesdiagram for vandskrubberanlæg til opgradering af biogas, lavet med inspiration fra kilde [26].

### 3.1.3 Membrananlæg

I membrananlægget sker opgraderingen af biogas vha. membranfiltrering ved et tryk på 10-20 bar, se figur 13. Anlægget udnytter, at gasarterne har forskellige molekylestørrelser, hvilket betyder at permeabiliteten også er forskellig. Et membranfilter fremstillet af polymermaterialer, tilbageholder  $\text{CH}_4$ , mens  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  og andre sporgasser frit passerer gennem membranen. Membranfiltrene kan også sidde i parallelle serier bestående af flere filtre, hvilket resulterer i en bedre adskillelse af ønskede gasser og

et lavere tab af  $\text{CH}_4$  [25]. Ulempen ved denne type anlæg er dog, at effektiviteten af membranen aftager over tid [26].



**Figur 13:** Eget procesdiagram for membran anlæg til opgradering af biogas, lavet med inspiration fra kilde [26].

### 3.2 Valg af anlægstype

Der er både fordele og ulemper ved de forskellige typer anlæg, og overordnet er der tre afgørende parametre, samt en mindre betydende; varmekonsum,  $\text{CH}_4$ -tab og nedetid for anlægget, samt driftstryk.

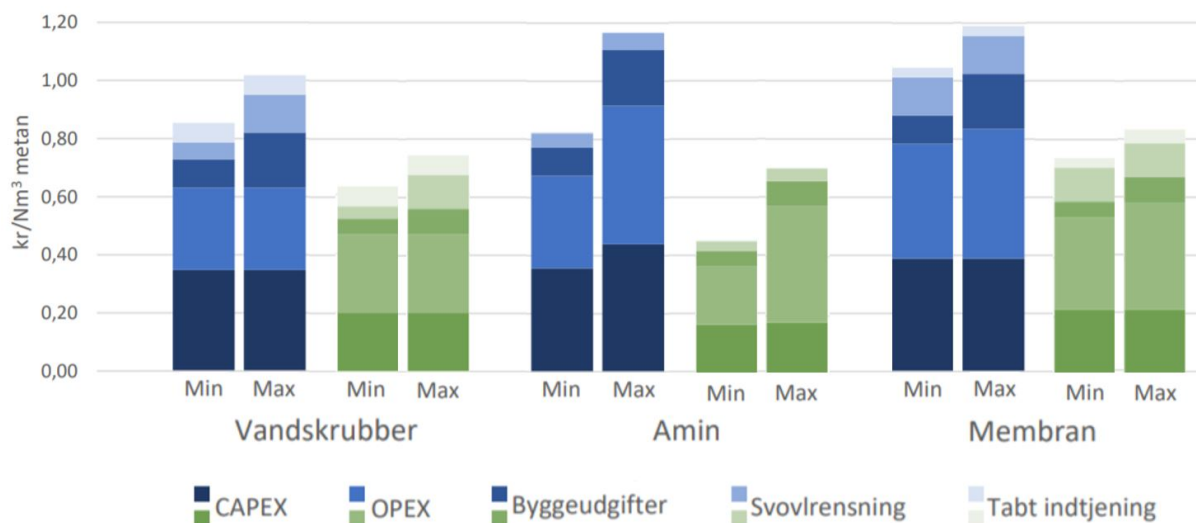
Ses det ift. varmekonsumet og genanvendes heraf, så har aminanlægget den fordel, at en del af varmen fra processen kan genanvendes, hvilket er nødvendigt, idet driften er forbundet med et stort varmekonsum. Som udgangspunkt kan 40-80% af varmen genanvendes, så det samlede varmekonsum til anlægget reduceres, hvilket også reducerer omkostningerne i forbindelse med opgradering. Membrananlægget kan ligeledes genanvende varmen, idet overskudsvarme fra kompressoren udnyttes. Det er dog samtidig forbundet med en større investeringsomkostning til køb af kompressor.

$\text{CH}_4$ -tabet undervejs i processen er også afgørende for valg af anlæg. Vandkrubberanlægget har det højeste tab på omkring 1%, membranlægget 0,5% og aminanlægget 0,05%.

Nedetiden defineres som den tid, hvor anlægget er ude af drift, og der ikke kan være nogen indtjening. Som standard garanterer leverandørerne bag anlæggene dog en opetid på 98%, altså er det ikke en parameter, som vil have påvirkning på valg af anlæg.

For at injicere gas på det eksisterende gasnet, kræves et tryk på 4 bar<sup>2</sup> [27]. Aminskrubberanlægget har det laveste driftstryk på 1-3 bar, hvilket gør at trykket kun skal øges lidt for at gassen kan injiceres, hvorimod vandskrubberanlægget, som drives optimalt ved 6-8 bar, og membran anlægget, der drives ved 10-20 bar, skal have sænket trykket for at gassen kan injiceres.

Økonomi spiller også en stor rolle i valg af anlæg. Beregninger fra Dansk Gasteknisk Center, se figur 14 viser, at aminanlægget er billigst, hvis der regnes med minimumspriser, uanset om anlægget producerer 500 Nm<sup>3</sup>/h (blå) eller 1500 Nm<sup>3</sup>/h (grøn) biometan. Det betyder, at des større kapaciteten er, des billigere bliver det. Det skal her noteres, at udgifter ved uhensigtsmæssig drift, fx ekstra udgifter til reparationer og udskiftninger, ikke er medregnet [28].



**Figur 14:** Minimum- og maksimumopgraderingspris per m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> for de tre typer opgraderingsanlæg med en produktion af biometan på hhv. 500 m<sup>3</sup>/h (blå) og 1500 m<sup>3</sup>/h (grøn) [28].

Note: CAPEX er en forkortelse af capital expenses, dvs. samlede omkostninger til tilbagebetaling af investeringen.

OPEX er en forkortelse af operating expenses, dvs. løbende driftsomkostninger.

Det vil som udgangspunkt set fra et økonomisk synspunkt bedst kunne svare sig at investere i et aminskrubberanlæg. Det kræver dog optimale forudsætninger, dvs. høj genanvendelse af varmen og billigt biobrændsel, for at opnå minimumsudgiften. Hvis

<sup>2</sup>Enkelte steder kan der dog forekomme ledninger med tryk på 7 bar

der kun genanvendes omkring 40% af varmen, forventes det at anlægspriserne er nogenlunde ens.

Relateret til EMR, er der mulighed for at anvende slam som biobrændsel. Det vil dog sænke mængden af biometan, der kan injiceres på gasnettet. Som alternativ kan anvendes en anden type biobrændsel, som dog vil føre til en merudgift.

At vælge aminskrubberanlægget bakkes samtidig op af, at biogasbranchen har vedtaget, at  $\text{CH}_4$ -udslippet på biometananlæg maksimalt må være 1% [28], hvilket betyder at vandskrubberanlægget er taget helt ud af denne ligning.

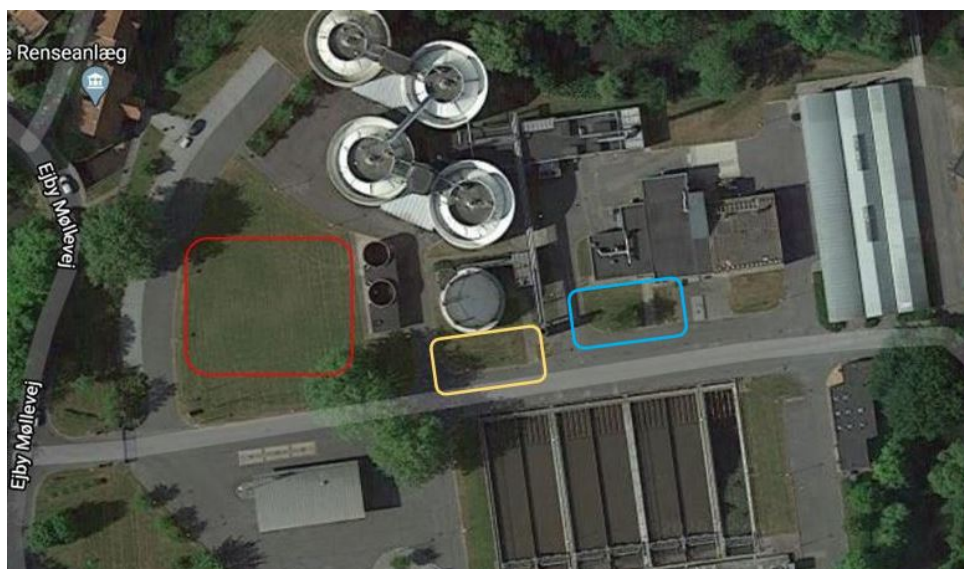
### 3.2.1 Placering af anlæg

Der findes forskellige producenter af aminskrubberanlæg, et af dem er sveiziske Hitachi Zosen Inova, som har det danske firma Nærenergi Danmark som forhandler og servicepartner, se figur 15 [29].



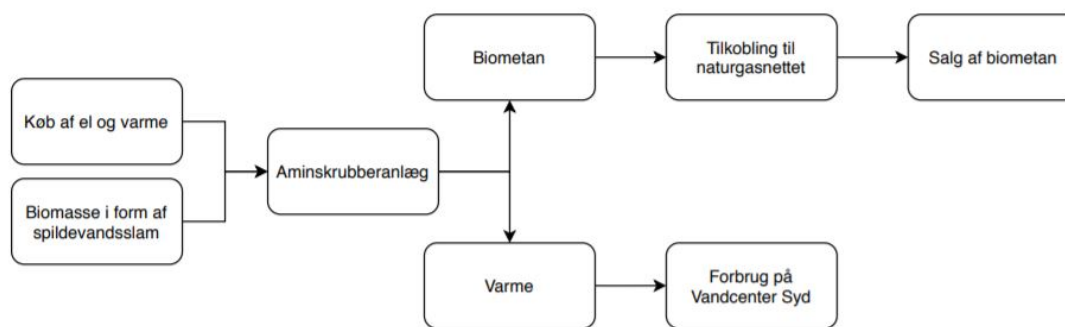
**Figur 15:** Aminskrubberanlæg produceret sveiziske Hitachi Zosen Inova opsat af det danske firma Nærenergi Danmark [29].

Anlægget fylder ca. 8x15 m uden kedel. Det gør at det ved EMR kan placeres som markeret med blå på figur 16, da området er omkring 9x18 m, ideelt da det er tæt på stedet hvor svovlrensningen foregår. Som alternativ kan anlægget placeres som markeret med rødt, da det område er omkring 35x40 m eller som markeret med gult, hvor området er omkring 9x18 m.



**Figur 16:** Forslag til placering af aaminskrubberanlæg ved EMR. Blå er som udgangspunkt den mest optimale placering, mens rød og gul er alternativer.

Vælger EMR at opgradere biogas til biometan, vil situationen være som set på figur 17. Her skal der købes el og varme på det eksisterende marked for at drive aaminskrubberanlægget. Som med den nuværende situation inputtes slam, her dog i stedet til opgraderingsanlægget, som vil producere biometan og varme. Overskudsvarmen udnyttes på EMR, mens biometan injiceres på gasnettet, hvor det sælges på samme vilkår som konventionel naturgas.



**Figur 17:** Egen skitse over opbygning af situationen hvis EMR opgraderer til aaminskrubberanlæg.

## 4 Økonomien forud for teknologierne

Det store spørgsmål er, om det vil kunne betale sig at opgradere biogas til biometan ift. at anvende den rå biogas til produktion af el og varme.

Reelt set bør der ikke være den store forskel, da energiaftalen fra 2012 angav *en tilskudsmæssig ligestilling* mellem hhv. afsætning til kraftvarme og via gasnettet [10]. Derfor bør det være størrelsen på investeringen, der er afgørende.

For at kunne besvare spørgsmålet, vurderes det ud fra et samfundsøkonomisk og et selskabsøkonomisk perspektiv. At resultatet ses fra to forskellige perspektiver, skyldes at der er meget fokus på energiområdet som helhed i Danmark, men det vides ikke med sikkerhed, hvordan reguleringen af energisektoren vil udvikle sig frem mod 2050. På den måde skulle resultatet gerne være med til at tegne et nuanceret billede af, hvilken teknologi der er at foretrække. Før der ses på tallene for de to forskellige perspektiver og scenarier, følger en kort beskrivelse af de to analysemetoder og hvilke økonomiske påvirkninger, der ligger forud for analyserne.

### 4.1 Samfundsøkonomisk perspektiv

Resultatet set fra et samfundsøkonomisk perspektiv, bygger på en samfundsøkonomisk analyse, som er særlig anvendelsesværdig iht. politiske prioriteringer af større samfundsmæssige investeringer, fx opbyggelse af motorvejsnet. Hermed bygger den på en afvejelse af fordele og ulemper, også kaldet nytteeffekter, ved nye investeringer og nye typer af regulering for samfundet som helhed. Resultat viser, hvor der fås mest samfundsnytte for pengene. Analysen medregner ikke gældende skatter, tariffer, afgifter og tilskud. Der medregnes et skatteforvridningstab på 10% og en nettoafgiftsfaktor (NAF) på 28%, jf. ligning 1, samt en diskonteringsrente på 4% [30].

$$\text{samfundsøkonomisk investering} = \text{investering} * \text{NAF} * \text{skatteforvridningstab} \quad (1)$$

### 4.2 Selskabsøkonomisk perspektiv

Resultatet set fra et selskabsøkonomisk perspektiv, bygger på en selskabsøkonomisk analyse, som viser den samlede økonomi set fra EMRs perspektiv. Der medregnes gældende skatter, tariffer, afgifter og tilskud inden for området. Når de medregnes, kan det have stor betydning for, hvilken teknologi der er mest attraktiv at vælge. Derudover medregnes en diskonteringsrente på 4% [30].

### 4.3 Fastsættelse af forudsætninger

For at skabe et overblik, viser tabel 1 en sammenligning af de væsentlige elementer i hhv. en samfunds- og en selskabsøkonomiske analyse [31]. Det er forventeligt at resultaterne viser betydning af gældende skatter, tariffer, afgifter og tilskud og konsekvenserne heraf, hvilket betyder at der ikke altid er en sammenhæng mellem de samfunds- og de selskabsøkonomiske rammer.

**Tabel 1:** Sammenligning af de væsentlige elementer i hhv. en samfunds- og en selskabsøkonomisk analyse. X markerer at elementet indgår i analysen.

|                                                       | Samfundsøkonomisk | Selskabsøkonomisk |
|-------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Investeringsomkostninger</b>                       | X                 | X                 |
| <b>Drift- og vedligeholdelsesomkostninger</b>         | X                 | X                 |
| <b>Omkostninger til brændsel</b>                      | X                 | X                 |
| <b>Omkostninger til el</b>                            | X                 | X                 |
| <b>Øvrige luftemissioner og andre eksternaliteter</b> | X                 |                   |
| <b>Afgifter og tilskud</b>                            |                   | X                 |
| <b>Skatteforvridningstab af afgifter og tilskud</b>   | X                 |                   |
| <b>Nettoafgiftsfaktor</b>                             | X                 |                   |

For at kunne lave økonomiske analyser, er det nødvendigt at lave nogle fastsættelser af de forudsætninger, der ligger til grund for beregningerne. Det sikrer kvalitet og gennemsigtighed af et projektforslag. Disse forudsætninger er opdelt i:

- Beregningsmæssige forudsætninger, hvilke antagelser der gøres ift. at udføre de økonomiske beregninger
- Priser, hvad de forskellige elementer i projektet koster

Beskrivelse af de forskellige forudsætninger kan ses i bilag C.

## 4.4 Skatter, afgifter, tariffer og tilskud

I forbindelse med drift af et anlæg som EMR, pålægges skatter, afgifter og tariffer, og tilskud gives. Disse faktorer har stor betydning for driftsøkonomien.

En uddybende beskrivelse af de forskellige faktorer kan ses i bilag D, mens tabel 2 skaber et generelt overblik over dem og deres størrelse. Ikke alle skatter og afgifter betales fuldt ud af EMR, grundet koncernstrukturen mellem VCS og EMR. De kan derfor være anderledes end angivet i tabel 2.

**Tabel 2:** Samlet overblik over afgifter, skatter, tariffer og tilskud.

\*Udgår ved udgangen af 2022.

| Afgift                        |                            |
|-------------------------------|----------------------------|
| Udledt mængde CH <sub>4</sub> | 1,2 kr./GJ                 |
| Udledt mængde NO <sub>x</sub> | 1 kr./kg                   |
| Skat                          |                            |
| Biogas produktion             | 0,06272 kr./m <sup>3</sup> |
| Elafgift                      | 0,892 kr./kWh              |
| Reduceret elafgift            | 0,004 kr./kWh              |
| Tarif                         |                            |
| Balance                       | 0,00187 kr./kWh            |
| PSO                           | 0,0763 kr./kWh*            |
| System                        | 0,044 kr./kWh              |
| Transmission                  | 0,053 kr./kWh              |
| Tilskud                       |                            |
| Produktion af el fra biogas   | 0,1237 kr./kWh             |
| Opgradering af biogas         | 126,4 kr./GJ               |

## 5 Økonomien bag teknologierne

I begge scenarier regnes med en levetid på 15 år og med regnskabspriser fra EMR i 2019, se bilag E.1. Når der regnes med skatter, afgifter, tariffer og tilskud, anvendes 2020 priser. Der tages ikke højde for ændringer i priser ud over inflation. Udviklingen regnes som i ligning 2, hvor  $n$  repræsenterer antal år. Sidste år var inflationen 0,8%, hvilket har været et generelt billede siden finanskrisen [32]. Der er valgt en inflation på 1,5%, for at lave et repræsentativt billede over tid.

$$\text{pris år } n = \text{beløb} * (1 + \text{inflationstakt})^n \quad (2)$$

Begge scenarier tager udgangspunkt i nyetablering, dog medregnes ikke køb af grund og administrationsomkostninger, da de forventes at være ens i begge scenarier. I regnskaberne medregnes renteudgifter til lån ikke, det angives dog i resultaterne, hvad renteudgifterne forventes at være. For at udregne renteudgifterne, antages lånet af være et annuitetslån, og regnes som i ligning 3, hvor  $r$  er diskonteringsrente og  $n$  antal år.

$$\text{renteudgift} = \text{gæld} * \frac{r}{1 - (1 + r)^{-n}} \quad (3)$$

Posten udgifter til renter i regnskabet fra EMR medregnes ikke, da den sandsynligvis repræsenterer et eksisterende lån.

