

BIOMETAN REGIONER



Fremme af biometan og dets markedsudvikling gennem lokale og regionale partnerskaber.

Et projekt under Intelligent Energi - Europa-programmet.

- **Særlige betingelser og hindringer for etablering af biogasanlæg (AD) i Danmark.**
- **Introduktion til produktion af biometan fra biogas.**
- **Best praksis – biometan produktionsanlæg.**

EMMERTSBÜHL BIOGAS ANLÆG, TYSKLAND.

ZALAVÍZ WATERWORKS SELSKAB, UNGARN.

BRUCK/LEITHA BIOGAS ANLÆG, ØSTRIG.

Indhold

Særlige landebetingelser og hindringer for etablering af biogasanlæg (AD) i Danmark.....	5
1. Virksomhedsstruktur (juridisk form) for ejerne af anlæggene	5
2. Driftsledere og specialiserede uddannelsesprogrammer	6
3. Anlægsbegrænsninger	6
3.1 Den lovgivningsmæssige behandling af kommunalbestyrelsen.	6
3.2 Nabo-grundejere og naboer	8
3.3 Undgåelse af gener (lugt og støj)	8
4. Godkendelsesprocedurerne	10
4.1 Egnspanlægningslovgivning	10
4.2 Placering af biogasanlæg	10
4.3 Landdistriktstilladelse	11
4.4 VVM undersøgelse (screening)	11
4.5 VVM erklæring	11
4.6 Miljøvurdering af planer	13
4.7 Tillæg til byplanen	13
4.8 Lokalplanen	13
4.9 Miljøgodkendelse.....	14
5. Anlæggets komponenter.....	14
6. Anvendeligt råmateriale	16
6.1 Husholdningsaffald	16
6.2 Affald fra fødevarefremstilling (herunder slagterier)	16
6.3 Gylle	17
7. Gasudnyttelse.....	18
7.1 El-produktion	18
7.2 Varmeproduktion.....	18
7.3 Kombineret kraftvarme.....	19
7.4 Tilførsel af (Bio) metan til naturgasnettet	19
7.5 Anvendelse som transportbrændstof.....	20

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

8. Udnyttelse af substratet	21
8.1 Anvendelse som biogødning.....	21
8.2 Jordforbedringsmidler	21
9. Undgåelse af farer	22
9.1 Bygningsdesign & Ledelsesforordninger.....	22
10. Konklusion.....	22
11. Introduktion til produktion af biometan fra biogas. Introduktion til biogasseparation	24
12. Introduktion til og oversigt over opgraderings teknologi	25
12.1 Generelt om gas opgradering	25
12.2 Generelt om gassammensætning.....	27
13. Teknologier til afsvovling af biogas.....	28
13.1 Generelle forhold.....	28
13.2 In-situ afsvovling: Sulfid udfældning ved kemisk binding.....	28
13.3 Biologisk afsvovling: In situ og skrubning i filter	29
13.4 Kemisk og oxidativ skrubning.....	30
13.5 Optagelse på metaloxider eller aktivt kul	31
14.1 Generelle forhold.....	33
14.2 Fysisk optagelse af kultveilde: Trykstyret vandskrubning	33
14.3 Fysisk kemisk optagelse i organisk væske.....	34
14.4 Fysisk kemisk optagelse med aminer.....	34
14.5 Kemisk binding i fast masse: Tryksvingsoptagelse (PSA)	35
14.6 Membranteknologi: Gasfiltrering	36
14.7 Sammenligning af de beskrevne teknologier.....	37
14.8 Fjernelse af sporkomponenter, vand, ammoniak, siloxaner og partikler.....	39
14.8.1 Generelle forhold.....	39
14.8.2 Udskillelse af vand	39
14.8.3 Reduktion af ammoniak.....	39
14.8.4 Reduktion af siloxan.....	39
14.8.5 Reduktion af partikelindhold	40
15. Fjernelse af metan fra affaldsgas.....	41
16. Kilder.....	41
17. Emmertsbühl Biogas/Biometan anlæg, Tyskland	45

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

18. ZALAVÍZ WATERWORKS COMPANY, UNGARN	53
19. BRUCK/LEITHA BIOGASANLÆG, ØSTRIG	59

Særlige landebetingelser og hindringer for etablering af biogasanlæg (AD) i Danmark

Indledning

- Det vil give oplysninger om de centrale beslutninger, der skal foretages, og de betingelser, der skal opfyldes, for at udvikle og etablere et biogasanlæg (anaerob udrådning - AD) i Danmark.

Det er vigtigt at bemærke, at lovgivning og politik omkring biogas i Danmark ændrer sig hurtigt, og nogle af oplysningerne i denne rapport vil hurtigt blive forældede. Brugere bliver derfor nødt til at tjekke for opdateret information.

1. Virksomhedsstruktur (juridisk form) for ejerne af anlæggene

1.1 Ejerskab af biogasanlægget består normalt af flere kategorier: Anlæggene vil variere, men der vil sandsynligvis være fire hovedkategorier:

- Grupper af landmænd, der danner et andelsselskab og 20-60 landmænd, der leverer gylle og husdyrgødning og driver et industrielt biogasanlæg - ca. 23 af disse er implementeret i Danmark. Landmændene er normalt bundet op på kontrakter for at sikre biomasse forsyningen. Desuden udføres fællesgøring på disse anlæg, da de ofte bearbejder industrielle affaldsprodukter; dog synes denne kilde hurtigt at tørre ud eller svækkes.
- Kraftværker ejer biogasanlægget et par steder.
- Enkelte landmænd ejer deres egen biogasanlæg for at kunne forarbejde egen gylle og affaldsprodukter fra landbruget til normalt at producere elektricitet og udnytte varmeproduktionen til landbrugsmæssige formål som f.eks. opvarmning af svinestalde mv.
- Spildevandsvirksomheder ejer ofte et biogasanlæg til behandling af husholdningsaffald og til forbehandling af bio-nedbrydeligt affald forud for endelig bortskaffelse til jorden

1.2 Hindringer for biogasanlæg er ejerskab og kapitalkrav (egenkapital), som er meget vanskeligt at skaffe på grund af den aktuelle økonomiske situation og gældskrise, der også påvirker landbrugsdriften i Danmark. Kun ganske få anlæg er blevet etableret i løbet af de sidste 10 år.

1.3 Mangel på standardiserede biogasanlæg er en anden hindringer, idet kun meget få eksisterende anlæg er standardiseret, men individuelt bygget og udvidet.

2. Driftsledere og specialiserede uddannelsesprogrammer

2.1 Der er et meget begrænset antal uddannede og erfarne biogasteknikere til rådighed i Danmark, og mulighederne for uddannelsesaktiviteter er i øjeblikket næsten ikke eksisterende. Men mange producenter af biogas anlæg tilbyder undervisning på drift og vedligeholdelse af deres anlæg.

2.2 Driften af 23 større biogasanlæg (nogle af disse er blandt verdens største anlæg) har specielt resulteret i faglært arbejdskraft, og nogle af disse servicerer nye biogasanlæg eller anlæg, der skal optimeres for at blive rentable eller for at løse specifikke tekniske eller biologiske problemer. Der er derfor både ekspertise og erfaring til stede til drift af nye anlæg, som dette projekt sigter mod at fremme.

2.3 På nuværende tidspunkt har Danmark ikke nogen praktisk og teoretisk uddannelsescenter. Hvis biometan produktion skal udvikles i fremtiden, vil kurser blive nødvendige.

2.4 Teknisk support i form af laboratorieanalyser og undersøgelser er tilgængelige fra en række organisationer, herunder Aarhus Universitet og AgroTech, og en gruppe virksomheder i den private sektor yder teknisk support og rådgivning på et kommercielt grundlag. Et register over leverandører, som udvikles som en del af Biometan Regioner Projektet, vil forbedre udviklernes viden om de selskaber, der tilbyder sådanne ydelser. Registret kan findes på <http://biometanregioner.vfl.dk/BiometanRegioner.htm>

3. Anlægsbegrænsninger

3.1 Den lovgivningsmæssige behandling af kommunalbestyrelsen.

Den lovgivningsmæssige behandling af biogasprojektet er temmelig omfattende. Dette afsnit omfatter den behandling, som kommunalbestyrelsen har ansvaret for. Desuden beskrives de betingelser for at få godkendt et anlæg ifølge den danske planlov og reglerne i den danske miljølovgivning.

3.1.1 Planlægning af arealanvendelse

I dag har de fleste kommuner ikke udpeget særlige områder for etablering af fælles biogasanlæg i deres byplanlægning. I tilfælde, hvor landmænd / biogas deltagere ønsker at etablere et biogasanlæg i det åbne land og uden for de generelt udpegede erhvervsområder, kræver dette planlægning og byggebestemmelser før igangsættelse af anlægget.

I de tilfælde, hvor kommunalbestyrelsen har afmærket områder til fælles biogasanlæg i deres byplanlægning og eventuelt allerede har en lokalplan, behøver initiativtagerne til projektet "kun" at få gennemført VVM-godkendelse og indføre en miljømæssig administration.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

Anlæg, som er integreret del af en gård, vil blive placeret i henhold til en landzonetilladelse i stedet for en lokalplan.

3.1.2 Tidsplan

Tidsplanen kan være meget forskellig mellem gårdbiogasanlæg, som er mere simple og små anlæg til animalsk produktion, og store fælles biogasanlæg, som på mange måder er mere komplicerede anlæg at planlægge.

Tidsrammen er ofte ca. tre år fra den første ansøgning indtil projektets start. En grundig forberedelse samt en tæt dialog med deltagerne og en åbenhed i processen vil ofte reducere indsigelser og sikre en bedre accept af anlægget.