Det skal noteres, at idet beregningerne laves med udgangspunkt i data fra regnskabsår 2019, vil der reelt kunne forekomme udsving, som kan have betydning for resultatet. Følgende vil kunne påvirke resultaterne:

- Ændringer i produktion, som kan give udsving i indtægten ved salg
- Ændringer i omkostninger, som kan skyldes ekstra omkostninger forbundet med køb af biogas eller behov for vedligeholdelse
- Ændringer i størrelsen på skatter, afgifter, tariffer og tilskud, da disse reguleres hvert år

Generelt ændres priser over tid, så resultaterne tegner et overordnet billede af, hvad der kan forventes.

For at kunne sammenligne priser på de forskellige scenarier, udregnes nutidsværdien (NV), som i ligning 4. NV angiver den nutidige værdi af en fremtidig betalingsrække tilbagediskonteret med en given rente.

$$\text{Total NV} = \sum_{t=1}^N \frac{\text{totalbalance}}{(1+r)^n} \quad (4)$$

Hvor  $r$  repræsenterer diskonteringsrenten og  $n$  antal år. En positiv NV betyder at investeringen er fordelagtig, mens en negativ betyder at investeringen ikke kan betale sig. I afsnit 5.1 og 5.2 præsenteres kort resultaterne af de to scenarier. Betydningen af resultaterne diskuteres i afsnit 6.1.

## 5.1 Biogas til el- og varmeproduktion

Med EMRs nuværende løsning inputtets biogas til de gasmotordrevne generatorer, så der produceres el og varme. Det fungerer som referencescenarie, når det senere vurderes hvilken løsning der er mest efficient for EMR.

### 5.1.1 Samfundsøkonomisk analyse

Grundet concernsammensætning, mellem VCS og EMR, får EMR en refusion på  $\text{NO}_x$ -afgift, så der betales en årlig afgift på 43.654 kr., samt en  $\text{CH}_4$ -afgift på 105.076 kr. Bemærk at tallene anvendt her er fra 2018 (se bilag E.2), da det ikke var muligt at få tallene fra 2019. Størrelsen på den reelle afgift i 2019 vil være en smule højere, da forbruget af biogas var højere end i 2018.

Resultatet af analysen kan ses i bilag F. Efter at have regnet totalbalancen for de forskellige år, opstår der i første år et overskud på knap 1 mio. kr., som øges med tiden. Det ender dog med en negativ total NV, hvilket betyder at investeringen ikke kan betale sig samfundsmæssigt. Yderligere skal der i forbindelse med lån tillægges renteudgifter på 2,026 mio. kr.

### 5.1.2 Selskabsøkonomisk analyse

Der er nogle uklarheder i forbindelse med sammenhæng i regnskabet vedrørende den post, der hedder afgifter. Det skyldes at EMR ikke præcis kan besvare, hvad den dækker over. Grundet concernsammensætning for VCS og EMR, betaler VCS skat pålagt produktion af biogas, hvortil EMR får en refusion, så der betales afgift på 94.421 kr. Derfor

ændres afgiftsposten i projektet fra regnskabet 81.359 kr. til 94.421 kr.

Resultatet af analysen kan ses i bilag G. Totalbalancen i første år viser et overskud på lidt over 3 mio. kr., som øges i takt med tiden. Det ender med en positiv total NV, hvilket betyder at investeringen er fordelagtig for EMR. Hertil tillægges yderligere 1,439 mio. kr. i renteudgifter i forbindelse med lån.

## 5.2 Opgradering til biometan

Det er overordnet set forventeligt, at det er dyrere at opgradere til biometan fremfor at anvende rå biogas. Det skyldes som tidligere omtalt i kapitel 3, at gassen skal renses for CO<sub>2</sub>, så CH<sub>4</sub>-indholdet øges til lige knap 100%. Biogasanlægget i sig selv koster 16 mio. kr., det er dog inkl. gasmotordrevne generatorer. Så den reelle pris for den del af anlægget, der producerer biogas, må forventes at være lavere.

Derudover tillægges investering i opgraderingsanlægget. En overslagspris beregnet af Nærenergi Danmark kan ses i bilag H. Her regnes videre med mindste pris, så den samlede investering er 25,5 mio. kr. Overslagsprisen medregner ikke aktivt kul filter og anlægs- og driftsomkostninger vedrørende tilkobling til gasnettet, fx etablering af stikledning og kontrol af gaskvalitet. Derfor kan den reelle pris være anderledes.

Der regnes som udgangspunkt med de samme produktionsomkostninger, og samme årlig produktion af biogas. Det forventes dog at 10% bruges til procesvarme [33], hvortil der gives tilskud, og at der tabes yderligere 0,05% ved opgradering. Dermed regnes det med at 78.767,30 GJ opgraderes til biometan, og at 8.756,3 GJ anvendes til procesvarme.

Ved installation af et opgraderingsanlæg, vil der ikke længere produceres samme mængde el og varme, hvorfor de tillægges som udgifter. Forbruget regnes at være det samme, 7.964 MWh el og 4.700 MWh varme [13]. Hvad det svarer til i m<sup>3</sup> biogas udregnes ift. elvirkningsgrad og varmeeffekt, jf. afsnit 2.1. Da 10% forventes anvendt til procesvarme, fratrækkes 10% af forbruget, og da 40-80% af varmen forventes at kunne genanvendes, fratrækkes yderligere 40%.

At det gøres på denne måde skyldes, at EMR ikke har et overblik over, hvor stor en andel biogas der går til hhv. el- og varmemeforbrug. Det skyldes at biogas kun bruges til varme, når det ikke kan anvendes i motorerne pga. service eller for stor produktion.

Det regnes med at anlægget har et elforbrug på 0,09 kWh/m<sup>3</sup> [34]. El købes af Energi Fyn til 1,6046 kr./kWh (fra 2023 til 1,5283 kr./kWh grundet udfasning af PSO-

afgift), jf. bilag D.3. Det forventes at 10% anvendes til procesformål, hvilket reducerer prisen til 0,4665 kr./kWh (fra 2023 til 0,39 kr./kWh). Samlet beregnet pris vedrørende el kan ses i bilag I.

Varmeforbruget forventes at være 0,45 kWh/m<sup>3</sup> [34], som købes gennem Fjernvarme Fyn til 391,50 kr./MWh inkl. moms [35]. Der regnes en pris for biogasanlægget og for opgraderingsanlægget. Prisen er billigere, hvis en større mængde varme genanvendes.

### 5.2.1 Samfundsøkonomisk analyse

Der gives tilskud ved opgradering til biometan, som påvirkes af prisen på naturgas. I beregningen tages der ikke højde for prisændringen. Det forventes at naturgas bliver dyrere, hvilket vil betyde at afsætningsprisen stiger, og gør det mere fordelagtigt at opgradere til biometan.

Efter at have udregnet totalbalancen det første år, ses et underskud på lidt over 7,8 mio. kr., hvilket også resulterer i en negativ total NV, som betyder at investeringen ikke kan betale sig for samfundet. Hertil tillægges yderligere udgifter til renter på 3,229 mio. kr. Et overblik over resultaterne kan ses i bilag J.

### 5.2.2 Selskabsøkonomisk analyse

Her regnes der ligeledes ikke med ændringer i prisen på naturgas, og det forventes derfor at EMR kan sælge biometan til 43,8 kr./GJ.

Når biometan tilføres gasnettet, betragtes det som naturgas rent afgiftsmæssigt [36]. Derfor ændres CH<sub>4</sub>-indholdet i afgiftsregnskabet (bilag E.2) til 99,95%, hvilket øger størrelsen på afgiften af både CH<sub>4</sub> og NO<sub>x</sub>, se bilag E.3.

Resultatet af totalbalancen viser et underskud på omkring 1,1 mio. kr., hvilket ligeledes resulterer i en negativ total NV (se bilag K). Hertil tillægges yderligere udgifter til renter i forbindelse med lån på 2,293 mio. kr. Det betyder at det ikke er fordelagtigt for EMR at opgradere den producerede biogas til biometan ift. at anvende den til el- og varmeproduktion.

## 6 Diskussion af resultater

### 6.1 Valg af løsning

I det foregående afsnit blev der set på, hvad de to scenarier koster, både samfunds- og selskabsøkonomisk. Tabel 3 opsummerer resultaterne, og det diskuteres, hvad de betyder.

**Tabel 3:** Samlet overblik over resultaterne af de økonomiske analyser fra afsnit 5.1 og 5.2.

|                          | Biogas til el- og varmeproduktion | Opgradering til biometan |
|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| <b>Samfundsøkonomisk</b> |                                   |                          |
| Overskud i totalbalance  | Nej                               | Nej                      |
| Total NV                 | -10.316.780,78 kr.                | -138.696.828,99 kr.      |
| <b>Selskabsøkonomisk</b> |                                   |                          |
| Overskud i totalbalance  | Ja                                | Nej                      |
| Total NV                 | 20.933.182,48 kr                  | -46.627.917,17 kr.       |

Som det kan ses i tabel 3, er det ikke efficient for EMR at opgradere den producerede biogas til biometan. Ifølge disse beregninger vil den bedste løsning være den nuværende, hvor biogassen anvendes til el- og varmeproduktion.

Ved en opgradering, vil første år resultere i et underskud på omkring 1,141 mio. kr. og en negativ NV på 1,097 mio. kr. Det skyldes at der regnes med en investering, der er ca. 10 mio. kr. dyrere. Her er det særligt produktionsomkostningerne, der udgør en stor post. Resultaterne bakkес op af en rapport fra ENS, som konkluderer at:

*Ser man på omkostningsstrukturen for opgraderet biogas, så peger nyere analysetal på at "opgradering" udgør 9% af omkostningerne i dag, og "tilslutning inkl. kompressor" 7%, mens de resterende 84% udgør produktionsomkostningerne til biogassen [34].*

Hvis det skulle være efficient for EMR at opgradere til biometan, vil det kræve mindre udgifter, eller at staten sænker skatter og afgifter og/eller øger tilskuddet. De største poster i regnskabet er køb af biogas, vedligeholdelse og varmekonsum.

Som udgangspunkt forventes det at køb af varme bliver dyrere i fremtiden. Det skyldes at Fjernvarme Fyn i 2022 udfaser brugen af kul på Fynsværket. I stedet konverteres kulblokken til naturgas, og der suppleres med varmepumper til grund- og mellemlast og elkedler til spidslast, samt et damlager. For erhvervskunder betyder det at de årlige

produktionsomkostninger stiger med 0,5-1% [37]. Et allerede planlagt projekt med varmepumpe ved EMR, som etableres inden årets udgang, skulle gerne reducere prisstigningen. Hermed udnyttes varmen fra renseprocessen yderligere [38]. Det forventes at reducere behovet for køb af fjernvarme, hvis der opgraderes til biometan. En opgradering vil betyde at EMR kan injicere biometan på gasnettet, det vil evt. kunne udbygge samarbejdet med Fjernvarme Fyn yderligere, hvilket måske kan udløse en rabat ved køb af varme.

Det er beregnet, at hvis samtlige udgifter sænkes med 12% og indtægterne samtidig øges med 12%, vil der være efficient for EMR at opgradere biogas til biometan. Idet der første år skabes et overskud på ca. 1,5 mio. kr., som grundet inflationen øges hver år.

Ses resultaterne fra et samfundsmæssigt synspunkt, så vil ingen af løsningerne være efficient for staten. Det skyldes hovedsageligt at staten ikke kan modtage tilskud. Samtidig mister staten indtægt i form af skatter og afgifter, altså opstår et samfundsøkonomisk efficienstab. I stedet skal disse penge findes et andet sted.

Der regnes ikke på prisen af de samfundsøkonomiske gevinster. En sammenligning med tidligere undersøgelser af de samfundsøkonomiske gevinster ved biogas viser en samlet værdi af indtægter på 21,1 mio. kr., hvor besparelsen særligt dækker værdien af sparet naturgas [39]. Det forventes at være nogenlunde tilsvarende eller højere for biometan. Der er dog nogle samfundsmæssige gevinster ved at anvende biometan frem for biogas, som præsenteres i det efterfølgende afsnit.

## 6.2 Hvorfor vælge biometan

Spørgsmålet om hvorfor brugen af biometan er at foretrække frem for rå biogas, besvares som samfundet som helhed, og ikke kun set fra EMRs synspunkt.

Når det danske energiforbrug i 2050 er fri af fossile brændsler, vil der i stedet anvendes vedvarende energikilder. At anvende vedvarende energikilder som sol og vind, vil resultere i fluktuerende energiproduktion. Det er derfor nødvendigt at finde løsninger til fx lagring af overskudsel og -varme eller erstatninger for fossile brændsler. Det er også nødvendigt, hvis Danmark fortsat skal være et pionerland ift. energiteknologiske løsninger. Overordnet set bidrager biogas og biometan, med en række positive klima- og miljøeksternaliteter, og vil være med til at reducere udledningen af CO<sub>2</sub>, så Danmark kan overholde krav fra EU. Det er en særlig væsentlig samfundsøkonomisk gevinst. Derudover vil der produceres mere effektiv gødning til landbruget, hvilket mindsker import og udgifter hertil.

Ligesom biogas, er biometan er vedvarende energikilde, der ofte produceres lokalt,

og biogas spiller i dag en væsentlig rolle i kraftvarmesektoren. Som tidligere nævnt, injiceres der allerede biometan på det eksisterende gasnet, hvilket mindsker behov for at importere fossil naturgas. Det forventes på sigt at kunne være en væsentlig brik ift. at erstatte naturgas.

Da biometan kan injiceres direkte på gasnettet, som udgangspunkt med et tryk på 4 bar, er der ikke nogen betydelige omkostninger ift. transmission og distribution. Hermed åbnes op for et stort gasmarked med mange anvendelsesmuligheder. Ulempen er dog at 4 bar gasnettet har begrænset kapacitet, hvilket betyder at de fleste net ikke vil kunne aftage den gasmængde, der svarer til produktionen af biometan. Opstår det, vil det være nødvendigt at komprimere gassen og afsætte den til fordelingsnettet ved et tryk på 40 bar [39].

Når biogas i dag anvendes lokalt, vil der ofte opstå et tab, særligt i sommerhalvåret, hvor overskudsvarmen ikke udnyttes optimalt. Ved at anvende biometan opstår dette tab ikke, fordi det kan sælges hele året. Ofte er det også til en bedre pris end biogas, da CO<sub>2</sub>-kvotевærdien af fortrængt naturgas kan medregnes [33].

Det skal her noteres at tabet ikke opstår på samme måde på EMR, da varmen anvendes til opvarmning af rådnetanke. Varmetab kan derfor ikke fungerer som et væsentligt argument for at opgradere til biometan.

Det forventes at biometans konkurrenceevne ift. naturgas øges over tid, hvis prognoserne for naturgaspriserne udvikles som forventet. Hermed bliver det mere attraktivt for naturgasselskaber at aftage biometan [40].

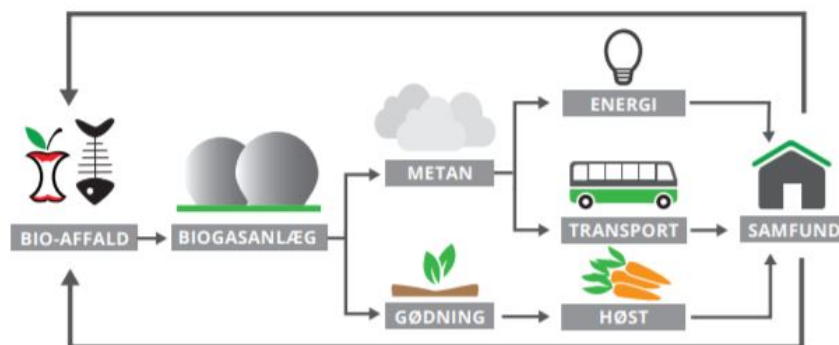
Ikke alle sektorer er lige lette at omstille uden at være forbundet store investeringsomkostninger. Problemet opstår særligt i transport- og industri- og fremstillingssektoren.

Ift. transportsektoren kan biometan komprimeres til flydende form (liquified biogas) og bruges som brændstof til tung transport, hvor elektrificering ikke er mulig, bl.a. grundet rækkevidden. Det bakkes op af undersøgelser foretaget af ENS, som har vist, at biometan er et af de billigste alternative drivmidler som erstatning for fossile brændstoffer som benzin og diesel [34]. I flere af de nordiske nabolande er dieseldrevne busser og andre tunge køretøjer overgået til at køre på biometan. I Danmark er udviklingen så småt i gang, bl.a. med nye 5C biogas-busser i København og Sydtrafiks skole- og bybusser i Sønderborg [41].

Industri- og fremstillingsvirksomheder er som nævnt afhængige af procesvarme, som bl.a. anvendes til brænding og smeltning, og denne varme kommer i dag ofte fra naturgas, så ved at anvende biometan kan det erstattes, og gøre denne sektor grønnere.

Sammenlignes biometan med elektrificering, har biometan en samfundsøkonomisk fordel. Det skyldes at elektrificering er forbundet med ekstraomkostninger, da det vil kræve opgradering og udbygning af det eksisterende elnet, da et forøget effektbehov ellers ikke matches. Derudover opnås også en samfundsøkonomisk gevinst ift. muligheden for at lagre på gasnettet og reguleringsydelser til fx fjernvarmeproducenter [10]. Når energien produceres lokalt og regionalt, og der samtidig arbejdes mod et endnu større europæisk samarbejde ift. energiproduktion, øges forsyningssikkerheden, idet behovet for at importere fossile brændsler reduceres.

At anvende biometan kan også illustreres som en cirkulær økonomi, der bygger på en samfundssymbiose, se figur 18, hvor bio-affald også kan dække over slam fra rensning af spildevand.



**Figur 18:** Illustration over anvendelsen af biometan som samfundssymbiose [42].

At opgradere til biometan har som tidligere nævnt den ulempe, at det er forbundet med store investeringsomkostninger.

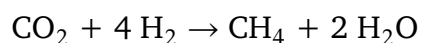
## 7 Perspektivering

I de efterfølgende to afsnit præsenteres to andre løsninger som EMR kan overveje at anvende. Omkostningerne ved investeringerne regnes der ikke på.

### 7.1 Metanisering af biogas

Som tidligere nævnt forventes det at biogas og biometan kommer til at spille en væsentlig rolle i det danske energisystem. Det vil mindske udledningen af CO<sub>2</sub>, men den vil stadigvæk være høj.

Det er dog muligt at udnytte CO<sub>2</sub> på anden vis. Det kan gøres ved få gassen til at fylde mere, hvilket sker ved at metanisere med H<sub>2</sub>, hvor CO<sub>2</sub>'en opfanges og tages fra under processen for opgradering af biogas til biometan. Idet biogas består af to dele CH<sub>4</sub> og en del CO<sub>2</sub>, hvor CO<sub>2</sub> omdannes til CH<sub>4</sub> via følgende proces, øges energiindholdet halvdelen gang ift. almindeligt biogas:



Teknologien har dog ikke været så anvendt indtil nu, og grunden skal med stor sandsynlighed findes i energiaftalen fra 2012. Aftalen gav kun tilskud til biogas [43], da der på dette tidspunkt ikke var tænkt på metanisering. I juni 2018 blev der dog indgået en ny aftale, som indebærer en gasstrategi:

*Strategien vil endvidere se på rammevilkårene for integration af energisystemerne, herunder muligheder for at omdanne og lagre elektricitet som gasformigt brændsel eksempelvis via metanisering [44].*

Det kan forventes, at metanisering kommer mere i spil, hvis der gives tilskud. En forudsætning for at det sker, er dog at brintinfrastrukturen skal tilpasses. ENS forudser i energiscenarier, at det vil ske, da overskuddet fra vindproduktionen ellers ikke udnyttes. Samtidig vurderes det, at særligt elektrolyseanlæg vil være at foretrække til lagring af H<sub>2</sub>, da det så kan udnyttes til metanisering, så der opstår et sammenspil mellem to typer vedvarende energi. I samme rapport er det opgjort, at biogaspotentialer er 42 PJ, som ved metanisering kan øge gasmængden med omkring 50%, hvorved den samlede mængde biometan vil være omkring 65 PJ [9].

Direktør i Brintbranchen Tejs Laustsen Jensen bakker op om forudsigelserne fra ENS. Han mener, at hvis kortene spilles rigtigt, vil det næste store skridt i den grønne omstilling være metanisering, som flytter større mængder af grøn energi ud på gasnettet. På den måde kommer Danmark et skridt tættere på at være fri af fossile brændsler.

Samtidig binder det el-, gas- og varmesektoren sammen, idet el konverteres til biometan og overskudsvarmen fra processen udnyttes. I 2018 blev der injiceret 335 mio. m<sup>3</sup> biogas til gasnet. Havde det gennemgået en metanisering, ville det have sparet 770.000 ton CO<sub>2</sub>, hvilket svarer til CO<sub>2</sub>-udledningen fra 170.000 biler [45].

En detalje er dog, at produktionen af CH<sub>4</sub> vha. el ikke resulterer i ekstra energi, idet en energiform (el) omdannes til en anden (gas). Set fra et fremtidigt fossilt frit synspunkt, vil det dog have en positiv virkning, da energi produceret af vedvarende energikilder som sol og vind vil fluktuere.

At producere H<sub>2</sub>, som senere kan anvendes til metanisering er derfor særlig fordelagtig i perioder med høj elproduktion fra sol og vind, da elspotprisen vil være lav.

Det seneste tiltag inden for dette område, er innovationsprojektet *O/G Decarb*. Det har til formål at undersøge, hvordan det er muligt at gas- og olieproduktionen fra Nordsøen kan blive mere klimavenlig. Det forventes at energi der leveres til boreplatformene fra vindmøller og bølgekraft, vil kunne bruges til fremstilling af H<sub>2</sub>, som iblandes naturgassen. På den måde reduceres CO<sub>2</sub>-aftrykket på produktion af gas og olie. Hermed er forventningen at 5-15% af naturgassen kan bestå af CO<sub>2</sub>-neutralt H<sub>2</sub> [46]

### 7.1.1 Metanisering på renseanlæg

Sidste år satte renseanlægget Biofos i Avedøre processen i gang med at anvende metanisering af biogas til produktion af biometan fra CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>, på et anlæg udviklet af det tyske firma Electrochaea. Hermed leverer Biofos nu årligt op til 1.200 m<sup>3</sup> biometan til gasnettet omkring København.

Processen foregår gennem en biokatalytisk proces, hvor CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub> fra slammet omdannes til biometan, så metanindholdet øges fra omkring 60% til knap 100%.

Anlægget har dog også en anden inputmulighed at sende ren CO<sub>2</sub> gennem et el-til-gas-anlæg ejet af forsyningsselskabet HOFOR, hvormed CO<sub>2</sub> og CH<sub>4</sub> adskilles. Efterfølgende sendes det rene CO<sub>2</sub> gennem Electrochaeas anlæg, som omdanner det til ren CH<sub>4</sub>. Alene HOFORs opgraderingsanlæg reducerer CO<sub>2</sub>-udledningen på den københavnske bygas med 40%.

Denne type teknologi kan derfor ses som et alternativ til *Carbon Capture and Storage*, hvor CO<sub>2</sub> lagres enten fysisk i underjordiske hulrum eller som kemiske forbindelser. Metanisering kan årligt binde op til 800 ton CO<sub>2</sub>, hvilket reducerer udledningen af CO<sub>2</sub> til atmosfæren, og samtidig har en positiv påvirkning på Biofos' eget CO<sub>2</sub>-regnskab [47].

Det vil tilsvarende kunne lade sig gøre på EMR, og bør derfor indgå i overvejelserne, når der skal træffes en beslutning om videre tiltag. Det er derfor ligeledes forventeligt, at den positive påvirkning på Biofos' CO<sub>2</sub>-regnskab kan overføres til CO<sub>2</sub>-regnskabet for VCS. Det er derfor sandsynligt at regnskabet stadigvæk vil være positivt, trods en ændring i rammebetingelserne, og at der samtidig ikke nødvendigvis længere er behov for at købe certifikater, jf. figur 4.

## 7.2 Videresalg af CO<sub>2</sub> fra EMR

Med den nuværende situation på EMR, er der et biprodukt i form af CO<sub>2</sub>, som udledes til atmosfæren, som måske i stedet kunne videresælges. En mulig aftager af CO<sub>2</sub>'en kunne være det odenseanske bryggeri Albani, som anvender kulsyre i produktionen af øl. Kulsyre opstår nemlig når CO<sub>2</sub> opløses i vand.

Hvis salget skal være en mulighed, vil der dog sandsynligvis være krav om fx renhed, og samtidig vil det kræve at der opsættes et lager til CO<sub>2</sub>. Da produktionen af biogas sker kontinuerligt, vil EMR også kunne opretholde en fast leverance til en evt. aftager. Indtægterne fra salg ville sandsynligvis kunne dække udgifterne til investering af et CO<sub>2</sub>-lager, hvis der ikke laves en aftale med aftagervirksomheden at denne betaler udgifterne, evt. mod at EMR ikke modtager indtægt fra salg af overskydende CO<sub>2</sub>.

En anden mulighed er at videresælge CO<sub>2</sub> til gartnerier. Det skyldes at gartnerier tilfører CO<sub>2</sub> gennem gødskning, så CO<sub>2</sub> frigives ned over planterne, som efterfølgende via fotosyntese, optager det gennem bladene. Den CO<sub>2</sub> produceres i dag gennem et naturgasbaserede anlæg i det enkelte drivhus [48].

Vælges en af ovenstående løsninger, vil der ligeledes her være tale om industrissymbiose.

Vælger EMR i stedet at opgradere til biometan, vil det mindske overskuddet af CO<sub>2</sub>, og det vil med stor sandsynlighed ikke være efficient at videresælge CO<sub>2</sub> til andre virksomheder. At videresælge CO<sub>2</sub> tages helt ud af ligning, hvis EMR vælger metanisering.

## 8 Konklusion

Et fossilfrit samfund kræver alternative løsninger. Renseanlægget Ejby Mølle i Odense har en løsning, hvor slam, et restprodukt fra rensning af spildevand, anvendes til at producere biogas, som omdannes til el og varme. Det fremmer effektiv ressourceudnyttelse og cirkulær økonomi opstår. Generatorerne som omdanner biogas til el og varme har kun få års levetid tilbage. Dette projekt har derfor undersøgt, om det er efficient for EMR at opgradere biogassen til biometan, så gaskvaliteten bliver den samme som naturgas. Med de antagne parametre, har resultaterne vist, at det ikke er efficient for EMR at opgradere, medmindre udgifterne falder og/eller indtægterne øges, så der opstår et overskud på ca. 1,5 mio. kr. det første år. Det skyldes at investeringen i et opgraderingsanlæg er knap 10 mio. kr. dyrere end nuværende løsning.

På trods af, at det ikke er efficient at opgradere til biometan, står samfundet som helhed overfor en skillevej, hvor miljømæssige udfordringer ikke længere kan ignoreres. Et argument, der bør veje tungt på vægtskålen, hvorfor det også anbefales at investeringen tages op til revurdering, når den nuværende løsning er tættere på endt levetid. Det skyldes bl.a. at teknologi og priserne herpå kan ændres på få år.

Set fra et samfundsmæssigt synspunkt vil biometan skabe øget fleksibilitet og forsyningssikkerhed ift. sol og vind, som forventes at spille en stor rolle i Danmark. At anvende biometan har også positive effekter for klima og miljø, idet naturgas erstattes og CO<sub>2</sub>-udledningen reduceres. Samtidig øges kvaliteten af gødning, hvorved importen heraf reduceres. Transport-, industri- og fremstillingssektoren er svære at omstille, og anvender i dag store mængder af diesel og naturgas. Problemet løses ved at anvende biometan, som i transportsektoren komprimeres til flydende form, og samtidig er det et af de billigste alternative drivmidler som erstatning for fossile brændstoffer.

I perspektiveringen præsenteres to andre løsninger som EMR kan overveje; metanisering og salg af overskydende CO<sub>2</sub>. Prisen på disse er dog ikke undersøgt. I metaniseringen kommer biogas til at fylde mere, idet H<sub>2</sub> metaniseres med CO<sub>2</sub>, så der dannes CH<sub>4</sub> og vand. Til sammenligning med biogas, øger metanisering energiindholdet halvdelen gang. Metoden reducerer CO<sub>2</sub>-udledningen yderligere, og giver en endnu større samfundsmæssig gevinst. Teknologien anvendes allerede på renseanlægget Biofos i Avedøre, og EMR vil derfor kunne hente inspiration og erfaring herfra. Den anden løsning er at sælge overskydende CO<sub>2</sub> til fx bryggerier eller gartnerier. Det vil sandsynligvis stille krav til kvaliteten af CO<sub>2</sub>, som først skal undersøges.

## Litteratur

- [1] Miljø og Fødevareministeriet. Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4. [www.retsinformation.dk/eli/lta/2019/1317](http://www.retsinformation.dk/eli/lta/2019/1317), 2019. pages 1
- [2] Miljøstyrelsen. Hvad indeholder spildevand, og hvorfor er det problematisk. [www.mst.dk/natur-vand/vand-i-hverdagen/spildevand/hvad-er-spildevand-og-hvorfor-renser-vi-det](http://www.mst.dk/natur-vand/vand-i-hverdagen/spildevand/hvad-er-spildevand-og-hvorfor-renser-vi-det), 2020. pages 1
- [3] Miljøstyrelsen. Renseanlæg. [www.mst.dk/natur-vand/vand-i-hverdagen/spildevand/kilder-til-spildevandsudledning/renseanlaeg](http://www.mst.dk/natur-vand/vand-i-hverdagen/spildevand/kilder-til-spildevandsudledning/renseanlaeg), 2020. pages 1
- [4] Abid Rabbani og Henrik Wenzel. Biogas upgrading in denmark – inventory, status and framework conditions, 2020. pages 1
- [5] Vandcenter Syd. Kort fortalt. [www.vandcenter.dk/om-os/kort-fortalt](http://www.vandcenter.dk/om-os/kort-fortalt), 2020. pages 1
- [6] Vandcenter Syd. Ansvarlighedsrapport 2019. [www.vandcenter.dk/om-os/ansvarlighed](http://www.vandcenter.dk/om-os/ansvarlighed), 2019. pages 1, 2, 5, 6
- [7] Ejby Mølle Renseanlæg (Ib Pedersen og Nina Almind-Jørgensen). Oplysninger vedrørende ejby mølle renseanlæg, 2020. pages 2, 7, 8, 9, 10, 12
- [8] Energistyrelsen. [Energistatistik 2018](#). 2019. 978-87-93180-46-8www. pages 2
- [9] Energistyrelsen. Energiscenarier frem mod 2020, 2035 og 2050. [www.ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/energiscenarier\\_-\\_analyse\\_2014\\_web.pdf](http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/energiscenarier_-_analyse_2014_web.pdf), 2014. pages 3, 32
- [10] Viegand Maagøe A/S. Biogassektorens konkurrenceevne og bidrag til den grønne omstilling. [www.viegandmaagoe.dk/wp-content/uploads/2020/02/Biogassektorens-konkurrenceevne-og-bidrag-til-den-gr%C3%B8nne-omstilling-version-3.pdf](http://www.viegandmaagoe.dk/wp-content/uploads/2020/02/Biogassektorens-konkurrenceevne-og-bidrag-til-den-gr%C3%B8nne-omstilling-version-3.pdf), 2020. pages 3, 21, 31
- [11] Energistyrelsen. Basisfremskrivning 2019. [www.ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/bf19.pdf](http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/bf19.pdf), 2019. pages 3
- [12] Nature Energy. En grøn fremtid med biogas. [www.natureenergy.dk/groen-fremtid-med-biogas](http://www.natureenergy.dk/groen-fremtid-med-biogas), 2020. pages 4

- 
- [13] Vandcenter Syd. Vandcenter syd er energineutral. [www.vandcenter.dk/nyheder/2020/04-energieneutral2019](http://www.vandcenter.dk/nyheder/2020/04-energieneutral2019), 2020. pages 5, 26
- [14] Vandetsvej.dk. Slam. [www.vandcenter.dk/viden/spildevand](http://www.vandcenter.dk/viden/spildevand), 2020. pages 8, 9, 11
- [15] Vandcenter Syd. Slam. [www.vandetsvej.dk/slam](http://www.vandetsvej.dk/slam), 2020. pages 9, 11
- [16] Sanne Wittrup. Dansk energi: Nettab vil give alt for høje fjernvarmeregninger. **INGENIØREN**, 2013. pages 11
- [17] Dominik Rutz. **Bæredygtig Varmednyttelse fra Biogasanlæg i Europa**. WIP Renewable Energies, 2012. 978-87-93037-00-7. pages 11
- [18] Dansk SymbioseCenter. Dansk symbiosecenter. [www.symbiosecenter.dk](http://www.symbiosecenter.dk), 2020. pages 11
- [19] Niras A/S. Spildevandsslam generisk case. Efterår 2014. pages 12, 13
- [20] Grøn Energi Alexander Boye Petersen. Affaldsforbrænding kraftvarmekravets indflydelse på investeringer i affaldsforbrænding. Efterår 2017. pages 13
- [21] Nature Energy. Biogas. [www.natureenergy.dk/biogas](http://www.natureenergy.dk/biogas), 2020. pages 14
- [22] Alexander Kousgaard Sejbjerg og Torben Ravn Pedersen. Sådan går det med biogassen i danmark. **GASenergi**, 2017. pages 14
- [23] Energinet Dorte G. Kristiansen. Statistics. [www.en.energinet.dk/Gas/Biomethane/Statistics](http://www.en.energinet.dk/Gas/Biomethane/Statistics), 2020. pages 14
- [24] Torben Skøtt. Det er blevet billigere at opgradere biogas. **Biopress**, 2019. pages 14
- [25] Miljøstyrelsen. Intelligent udnyttelse af kulstof og energi på renseanlæg. [www.naturstyrelsen.dk/media/138747/iceu-del-4-endelig-version.pdf](http://www.naturstyrelsen.dk/media/138747/iceu-del-4-endelig-version.pdf), 2013. pages 15, 16, 17
- [26] Miljøstyrelsen. Svovlemissioner fra anvendelse af biogas. [www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2015/11/978-87-93352-87-2.pdf](http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2015/11/978-87-93352-87-2.pdf), 2015. pages 15, 16, 17
- [27] De danske naturgasselskaber og HOFOR. Pas på gasledningerne! tekniske forskrifter for arbejder i nærheden af gasledninger. [www.energinet.dk/-/media/425F543D55EE472CB5CE3C3F6811F9E6.pdf?la=da](http://www.energinet.dk/-/media/425F543D55EE472CB5CE3C3F6811F9E6.pdf?la=da), 2017. pages 18
-