Det er muligt at reducere tidsplanerne betragteligt, hvis biogasanlægget kan placeres inden for de områder, hvor kommunalbestyrelsen allerede har vedtaget en byplan samt en lokalplan med mulighed for at etablere et biogasanlæg. I sådanne tilfælde bør fristerne for VVM og miljøgodkendelsen af anlægget være ca. 12 måneder. Generelt kan beslutningsprocessen reduceres betydeligt, hvis ansøgningsmaterialet til kommunalbestyrelsen er nøje planlagt og komplet. En konstruktiv dialog med kommunalbestyrelsen kan også bidrage til en ukompliceret og effektiv proces.

3.1.3 VVM-anmeldelse og miljøgodkendelse

For at kunne starte en VVM-proces, skal projektgruppen fremsende en anmeldelse af anlægget i overensstemmelse med VVM-vedtægterne. Når der skal tages stilling til projektet i henhold til VVM-vedtægterne, gælder de miljømæssige forhold i bred forstand og ikke kun inden for matriklen for biogasanlægget. Anmeldelsen skal derfor både omfatte biogasanlægget og arealer til udspreddning, som ville være nødvendigt at knytte til anlægget for at sikre håndteringen af den afgassede biomasse.

For placeringen af anlægget kræver VVM-anmeldelsen og ansøgningen om miljøgodkendelse en rapport om trafik, lugt, udledninger for luft, jord og vand, tilpasning til landskabet og eventuelle restriktioner for omgivelserne. Nærmere oplysninger om påvirkninger, mulige risici og forebyggende foranstaltninger, overvejelser for medborgere, skolebørn mv. skal fremlægges, herunder:

- Antal ekstra transporter med tunge køretøjer.
- Håndtering af lugtgener fra anlægget.
- Planer for lugt kontrol.
- Planer for en lukket påfyldnings / tømning afdeling med undertryk og udsugning.
- Visualisering af tilpasning i landskabet ved brug af planter, jordvolde, lave reaktortanke mv.
- Rapport om den planlagte placeringens eventuelle indflydelse på miljøfølsomme områder og potentielt udsat grundvand.
- Redegørelse for miljørigtig håndtering af den afgassede biomasse.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

3.1.4 Bygge anmeldelse

Indsendelse af de forventede byggeaktiviteter sker i henhold til bygningsreglementet. Kommunerne har udviklet en hjemmeside med en blanket for denne meddelelse.

Offentlighedens og nærmiljøets holdning er et vigtigt aspekt i de lovgivningsmæssige processer. Ud fra et samfundsmæssigt synspunkt kan et projekt være meget nyttigt, men hvis lokale politikere kommer under offentlig/lokal modstand og pres, kan projektet mislykkes. Derfor er kommunikation med og inddragelse af lokalsamfund i høringsperioderne meget vigtig, og må ikke forsømmes.

MINDRE VARKE-KRAFTANLÆG.

Betingelser for produktion af energi (varme og / eller elektricitet) fra forbrændingsprocesser på 20-30 MW og derunder.

1. Brændstoffet er beviseligt fra en lokal kilde (normalt indenfor en radius på 15 km), og må ikke være omdirigeret fra en miljømæssig mere værdifuld anvendelse
2. Forslaget må ikke berøre sikkerheden på hovedveje og skal have en trafik og adgangsrute, som er af en standard, der er egnet til mængden og karakteren af den trafik der vil opstå.
3. Forslaget vil ikke føre til nogen væsentlig indvirkning på de lokale boligområders bekvemmeligheder eller andre følsomme anvendelser på grund af støj, støv, lugt eller dampe
4. Beliggenheden må ikke forringe landskabet eller bybilledet væsentligt.
5. Udledninger til atmosfæren og jorden (herunder vand) må ikke føre til uacceptable niveauer af forurening.
6. Anlægget må ikke ødelægge eller væsentligt skade en lokalitet af arkæologisk, historisk, økologisk eller bevaringsværdig betydning.

3.2 Nabo-grundejere og naboer

3.2.1 Tilstødende grundejere og naboer har rettigheder og kan anfægte forslaget direkte gennem privat handling. Men den mest sandsynlige måde de vil kunne påvirke forslaget, er gennem høringsvar i løbet af godkendelsesproceduren.

3.2.2 Det er selvfølgelig af stor betydning, at naboerne holdes fuldt ud informeret om, hvordan konceptet skrider frem. Hvis det er praktisk muligt, kan naboerne tilbydes besøg på et identisk eksisterende og veldrevet biogasanlæg. Der skal gives garantier i forbindelse med de spørgsmål, der sandsynligvis vil opstå, f.eks. lugt og sikkerhed. Myndigheder og politikere forventes at være positivt indstillet over for de bekymringer, som naboerne har, medmindre de er uberettigede.

3.3 Undgåelse af gener (lugt og støj)

3.3.1 Der kan være en risiko for lugtgener omkring biogasanlægget. Dette vil især komme fra aflæsningshallen og forbehandlings enheden, hvor forskellige ildelugtende biomasser tilsættes og blandes. Der vil være krav til nye biogasanlæg om et maksimalt antal lugtgener, som kan påvises i

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

boligområder og landdistrikter. F.eks. i en afstand på 1.000 meter, og anlæggene vil typisk have luftfiltre installeret. Der bør også tages hensyn til den dominerende vindretning i området – oftest fra sydvest i Danmark.

En stor del af lugtpartiklerne i gyllen nedbrydes i biogasreaktoren. Men gyllelugt består af måske 300 forskellige partikler, og lugten fra afgasset gylle er anderledes. Lugt er objektivt målelig i såkaldte lugtenheder (OU), og mængden af lugt fra rågas er næsten den samme som fra afgasset gylle. Grænserne er normalt fastsat i henhold til retningslinjerne fra Miljøstyrelsen for forurening af det omgivende miljø. Grænseværdierne for boligområder er 5-10 OU/m³. I industriområder og landdistrikter er grænseværdier på 10-30 OU/m³ acceptable. Men under spredning af den flydende afgassede gylle, bliver lugten fra spredningen noget mindre og er kun ildelugtende i en kort periode, fordi den synker hurtigere ned i jorden.

Hvis den afgassede gylle indeholder mere ammonium, vil dette øge risikoen for afdampning af ammoniummen i marken. Men da den afgassede gylle er mere flydende end den rå gylle, vil den afgassede gylle synke hurtigere ned i jorden, og således vil dette reducere tabet af ammonium sammenlignet med tabet ved spredning af rå gylle. I praksis er den mulige fordampning af ammonium fra spredning af hhv. rå- og afgasset gylle nogenlunde det samme.

3.3.2 Støj kan reduceres ved opførelse af passende placerede og konstruerede jordskærmvolde eller lydbarrierer (hegn eller mure fremstillet af tæt materiale såsom beton, hårdtræ eller glas). Det vil også være god praksis visuelt at afskærme driften for naboer så meget som muligt, helst gennem brug af topografiske træk (naturlige eller menneskeskabte) og / eller af eksisterende eller nyplantet vegetation. En udsat for mindre støj- eller lugtgener kan meget vel opfatte ulempen som mindre alvorlig hvis kilden ikke kan ses.

4. Godkendelsesprocedurerne

4.1 Egnspanlægningslovgivning

Biogas i forhold til den danske plan- og miljølov.

De lovgivningsmæssige rammer for myndighedsbehandlingen af store biogasanlæg er ganske omfattende, men kun de vigtigste love og direktiver, som påvirker planlægningen nævnes her.

- Den danske Planlov, Rådets forordning 85/337 / fra 27. juni 1985
- Den danske Miljøret, Rådets forordning 85/337 / fra 27. juni 1985
- Den danske Naturbeskyttelseslov, Rådets forordning 92/43 / fra 21. maj 1992
- Animalske biprodukter (animalsk biprodukt forordninger), Rådets forordning 1069/2009 fra 21. oktober 2009
- Den danske Licitationslov, Rådets forordning
- Loven om offentlige indkøb, Rådets forordning 2004/18 og 2004/17

Den lovgivningsmæssige behandling i kommunalbestyrelsen af biogasprojektet skal opfylde hensigterne i den danske planlov og i den danske miljølovgivning. Det betyder, at biogasanlæg skal godkendes i henhold til den danske planlov og den danske naturbeskyttelseslov.

Når der etableres et stort lager af gas (mere end 10 t bestående af metan og kuldioxid, dvs. 8.700 m³ lager), vil anlægget være omfattet af Rådets forordning 96/82/EØF, Rådets direktiv om kontrol af risici for større uheld med farlige stoffer.

4.2 Placering af biogasanlæg

Placeringen af biogasanlæg er styret af den danske planlov. Det betyder udarbejdelse af en lokal lokalplan for at sikre kommentarer fra omkringliggende borgere og faglige organisationer. En landdistriktstilladelse kan være nok, hvis der er tale om etablering af biogasanlæg i landbrug i forbindelse med husdyrhold, og hvis anlægget kun behandler gylle fra det pågældende landbrug.

Den optimale placering af biogasanlæg vil ofte være i det åbne land i midten af "gylle området" og tæt på en energi køber. Det er af afgørende betydning at vurdere de potentielle områder i forhold til et stort antal kriterier for placeringen, hvor transport og infrastruktur, afstand til naboer og indpasning i landskabet er nøglefaktorer.

For at hjælpe de lokale råd, har Miljøministeriets biogassekretariat lavet en liste over kriterier for vurderingen af mulige placeringer. Formålet med den geografiske analyse er at placere biogasanlæg korrekt med hensyn til den eksisterende fysiske planlægning. Den geografiske analyse visualiserer i videst muligt omfang de relevante gældende bestemmelser og overvejelser for placering. Analysen viser ved farvekoder i et kort, hvordan biogas planlægningen kan påvirke den eksisterende planlægning.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

Ved udgangen af 2013 skal kommunalbestyrelserne udpege de landområder, der er egnet til placering af store biogasanlæg i byplanen.