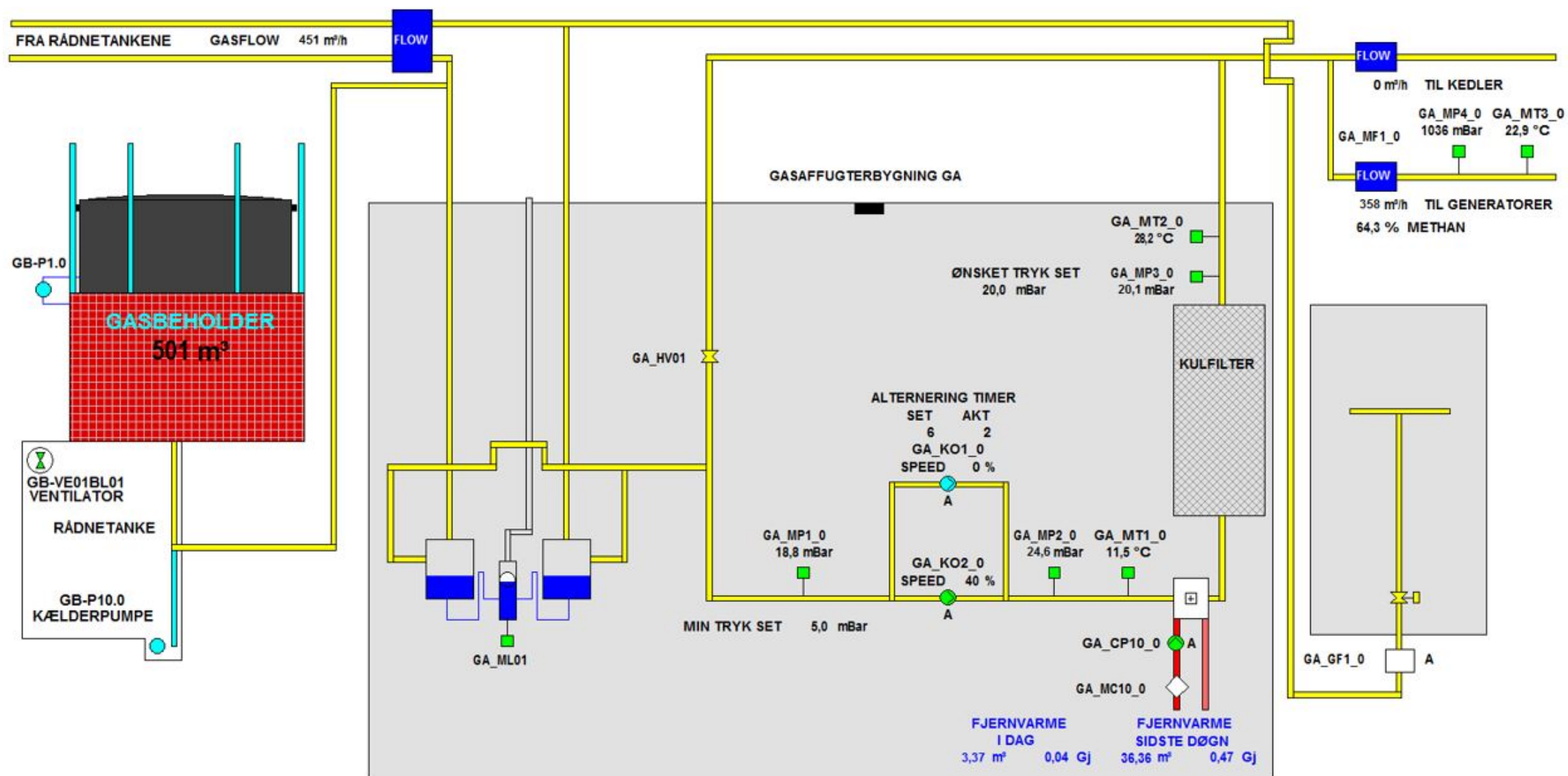
- [28] Dansk Gasteknisk Center. Estimering af omkostninger til opgradering af biogas. [www.dgc.dk/sites/default/files/filer/publikationer/N1804\\_biogas\\_opgradering\\_priser.pdf](http://www.dgc.dk/sites/default/files/filer/publikationer/N1804_biogas_opgradering_priser.pdf), 2018. pages 18, 19
- [29] Nærenergi Danmark. Opgradering af biogas. [www.naerenergi.com/da/biogasopgradering-3/](http://www.naerenergi.com/da/biogasopgradering-3/), 2020. pages 19
- [30] Finansministeriet. Nøgletalskatalog. [www.fm.dk/media/17360/noegletalskatalog-december-2019.pdf](http://www.fm.dk/media/17360/noegletalskatalog-december-2019.pdf), 2019. pages 21
- [31] Energistyrelsen. Vejledning i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet, juli 2018. [www.ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/vejledning\\_i\\_samfundsoekonomiske\\_analyser\\_paa\\_energiomraadet\\_-\\_juni\\_2018\\_v1.1.pdf](http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/vejledning_i_samfundsoekonomiske_analyser_paa_energiomraadet_-_juni_2018_v1.1.pdf), 2018. pages 22, 43, 44
- [32] Dansk Byggeri. Lav inflation giver flere penge mellem hænderne. [www.danskbyggeri.dk/nyheder-og-presse/nyheder/presse/2020/lav-inflation-giver-flere-penge-mellem-haenderne/](http://www.danskbyggeri.dk/nyheder-og-presse/nyheder/presse/2020/lav-inflation-giver-flere-penge-mellem-haenderne/), 2020. pages 24
- [33] COWI. Business case for biogasanlæg med afsætning til naturgasnettet. [www.ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/business\\_case\\_for\\_biogasanlaeg\\_med\\_afsaetning\\_til\\_naturgasnettet-09\\_10\\_13.pdf](http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/business_case_for_biogasanlaeg_med_afsaetning_til_naturgasnettet-09_10_13.pdf), 2013. pages 26, 30
- [34] Energistyrelsen. Teknologivurdering af udvalgte energiteknologier. [www.ens.dk/sites/ens.dk/files/Forskning\\_og\\_udvikling/teknologivurdering\\_biogas\\_og\\_opgradering\\_2014.pdf](http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/Forskning_og_udvikling/teknologivurdering_biogas_og_opgradering_2014.pdf), 2014. pages 26, 27, 28, 30
- [35] Fjernvarme Fyn. Vi er kendt for vores billige fjernvarme. [shorturl.at/CEOT1](http://shorturl.at/CEOT1), 2020. pages 27
- [36] Energistyrelsen. Støtte til biogas. [www.ens.dk/ansvarsomraader/bioenergi/stoette-til-biogas](http://www.ens.dk/ansvarsomraader/bioenergi/stoette-til-biogas), 2020. pages 27
- [37] Odense Kommune. Udfasning af kul på fynsværket. [www.presscloud.com/file/32/327289449731752/Faktaark.\\_Kuludfasning.pdf](http://www.presscloud.com/file/32/327289449731752/Faktaark._Kuludfasning.pdf), 2020. pages 29
- [38] Maria Berg Badstue Pedersen. Sådan bliver fjernvarme fyn fri af kullene. [Energy Supply DK](#), 2020. pages 29

- [39] Dansk Gasteknisk Center. Omkostning ved tilslutning af biometan til naturgasnettet. [www.ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/omkostninger\\_vedtilslutning.pdf](http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/omkostninger_vedtilslutning.pdf), 2013. pages 29, 30
- [40] Alex Dubgaard og Mikkel Bojesen Brian H. Jacobsen Frederik M. Laugesen. Ifro rapport 220: Biogasproduktion i danmark – vurderinger af drifts- og samfundsøkonomi. [www.naturerhverv.dk/fileadmin/user\\_upload/NaturErhverv/Filer/Indsatsomraader/Biooekonomi/IFR0\\_rapport\\_220.pdf](http://www.naturerhverv.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Indsatsomraader/Biooekonomi/IFR0_rapport_220.pdf), 2013. pages 30
- [41] Nærenergi Danmark. Opgradering af biogas til biometan – giver økonomisk og miljømæssig gevinst. [www.f.nordiskemedier.dk/2pda7g6y0k9zxrja.pdf](http://www.f.nordiskemedier.dk/2pda7g6y0k9zxrja.pdf), 2020. pages 30
- [42] Nærenergi Danmark. En sikker, klimavenlig og økonomisk energiløsning. [www.naerenergi.com/wp-content/uploads/2020/05/Produktark\\_DK\\_Biogas\\_07-05-2020.pdf](http://www.naerenergi.com/wp-content/uploads/2020/05/Produktark_DK_Biogas_07-05-2020.pdf), 2020. pages 31
- [43] Folketinget. Aftale mellem regeringen (socialdemokraterne, det radikale venstre, socialistisk folkeparti) og venstre, dansk folkeparti, enhedslisten og det konservative folkeparti om den danske energipolitik 2012-2020. [www.ens.dk/sites/ens.dk/files/EnergiKlimapolitik/aftale\\_22-03-2012\\_final\\_ren.doc.pdf](http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/EnergiKlimapolitik/aftale_22-03-2012_final_ren.doc.pdf), 2012. pages 32
- [44] Folketinget. Energiaftale af 29. juni 2018. [www.efkm.dk/media/12222/energiaftale2018.pdf](http://www.efkm.dk/media/12222/energiaftale2018.pdf), 2018. pages 32
- [45] Tejs Laustsen Jensen. Brintbranchen: Derfor skal vi satse på næste generation af biogas. [Altinget](#), 2018. pages 33
- [46] Torben Skøtt. Mere klimavenlig olie ved hjælp af vind, bølger og brint. [Forskning i Bioenergi, Brint & Brændselsceller](#), 2020. pages 33
- [47] Julie Søgaard. Nyt anlæg omdanner co2 fra spildevandsslam og brint til biometan. [CleantechWatch](#), 2019. pages 33
- [48] Dansk Gasteknisk Center. Gødskning med kuldioxid i gartnerier. [www.dgc.dk/sites/default/files/filer/publikationer/F02\\_co2\\_gartnerier.pdf](http://www.dgc.dk/sites/default/files/filer/publikationer/F02_co2_gartnerier.pdf), 2020. pages 34
- [49] Skatteministeriet. Lov om ændring af lov om afgift af elektricitet, lov om afgift af naturgas og bygas, lov om afgift af stenkul, brunkul og koks m.v. og forskellige andre love. [www.retsinformation.dk/eli/lta/2014/555](http://www.retsinformation.dk/eli/lta/2014/555), 2014. pages 46

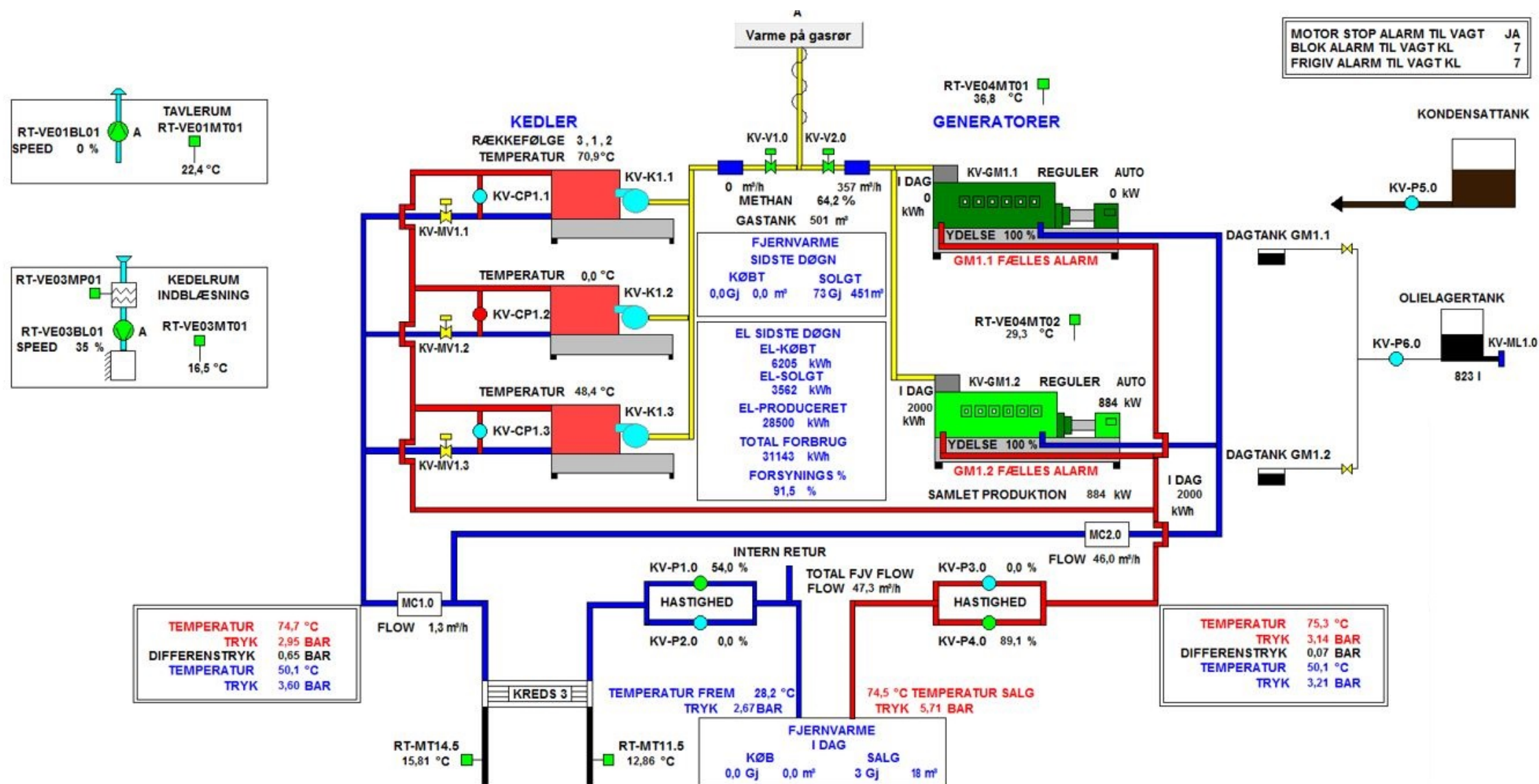
- [50] Energistyrelsen. Biogassens klimaregnskab. [www.ens.dk/ansvarsomraader/bioenergi/biogassens-klimaregnskab](http://www.ens.dk/ansvarsomraader/bioenergi/biogassens-klimaregnskab), 2020. pages 46
- [51] Skatteforvaltningen. E.a.4.4.11.4.3 afgiftens størrelse. [www.skat.dk/skat.aspx?oId=2186145&chk=216701](http://www.skat.dk/skat.aspx?oId=2186145&chk=216701), 2020. pages 46
- [52] Skatteforvaltningen. E.a.4.4.11.5.3 afgiftens størrelse. [www.skat.dk/skat.aspx?oID=1946602&chk=216701](http://www.skat.dk/skat.aspx?oID=1946602&chk=216701), 2020. pages 47
- [53] Skatteforvaltningen. E.a.4.4.11.3.4 afgiftens størrelse. [www.skat.dk/skat.aspx?oId=2186139&chk=216701](http://www.skat.dk/skat.aspx?oId=2186139&chk=216701), 2020. pages 47
- [54] Energinet. Tariffer og gebyrer. [www.energinet.dk/El/Elmarkedet/Tariffer](http://www.energinet.dk/El/Elmarkedet/Tariffer), 2020. pages 47
- [55] Energi Fyn. Netpriser, afgifter og gebyrer. [www.energifyn.dk/privat/elhandel/bag-om-elprisen/netpriser-afgifter-og-gebyrer](http://www.energifyn.dk/privat/elhandel/bag-om-elprisen/netpriser-afgifter-og-gebyrer), 2020. pages 47
- [56] Nord Pool. Historical market data. [www.nordpoolgroup.com/globalassets/marketdata-excel-files/elspot-prices\\_2019\\_hourly\\_dkk.xls](http://www.nordpoolgroup.com/globalassets/marketdata-excel-files/elspot-prices_2019_hourly_dkk.xls), 2019. pages 47
- [57] PwC. Afgiftsvejledning 2020. [www.pwc.dk/da/publikationer/2020/pwc-afgiftsvejledning-2020.pdf](http://www.pwc.dk/da/publikationer/2020/pwc-afgiftsvejledning-2020.pdf), 2020. pages 47
- [58] Forsynings-og Klimaministeriet Energi. Bekendtgørelse af lov om fremme af vedvarende energi. [shorturl.at/tyLZ6](http://shorturl.at/tyLZ6), 2016. pages 48
- [59] Energistyrelsen. Støtte til elproduktion. [www.ens.dk/ansvarsomraader/stoette-til-vedvarende-energi/biogas/stoette-til-elproduktion](http://www.ens.dk/ansvarsomraader/stoette-til-vedvarende-energi/biogas/stoette-til-elproduktion), 2020. pages 48
- [60] Energistyrelsen. Støtte til opgradering og rensning af biogas. [www.ens.dk/ansvarsomraader/stoette-til-vedvarende-energi/biogas/stoette-til-opgradering-og-rensning-af-biogas](http://www.ens.dk/ansvarsomraader/stoette-til-vedvarende-energi/biogas/stoette-til-opgradering-og-rensning-af-biogas), 2020. pages 48

## Bilag

### A Styring- og reguleringsskema over gasbeholdere på EMR



## B Styring- og reguleringskema over kedler og generatorer på EMR



## **C Uddybning af beregningsmæssige forudsætninger og priser der indgår i samfunds- og selskabsøkonomiske analyser**

### **C.1 Beregningsmæssige forudsætninger**

De beregningsmæssige forudsætninger indeholder en række faktorer, som kort beskrives herunder. Disse er nødvendigt for at kunne sammenligne resultater af forskellige analyser i sidste ende [31].