4.3 Landdistriktstilladelse

Landdistriktstilladelser giver tilladelse til etablering af små anlæg i forbindelse med landbrugsejendomme. Proceduren for ansøgning om landdistriktstilladelser vil finde sted i overensstemmelse med den danske planlov.

Ansøgningen skal indeholde en kort beskrivelse af konsekvenserne af udviklingen på miljøet og en specifik beskrivelse af elementerne i anlægget, dvs. bygningshøjde, materialer, trafikale forhold osv. Bygherrer skal sikre en diskussion om indholdet af ansøgningen med en kommunal embedsmand med ansvar for landdistrikter.

4.4 VVM undersøgelse (screening)

Alle biogasanlæg er underlagt undersøgelse i henhold til VVM-reglerne, der er udstedt af myndighederne, og alle planlægnings- og bygningsregler for kommunen / lokale myndigheder er underlagt miljøvurdering i henhold til de miljømæssige regler.

Biogasgruppen / driftslederne skal indsende projektet til en miljøvurdering. Efterfølgende vil kommunalbestyrelsen bestemme, om etableringen af anlægget vil kræve en VVM-vurdering, eller om opførelsen af anlægget udelukkende skal ske i henhold til en lokalplan. Biogasanlæg og udspretningsarealerne er omfattet af VVM-screenings reglerne.

Proceduren:

- Et anlæg er underlagt VVM screening af kommunalbestyrelsen
 - Som et minimum bør screening være baseret på de relevante kriterier i VVM-forordningen
 - Ofte vil kommunalbestyrelsen anvende en screeningsformular, som er vedlagt VVM-brugsanvisningen.
- Baseret på VVM screeningen vil kommunalbestyrelsen træffe afgørelse, om anlægget skal være underlagt VVM screening, dvs. at en VVM erklæring bør udarbejdes
 - Hvis kommunalbestyrelsen beslutter andet, vil næste skridt være en lokalplan og muligvis et tillæg til byplanen.

4.5 VVM erklæring

Hvis et anlæg baseret på en VVM screening anses for at have en betydelig indvirkning på miljøet, kræver dette en VVM redegørelse. Udarbejdelsen af denne vil normalt påhvile biogas projektgruppen.

Projektgruppen vil normalt forberede erklæringen, men da kommunalbestyrelsen er ansvarlig for indholdet, vil de også forberede erklæringen. I første omgang er det vigtigt, at udbyderne og kommunalbestyrelsen er enige om indholdet af erklæringen og proceduren for gennemførelsen, herunder koordinering med de lokale planmyndigheder.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

Bagefter, som et bilag til VVM erklæringen, skal udkastet til ansøgningen om miljøgodkendelse indsendes.

4.5.1 Information til VVM redegørelse

Oplysninger, som er mere specifikke for biogas drift og ofte kræves til en positiv forhandling om byggetilladelse, omfatter følgende elementer:

Et ikke-teknisk resumé.

Indledning.

Projektbeskrivelse og afgrænsning.

- En detaljeret anlægsplan, der tydeligt viser udviklingsplanen, alle andre arealer i ansøgerens besiddelse og alle tilstødende boliger eller andre følsomme ejendomme / anvendelsesmuligheder
- En fuldstændig beskrivelse af de processer, der skal anvendes – f.eks. affaldsmodtagelse, bearbejdning, forbrænding, energifremstilling.
- Beskrivelse af råmaterialet der skal anvendes, dets oprindelse, transportruter, varevogne, som skal benyttes, osv.
- Forventet energiudbytte og udnyttelse.
- Beskrivelse af fast og flydende substrat og strategien for udnyttelse / bortskaffelse.

Alternativer.

Betingelser for arealanvendelse.

- Planer, forhøjninger og sektioner i projektet, som klart illustrerer anlæggets fremtoning.
- Nærmere oplysninger om eventuelt eksternt udstyr, som vil blive nødvendig som følge af udviklingen (f.eks. el-ledninger eller transformeranlæg).

Landskab og omgivelser.

Visualisering.

Naturplaner.

Trafik.

Støj

- Støjminimeringsteknologi og foranstaltninger.

Lugt.

- Foranstaltninger for at undgå udslip af lugt.

Andre miljøforhold.

- Miljømæssige fordele ved biogasanlæg – reduceret CO₂-udledning.

Samfundsøkonomi.

- Økonomiske fordele for området.

Akkumulerende effekter.

Risikoreducerende procedurer og overvågningsprogram.

Projektets miljøpåvirkninger.

- Oplysninger om alle udledninger, selv under de værst tænkelige forhold.
- Foranstaltninger for at undgå forurening af luft, jord og vandløb, selv under de værst tænkelige betingelser.

Miljøvurderingsrestriktioner.

Referencer.

Tillæg til rapporten

Bilag 1. Diagrammer

Bilag 2. Naturplaner

4.6 Miljøvurdering af planer

Hvis etableringen af et anlæg kræver en ændring i den lokale byplan, f.eks. et tillæg, der ville bryde med den eksisterende byplans rammer, ville det kræve en miljømæssig vurdering. I det store og hele er en miljøvurdering som en VVM redegørelse. Dog er den mindre detaljeret og rettet mod planen, og ikke det specifikke anlæg.

4.7 Tillæg til byplanen

Uanset lokaliseringen allerede er inkluderet i byplanen eller ej, skal der udarbejdes et tillæg. I henhold til VVM reglerne udgør dette uafhængige tillæg til byplanen med retningslinjer for byplanen og den tilhørende VVM erklæring det endelige og godkendte dokument. Et tillæg omfatter normalt en kort erklæring og de specifikke retningslinjer og rammer fra kommunalbestyrelsen.

4.8 Lokalplanen

Ifølge den danske planlov er tilvejebringelsen af en lokalplan obligatorisk, før der introduceres store udstykninger eller storstilet byggeri eller anlægsarbejde, som f.eks. et biogasanlæg.

Lokalplanen fastlægger retningslinjer for etableringen af anlægget, såsom bebyggelsesprocent, byggeområde, højde af bygninger, valg af materialer, beplantning, adgangsveje osv. Retningslinjer for duft og støj er underlagt bestemmelser i miljøgodkendelsen - kan dog også være indbefattet i lokalplan. Kommunalbestyrelserne har normalt en ramme for deres lokalplaner, som skal anvendes i processen.

4.9 Miljøgodkendelse

Biogasanlæg med en kapacitet på over 30 t biomasse / dag og / eller med en gasproduktion på mere end 1MW er omfattet af den danske naturbeskyttelseslov og kræver en miljøgodkendelse. En miljøgodkendelse er en delmængde af VVM redegørelsen.

5. Anlæggets komponenter

5.1 Der er en række delkomponenter til ethvert biogasanlæg, og hvert af disse skal efterleve de relevante standarder og forskrifter. Af afgørende betydning er imidlertid en fuldstændig integration af de enkelte dele, for at systemet fungerer effektivt, sikkert og som en rimelig "nabo".

5.2 Faciliteterne for modtagelse og behandling af råmaterialet afhænger i høj grad af arten og typen af materialer som overvejes. De fleste råmaterialer til biogasanlæg har potentiale til at forårsage lugtgener, og det er afgørende, at råvareleverancer håndteres korrekt. Finder formentlig sted i et lukket rum og ofte under "negativt tryk". Jo før råmaterialet er under kontrol i en lufttæt beholder, såsom en blandings- eller gæringstank, jo mindre er risikoen for, at der opstår gener.

5.3 Rådnetanken (normalt en dobbeltvægget stål eller betontank) er klart den afgørende del af et biogasanlæg. Det er også en af de fysisk største komponenter.

Det er afgørende, at rådnetanken er opstillet korrekt, vedligeholdes godt og påfyldt i henhold til dens design parametre og de råvarer, der i øjeblikket er i brug.

Råvarer vil ofte variere fra den ene årstid til den anden, og det er vigtigt, at processerne på rådneanlægget overvåges og styres efter de givne forhold.

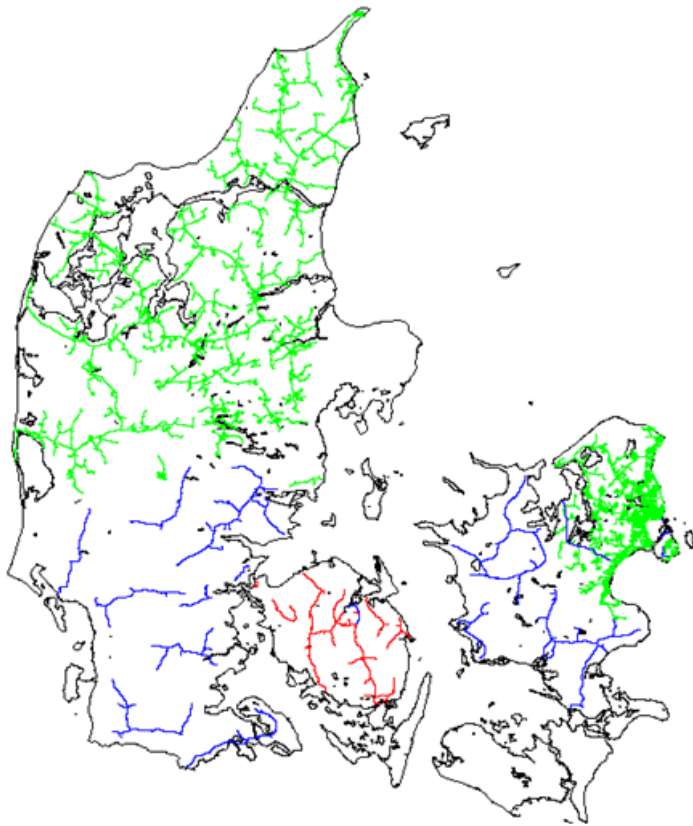
5.4 Biogassen tappes fra rådneanlægget, og igen er det vigtigt, at denne proces er velfungerende. Der er en teoretisk mulighed for eksplosion på grund af en unødigt ophobning af gas / tryk samt antændelse af de brændbare gasser, men sikkerhedssystemer sikrer, at det ikke sker.

Gas indsamling, kontrol, opbevaring og udnyttelse er konstrueret i overensstemmelse med god teknisk praksis, og i overensstemmelse med de tekniske og sikkerhedsmæssige standarder, der er udstedt af den danske forvaltningsmyndighed for gasser (Gasregulativet), især del B-4 (Større gasfyrede anlæg og B-41 gasmotorer).

Producentens konstruktion af gode anlæg vurderes af en statsautoriseret gastekniker.

5.5 Hvis en betydelig mængde svovlbrinte produceres under processen skal biogassen normalt renses før den kan anvendes i en kedel, motor eller turbine.

5.6 Når biogassen anvendes er den styret og kontrolleret som enhver anden gasforbrændingsudstyr. Det er muligt, at lede gassen gennem rør over store afstande til anvendelse andetsteds.



Kort: Hovedgasledninger i Danmark over 4bar

5.7 Hvis gassen skal pumpes ind hovedgasledninger, kræver det et samarbejde med gasdistributionsnets operatør, og tidlig kontakt med den relevante organisation anbefales.

Der er strenge standarder for kvaliteten af biometan i gasnettet, hvor kun meget lave koncentrationer af andre gasser end metan er tilladt. Energistyrelsen og Energinet.dk har udarbejdet en vejledning for producenter af biometan til gasnettet.

5.8 Hvis gassen skal bruges til at producere elektricitet, er der vigtige sikkerhedsmæssige problemer, der skal løses ved gasgeneratoren og med forbindelserne til det offentlige net. Tilslutninger til det offentlige net gennemføres gennem forhandling med Energinet.dk

6. Anvendeligt råmateriale

6.1 Husholdningsaffald

6.1.1 I Danmark er det kommunernes ansvar at sikre, at husholdningsaffald fra private husholdninger indsamles og behandles på den mest miljøvenlige måde. Målet er at reducere affaldsmængderne, så mest mulig affald genbruges, mindst muligt brændes, og at så lidt som muligt deponeres.

I Danmark indsamles fødevareraffald. Private virksomheder har en kontrakt med kommunerne om at indsamle madaffald og køre den til kraftvarmeværket, hvor varmen bruges i fjernvarmenettet.

Prisen er omkring 350 € pr. år for hver privat husstand. Restauranter, kantiner, skoler, hospitaler og plejehjem betaler meget mere.



Kilde: Næstved Kommune, <http://www.naestved-affald.dk/index.php?ID=6&lang=da>

Noget affald kan være sorteret fra og komposteret, så det bliver omdannet til muld. Nogle kommuner har specielle skraldebøtter til madaffald. Så kører skraldemændene dette til kompostering eller biogasanlæg frem for at det forbrændes.

Der er endnu ikke nogen biogasanlæg til madaffald i Danmark

6.2 Affald fra fødevarerfremstilling (herunder slagterier)

6.2.1 Kategori 1 og 2 (undtagen indhold fra fordøjelseskanalen) materiale fra slagterier kan ikke behandles via et biogasanlæg, men skal sendes til højtemperaturbehandling. Noget materiale fra lavrisikoområde kategori 3 er tilgængeligt.

Affaldet fra fødevarerfremstilling, herunder slagterier sendes til DAKA, der producerer bioethanol.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

6.2.2 Der er en række andre fødevarer produktioner, der har potentiale til at give betydelig råmateriale til AD anlæg, og nogle af dem har nu deres egne anlæg i drift.

Der er en række fødevarerproducenter, f.eks. økologiske produktionsformer, der har nok råmateriale til opførelse af et AD anlæg. Der er dog mange flere, der enten kan samarbejde med andre eller levere biomateriale til en tredjeparts anlæg.

6.3 Gylle

6.3.1 Belægningsgraden af husdyrhold varierer ganske betydeligt. For en stor del af Søhøjlandet i Jylland er den fremherskende form for landbrug ko- og svineopdræt. Al grisegyllen opsamles og omkring 80 pct. af mejeribrugets gylle eller gødning opsamles. Indsamlingen af gylle fra opstaldede dyr er forholdsvis begrænset. Mulighederne for at indsamle mere gylle og gødning vil være meget vanskeligt.

6.3.2 AD anlæg, som kun udnytter gylle, er ikke økonomisk rentable i fremtiden.

De fleste AD anlæg vil bruge blandede råmaterialer som f.eks. gylle, majs, græs og udskudsvarer fra fødevarerindustrien.

I Danmark er det nødvendigt at samarbejde eller indgå kontrakter med en række råmateriale producenter af gylle og / eller affald og / eller afgrøder for at gøre biogasproduktionen økonomisk rentabel.

6.4 Særlige dyrkede afgrøder og afgrøderester

6.4.1 Energiafgrøder som majs og græs anvendes i små AD anlæg i Tyskland. I Danmark bruger vi græsset i økologiske anlæg som del af en blanding med andre råmaterialer såsom gylle og gødning. De store AD anlæg bruger sukkerroer og halm, som er virkelig gode og giver en masse metan.

I 2011 og 2012 har græs fra vejkanten været afprøvet på et lille AD anlæg som et videnskabeligt forsøg.

7. Gasudnyttelse

7.1 El-produktion

7.1.1 Den sædvanlige og på mange måder nemmeste måde at udnytte biogas produktivt på er produktion af elektricitet via en gasmotor eller turbine.

Det er ganske nemt at afsætte el-produktionen til det elektriske distributionsnet og lave en økonomisk aftale med distributøren om afregning for elektricitet.

7.1.2 Den danske regering har siden 2008 understøttet markedsmekanismen for større vedvarende el-produktion fra AD anlæg. Støtten var i 2009 0,77 kr. pr. kWh. Tilskuddet indeksreguleres hvert år, og i 2012 er prisen 0,79 kr. pr. kWh med en motoreffekt på 35%. Tilskuddet udbetales til AD anlæggene.

Prisgarantien til AD anlæg giver betydelig tryghed til både långiver og låntager, når det drejer sig om at sikre et lån.

7.2 Varmeproduktion

7.2.1 Selve fordøjelsesprocessen i et biogasanlæg kræver varme og den leveres bedst ved at anvende noget af biogassen.

7.2.2 Den resterende del af gassen anvendes til at producere varme til bygninger og varmt vand til husholdningerne via varmeværker.

I betragtning af de vanskeligheder og udgifter som opbevaring af store mængder gas kræver, er det bedst at have en biogas produktion der matcher et konstant varme og / eller køle behov. Efterspørgslen efter varme er størst om vinteren i Danmark, hvilket medfører et behov for store oplagringsfaciliteter til gylle, majs og græs til biogasproduktionen. Det medfører ret store initial omkostninger for anlægget.

7.2.3 Selv om det er klart bedre, når efterspørgslen efter varmeenergi er placeret tæt på biogasanlægget, er det bestemt muligt at overføre gas fra rørledninger til en rimelig pris, selv om det skulle indebære en opgradering af gassen. Denne omkostning vil være meget mindre end prisen på en fjernvarme hovedledning til varmt vand.

7.2.4 Hvis mulighederne for gasrørledningen eller varnehovedledningen fra AD anlægget kommer i betragtning, vil det være nødvendigt at indgå en aftale med ejerne af "tredjemands" jord, der skal krydses. De fleste af gasledningerne i Danmark er ejet af den danske stat / DONG Energy, Energinet.dk eller private gasselskaber, såsom Naturgas Fyn og HMN, som er et selskab ejet af 27 kommuner.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

7.3 Kombineret kraftvarme

7.3.1 Kombineret kraftvarme (CHP) er en attraktiv mulighed for vedvarende energi, fordi den kombinerer produktion af elektricitet, og dermed indtægter i form af markedsstøtte fra den danske stat, med den produktive anvendelse af den varme, der er et uundgåeligt biprodukt af el-produktion.

Det centrale er imidlertid identifikationen af en passende opvarmning / afkølings belastning og dermed muligheden for at skaffe yderligere indtægter fra salg af energi. Et godt og effektivt kraftvarmesystem er konstrueret til at imødekomme varmebelastningen med efterfølgende el-produktion. En "god" varmebelastning vil være 24 timer i døgnet året rundt.

En kombination af brugere kan sikre efterspørgsel året rundt. F.eks. bolig, kontor og fritid kan give netop sådan en belastning med sommerkravet om afkøling, at der er efterspørgsel året rundt.

7.3.2 På grund af varmens eneste anvendelsesmulighed, bør man være opmærksom på den optimale længe og pris på den nødvendige varnehovedledning. Det bør overvejes at sende biogas fra AD anlægget gennem rørledningen til kraftvarmeenheden i stedet.

7.4 Tilførsel af (Bio) metan til naturgasnettet

7.4.1 Opgradering af biogas er fjernelse af alle andre gasser end metan (dvs. hovedsagelig kuldioxid) for at opfylde krav til gaskvaliteten i naturgasnettet. Men dette er måske ikke nok i Danmark fordi naturgassen har en meget høj kvalitet og varmeeffektivitet. Så derfor skal propan måske tilføres for at opnå den samme kvalitet og varmeniveau som i naturgas. Dette bidrager til at øge omkostningerne ved at tilføre biogassen til nettet.

7.4.2 Denne mulighed er kun blevet gennemført i et enkelt tilfælde i Danmark, men kan være en fremtidig mulighed, hvis der gives tilskud til logistik og udnyttelse af biogas. Den danske selvforsyning fra naturgas ressourcer er netop ophørt med faldende produktion, men det er meget svært at forudsige produktionen i de kommende år.