#### **Prisniveau**

Omkostningerne skal have samme prisniveau, fx 2019-kr. Haves omkostningerne i forskellige prisniveauer, benyttes BVT deflatoren, der angiver den forventede gennemsnitlige stigning i priser (bruttoværditilvækst). Det gøres med udgangspunkt i ENS' samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger, hvorledes det er muligt at frem- eller tilbagekrive til samme prisniveau.

#### **Undersøgelsesperiode**

Projekterne skal have samme undersøgelsesperiode, selvom levetiden på projekterne kan være forskellig.

#### **Kalkulationsrente**

Kaldes også diskonteringsrenten, og er fastsat af Finansministeriet til at være 4% for projekter med en levetid på under 35 år. Den afspejler det mistede alternative afkast, som de investerede ressourcer kunne have indbragt i andre anvendelser.

#### **Nettoafgiftsfaktor**

Benyttes til omregning af faktorpriser til markedspriser (beregningspriser) og vil angive størrelsen af indirekte skatter, afgifter og tilskud, som pålægges det private forbrug. Faktorpris er prisen uden moms, afgifter og tilskud, mens markedspris er prisen forbrugeren betaler for en vare eller tjeneste. Denne er inklusiv indirekte skatter og afgifter og er fratrullet tilskud.

Nettoafgiftsfaktoren (NAF) er i øjeblikket af Finansministeriet fastsat til 28%. Af eksempler på områder opgivet i faktorpriser er:

- Investeringer, drift og vedligehold
- Omkostninger til brændsel, andre råvarer og halvfabrika
- Køb og salg af CO<sub>2</sub>-kvoter
- CO<sub>2</sub>-prisen for ikke-kvotesektor

Modsat kan omkostninger være opgjort i forbrugsprismiveau, og er derfor ikke pålagt nettoafgiftsfaktoren. Som eksempel kan nævnes skadesomkostninger for alle former for forureninger inklusiv de luftemissioner som ENS har prissat.

### **Forvridningstab**

En ændring i størrelsen på skatter og afgifter for den private sektor vil resultere i et ændret nettoprovenu til de offentlige finanser. Hvis det resulterer i en negativ nettoprovenu, altså færre indtægter fra skatter og afgifter, skal dette finansieres gennem beskatning af andre aktiviteter. Hermed skabes en forvridning i aktiviteten kaldes skat-teforvridningstab. Finansministeriet skønner forvridningstabet til at udgøre 10% af skat-tebeløbet.

## **C.2 Priser**

Herunder beskrives omkostningselementer, som indgår i økonomiske beregninger, samt hvordan disse priser fremkommer [31].

### **Investeringsomkostninger**

I forbindelse med en investering er der en række omkostninger, der bl.a. kan dække køb af grund og indkøb af nødvendige maskiner til produktion. Denne omkostning kan være baseret på konkrete tilbud, nøgletal fra lignende projekter eller med udgangspunkt i data omhandlende investeringsoverslag fra ENS' teknologikatalog.

### **Drift- og vedligeholdsomkostninger**

At forudsige omkostninger forbundet med drift og vedligehold er forbundet med en vis usikkerhed. Størrelsen heraf kan være baseret på konkret dokumenteret forventede omkostninger, konkrete tilbud, nøgletal fra lignende projekter eller estimater for drift- og vedligeholdelsesomkostninger fra teknologikataloget.

### **Brændelspriser**

Udviklingen i brændselspriserne kan spille en afgørende rolle for rentabiliteten af et projekt. De årlige omkostninger til brændsler fås ved at multiplicere brændselsprisen med det forventede forbrug.

### **Elpriser**

ENS har en fremskrivning for den forventede elpris. Den producerede el prissættes efter den fremskrevne spotpris. I projektet her anvendes kun fremskrivning med inflation.

### **Prissætning af luftemissioner**

Mængden af luftemission beregnes ud fra brændselsforbrug samt emissionskoefficienter, som angiver hvor meget et stof udleder per indfyret mængde. EMR betaler luftemissioner for CH<sub>4</sub> og NO<sub>x</sub>.

### **Afgifter**

Afgifter reguleres årligt af Skatteministeriet. De indgår ikke i den samfundsøkonomisk analyse, men forvridningstabt dog forbundet med et ændret afgiftsprovenu som indregnes i beregningen. VCS betaler afgift vedrørende biogasproduktion og elafgift.

### **Tilskud**

ENS fastsætter tilskud, som kan gives i form af anlægstilskud og tilskud til produktion af fx biogas og el.

## D Økonomiske påvirkninger

### D.1 Skat pålagt produktion af biogas

I Lov om ændring af lov om afgift af elektricitet, lov om afgift af naturgas og bygas, lov om afgift af stenkul, brunkul og koks m.v. og forskellige andre love, står det angivet at gas produceret som brændstof til opvarmning, solgt som brændstof til opvarmning eller til anvendelse af kraftvarmeproduktion er pålagt en skat på 0,098 kr./m<sup>3</sup>, hvis gastypen har en nedre brændværdi<sup>3</sup> på 39,6 MJ/m<sup>3</sup>, hvilket er den nedre brændværdi for naturgas [49]. Hverken biogas eller biometan har et metanindhold på 100%, hvorfor det er nødvendigt at korrigere skatten, således at den afspejler den korrekte forbrændingsværdi.

### D.2 Afgifter pålagt forbrænding

EMR forbrænder i dag biogas på to gasmotordrevne generatorer, og herved pålægger staten en række miljøafgifter, som er baseret på emissionen af de forskellige gasser CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og CH<sub>4</sub>. Disse kaldes også luftemissioner. Herved skal de medregnes i omkostningerne forbundet med drift af EMR. Disse betales også ved opgradering.

#### CO<sub>2</sub>

Biogas og biometan er fritaget CO<sub>2</sub>-afgift [49], det skyldes at biogasproduktion har en af de vigtigste klimateffekter, nemlig at gassen kan erstatte naturgas, hvormed udledningen af CO<sub>2</sub> nedsættes fra afbrænding af fossile brændsler [50].

#### SO<sub>2</sub>

Afgiftsstørrelsen på svovl, for biogas er baseret på reglerne for afgift på svovl i andre produkter, og er på nuværende tidspunkt fastsat til 23,9 kr./kg [51]. Da renser EMR fjerner svovl vha. et aktivt kulfilter, medregnes denne afgift ikke.

#### NO<sub>x</sub>

Afgiftsstørrelsen på kvælstofoxider, NO<sub>x</sub>, ved forbrænding af biogas er baseret på reglerne for afgift på kvælstofoxider ved forbrænding af andre produkter, og er på nuværen-

---

<sup>3</sup>Brændværdi angiver den mængde af varme, der udvikles ved forbrænding. I den nedre brændværdi vil det vand der dannes ved forbrænding være på dampform.

de tidspunkt for anlæg over 1.000 kW fastsat til 1 kr./GJ udledt NO<sub>x</sub> [52].

#### CH<sub>4</sub>

Størrelsen på CH<sub>4</sub>-afgiften på biogas og biometan er bestemt ud fra CO<sub>2</sub>-afgiftsloven og pålægges på gasmotorer med en effekt på over 1.000 kW. Denne afgift betales, når der produceres el og varme, og er på nuværende tidspunkt fastsat til 1,2 kr./GJ udledt CH<sub>4</sub> [53]. Det skal dog her huskes at salg af el og varme også kan bidrage som indtægt, både i form af reelle salgsindtægter og i form af indtægter fra tilskud, hvilket kan betyde at el kan sælges til en højere pris end den indkøbes.

### D.3 Skatter og afgifter pålagt elektricitet

Som nævnt i afsnit D.2 kan EMR købe el til at lavere pris end den salgspris overskydende el sælges til.

Det skyldes at EMR betaler de førnævnte skatter og afgifter ud over spotprisen. Prisen består af:

- Balancetarif, der i 2020 er fastsat til 0,00187 kr./kWh [54]
- Elafgift, som i 2020 er 0,892 kr./kWh [55]
- Public service obligation afgift (PSO), der i 2020 er fastsat til 0,0763 kr./kWh, denne udfases dog ved udgangen af 2022 [55]
- Spotpris, som i gennemsnit i 2019 var 0,2874 kr./kWh [56]
- Systemtarif, der i 2020 er fastsat til 0,044 kr./kWh [54]
- Transmissionstarif, der i 2020 er fastsat til 0,053 kr./kWh [54]
- Moms, som tillægges 25% af prisen

Det giver som udgangspunkt en pris på 1,6046 kr./kWh.

Dog refunderes moms og elafgiften reduceres til 0,004 kr./kWh, når elektriciteten anvendes til procesformål som i afgiftsvejledningen fra PwC angives som:

*Produktion og forarbejdning af varer, opvarmning af særlige rum eller særlige procesanlæg, nedkøling af serverrum og andre lokaler, hvor kølingen sker af hensyn til maskiner og produkter og elektricitet brugt til pumper og ventilation til levering af opvarmning eller afkøling [57]*

Hermed vil prisen altså i stedet bestå af balance-, system- og transmissionstarif, samt spotpris og PSO-afgift, og ende på 0,4626 kr./kWh indtil udgangen af 2022, hvorefter den falder til 0,3863 kr./kWh.

## D.4 Tilskud

### El produceret af biogas

Den el som EMR ikke selv anvender sælges til elnettet, hvor indtægterne betales i form af tilskud fra Energinet jf. *Bekendtgørelse af lov om fremme af vedvarende energi, §43a og e* [58]. Dette tilskud er delt i to pristillæg.

#### Pristillæg 1

Dette pristillæg er fastsat efter markedsprisen i 2012 på 0,793 kr./kWh og er indeksreguleret hver år med 60% stigning i nettoprisindekset i det foregående år. Derfor vil tilskuddet i 2020 være 0,829 kr./kWh [59].

#### Pristillæg 2

Størrelsen på dette tillæg er afhængig af prisen på naturgas i det foregående år. Tillægget er 0,26 kr./kWh og tildeles efter en naturgaspris på 53,2 kr./GJ. Dette tillæg stiger for hver 1 kr./GJ naturgasprisen falder. Derfor vil tillægget i 2020 være 0,408 kr./kWh [59]. Hermed gives der et samlet tilskud på 0,1237 kr./kWh.

I projektet anvendes størrelsen på tilskud opgivet i regnskabet fra EMR.

### Opgraderingsanlæg

Hvis EMR vælger at opgradere biogassen til biometan, så gives tilskuddet nævnt i afsnit D.4 ikke længere, fordi der ikke produceres el, men i stedet gives tilskud vedrørende opgraderingen. Dette tilskud reguleres ift. to parametre:

- Årligt indeksreguleret
- Reguleret ift. naturgasprisen

I 2020 gives et grundtillæg på 82,6 kr./GJ og et naturgastillæg på 43,8 kr./GJ, således at det samlede tilskud er 126,4 kr./GJ. Ligeledes gives et tilskud til procesvarme, som i 2020 er 48,8 kr./GJ [60].

## E Regnskab

### E.1 Årsregnskab EMR

| Periode                                  | 31.03.2020                 |                            |                        |                           |                   |
|------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------|
|                                          | Realiseret<br>pr. 31.03.20 | Realiseret<br>pr. 31.12.19 | Budget<br>pr. 31.03.20 | Afvigelse<br>Real./budget | Budget<br>2020    |
| <b>Omsætning</b>                         |                            |                            |                        |                           |                   |
| Varme                                    | 693.728                    | 3.585.853                  | 718.000                | -24.272                   | 2.659.800         |
| El                                       | 2.223.830                  | 7.732.521                  | 1.943.000              | 280.830                   | 8.546.990         |
| Støtte - el                              | 1.094.410                  | 2.099.497                  | 955.000                | 139.410                   | 4.206.480         |
| <b>Omsætning i alt</b>                   | <b>4.011.969</b>           | <b>13.417.871</b>          | <b>3.616.000</b>       | <b>395.969</b>            | <b>15.413.270</b> |
| <b>Produktionsomkostninger</b>           |                            |                            |                        |                           |                   |
| Biogas                                   | 2.231.096                  | 7.951.990                  | 1.943.000              | 288.096                   | 8.112.000         |
| Serviceeftersyn incl. olie               | 49.920                     | 61.275                     | 57.000                 | -7.080                    | 230.000           |
| Leje & uddannelse af driftspersonel      | 79.886                     | 366.047                    | 120.000                | -40.114                   | 476.250           |
| El                                       | 42.352                     | 166.431                    | 38.000                 | 4.352                     | 169.575           |
| Vedligehold                              | 43.899                     | 1.704.175                  | 150.000                | -106.101                  | 600.000           |
| Målinger                                 | -                          | -                          | -                      | -                         | -                 |
| Kurser                                   | 5.458                      | -                          | 6.000                  | -542                      | 100.000           |
| Ejendom                                  | 12.750                     | 54.048                     | 12.000                 | 750                       | 56.000            |
| Afgifter                                 | 106.419                    | 81.359                     | 53.000                 | 53.419                    | 220.000           |
| <b>Produktionsomkostninger i alt</b>     | <b>2.571.780</b>           | <b>10.385.325</b>          | <b>2.379.000</b>       | <b>192.780</b>            | <b>9.963.825</b>  |
| <b>Administrationsomkostninger</b>       |                            |                            |                        |                           |                   |
| Abonnementer                             | 18.226                     | 17.142                     | 20.000                 | -1.774                    | 20.000            |
| Forsikringer                             | -                          | -                          | -                      | -                         | 45.000            |
| Management Fee                           | 26.883                     | 78.536                     | 51.000                 | -24.117                   | 206.400           |
| Revision                                 | -7.310                     | 18.606                     | 5.000                  | -12.310                   | 20.000            |
| Advokat                                  | -                          | -                          | -                      | -                         | 25.000            |
| Konsulent                                | 38.625                     | -                          | 6.000                  | 32.625                    | 25.000            |
| Øvrige                                   | -                          | 0                          | -                      | -                         | -                 |
| <b>Administrationsomkostninger i alt</b> | <b>76.424</b>              | <b>114.284</b>             | <b>82.000</b>          | <b>-5.576</b>             | <b>341.400</b>    |
| <b>Afskrivninger</b>                     |                            |                            |                        |                           |                   |
| Gasmotorer                               | 291.274                    | 1.165.094                  | 291.000                | 274                       | 1.165.094         |
| Bygning                                  | 9.500                      | 38.000                     | 9.501                  | -1                        | 38.000            |
| <b>Afskrivning i alt</b>                 | <b>300.773</b>             | <b>1.203.094</b>           | <b>300.501</b>         | <b>272</b>                | <b>1.203.094</b>  |
| <b>Renter</b>                            |                            |                            |                        |                           |                   |
| Indtægt                                  | -                          | -                          | -                      | -                         | -                 |
| Udgift                                   | 18.045                     | 69.374                     | 5.761                  | 12.284                    | 21.197            |
| <b>Renter i alt</b>                      | <b>18.045</b>              | <b>69.374</b>              | <b>5.761</b>           | <b>12.284</b>             | <b>21.197</b>     |
| <b>Omkostninger i alt</b>                | <b>2.967.022</b>           | <b>11.772.076</b>          | <b>2.767.262</b>       | <b>199.760</b>            | <b>11.529.516</b> |
| <b>Resultat før skat</b>                 | <b>1.044.947</b>           | <b>1.645.795</b>           | <b>848.738</b>         | <b>196.209</b>            | <b>3.883.754</b>  |

#### Kommentarer til regnskab pr. 31.03.2020:

Resultatet for 1. kvartal 2020 på t.kr. 1.044,9 er t.kr. 196,2 større end budgetteret.

Omsætningen er t.kr. 395,9 større p.g.a en øget produktion af el, og omkostningerne er t.kr. 199,7 større end budgetteret.

Afvigelsen på omkostningssiden på t.dk. 199,7 skyldes bl.a:

**Produktionsomkostninger** - afvigelse på t.kr. 192,7.

Køb af ca. 144.000 m3 biogas mere, giver en ekstraomkostning på t.dk. 288.

Både vedligeholdelse og drift og leje af driftspersonale er noget mindre end budgetteret. Der er budgetteret med 315 timer, men kun brugt 221,5 timer.

**Afgifter** - er t.kr. 53,4 større end forventet. Men refusion af biogasafgift 1. kv. t.kr. 41,4 er først indberettet i april.

Og det ekstra forbrug af biogas medfører ekstra udgift på ca. t.kr. 8,4 i afgift.

**Administrationsomkostninger** - er stort set som budgetteret. Dog noget mindre timeforbrug og større forbrug til konsulent. Forbrug af konsulent er primært a'contofaktura på rådgivning om varmeforsyningsloven på t.kr. 34.