7.4.3 Den offentlige sektors indtægter / afgifter fra det nationale gassalg er høje, og disse indtægter er måske den væsentligste barriere for biogas distribution i hele landet. Der synes ikke at være en politisk mulighed for at fjerne beskatningen af biogas.

7.4.4 Folketinget har endnu ikke besluttet at støtte opgradering biogas og anvendelse i naturgas nettet.

7.4.5 Det er ikke nødvendigt at være inden for få kilometer fra gashovedledningen, fordi udvidelse af hovedledningen med en biogas samlingsnet er en mulighed. Tidlige drøftelser anbefales med udbydere af gasnettet, som h.h.v. er den nationale udbyder Energinet.dk og HMN Naturgas, Naturgas Fyn og DONG Energy, som er de regionale gas udbydere i den centrale og nordlige del af Danmark.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

7.5 Anvendelse som transportbrændstof

7.5.1 Danmark anvender ikke metan som brændstof til transport, men i mange andre lande (f.eks. Tyskland, Sverige) anvendes metan som brændstof til transportformål i form af CNG (komprimeret naturgas) og mere almindeligt normalt LNG (flydende naturgas). Ved hjælp af en rengøringsproces svarende til den, der kræves ved indsprøjtning i gas hovedledningen, kan biogas omdannes til et brændstof til transport. I 70'erne var der mange biler i Danmark der brugte metangas som brændstof, men dette blev langsomt afviklet, og var helt forsvundet i begyndelsen af 1980'erne. I 2012 er en kommune på Fyn begyndt at bruge metan som brændstof til 14 af deres biler.

7.5.2 Langt den mest sandsynlige udvikling for denne anvendelse vil være, at der er en kontrolleret flåde af køretøjer eller eventuelt en offentlig busflåde som f.eks. i Sverige i dag. De store bilfirmaer producerer biler, som bruger gas som brændstof.

I fremtiden vil det være vigtigt, at den forventede produktion af AD anlæg matcher rimeligt godt med efterspørgslen efter brændstof.

7.5.3 Opbevaring af biometan er meget dyrt, men det er lige så vigtigt, at der altid er tilstrækkeligt brændstof til rådighed for den kontrollerede flåde. Det vil være en svær balance at opnå, medmindre transportbrændstof drives parallelt med en almindelig gasproduktion.

8. Udnyttelse af substratet

8.1 Anvendelse som biogødning

8.1.1 Både flydende og fast substrat (biomasse) har potentiel værdi som en bio-gødning som kan fortrænge brugen af mineralsk gødning. For hvert ton fortrængt mineralsk kvælstof er der en potentiel reduktion i kuldioxidudledninger på 2,3 ton. Det tilsvarende tal for fosfatgødning er 1,1 ton. Størstedelen af fosforindholdet er sædvanligvis inden for den faste del af substratet (Biomasse). Argumenterne for kulstof reduktion suppleres med besparelser for landmanden - udgifter til mineralsk gødning formindskes.

8.1.2 I Danmark reguleres substratet i forbindelse med den samlede VVM screening (indvirkning på miljøet), som kommunen skal lave for at give tilladelse til hvert AD anlæg. Substrat i Danmark indeholder altid affald og skal derfor behandles og bortskaffes som affald.

8.1.3 Man skal altid være meget omhyggelig i timingen, metode, praksis og graden af spredning ved anvendelse af gødning / substrat. I Danmark skal man have lagerkapacitet til mindst 6 måneders produktion af substrat, men selv om det ikke kræves af bevilling eller lovgivning, bør substratet kun anvendes, når vejr- og jordbundsforhold er hensigtsmæssige. Spredning af substrat er uøkonomisk og potentielt forurenende, når planterne ikke er i stand til umiddelbart at optage de anvendte næringsstoffer.

8.1.4 Substratet må ikke rystes (f.eks. ved sprøjtning) under anvendelse, og derfor er det bedst at anvende den enten ved direkte indsprøjtning i jorden eller lade det sive ned på overfladen. At gøre det anderledes ville frigive kvælstof såsom ammoniak i atmosfæren, give et tab af næringsværdi til jorden, lugtgener og luftforurening. Indenfor nitratsårbare zoner er grænserne for spredning af organisk gødning (hvilket ville omfatte substrat) 170 kg kvælstof pr. hektar for agerjord i henhold til EU-direktivet.

8.1.5 Substrat fra AD anlæg, der behandler rest- eller forurenede affald, vil ikke få lov til at blive bortskaffet på landbrugsjord. Under visse omstændigheder kan det være muligt at bruge det som gødning til non-food afgrøder.

8.2 Jordforbedringsmidler

8.2.1 Det faste substrat fra AD installationer kan også forbedre jorden som følge af det resterende organiske kulstofindhold. Når råstoffer kan påvises at være fri for forurening kan dette produkt anvendes til fødevarer afgrøder. Let forurenede råmaterialer vil give anledning til en fast substrat, der ville være velegnet til anvendelse i dyrkning af non-food afgrøder. Nogle råmaterialer vil kun give en substrat, der er velegnet til daglig dækning på en losseplads eller til forbrænding. I nogle tilfælde kan en yderligere periode være nødvendigt med aerob kompostering med henblik på at efterkomme "deponeringsdirektivets" krav til behandling af bio-nedbrydeligt affald.

9. Undgåelse af farer

9.1 Bygningsdesign & Ledelsesforordninger

Entreprenøren, der bygger anlægget, skal overholde de regler som falder ind under den danske "Arbejdstilsynet -. Vejledning D.2.7." Formålet med reglerne er at sikre sikkerheden for de involverede i opbygningen af anlægget.

9.2 Forordninger for farlige stoffer og eksplosiv atmosfære

Disse forordninger (DSEAR) kræver, at en formel risikovurdering udføres, og at en passende strategi gennemføres for at minimere risikoen for eksplosion. EU direktivet er indført i dansk ret ved "Gasreglementet". De er tydeligvis relevante for biogasanlæg og kræver omfattende planlægning og gennemførelse af en strategi - især for potentielle antændelseskilder på centrale områder.

10. Konklusion

Der er en række barrierer for udviklingen af biogasanlæg i Danmark med de tilsyneladende største er VVM undersøgelsen samt egnsplanlægningens samtykke.

På den anden side ser det ud til at markedsvilkårene ændrer sig, og at AD udvikling baseret på forarbejdning af affaldsprodukter fra landmænd og fødevareindustriens produktion (deponeringsgebyr) nu økonomisk attraktivt med en afregningskursen for elektricitet og biogas på cirka 1,15 DKK / kWh og 5,00 DKK m³ metan.

Det danske Folketing har i foråret 2012 fremlagt en ny energiaftale, som har fastsat tilskuddet til AD anlæg for de næste 8 år.

11. Introduktion til produktion af biometan fra biogas.

Introduktion til biogasseparation

Omdannelsen af biogas til biometan vil tilbyde klare fordele og muligheder ved nogle anaerobe (AD) biogasanlæg - både eksisterende og foreslåede. Kernen i denne vejledning er en gennemgang af de nuværende let tilgængelige teknologier, der tager rå biogas og beriger det til det punkt, hvor det nærmer sig rent metan, således at den kan anvendes i køretøjer som alternativ til komprimeret naturgas eller trykkes ind i naturgasnettet. Dette indledende afsnit behandler de tilfælde, hvor biometan produktion kan være hensigtsmæssig.

Den væsentligste fordel ved at producere biometan som et alternativ til standardmodellen for el og varmeproduktionen fra et kraftvarmeværk (CHP) er effektiviseringen af energianvendelsen. Der, hvor hele eller størstedelen af varmeproduktionen fra kraftvarmeværket anvendes effektivt, er argumentet for produktion af biometan væsentligt reduceret, fordi anvendelseseffektiviteten af energien i biogas her er høj. I tilfælde hvor lidt eller intet af varmen fra kraftvarmeværket kan afsættes, lige bortset fra varmebelastning på rådnetanken, er energianvendelsen kun mellem 30 og 40%. Til sammenligning har de mest moderne naturgas anlæg meget høje virkningsgrader, hvor der ved kondenserende drift på udstødsledler kan nås en total effektivitet på næsten 100 %.

Mange AD-anlæg er placeret på steder fjernt fra større varmebrugere, og det er slet ikke usædvanligt, at det er upraktisk eller ekstremt dyrt at etablere fjernvarmevarme-hovedledningen til de nærmeste varmekonsumenter. Hvis disse brugere er beboelsesejendomme, udviser efterspørgslen efter varme ganske betydelig variation over året. Under sådanne omstændigheder bør muligheden for at konvertere hele eller dele af biogassen til biometan overvejes. At udnytte noget af den producerede biogas i en gasmotor til opvarmning af rådnetanken vil formentlig i de fleste tilfælde være fordelagtigt.

Der er dog væsentlige udfordringer i udviklingen af et gas-til-net-projekt, og disse bør indgå i meget tidlige overvejelser:

- Alle rensnings- og tilpumpnings-teknologier til gas-til-nettet er investerings- og driftstunge, og nogle omkostningselementer øges kun beskedent ved opskalering. Dette kan gøre mindre projekter uøkonomiske.
- Selv om rørføring af gas er betydeligt billigere i etablering end rørføring af fjernvarme, er der grænser for den økonomiske bæredygtighed med afstanden til gasnettet. Etableringsomkostningerne vil også afhænge af tilladelser til at krydse anden mands ejendom samt udnyttelsen af jorden og boniteten af jorden, der skal krydses. Fremføring langs veje vil være fordyrende med forøgede afstande og involvering af andre forsyningselskaber.
- Gasnettet, gassen tilføres, skal kunne håndtere den givne mængde gas. Lavtryks gas net kan ligesom fjernvarmeanlæg have betydelige årstidsvariationer på forbrugssiden, og afsætningen kan ikke nødvendigvis tilpasses de produktion, der finder sted på biogasanlægget.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

Brugen af "Biogas-biometan beregneren", udviklet under dette projekt, vil gøre det muligt at beregne de omtrentlige omkostninger i forbindelse med opgradering.

Placeringen, kapaciteten af og forbruget i det lokale gas net vil kunne fastlægges ved aftaler med relevante gas net udbydere.

Den følgende oversigt over teknologier er udført af projektpartneren Det Tekniske Universitet i Wien og giver en detaljeret vejledning om de nuværende teknologier.

12. Introduktion til og oversigt over opgraderings teknologi

12.1 Generelt om gas opgradering

Biogas opgradering og produktion af biometan inkluderer avancerede processer til effektiv separation af de gasarter, biogas består af. Der findes i dag et større antal forskellige teknologier, der kan udskille metan af tilstrækkelig kvalitet til, at gassen kan udnyttes som brændstof til køretøjer eller kan tilpumpes naturgasnettet. Heraf er adskillige kommercielt tilgængelige og har vist sig at være teknisk og økonomisk gennemførlige. Herunder fortsætter den intensive forskning med det formål at optimere og videreudvikle disse teknologier samt at udvikle nye, forventeligt mere teknisk og økonomisk optimale teknologier til biogas opgradering. De forskellige teknologier har deres specifikke fordele og ulemper, og disse søges beskrevet med denne gennemgang. Valget af den økonomisk optimale teknologi er stærkt afhængigt af:

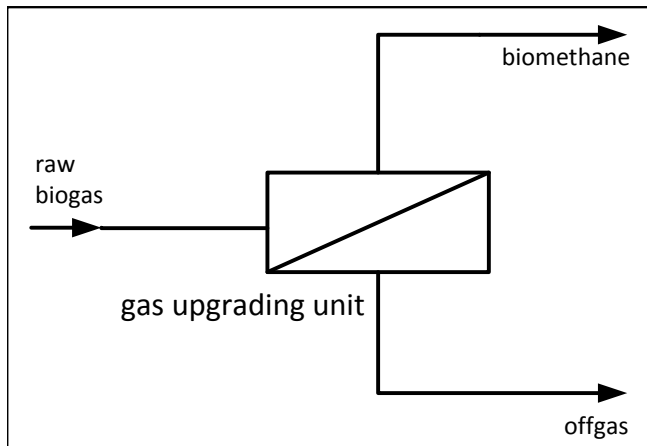
- kvaliteten og mængden af den rå biogas, der skal opgraderes
- den ønskede biometan kvalitet ved den endelige anvendelse
- drift af AD anlægget
- typer, sammenhænge af og variation i de anvendte substrater
- lokale forhold ved og på afsætningsiden af anlægget.

Valg af anlægstype skal foretages af planlægger og fremtidige ejer.

Denne rapport er udarbejdet som støtte og retningslinje i planlægningsfasen af et nyt biometan produktionsanlæg.

Biogas opgradering består i en separation af gasarter, hvor metan udskilles i en metan-rig produkt gasstrøm med en given specifikation. Afhængigt af sammensætningen af den rå biogas omfatter denne opgradering en udskillelse af kuldioxid, tørring af gassen, fjernelse af sporstoffer såsom ilt, kvælstof, svovlbrinte, ammoniak eller siloxaner samt kompression til det tryk, der er nødvendig for den videre gasanvendelse. Herved øges metankoncentration, brændværdi og Wobbe-indeks i den separerede metangas. Kravafhængigt kan der tilsættes lugtstoffer eller justeres til en given forlangt brændværdi, eksempelvis ved tilsats af propan. Figur 1 viser gasseparationen i enkel, skematisk form.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas



Figur 1: Grundlæggende driftsdiagram til biogas opgradering

Den rå biogas bliver grundlæggende opdelt i to gasstrømme: en metan-rig brændbar del og en kuldioxidrig affaldsgas del. Da separation ikke kan være perfekt, indeholder affaldsgas strømmen stadig en mindre mængde metan, afhængig af den anvendte teknologi. Håndteringen af affaldsgassen kan afhænge af:

- Hvorvidt det er lovligt at slippe denne gasstrøm ubehandlet ud i omgivelserne
- Koncentrationen af metan
- mængden af metan i affaldsgas i forhold til mængden af metan i den rå biogas
- anlæggets beliggenhed.

Der findes en række teknologier til behandling af affaldsgassen ved iltning, se kapitel 5.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

12.2 Generelt om gassammensætning

Følgende tabel indeholder typiske gassammensætninger af biogas og skraldgas og disse værdier sammenlignet med dansk naturgas. Kvaliteten af naturgas fra Nordsøen er høj i forhold til eksempelvis Hollandsk og Russisk kvalitet.

Parameter	Biogas	Skraldgas	Naturgas (Dansk)
Metan [mængde %]	60-70	35-65	89
Andre karbonhydrider [mængde %]	0	0	9,4
Brint [mængde %]	0	0-3	0
Kuldioxid [mængde %]	30-40	15-50	0,67
Kvælstof [mængde %]	Op til 1	5-40	0,28
Ilt [mængde %]	Op til 0,5	0-5	0
Svovlbrinte [ppm. volumen]	0-4000	0-100	2,9
Ammoniak [ppm. volumen]	Op til 100	Op til 5	0
Laveste brændværdi [kWh/m ³ (Standard temperatur og -tryk)]	6,5	4,4	11,0

13. Teknologier til afsvovling af biogas

13.1 Generelle forhold

For affaldsgassen er kuldioxid den gasart, der er mest forurenende, da den typisk udgør 30 til 40 % af den producerede gasmængde. Svovlbrinte udgør typisk under 0,5 % af mængden, men effektiv fjernelse af svovlbrinte kan være af afgørende betydning for de teknologiske og økonomiske muligheder for opgraderingsanlæggets funktion. Svovlbrinte indholdet i biogas kan variere typisk fra ppm til promille-koncentrationer, og da det er en sur og ætsende gas, kræves den typisk fjernet fra rågassen forud for den egentlige gasseparation uanset metode og anvendelse af produktet.

Der findes en række velfungerende systemer til afsvovling af biogas. Valg af metode kan afhænge af:

- Udrådningssystemets konstruktion
- Krav til effektivitet
- Krav til teknisk stabilitet
- Økonomiske forhold.

De vigtigste metoder er præsenteret i det følgende afsnit. Det skal pointeres, at hvor biometan skal tilpumpes naturgasnet, er der høje krav til gassens renhed og energiindhold.

13.2 In-situ afsvovling: Sulfid udfældning ved kemisk binding

Tilsætningen af opløste metaller såsom jernklorid eller jernsulfat til reaktor eller udligningstank / blandetank før udrådningen resulterer i en udfældning af biomassens svovlbrinteindhold i form af hovedsageligt tungt uopløseligt jernsulfid salt i biomassen. Sulfidsaltene passerer ud af reaktoren i blanding med biomassen. Endvidere er det fundet, at en reduktion af koncentrationen af fri svovlbrinte indholdet i biomassen kan forbedre miljøet for bakterierne således, at de er i stand til at omsætte en større del af det organiske stof til biogas, herunder metan.

Kemisk binding af sulfid er investeringslet men økonomisk driftstung. Eksisterende biogasanlæg kan uden videre etablere og drive sådanne anlæg, og metoden anvendes i mange sammenhænge som sikkerhedsfunktion for andre typer afsvovlingsanlæg.

Metoden bør under alle omstændigheder betragtes som grov, da den kræver en effektiv opblanding i og reaktion med svovlbrinte i biomassen. Egentlig regulering af rensning er næppe mulig. Teknikken anvendes typisk i rådnetanke, der leverer gas med høje svovlbrinte koncentrationer og som en første foranstaltning sammen med efterfølgende behandling eller i tilfælde, hvor kontrolbehovet er beskedent.

Det kan tilføjes, at der er gode erfaringer med anvendelse af jernslam fra vandværker til afsvovling. Denne masse er dog vanskelig at håndtere og reagerer betydeligt langsommere end jernklorid.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

Desuden har der i nogle sammenhænge vist sig tegn på, at tilsats af jern til biogasanlæg kan have en processtabiliserende effekt og således formentlig medvirke til en forbedret biogasproduktion.

Det bør pointeres, at jernklorid er stærkt tærende, hvorfor der skal tages hensyn til beton- og sortstålskonstruktioner. Der har også været indikationer af, at lejer i pumper tager skade af jernklorid, formentlig af kloriderne. Endelig kan klorid i nogle sammenhænge substituere brint under dannelsen af metan, og halometaner er endog meget tærende.