**Afskrivninger** - Svarer til budgettet

**Renter** - Afvigelsen på t.kr. 12,2 er kreditrente til banken.

## E.2 Afgiftsregnskab EMR

|                     |                                          |                |                                                     | VCS                       |                                                    | Beregning af E-formel mv                                  |                                             |                     |                        |                     |                        |  | VCS-Energy refusion          |             |  |                                |                        | VCS                     |                                |
|---------------------|------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|--|------------------------------|-------------|--|--------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------------|
|                     | Købt biogas i alt                        | Metanindhold % | Afgiftspligtig mængde                               | Energi afgift af købt gas | Forbrug af biogas i alt til Kedler omregnet til GJ | Forbrug af biogas i alt til El produktion omregnet til GJ | Fremstillet el i GJ                         | Andel af gas til el | Andel af gas til varme | Andel af gas til el | Andel af gas til varme |  | Fradragsberettiget gasafgift | Kvartal sum |  | Gasafgift til varmfremstilling | Produceret varme i alt | Salg til VCS Ejby mølle | Gasafgift andel VCS Ejby mølle |
| 2019                | m3                                       |                | m3                                                  | 0,098 kr/m3 gas           | GJ                                                 | GJ                                                        | GJ                                          | GJ                  | GJ                     | %                   | %                      |  | E*el %                       |             |  | E*Varme %                      | GJ                     | GJ                      | kr.                            |
|                     |                                          |                | B*C*35,9/39,6                                       |                           |                                                    | (D*39,6/1000)-F                                           |                                             |                     |                        |                     |                        |  | kr.                          | kr.         |  | kr.                            |                        |                         |                                |
| Jan                 | 338.949                                  | 63,45%         | 194.974                                             | 19.107                    | 148                                                | 7.573                                                     | 2.896                                       | 4.323               | 3.251                  | 57,08%              | 42,92%                 |  | 10.906                       |             |  | 8.201                          | 4213                   | 1.450                   | 2.823                          |
| Feb                 | 295.341                                  | 64,20%         | 171.905                                             | 16.847                    | 935                                                | 5.873                                                     | 2.331                                       | 3.480               | 2.393                  | 59,25%              | 40,75%                 |  | 9.981                        |             |  | 6.865                          | 4122                   | 1.312                   | 2.185                          |
| Marts               | 317.917                                  | 63,67%         | 183.492                                             | 17.982                    | 875                                                | 6.391                                                     | 2.561                                       | 3.822               | 2.569                  | 59,80%              | 40,20%                 |  | 10.754                       | 31.642      |  | 7.228                          | 4413                   | 1.451                   | 2.376                          |
| April               | 360.048                                  | 64,11%         | 209.248                                             | 20.506                    | 265                                                | 8.022                                                     | 3.172                                       | 4.735               | 3.287                  | 59,03%              | 40,97%                 |  | 12.104                       |             |  | 8.402                          | 4610                   | 1.143                   | 2.084                          |
| Maj                 | 339.023                                  | 63,55%         | 195.307                                             | 19.140                    | 411                                                | 7.324                                                     | 2.938                                       | 4.384               | 2.939                  | 59,87%              | 40,13%                 |  | 11.459                       |             |  | 7.681                          | 4457                   | 991                     | 1.708                          |
| Juni                | 292.126                                  | 63,91%         | 169.248                                             | 16.586                    | 329                                                | 6.373                                                     | 2.556                                       | 3.814               | 2.559                  | 59,85%              | 40,15%                 |  | 9.927                        | 33.490      |  | 6.659                          | 3875                   | 852                     | 1.463                          |
| Juli                | 324.405                                  | 63,66%         | 187.232                                             | 18.349                    | 123                                                | 7.291                                                     | 2.955                                       | 4.410               | 2.881                  | 60,49%              | 39,51%                 |  | 11.098                       |             |  | 7.250                          | 4177                   | 866                     | 1.503                          |
| Aug                 | 344.875                                  | 64,71%         | 202.307                                             | 19.826                    | 173                                                | 7.839                                                     | 3.101                                       | 4.629               | 3.210                  | 59,05%              | 40,95%                 |  | 11.708                       |             |  | 8.118                          | 4497                   | 773                     | 1.396                          |
| Sep                 | 274.158                                  | 65,42%         | 162.589                                             | 15.934                    | 775                                                | 5.663                                                     | 2.137                                       | 3.189               | 2.475                  | 56,31%              | 43,69%                 |  | 8.972                        | 31.778      |  | 6.962                          | 3716                   | 854                     | 1.599                          |
| Okt                 | 321.241                                  | 65,30%         | 190.184                                             | 18.638                    | 134                                                | 7.398                                                     | 2.814                                       | 4.200               | 3.197                  | 56,78%              | 43,22%                 |  | 10.582                       |             |  | 8.056                          | 3979                   | 1.253                   | 2.537                          |
| Nov                 | 386.804                                  | 64,67%         | 226.766                                             | 22.223                    | 26                                                 | 8.954                                                     | 3.409                                       | 5.088               | 3.866                  | 56,82%              | 43,18%                 |  | 12.628                       |             |  | 9.595                          | 4659                   | 1.544                   | 3.180                          |
| Dec                 | 381.365                                  | 64,74%         | 223.842                                             | 21.937                    | 1                                                  | 8.863                                                     | 3.393                                       | 5.064               | 3.799                  | 57,14%              | 42,86%                 |  | 12.534                       | 35.744      |  | 9.403                          | 4518                   | 1.516                   | 3.155                          |
| Sum                 | 3.976.250                                |                | 2.317.096                                           | 227.075                   |                                                    | 87.563                                                    | 34.263                                      | 51.138              | 36.425                 |                     |                        |  | 132.654                      |             |  |                                |                        |                         |                                |
| Nox og metan afgift |                                          |                |                                                     |                           |                                                    |                                                           | Nox refusion                                |                     |                        |                     |                        |  |                              |             |  |                                |                        |                         |                                |
|                     | Forbrug af biogas i motorer Biogas i NM3 | Metanindhold % | Afgiftspligtig mængde til beregning af nox og metan | Standard Nox afgift       | Metan afgift                                       |                                                           | Målt Nox afgift                             | Refusion Nox afgift |                        |                     |                        |  |                              |             |  |                                |                        |                         |                                |
| 2018                |                                          |                | B*D*35,9/1000                                       | 1 kr./GJ                  | 1,2 kr./GJ                                         |                                                           | Indberettes 1 gang årligt på blanket 23.039 |                     |                        |                     |                        |  |                              |             |  |                                |                        |                         |                                |
|                     | m3                                       |                | GJ                                                  | kr.                       | kr.                                                |                                                           | kr.                                         | kr.                 |                        |                     |                        |  |                              |             |  |                                |                        |                         |                                |
| jan                 | 332.461                                  | 63,45%         | 7.573                                               | 7.573                     | 9.088                                              |                                                           | 4.726                                       | 2.848               |                        |                     |                        |  |                              |             |  |                                |                        |                         |                                |
| Feb                 | 254.797                                  | 64,20%         | 5.873                                               | 5.873                     | 7.048                                              |                                                           | 3.665                                       | 2.208               |                        |                     |                        |  |                              |             |  |                                |                        |                         |                                |
| Marts               | 279.613                                  | 63,67%         | 6.391                                               | 6.391                     | 7.669                                              |                                                           | 3.988                                       | 2.403               |                        |                     |                        |  |                              |             |  |                                |                        |                         |                                |
| April               | 348.552                                  | 64,11%         | 8.022                                               | 8.022                     | 9.626                                              |                                                           | 5.006                                       | 3.016               |                        |                     |                        |  |                              |             |  |                                |                        |                         |                                |
| Maj                 | 321.026                                  | 63,55%         | 7.324                                               | 7.324                     | 8.788                                              |                                                           | 3.222                                       | 4.101               |                        |                     |                        |  |                              |             |  |                                |                        |                         |                                |
| Juni                | 277.786                                  | 63,91%         | 6.373                                               | 6.373                     | 7.648                                              |                                                           | 2.804                                       | 3.569               |                        |                     |                        |  |                              |             |  |                                |                        |                         |                                |
| Juli                | 319.023                                  | 63,66%         | 7.291                                               | 7.291                     | 8.750                                              |                                                           | 3.208                                       | 4.083               |                        |                     |                        |  |                              |             |  |                                |                        |                         |                                |
| Aug                 | 337.442                                  | 64,71%         | 7.839                                               | 7.839                     | 9.406                                              |                                                           | 3.449                                       | 4.390               |                        |                     |                        |  |                              |             |  |                                |                        |                         |                                |
| Sep                 | 241.155                                  | 65,42%         | 5.663                                               | 5.663                     | 6.796                                              |                                                           | 2.492                                       | 3.172               |                        |                     |                        |  |                              |             |  |                                |                        |                         |                                |
| Okt                 | 315.541                                  | 65,30%         | 7.398                                               | 7.398                     | 8.877                                              |                                                           | 3.255                                       | 4.143               |                        |                     |                        |  |                              |             |  |                                |                        |                         |                                |
| Nov                 | 385.669                                  | 64,67%         | 8.954                                               | 8.954                     | 10.744                                             |                                                           | 3.940                                       | 5.014               |                        |                     |                        |  |                              |             |  |                                |                        |                         |                                |
| Dec                 | 381.327                                  | 64,74%         | 8.863                                               | 8.863                     | 10.636                                             |                                                           | 3.900                                       | 4.963               |                        |                     |                        |  |                              |             |  |                                |                        |                         |                                |
| Sum                 | 3.794.390                                |                | 87.563                                              | 87.563                    | 105.076                                            |                                                           | 43.654                                      | 43.910              |                        |                     |                        |  |                              |             |  |                                |                        |                         |                                |

## E.3 Afgiftsregnskab opgradering

|                     |                                          |                |                                                     | VCS                       |                                                    |                                                           | Beregning af E-formel mv                    |                     |                        |                     |                        |  |                                     | VCS-Energy refusion |     |                                |                        |                         | VCS                            |  |
|---------------------|------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|--|-------------------------------------|---------------------|-----|--------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------------|--|
|                     | Købt biogas i alt                        | Metanindhold % | Afgiftspligtig mængde                               | Energi afgift af købt gas | Forbrug af biogas i alt til Kedler omregnet til GJ | Forbrug af biogas i alt til El produktion omregnet til GJ | Fremstillet el i GJ                         | Andel af gas til el | Andel af gas til varme | Andel af gas til el | Andel af gas til varme |  | Fradragsberettiget gasafgift        | Kvartal sum         |     | Gasafgift til varmfremstilling | Produceret varme i alt | Salg til VCS Ejby mølle | Gasafgift andel VCS Ejby mølle |  |
| 2019                | m3                                       |                | m3                                                  | 0,098 kr/m3 gas           | GJ                                                 | GJ                                                        | GJ                                          | GJ                  | GJ                     | %                   | %                      |  | E*el %                              |                     |     | E*Varme %                      |                        | GJ                      | GJ                             |  |
|                     |                                          |                | B*C*35,9/39,6                                       |                           |                                                    | (D*39,6/1000)-F                                           |                                             |                     |                        |                     |                        |  | kr.                                 | kr.                 |     | kr.                            |                        |                         | kr.                            |  |
| Jan                 | 338.949                                  | 63,45%         | 194.974                                             | 19.107                    | 148                                                | 7.573                                                     | 2.896                                       | 4.323               | 3.251                  | 57,08%              | 42,92%                 |  | 10.906                              |                     |     | 8.201                          | 4213                   | 1.450                   | 2.823                          |  |
| Feb                 | 295.341                                  | 64,20%         | 171.905                                             | 16.847                    | 935                                                | 5.873                                                     | 2.331                                       | 3.480               | 2.393                  | 59,25%              | 40,75%                 |  | 9.981                               |                     |     | 6.865                          | 4122                   | 1.312                   | 2.185                          |  |
| Marts               | 317.917                                  | 63,67%         | 183.492                                             | 17.982                    | 875                                                | 6.391                                                     | 2.561                                       | 3.822               | 2.569                  | 59,80%              | 40,20%                 |  | 10.754                              | 31.642              |     | 7.228                          | 4413                   | 1.451                   | 2.376                          |  |
| April               | 360.048                                  | 64,11%         | 209.248                                             | 20.506                    | 265                                                | 8.022                                                     | 3.172                                       | 4.735               | 3.287                  | 59,03%              | 40,97%                 |  | 12.104                              |                     |     | 8.402                          | 4610                   | 1.143                   | 2.084                          |  |
| Maj                 | 339.023                                  | 63,55%         | 195.307                                             | 19.140                    | 411                                                | 7.324                                                     | 2.938                                       | 4.384               | 2.939                  | 59,87%              | 40,13%                 |  | 11.459                              |                     |     | 7.681                          | 4457                   | 991                     | 1.708                          |  |
| Juni                | 292.126                                  | 63,91%         | 169.248                                             | 16.586                    | 329                                                | 6.373                                                     | 2.556                                       | 3.814               | 2.559                  | 59,85%              | 40,15%                 |  | 9.927                               | 33.490              |     | 6.659                          | 3875                   | 852                     | 1.463                          |  |
| Juli                | 324.405                                  | 63,66%         | 187.232                                             | 18.349                    | 123                                                | 7.291                                                     | 2.955                                       | 4.410               | 2.881                  | 60,49%              | 39,51%                 |  | 11.098                              |                     |     | 7.250                          | 4177                   | 866                     | 1.503                          |  |
| Aug                 | 344.875                                  | 64,71%         | 202.307                                             | 19.826                    | 173                                                | 7.839                                                     | 3.101                                       | 4.629               | 3.210                  | 59,05%              | 40,95%                 |  | 11.708                              |                     |     | 8.118                          | 4497                   | 773                     | 1.396                          |  |
| Sep                 | 274.158                                  | 65,42%         | 162.589                                             | 15.934                    | 775                                                | 5.663                                                     | 2.137                                       | 3.189               | 2.475                  | 56,31%              | 43,69%                 |  | 8.972                               | 31.778              |     | 6.962                          | 3716                   | 854                     | 1.599                          |  |
| Okt                 | 321.241                                  | 65,30%         | 190.184                                             | 18.638                    | 134                                                | 7.398                                                     | 2.814                                       | 4.200               | 3.197                  | 56,78%              | 43,22%                 |  | 10.582                              |                     |     | 8.056                          | 3979                   | 1.253                   | 2.537                          |  |
| Nov                 | 386.804                                  | 64,67%         | 226.766                                             | 22.223                    | 26                                                 | 8.954                                                     | 3.409                                       | 5.088               | 3.866                  | 56,82%              | 43,18%                 |  | 12.628                              |                     |     | 9.595                          | 4659                   | 1.544                   | 3.180                          |  |
| Dec                 | 381.365                                  | 64,74%         | 223.842                                             | 21.937                    | 1                                                  | 8.863                                                     | 3.393                                       | 5.064               | 3.799                  | 57,14%              | 42,86%                 |  | 12.534                              | 35.744              |     | 9.403                          | 4518                   | 1.516                   | 3.155                          |  |
| Sum                 | 3.976.250                                |                | 2.317.096                                           | 227.075                   |                                                    | 87.563                                                    | 34.263                                      | 51.138              | 36.425                 |                     |                        |  | 132.654                             |                     |     |                                | 51236                  |                         |                                |  |
| Nox og metan afgift |                                          |                |                                                     |                           |                                                    |                                                           |                                             |                     |                        |                     |                        |  |                                     |                     |     |                                |                        |                         |                                |  |
|                     | Forbrug af biogas i motorer Biogas i NM3 | Metanindhold % | Afgiftspligtig mængde til beregning af nox og metan | Standard Nox afgift       | Metan afgift                                       |                                                           | Målt Nox afgift                             | Refusion Nox afgift |                        |                     |                        |  |                                     |                     |     |                                |                        |                         |                                |  |
| 2018                |                                          |                | B*D*35,9/1000                                       | 1 kr./GJ                  | 1,2 kr./GJ                                         |                                                           | Indberettes 1 gang årligt på blanket 23.039 |                     |                        |                     |                        |  |                                     |                     |     |                                |                        |                         |                                |  |
|                     | m3                                       |                | GJ                                                  | kr.                       | kr.                                                |                                                           | kr.                                         | kr.                 |                        |                     |                        |  | Nox Motor 1                         | Nox Motor 2         |     |                                |                        |                         |                                |  |
| Jan                 | 332.461                                  | 99,95%         | 11.929                                              | 11.929                    | 14.315                                             |                                                           | 7.444                                       | 4.485               |                        |                     |                        |  | Standard emissionsfaktor            | 250                 | 250 |                                |                        |                         |                                |  |
| Feb                 | 254.797                                  | 99,95%         | 9.143                                               | 9.143                     | 10.971                                             |                                                           | 5.705                                       | 3.438               |                        |                     |                        |  | Målt emissionsfaktor efter 1/5-2019 | 110                 | 63  |                                |                        |                         |                                |  |
| Marts               | 279.613                                  | 99,95%         | 10.033                                              | 10.033                    | 12.040                                             |                                                           | 6.261                                       | 3.772               |                        |                     |                        |  | Målt emissionsfaktor før 1/5-2019   | 156                 | 63  |                                |                        |                         |                                |  |
| April               | 348.552                                  | 99,95%         | 12.507                                              | 12.507                    | 15.008                                             |                                                           | 7.804                                       | 4.703               |                        |                     |                        |  | Højeste emission faktor anvendes    |                     |     |                                |                        |                         |                                |  |
| Maj                 | 321.026                                  | 99,95%         | 11.519                                              | 11.519                    | 13.823                                             |                                                           | 5.068                                       | 6.451               |                        |                     |                        |  |                                     |                     |     |                                |                        |                         |                                |  |
| Juni                | 277.786                                  | 99,95%         | 9.968                                               | 9.968                     | 11.961                                             |                                                           | 4.386                                       | 5.582               |                        |                     |                        |  |                                     |                     |     |                                |                        |                         |                                |  |
| Juli                | 319.023                                  | 99,95%         | 11.447                                              | 11.447                    | 13.737                                             |                                                           | 5.037                                       | 6.410               |                        |                     |                        |  |                                     |                     |     |                                |                        |                         |                                |  |
| Aug                 | 337.442                                  | 99,95%         | 12.108                                              | 12.108                    | 14.530                                             |                                                           | 5.328                                       | 6.781               |                        |                     |                        |  |                                     |                     |     |                                |                        |                         |                                |  |
| Sep                 | 241.155                                  | 99,95%         | 8.653                                               | 8.653                     | 10.384                                             |                                                           | 3.807                                       | 4.846               |                        |                     |                        |  |                                     |                     |     |                                |                        |                         |                                |  |
| Okt                 | 315.541                                  | 99,95%         | 11.322                                              | 11.322                    | 13.587                                             |                                                           | 4.982                                       | 6.340               |                        |                     |                        |  |                                     |                     |     |                                |                        |                         |                                |  |
| Nov                 | 385.669                                  | 99,95%         | 13.839                                              | 13.839                    | 16.606                                             |                                                           | 6.089                                       | 7.750               |                        |                     |                        |  |                                     |                     |     |                                |                        |                         |                                |  |
| Dec                 | 381.327                                  | 99,95%         | 13.683                                              | 13.683                    | 16.419                                             |                                                           | 6.020                                       | 7.662               |                        |                     |                        |  |                                     |                     |     |                                |                        |                         |                                |  |
| Sum                 | 3.794.390                                |                | 136.150                                             | 136.150                   | 163.381                                            |                                                           | 67.931                                      | 68.220              |                        |                     |                        |  |                                     |                     |     |                                |                        |                         |                                |  |