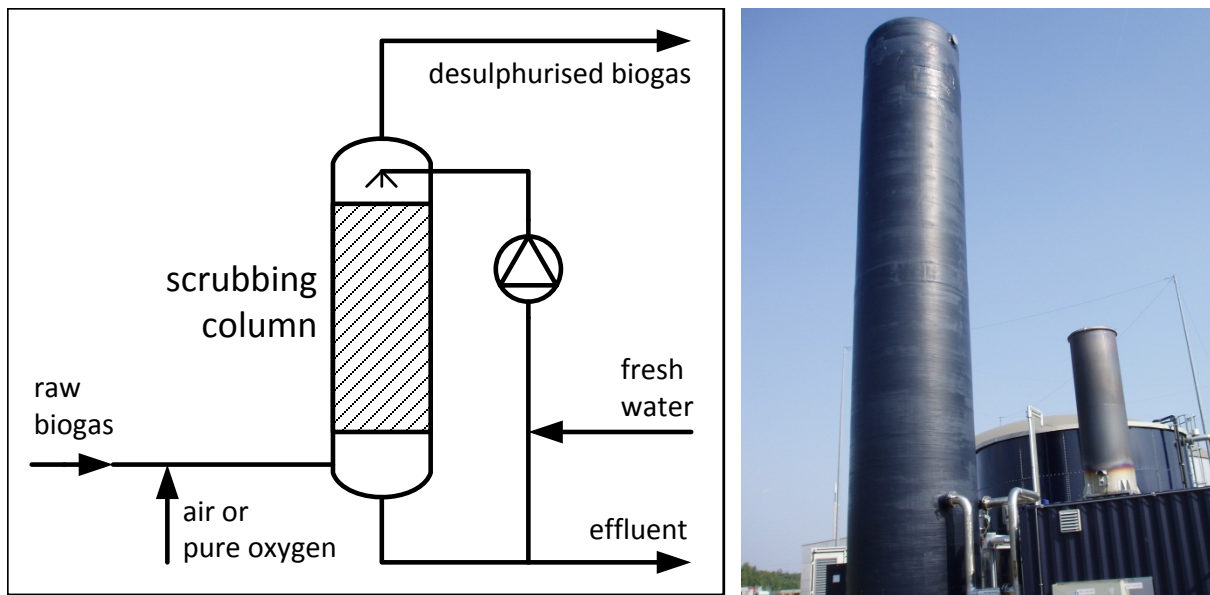
13.3 Biologisk afsvovling: In situ og skrubning i filter

Svovlbrinte kan fjernes ved iltning med kemo-autotrofe mikroorganismer af slægterne Thiobacillus og Sulfolobus. Denne iltning kræver en vis mængde ilt, der tilsættes den biologiske afsvovling med en tilsvarende mængde luft. Svovlbrinte reduktionen finder sted ved iltning af svovlbrinte til krystallinsk svovl, der ikke kan reduceres til svovlbrinte.

Processen kan finde sted i rådnetanken ved bakterier, der allerede findes naturligt i substrat, og selve processen finder da sted i gasfasen over det gærende substrat, gerne i væskeoverflade med lidt svømmelag og på tankvæg. Opbygningen af anlægget er simpel, da der blot skal blæses en given mængde luft ind i rådnetankens gasfase, hvorefter bakterierne ilter svovlbrinte, hovedsagelig til elementært svovl, S_8 . Er der overskud af ilt, kan elementært svovl iltes videre til svovlsyring og / eller svovlsyre, der imidlertid kan reduceres til svovlbrinte i væsken i rådnetanken. Iltningsprodukterne svovlsyring og svovlsyre er stærkt tærende, også under iltfrie forhold, hvorfor gassen fra sådan et anlæg ikke bør komme i berøring med beton eller sort stål.

Alternativt anvendes en gasskrubber som et behandlingstrin på gasnettet, typisk placeret mellem rådnetank(e) og gaslager. Gasskrubberen er udformet som et biologisk filter, et lodretstående tankanlæg med et plastfilter i. Nederst i filteret er en væskesump og øverst et system af spraydyser. Sumpen tilføres kunstgødning eller filtreret, udrådnet masse fra biogasanlægget for at tilføre bakterierne de nødvendige næringssalte samt vand for at undgå hæmmende koncentrationer af stoffer i væsken. Der pumpes løbende væske fra sumpen via dyserne over filteret for at nærme bakterierne. På filteret gror bakterier i en såkaldt biofilm, der typisk podes på filteret ved en mindre mængde filtreret, udrådnet gylle. Foran filteret blandes biogas med luft. Bandingen føres ind i bunden af filteret og modstrøms vaskevand op gennem filteret. Bakterierne på filteret ilter svovlbrinte med molekylært ilt under dannelse af hovedsagelig elementært svovl, S_8 . Er der overskud af ilt, kan elementært svovl iltes videre til svovlsyring og / eller svovlsyre, der imidlertid kan reduceres til svovlbrinte i anlægget. Svovlprodukterne tømmes løbende ud af filterets sump i blanding med væske fra sumpen.

Investeringsbehovet til biologiske skrubbere er moderat, og driftsomkostningerne er lave. Denne teknologi er vidt udbredt, og anlæggets tilgængelighed er høj.



Figur 2: Arbejdsdiagram af et biologisk skrubbeanlæg til afsøvling af rå biogas; billede af den biologiske skrubber på biogasanlægget Bruck / Leitha, Østrig med en rå biogas kapacitet på 800m³ / h (Kilde: Wiens Tekniske Universitet, Biogas Bruck GmbH)

Biologiske skrubber er teknisk simple anlæg, fungerer effektivt og processen er stabil. Kemikaliebehovet begrænser sig til tilsats af næringsalte og spormetaller. Typisk renses til et niveau for svovlbrinte på 100 til 200 ppm, da rensning til lavere koncentrationer kan medvirke til dannelse af de nævnte syrer, der har tendens til at udfælde på filteret som metalsalte. Der er eksempler på, at sådanne filtre sætter til eller bryder ned under vægten af metalsaltene.

Imidlertid har langtidserfaringer på et biogas opgraderingsanlæg i Østrig vist, at metoden ikke er tilstrækkelig til at sikre den nødvendige gaskvalitet for tilpumpning til naturgas nettet. Det biologiske system er i stand til at fjerne selv meget store mængder af svovlbrinte fra biogas, men systemet reagerer langsomt på skiftende koncentrationer af svovlbrinte i gassen. Teknologien kan derfor ikke stå alene, hvis den producerede biogas udviser store udsving i svovlbrinte koncentrationen.

13.4 Kemisk og oxidativ skrubning

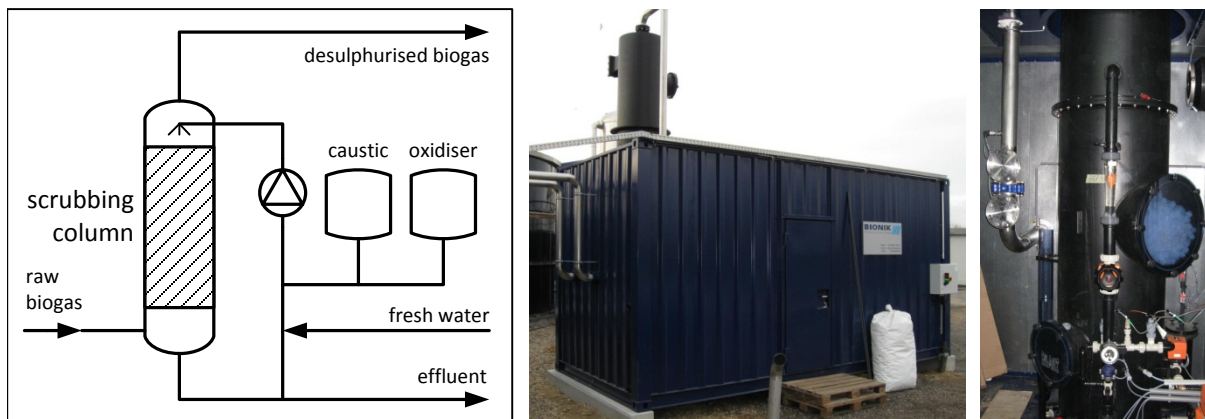
Optagelse af svovlbrinte i basiske væsker er en af de ældste metoder til gas afsøvling. Vaskerne har typisk samme principielle konstruktion som ovennævnte biologiske vasker. Typisk anvendes natrium hydroxid, NaOH som kemikalium til at forøge pH værdien i væsken i vaskeren, således at svovlbrinte i gassen ioniseres under dannelse af HS⁻ og S⁻², der optages i væsken. Ved processen optages desuden meget store mængder CO₂, gerne adskillige gange mere CO₂ end H₂S. For at sikre effektiv funktion skal pH-værdien styres omhyggeligt ved løbende tilsats af NaOH.

For at minimere optagelsen af CO₂ kan reduceres ved at tilsætte et iltningmiddel, der ilter HS⁻ og S⁻² til elementært svovl, svovlsyrling og eller svovlsyre. Ved iltning til syrerne kræves imidlertid tilsats af yderligere base for at holde pH høj. Hermed behøver den CO₂ mættede væske mindre tilsats af base, hvorfor den kan anvendes igennem længere tid og således optage svovlbrinte selektivt. Normalt

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

anvendes brintoverilte som iltmiddel. Denne teknik viser en gunstig kontrolmulighed og stabil drift, selv under store udsving i svovlbrinte koncentrationen og -mængden i den rå biogas. Et indhold af svovlbrinten så lavt som 5 ppm kan nås i en stabil drift. Normalt er den mest økonomiske drift at kontrollere indholdet af den rensede gas til at være omkring 50 ppm; den resterende svovlbrinte fjernes ved hjælp af optagelse på metaloxider.

Teknologien kræver omfattende processtyring og viden om håndtering af de anvendte kemiske stoffer. Det er blevet rapporteret, at de specifikke omkostninger i denne teknologi er yderst konkurrencedygtige sammenlignet med andre eksisterende afsvovlingsteknologier. Denne teknologi bør tages i betragtning, hvis der forventes høje eller stærkt svingende svovlbrinteindhold i den producerede biogas. Imidlertid er det også erfaret, at vask med base uden brug af iltningmiddel giver et meget højt baseforbrug på grund af optagelse af CO₂, hvorfor driftsomkostningerne bliver meget høje.



Figur 3: Arbejdsdiagram af et kemisk-oxidativ skrubningsanlæg til rå biogas afsvovling; billeder af den kemisk-oxidative skrubber på biogasanlægget Bruck / Leitha, Østrig med en rå biogas kapacitet på 300m³ / h (Kilde: Vienna University of Technology, Biogas Bruck GmbH)

13.5 Optagelse på metaloxider eller aktivt kul

Svovlbrinte kan optages på overfladen af metaloxider såsom jernoxid, zinkoxid og kobberoxid eller på aktivt kul og effektivt fjernes fra biogassen.

Anlæggene består typisk af et antal parallelle filtersektioner med metaloxid eller aktivt kul, hvor biogassen ledes igennem. Det er vist, at filteret med fordel kan holdes fugtigt.