F Samfundsøkonomisk analyse ved anvendelse af rå biogas

| År                                     | 2020          | 2021          | 2022          | 2023          | 2024          | 2025          | 2026          | 2027          | 2028          | 2029          | 2030          | 2031          | 2032          | 2033          | 2034          |
|----------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Produktionsomkostninger [kr.]          |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Biogas                                 | -7.819.336,00 | -7.936.626,04 | -8.055.675,43 | -8.176.510,56 | -8.299.158,22 | -8.423.645,59 | -8.550.000,28 | -8.678.250,28 | -8.808.424,04 | -8.940.550,40 | -9.074.658,65 | -9.210.778,53 | -9.348.940,21 | -9.489.174,31 | -9.631.511,93 |
| Serviceeftersyn inklusiv olie          | -61.275,00    | -62.194,13    | -63.127,04    | -64.073,94    | -65.035,05    | -66.010,58    | -67.000,74    | -68.005,75    | -69.025,83    | -70.061,22    | -71.112,14    | -72.178,82    | -73.261,50    | -74.360,43    | -75.475,83    |
| Leje og uddannelse af driftspersonale  | -366.047,00   | -371.537,71   | -377.110,77   | -382.767,43   | -388.508,94   | -394.336,58   | -400.251,63   | -406.255,40   | -412.349,23   | -418.534,47   | -424.812,49   | -431.184,67   | -437.652,44   | -444.217,23   | -450.880,49   |
| El                                     | -166.431,00   | -168.927,47   | -171.461,38   | -174.033,30   | -176.643,80   | -179.293,45   | -181.982,86   | -184.712,60   | -187.483,29   | -190.295,54   | -193.149,97   | -196.047,22   | -198.987,93   | -201.972,75   | -205.002,34   |
| Vedligeholdelse                        | -1.704.175,00 | -1.729.737,63 | -1.755.683,69 | -1.782.018,94 | -1.808.749,23 | -1.835.880,47 | -1.863.418,67 | -1.891.369,95 | -1.919.740,50 | -1.948.536,61 | -1.977.764,66 | -2.007.431,13 | -2.037.542,60 | -2.068.105,74 | -2.099.127,32 |
| Målinger                               | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          |
| Kurser                                 | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          |
| Ejendom                                | -54.048,00    | -54.858,72    | -55.681,60    | -56.516,82    | -57.364,58    | -58.225,05    | -59.098,42    | -59.984,90    | -60.884,67    | -61.797,94    | -62.724,91    | -63.665,78    | -64.620,77    | -65.590,08    | -66.573,93    |
| Luftemissioner                         |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| CH4                                    | -105.076,00   | -106.652,14   | -108.251,92   | -109.875,70   | -111.523,84   | -113.196,69   | -114.894,64   | -116.618,06   | -118.367,34   | -120.142,85   | -121.944,99   | -123.774,16   | -125.630,77   | -127.515,24   | -129.427,97   |
| NOx                                    | -43.653,92    | -44.308,72    | -44.973,35    | -45.647,96    | -46.332,67    | -47.027,66    | -47.733,08    | -48.449,08    | -49.175,81    | -49.913,45    | -50.662,15    | -51.422,08    | -52.193,41    | -52.976,32    | -53.770,96    |
| Indtægter [kr.]                        |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Salg af varme                          | 3.585.853,00  | 3.639.640,80  | 3.694.235,41  | 3.749.648,94  | 3.805.893,67  | 3.862.982,08  | 3.920.926,81  | 3.979.740,71  | 4.039.436,82  | 4.100.028,37  | 4.161.528,80  | 4.223.951,73  | 4.287.311,01  | 4.351.620,67  | 4.416.894,98  |
| Salg af el                             | 7.732.521,00  | 7.848.508,82  | 7.966.236,45  | 8.085.729,99  | 8.207.015,94  | 8.330.121,18  | 8.455.073,00  | 8.581.899,10  | 8.710.627,58  | 8.841.287,00  | 8.973.906,30  | 9.108.514,90  | 9.245.142,62  | 9.383.819,76  | 9.524.577,05  |
| Total (indtægter minus udgifter) [kr.] |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|                                        | 998.332,08    | 1.013.307,07  | 1.028.506,67  | 1.043.934,27  | 1.059.593,29  | 1.075.487,19  | 1.091.619,49  | 1.107.993,79  | 1.124.613,69  | 1.141.482,90  | 1.158.605,14  | 1.175.984,22  | 1.193.623,98  | 1.211.528,34  | 1.229.701,27  |

## F SAMFUNDSØKONOMISK ANALYSE VED ANVENDELSE AF RÅ BIOGAS

| Investering                                                             | 16.000.000,00     |                    |                            |                     |                   |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------|----------------------------|---------------------|-------------------|
| Diskonteringsrente                                                      | 4%                |                    |                            |                     |                   |
| Nettoafgiftsfaktor                                                      | 28%               |                    |                            |                     |                   |
| Skatteforvridningstab                                                   | 10%               |                    |                            |                     |                   |
| Investering inklustiv<br>skatteforvridningstab<br>og nettoafgiftsfaktor | 22.528.000,00     |                    |                            |                     |                   |
|                                                                         |                   |                    |                            |                     |                   |
| År                                                                      | Investering [kr.] | Nettoindbetalinger | Nettobetalingssstrøm [kr.] | Diskonteringsfaktor | Nutidsværdi [kr.] |
| 0                                                                       | -22.528.000,00    |                    | -22.528.000,00             | 1,00                | -22.528.000,00    |
| 1                                                                       |                   | 998.332,08         | 998.332,08                 | 0,96                | 959.934,70        |
| 2                                                                       |                   | 1.013.307,07       | 1.013.307,07               | 0,92                | 936.859,34        |
| 3                                                                       |                   | 1.028.506,67       | 1.028.506,67               | 0,89                | 914.338,69        |
| 4                                                                       |                   | 1.043.934,27       | 1.043.934,27               | 0,85                | 892.359,39        |
| 5                                                                       |                   | 1.059.593,29       | 1.059.593,29               | 0,82                | 870.908,44        |
| 6                                                                       |                   | 1.075.487,19       | 1.075.487,19               | 0,79                | 849.973,14        |
| 7                                                                       |                   | 1.091.619,49       | 1.091.619,49               | 0,76                | 829.541,10        |
| 8                                                                       |                   | 1.107.993,79       | 1.107.993,79               | 0,73                | 809.600,21        |
| 9                                                                       |                   | 1.124.613,69       | 1.124.613,69               | 0,70                | 790.138,66        |
| 10                                                                      |                   | 1.141.482,90       | 1.141.482,90               | 0,68                | 771.144,95        |
| 11                                                                      |                   | 1.158.605,14       | 1.158.605,14               | 0,65                | 752.607,81        |
| 12                                                                      |                   | 1.175.984,22       | 1.175.984,22               | 0,62                | 734.516,27        |
| 13                                                                      |                   | 1.193.623,98       | 1.193.623,98               | 0,60                | 716.859,63        |
| 14                                                                      |                   | 1.211.528,34       | 1.211.528,34               | 0,58                | 699.627,43        |
| 15                                                                      |                   | 1.229.701,27       | 1.229.701,27               | 0,56                | 682.809,46        |
|                                                                         |                   |                    |                            |                     |                   |
| Kapitalværdi                                                            |                   |                    |                            |                     | -10.316.780,78    |

G Selskabsøkonomisk analyse ved anvendelse af rå bio-  
gas

| År                                     | 2020          | 2021          | 2022          | 2023          | 2024          | 2025          | 2026          | 2027          | 2028          | 2029          | 2030          | 2031          | 2032          | 2033          | 2034          |
|----------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Produktionsomkostninger [kr.]          |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Biogas                                 | -7.951.990,00 | -8.071.269,85 | -8.192.338,90 | -8.315.223,98 | -8.439.952,34 | -8.566.551,63 | -8.695.049,90 | -8.825.475,65 | -8.957.857,78 | -9.092.225,65 | -9.228.609,04 | -9.367.038,17 | -9.507.543,74 | -9.650.156,90 | -9.794.909,25 |
| Serviceeftersyn inklusiv olie          | -61.275,00    | -62.194,13    | -63.127,04    | -64.073,94    | -65.035,05    | -66.010,58    | -67.000,74    | -68.005,75    | -69.025,83    | -70.061,22    | -71.112,14    | -72.178,82    | -73.261,50    | -74.360,43    | -75.475,83    |
| Leje og uddannelse af driftspersonale  | -366.047,00   | -371.537,71   | -377.110,77   | -382.767,43   | -388.508,94   | -394.336,58   | -400.251,63   | -406.255,40   | -412.349,23   | -418.534,47   | -424.812,49   | -431.184,67   | -437.652,44   | -444.217,23   | -450.880,49   |
| El                                     | -166.431,00   | -168.927,47   | -171.461,38   | -174.033,30   | -176.643,80   | -179.293,45   | -181.982,86   | -184.712,60   | -187.483,29   | -190.295,54   | -193.149,97   | -196.047,22   | -198.987,93   | -201.972,75   | -205.002,34   |
| Vedligeholdelse                        | -1.704.175,00 | -1.729.737,63 | -1.755.683,69 | -1.782.018,94 | -1.808.749,23 | -1.835.880,47 | -1.863.418,67 | -1.891.369,95 | -1.919.740,50 | -1.948.536,61 | -1.977.764,66 | -2.007.431,13 | -2.037.542,60 | -2.068.105,74 | -2.099.127,32 |
| Målinger                               | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          |
| Kurser                                 | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          |
| Ejendom                                | -54.048,00    | -54.858,72    | -55.681,60    | -56.516,82    | -57.364,58    | -58.225,05    | -59.098,42    | -59.984,90    | -60.884,67    | -61.797,94    | -62.724,91    | -63.665,78    | -64.620,77    | -65.590,08    | -66.573,93    |
| Afgifter                               | -94.421,00    | -95.837,32    | -97.274,87    | -98.734,00    | -100.215,01   | -101.718,23   | -103.244,01   | -104.792,67   | -106.364,56   | -107.960,02   | -109.579,43   | -111.223,12   | -112.891,46   | -114.584,84   | -116.303,61   |
| Indtægter [kr.]                        |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Salg af varme                          | 3.585.853,00  | 3.639.640,80  | 3.694.235,41  | 3.749.648,94  | 3.805.893,67  | 3.862.982,08  | 3.920.926,81  | 3.979.740,71  | 4.039.436,82  | 4.100.028,37  | 4.161.528,80  | 4.223.951,73  | 4.287.311,01  | 4.351.620,67  | 4.416.894,98  |
| Salg af el                             | 7.732.521,00  | 7.848.508,82  | 7.966.236,45  | 8.085.729,99  | 8.207.015,94  | 8.330.121,18  | 8.455.073,00  | 8.581.899,10  | 8.710.627,58  | 8.841.287,00  | 8.973.906,30  | 9.108.514,90  | 9.245.142,62  | 9.383.819,76  | 9.524.577,05  |
| Støtte vedrørende elproduktion         | 2.099.497,00  | 2.130.989,46  | 2.162.954,30  | 2.195.398,61  | 2.228.329,59  | 2.261.754,53  | 2.295.680,85  | 2.330.116,07  | 2.365.067,81  | 2.400.543,82  | 2.436.551,98  | 2.473.100,26  | 2.510.196,76  | 2.547.849,72  | 2.586.067,46  |
| Total (indtægter minus udgifter) [kr.] |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|                                        | 3.019.484,00  | 3.064.776,26  | 3.110.747,90  | 3.157.409,12  | 3.204.770,26  | 3.252.841,81  | 3.301.634,44  | 3.351.158,96  | 3.401.426,34  | 3.452.447,74  | 3.504.234,45  | 3.556.797,97  | 3.610.149,94  | 3.664.302,19  | 3.719.266,72  |
| Medregnet inflation                    |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|                                        | 1,5%          |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |

## G SELSKABSØKONOMISK ANALYSE VED ANVENDELSE AF RÅ BIOGAS

|                           |                          |                                 |                                   |                            |                          |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| <b>Investering</b>        | 16.000.000,00            |                                 |                                   |                            |                          |
| <b>Diskonteringsrente</b> | 4%                       |                                 |                                   |                            |                          |
|                           |                          |                                 |                                   |                            |                          |
|                           |                          |                                 |                                   |                            |                          |
| <b>År</b>                 | <b>Investering [kr.]</b> | <b>Nettoindbetalinger [kr.]</b> | <b>Nettobetalingssstrøm [kr.]</b> | <b>Diskonteringsfaktor</b> | <b>Nutidsværdi [kr.]</b> |
| 0                         | -16.000.000,00           |                                 | -16.000.000,00                    | 1,00                       | -16.000.000,00           |
| 1                         |                          | 3.019.484,00                    | 3.019.484,00                      | 0,96                       | 2.903.350,00             |
| 2                         |                          | 3.064.776,26                    | 3.064.776,26                      | 0,92                       | 2.833.557,93             |
| 3                         |                          | 3.110.747,90                    | 3.110.747,90                      | 0,89                       | 2.765.443,56             |
| 4                         |                          | 3.157.409,12                    | 3.157.409,12                      | 0,85                       | 2.698.966,55             |
| 5                         |                          | 3.204.770,26                    | 3.204.770,26                      | 0,82                       | 2.634.087,55             |
| 6                         |                          | 3.252.841,81                    | 3.252.841,81                      | 0,79                       | 2.570.768,13             |
| 7                         |                          | 3.301.634,44                    | 3.301.634,44                      | 0,76                       | 2.508.970,82             |
| 8                         |                          | 3.351.158,96                    | 3.351.158,96                      | 0,73                       | 2.448.659,03             |
| 9                         |                          | 3.401.426,34                    | 3.401.426,34                      | 0,70                       | 2.389.797,03             |
| 10                        |                          | 3.452.447,74                    | 3.452.447,74                      | 0,68                       | 2.332.349,99             |
| 11                        |                          | 3.504.234,45                    | 3.504.234,45                      | 0,65                       | 2.276.283,88             |
| 12                        |                          | 3.556.797,97                    | 3.556.797,97                      | 0,62                       | 2.221.565,52             |
| 13                        |                          | 3.610.149,94                    | 3.610.149,94                      | 0,60                       | 2.168.162,50             |
| 14                        |                          | 3.664.302,19                    | 3.664.302,19                      | 0,58                       | 2.116.043,21             |
| 15                        |                          | 3.719.266,72                    | 3.719.266,72                      | 0,56                       | 2.065.176,79             |
| <b>Kapitalværdi</b>       |                          |                                 |                                   |                            | 20.933.182,48            |

## H Overslagspris fra Nærenergi Danmark

Dan Madsen <DHM@naerenergi.com>

ma 25-05, 11:52

Michella Biesbjerg Nielsen; Jacob Himmelstrup <jah@naerenergi.com> ↵

💰 Svar til alle | ↵

Hej Michella

For overslagspriser på opgraderingsanlæg til 500m<sup>3</sup>/h@ 36% CO<sub>2</sub> inkl. Kompression til 4bar(det danske gasnet) skal du regne med ca. 8-10mio eksklusiv bygning(0,5-1mio) og hedtvandskedel(130-140grader fremløb), denne koster ca. 1 million.  
Mål for anlæg eks. Kedel er ca. 8x15m.

Det eksisterende aktivt kul anlæg, kan højst sandsynligt flyttes til at behandle rejekt gassen (CO<sub>2</sub> strømmen) og rense denne for H<sub>2</sub>S. Der skal her påregnes udgifter til flytning og integrering.

Håber dette kan hjælpe dig videre, hvis du har flere spørgsmål så hold dig endelig ikke tilbage.

Med Venlig Hilsen / Best Regards

**Dan Haahr Madsen**

Head of Operations

Mobil: +45 22 21 30 37

E-mail & Skype for Business: [dhm@naerenergi.com](mailto:dhm@naerenergi.com)

**nærenergi**

Nærenergi Danmark A/S

Vandtårnsvej 100

DK-2860 Søborg

Tlf.: +45 25 94 45 02

Website: [www.naerenergi.com](http://www.naerenergi.com)

## I Beregning af elpris ved opgradering

|                                                |              |                |
|------------------------------------------------|--------------|----------------|
| <b>Elforbrug total</b>                         | 1.550.737,50 | m <sup>3</sup> |
| <b>Elforbrug minus proces</b>                  | 1.395.663,75 | m <sup>3</sup> |
| <b>Elforbrug proces</b>                        | 155.073,75   | m <sup>3</sup> |
|                                                |              |                |
| <b>Elpris ved opgradering</b>                  | 0,09         | kr./kWh        |
|                                                |              |                |
| <b>Elpris (2020-2022)</b>                      | 1,60         | kr./kWh        |
| <b>Elpris (fra 2023)</b>                       | 1,53         | kr./kWh        |
| <b>Elpris proces (2020-2022)</b>               | 0,47         | kr./kWh        |
| <b>Elpris proces (fra 2023)</b>                | 0,39         | kr./kWh        |
|                                                |              |                |
| <b>Udgift elpris per år (2020-2022)</b>        | 201.553,38   | kr.            |
| <b>Udgift elpris per år (fra 2023)</b>         | 191.969,36   | kr.            |
| <b>Udgift elpris proces per år (2020-2022)</b> | 6.510,77     | kr.            |
| <b>Udgift elpris proces per år (fra 2023)</b>  | 5.443,09     | kr.            |
|                                                |              |                |
| <b>Elpris total per år (2020-2022)</b>         | 208.064,16   | kr.            |
| <b>Elpris total per år (fra 2023)</b>          | 197.412,45   | kr.            |

J Samfundsøkonomisk analyse ved opgradering til bio-  
metan

| År                                       | 2020          | 2021          | 2022          | 2023          | 2024          | 2025          | 2026          | 2027          | 2028          | 2029          | 2030          | 2031          | 2032           | 2033           | 2034           |
|------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Produktionsomkostninger [kr.]            |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |                |                |                |
| Biogas                                   | -7.951.990,00 | -8.071.269,85 | -8.192.338,90 | -8.315.223,98 | -8.439.952,34 | -8.566.551,63 | -8.695.049,90 | -8.825.475,65 | -8.957.857,78 | -9.092.225,65 | -9.228.609,04 | -9.367.038,17 | -9.507.543,74  | -9.650.156,90  | -9.794.909,25  |
| Serviceeftersyn inklusiv olie            | -61.275,00    | -62.194,13    | -63.127,04    | -64.073,94    | -65.035,05    | -66.010,58    | -67.000,74    | -68.005,75    | -69.025,83    | -70.061,22    | -71.112,14    | -72.178,82    | -73.261,50     | -74.360,43     | -75.475,83     |
| Leje og uddannelse af driftspersonale    | -366.047,00   | -371.537,71   | -377.110,77   | -382.767,43   | -388.508,94   | -394.336,58   | -400.251,63   | -406.255,40   | -412.349,23   | -418.534,47   | -424.812,49   | -431.184,67   | -437.652,44    | -444.217,23    | -450.880,49    |
| Vedligeholdelse                          | -1.704.175,00 | -1.729.737,63 | -1.755.683,69 | -1.782.018,94 | -1.808.749,23 | -1.835.880,47 | -1.863.418,67 | -1.891.369,95 | -1.919.740,50 | -1.948.536,61 | -1.977.764,66 | -2.007.431,13 | -2.037.542,60  | -2.068.105,74  | -2.099.127,32  |
| Målinger                                 | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00           | 0,00           | 0,00           |
| Kurser                                   | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00           | 0,00           | 0,00           |
| Ejendom                                  | -54.048,00    | -54.858,72    | -55.681,60    | -56.516,82    | -57.364,58    | -58.225,05    | -59.098,42    | -59.984,90    | -60.884,67    | -61.797,94    | -62.724,91    | -63.665,78    | -64.620,77     | -65.590,08     | -66.573,93     |
| Luftemissioner                           |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |                |                |                |
| CH4                                      | -163.381,00   | -165.831,72   | -168.319,19   | -170.843,98   | -173.406,64   | -176.007,74   | -178.647,85   | -181.327,57   | -184.047,49   | -186.808,20   | -189.610,32   | -192.454,48   | -195.341,29    | -198.271,41    | -201.245,48    |
| NOx                                      | -67.931,00    | -68.949,97    | -69.984,21    | -71.033,98    | -72.099,49    | -73.180,98    | -74.278,69    | -75.392,87    | -76.523,77    | -77.671,62    | -78.836,70    | -80.019,25    | -81.219,54     | -82.437,83     | -83.674,40     |
| Beregnete udgifter til el og varme [kr.] |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |                |                |                |
| Varmeforbrug biogasanlæg                 | -1.351.485,00 | -1.371.757,28 | -1.392.333,63 | -1.413.218,64 | -1.434.416,92 | -1.455.933,17 | -1.477.772,17 | -1.499.938,75 | -1.522.437,83 | -1.545.274,40 | -1.568.453,52 | -1.591.980,32 | -1.615.860,02  | -1.640.097,92  | -1.664.699,39  |
| Varmeforbrug biometananlæg               | -334.146,06   | -339.158,25   | -344.245,62   | -349.409,31   | -354.650,45   | -359.970,20   | -365.369,76   | -370.850,30   | -376.413,06   | -382.059,25   | -387.790,14   | -393.606,99   | -399.511,10    | -405.503,76    | -411.586,32    |
| Elforbrug total                          | -208.064,16   | -211.185,12   | -214.352,90   | -197.412,45   | -200.373,64   | -203.379,24   | -206.429,93   | -209.526,38   | -212.669,28   | -215.859,31   | -219.097,20   | -222.383,66   | -225.719,42    | -229.105,21    | -232.541,79    |
| Indtægter [kr.]                          |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |                |                |                |
| Salg                                     | 3.843.844,08  | 3.901.501,74  | 3.960.024,26  | 4.019.424,63  | 4.079.716,00  | 4.140.911,74  | 4.203.025,41  | 4.266.070,80  | 4.330.061,86  | 4.395.012,78  | 4.460.937,98  | 4.527.852,05  | 4.595.769,83   | 4.664.706,37   | 4.734.676,97   |
| Total (indtægter minus udgifter) [kr.]   |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |                |                |                |
|                                          | -8.418.698,14 | -8.544.978,61 | -8.673.153,29 | -8.783.094,85 | -8.914.841,27 | -9.048.563,89 | -9.184.292,35 | -9.322.056,73 | -9.461.887,58 | -9.603.815,90 | -9.747.873,14 | -9.894.091,23 | -10.042.502,60 | -10.193.140,14 | -10.346.037,24 |
| Medregnet inflation                      |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |                |                |                |
|                                          | 1,5%          |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |                |                |                |

## J SAMFUNDSØKONOMISK ANALYSE VED OPGRADERING TIL BIOMETAN

|                                                                         |                   |                          |                            |                     |                   |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------|
| Investering                                                             | 25.500.000,00     |                          |                            |                     |                   |
| Diskonteringsrente                                                      | 4%                |                          |                            |                     |                   |
| Nettoafgiftsfaktor                                                      | 28%               |                          |                            |                     |                   |
| Skatteforvridningstab                                                   | 10%               |                          |                            |                     |                   |
| Investering inklustiv<br>skatteforvridningstab og<br>nettoafgiftsfaktor | 35.904.000,00     |                          |                            |                     |                   |
|                                                                         |                   |                          |                            |                     |                   |
| År                                                                      | Investering [kr.] | Nettoindbetalinger [kr.] | Nettobetalingssstrøm [kr.] | Diskonteringsfaktor | Nutidsværdi [kr.] |
| 0                                                                       | -35.904.000,00    |                          | -35.904.000,00             | 1,00                | -35.904.000,00    |
| 1                                                                       |                   | -8.418.698,14            | -8.418.698,14              | 0,96                | -8.094.902,05     |
| 2                                                                       |                   | -8.544.978,61            | -8.544.978,61              | 0,92                | -7.900.313,06     |
| 3                                                                       |                   | -8.673.153,29            | -8.673.153,29              | 0,89                | -7.710.401,69     |
| 4                                                                       |                   | -8.783.094,85            | -8.783.094,85              | 0,85                | -7.507.826,29     |
| 5                                                                       |                   | -8.914.841,27            | -8.914.841,27              | 0,82                | -7.327.349,69     |
| 6                                                                       |                   | -9.048.563,89            | -9.048.563,89              | 0,79                | -7.151.211,48     |
| 7                                                                       |                   | -9.184.292,35            | -9.184.292,35              | 0,76                | -6.979.307,36     |
| 8                                                                       |                   | -9.322.056,73            | -9.322.056,73              | 0,73                | -6.811.535,55     |
| 9                                                                       |                   | -9.461.887,58            | -9.461.887,58              | 0,70                | -6.647.796,71     |
| 10                                                                      |                   | -9.603.815,90            | -9.603.815,90              | 0,68                | -6.487.993,91     |
| 11                                                                      |                   | -9.747.873,14            | -9.747.873,14              | 0,65                | -6.332.032,51     |
| 12                                                                      |                   | -9.894.091,23            | -9.894.091,23              | 0,62                | -6.179.820,19     |
| 13                                                                      |                   | -10.042.502,60           | -10.042.502,60             | 0,60                | -6.031.266,82     |
| 14                                                                      |                   | -10.193.140,14           | -10.193.140,14             | 0,58                | -5.886.284,45     |
| 15                                                                      |                   | -10.346.037,24           | -10.346.037,24             | 0,56                | -5.744.787,23     |
| Kapitalværdi                                                            |                   |                          |                            |                     | -138.696.828,99   |

K Selskabsøkonomisk analyse ved opgradering til bio-  
metan

| År                                       | 2020          | 2021          | 2022          | 2023          | 2024          | 2025          | 2026          | 2027          | 2028          | 2029          | 2030          | 2031          | 2032          | 2033          | 2034          |
|------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Produktionsomkostninger [kr.]            |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Biogas                                   | -7.951.990,00 | -8.071.269,85 | -8.192.338,90 | -8.315.223,98 | -8.439.952,34 | -8.566.551,63 | -8.695.049,90 | -8.825.475,65 | -8.957.857,78 | -9.092.225,65 | -9.228.609,04 | -9.367.038,17 | -9.507.543,74 | -9.650.156,90 | -9.794.909,25 |
| Serviceeftersyn inklusiv olie            | -61.275,00    | -62.194,13    | -63.127,04    | -64.073,94    | -65.035,05    | -66.010,58    | -67.000,74    | -68.005,75    | -69.025,83    | -70.061,22    | -71.112,14    | -72.178,82    | -73.261,50    | -74.360,43    | -75.475,83    |
| Leje og uddannelse af driftspersonale    | -366.047,00   | -371.537,71   | -377.110,77   | -382.767,43   | -388.508,94   | -394.336,58   | -400.251,63   | -406.255,40   | -412.349,23   | -418.534,47   | -424.812,49   | -431.184,67   | -437.652,44   | -444.217,23   | -450.880,49   |
| Vedligeholdelse                          | -1.704.175,00 | -1.729.737,63 | -1.755.683,69 | -1.782.018,94 | -1.808.749,23 | -1.835.880,47 | -1.863.418,67 | -1.891.369,95 | -1.919.740,50 | -1.948.536,61 | -1.977.764,66 | -2.007.431,13 | -2.037.542,60 | -2.068.105,74 | -2.099.127,32 |
| Målinger                                 | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          |
| Kurser                                   | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          |
| Ejendom                                  | -54.048,00    | -54.858,72    | -55.681,60    | -56.516,82    | -57.364,58    | -58.225,05    | -59.098,42    | -59.984,90    | -60.884,67    | -61.797,94    | -62.724,91    | -63.665,78    | -64.620,77    | -65.590,08    | -66.573,93    |
| Afgifter                                 | -94.421,00    | -95.837,32    | -97.274,87    | -98.734,00    | -100.215,01   | -101.718,23   | -103.244,01   | -104.792,67   | -106.364,56   | -107.960,02   | -109.579,43   | -111.223,12   | -112.891,46   | -114.584,84   | -116.303,61   |
| Beregnete udgifter til el og varme [kr.] |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Varmeforbrug biogasanlæg                 | -1.351.485,00 | -1.371.757,28 | -1.392.333,63 | -1.413.218,64 | -1.434.416,92 | -1.455.933,17 | -1.477.772,17 | -1.499.938,75 | -1.522.437,83 | -1.545.274,40 | -1.568.453,52 | -1.591.980,32 | -1.615.860,02 | -1.640.097,92 | -1.664.699,39 |
| Varmeforbrug biometananlæg               | -334.146,06   | -339.158,25   | -344.245,62   | -349.409,31   | -354.650,45   | -359.970,20   | -365.369,76   | -370.850,30   | -376.413,06   | -382.059,25   | -387.790,14   | -393.606,99   | -399.511,10   | -405.503,76   | -411.586,32   |
| Elforbrug total                          | -208.064,16   | -211.185,12   | -214.352,90   | -197.412,45   | -200.373,64   | -203.379,24   | -206.429,93   | -209.526,38   | -212.669,28   | -215.859,31   | -219.097,20   | -222.383,66   | -225.719,42   | -229.105,21   | -232.541,79   |
| Indtægter [kr.]                          |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Salg og tilskud                          | 9.956.186,30  | 10.105.529,09 | 10.257.112,03 | 10.410.968,71 | 10.567.133,24 | 10.725.640,24 | 10.886.524,84 | 11.049.822,72 | 11.215.570,06 | 11.383.803,61 | 11.554.560,66 | 11.727.879,07 | 11.903.797,26 | 12.082.354,22 | 12.263.589,53 |
| Støtte til procesvarme                   | 427.307,44    | 433.717,05    | 440.222,81    | 446.826,15    | 453.528,54    | 460.331,47    | 467.236,44    | 474.244,99    | 481.358,66    | 488.579,04    | 495.907,73    | 503.346,34    | 510.896,54    | 518.559,99    | 526.338,39    |
| Total (indtægter minus udgifter) [kr.]   |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|                                          | -1.742.157,48 | -1.768.289,84 | -1.794.814,18 | -1.801.580,66 | -1.828.604,37 | -1.856.033,43 | -1.883.873,94 | -1.912.132,05 | -1.940.814,03 | -1.969.926,24 | -1.999.475,13 | -2.029.467,26 | -2.059.909,27 | -2.090.807,90 | -2.122.170,02 |
| Medregnet inflation                      |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|                                          | 1,5%          |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |

## K SELSKABSØKONOMISK ANALYSE VED OPGRADERING TIL BIOMETAN

|                           |                          |                                 |                                   |                            |                          |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| <b>Investering</b>        | 25.500.000,00            |                                 |                                   |                            |                          |
| <b>Diskonteringsrente</b> | 4%                       |                                 |                                   |                            |                          |
|                           |                          |                                 |                                   |                            |                          |
|                           |                          |                                 |                                   |                            |                          |
| <b>År</b>                 | <b>Investering [kr.]</b> | <b>Nettoindbetalinger [kr.]</b> | <b>Nettobetalingssstrøm [kr.]</b> | <b>Diskonteringsfaktor</b> | <b>Nutidsværdi [kr.]</b> |
| 0                         | -25.500.000,00           |                                 | -25.500.000,00                    | 1,00                       | -25.500.000,00           |
| 1                         |                          | -1.742.157,48                   | -1.742.157,48                     | 0,96                       | -1.675.151,42            |
| 2                         |                          | -1.768.289,84                   | -1.768.289,84                     | 0,92                       | -1.634.883,36            |
| 3                         |                          | -1.794.814,18                   | -1.794.814,18                     | 0,89                       | -1.595.583,27            |
| 4                         |                          | -1.801.580,66                   | -1.801.580,66                     | 0,85                       | -1.539.998,70            |
| 5                         |                          | -1.828.604,37                   | -1.828.604,37                     | 0,82                       | -1.502.979,50            |
| 6                         |                          | -1.856.033,43                   | -1.856.033,43                     | 0,79                       | -1.466.850,18            |
| 7                         |                          | -1.883.873,94                   | -1.883.873,94                     | 0,76                       | -1.431.589,36            |
| 8                         |                          | -1.912.132,05                   | -1.912.132,05                     | 0,73                       | -1.397.176,16            |
| 9                         |                          | -1.940.814,03                   | -1.940.814,03                     | 0,70                       | -1.363.590,19            |
| 10                        |                          | -1.969.926,24                   | -1.969.926,24                     | 0,68                       | -1.330.811,58            |
| 11                        |                          | -1.999.475,13                   | -1.999.475,13                     | 0,65                       | -1.298.820,92            |
| 12                        |                          | -2.029.467,26                   | -2.029.467,26                     | 0,62                       | -1.267.599,26            |
| 13                        |                          | -2.059.909,27                   | -2.059.909,27                     | 0,60                       | -1.237.128,12            |
| 14                        |                          | -2.090.807,90                   | -2.090.807,90                     | 0,58                       | -1.207.389,47            |
| 15                        |                          | -2.122.170,02                   | -2.122.170,02                     | 0,56                       | -1.178.365,68            |
| <b>Kapitalværdi</b>       |                          |                                 |                                   |                            | -46.627.917,17           |