Svovlbrinte reagerer kemisk med det iltede metal, dels under dannelse af metalsulfid dels ved en katalytisk reaktion, hvor svovlbrinte iltes til forskellige svovlkomponenter samtidig med at metallet reduceres. Ved processen ender brint fra svovlbrinten som vand. Når filteret er mættet med svovlbelægninger og / eller metaloxiderne er reduceret, udskiftes filteret. Filteret vil typisk blive regenereret ved en iltningproces, hvor svovl iltes til svovlsyrling og / eller svovlsyre, udvaskes og filteret kan benyttes igen.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

Optagelse af svovlbrinte på aktivt kul udføres sædvanligvis med en lille tilsætning af ilt med henblik på at ilte den optagede svovlbrinte til elementært svovl med videre og dermed binde den stærkere til overfladen. Hvis ilt dosering ikke er acceptabelt, benyttes gerne en speciel imprægneret aktivt kul.

Denne afsvovlingsteknik er yderst effektiv med deraf følgende koncentrationer på mindre end 1 ppm. Selv om investeringsomkostningerne er relativt lave ved denne teknologi, så er de samlede specifikke omkostninger meget høje med det resultat, at denne metode typisk kun anvendes til afsluttende behandling ved en slutpolering, og da typisk med et svovlbrinteindhold mindre end 150 ppm svovlbrinte på tilgangssiden.

14. Teknologier til produktion af biometan

14.1 Generelle forhold

Der findes i dag en række kommercielle teknologier til opgradering af biogas. Opgradering kan inkludere:

- tørring af den rå biogas
- fjernelse af kuldioxid
- fjernelse af sporgasser.

Herved forøges metankoncentrationen og dermed brændværdien i produktgassen, mens kuldioxid og sporgasser passerer videre som affaldsgas, se kapitel 4.8.

Gasseparationen kan finde sted i:

- en skrubber over en væskefase, der absorberer de reaktive gasarter
- ved reaktion på en fast masse
- gennem et filter, der tilbageholder tunge gasarter.

Det bør noteres, at metan ikke er reaktiv samt at kultveilde og svovlbrinte er reaktive og sure gasarter.

14.2 Fysisk optagelse af kultveilde: Trykstyret vandsskrubning

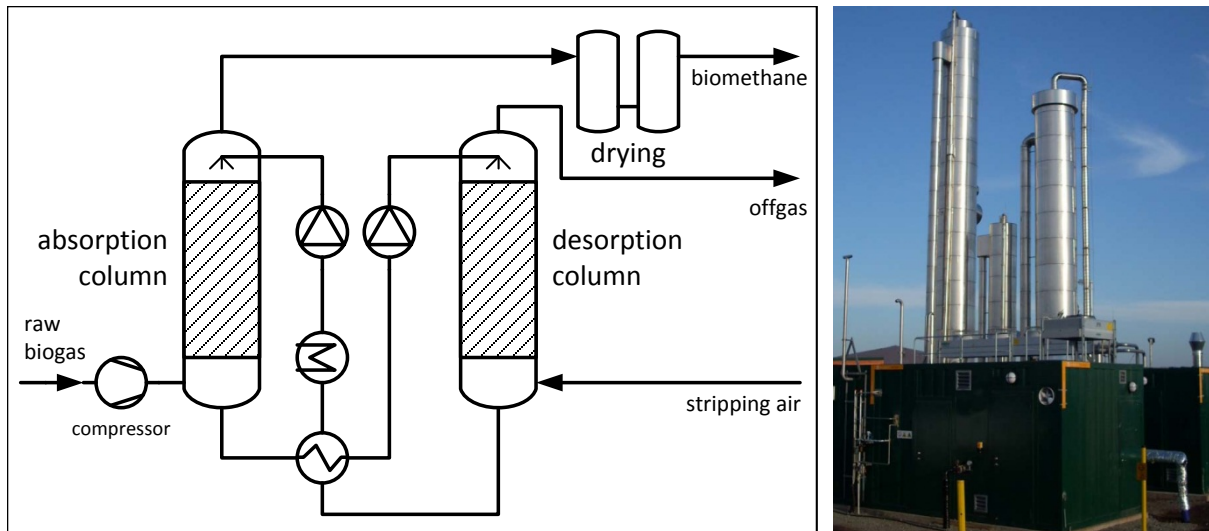
Trykvandsskrubberen består af et tryksat kammer udformet som en skrubber i lighed med ovenfor omtalte skrubber. Biogassen trykkes ind i bunden af skrubberen og aflastes løbende i toppen som rensat gas. Sidestillet med trykvandsskrubberen er et regenereringsanlæg til stripping af de gasarter, der er optaget i vandet i trykvandsskrubberen. I denne vasker udluftes de optagne gasarter, hvorved vandet regenereres og kan trykkes tilbage i skrubberen.

De optagede gasarter, kultveilde og svovlbrinte er fysisk bundet til vandvæsken. Kuldioxid har en helt betragteligt højere opløselighed i vand end metan specielt ved lavere temperaturer og højere tryk. Foruden kuldioxid kan svovlbrinte og ammoniak også optages i trykvandet. Vandet fra skrubberen recirkuleres løbende over stripperen, hvor trykket reduceres og hvor der tilledes betydelige mængder luft, og herved bliver størstedelen gassen, der er opløst i vandet, frigivet. Da den frigivne gas hovedsagelig indeholder kuldioxid, men dog også en beskedne mængde metan samt eventuelt svovlbrinte, kan der være behov for yderligere rensning / iltning af gassen.

Ulempen ved denne fremgangsmåde er, at luft-komponenterne ilt og kvælstof opløses i vandet under regenereringen i stripperen, transporteres ind i trykvandsskrubberen, hvor en del passerer til den opgraderede biometan gasstrøm. Derfor indeholder biometan produceret med denne teknik

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

altid ilt og kvælstof. Da den producerede biogas strøm er mættet med vand, er det sidste trin i opgraderingen typisk gastørring, for eksempel ved anvendelse af glykol skrubning.



Figur 4: Arbejdsdiagram af en typisk biogas opgraderingsenhed, som anvender trykvandsskrubning. Billede viser opgraderingsanlægget Könnern, Tyskland med en behandlingskapacitet på $1250 \text{ m}^3 / \text{h}$ (Kilde: Malmberg)

14.3 Fysisk kemisk optagelse i organisk væske

Meget lig trykvandsskrubning benytter denne teknologi en organisk væske, for eksempel polyethylen glykol, i stedet for vand. Kuldioxid har større opløselighed i sådan en væske end i vand. Som følge heraf kan der med denne teknologi opnås meget høj behandlingskapacitet, alt andet lige. Eksempler på kommercielle produkter, som benytter fysisk kemisk skrubning med organiske væsker er Genosorb[®], Selexol[®], Sepasolv[®], Rektisol[®] and Purisol[®].

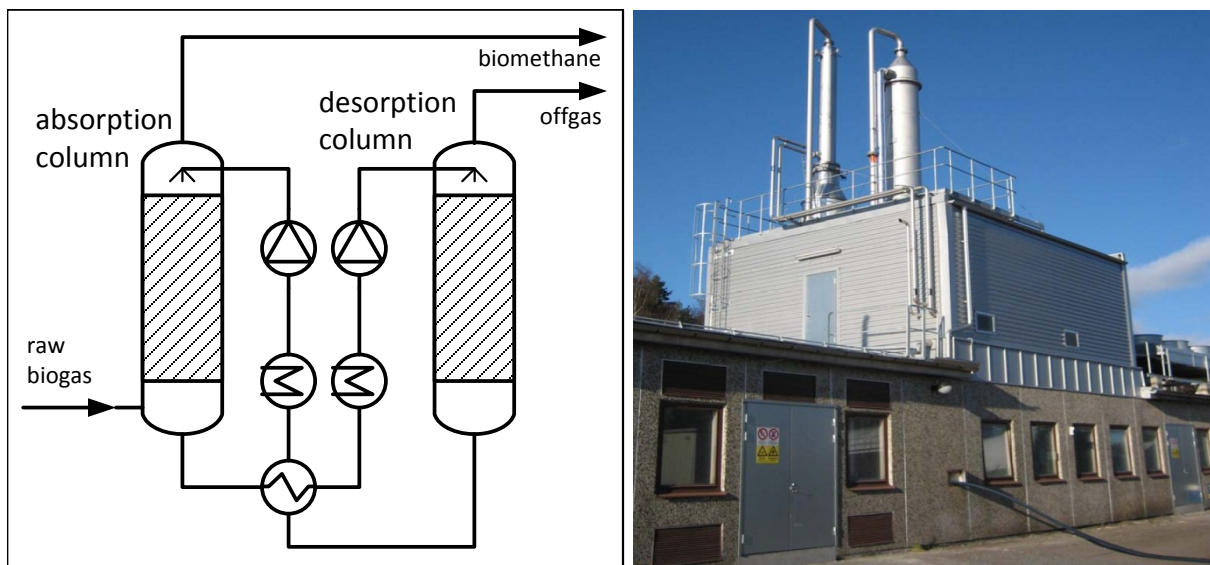
14.4 Fysisk kemisk optagelse med aminer

Denne type anlæg svarer i hovedtryk til ovennævnte tryksatte vaskerianlæg i sin konstruktion, altså med en vaskerisektion og en regenereringssektion. Fysisk kemisk optagelse med aminer er kendetegnet ved en fysisk optagelse af reaktive gasarter i en væskefase efterfulgt af en kemisk reaktion mellem væskefasens komponenter og den optagede gas. Hermed opnås en høj kapacitet i væskefasen, og gassernes binding til væskefasen er betydeligt mere stabil. Herved forøges anlæggets effektivitet alt andet lige. Der benyttes typisk vandige opløsninger af Monoethanolamin MEA, Diethanolamin DEA og Methyldiethanolamin MDEA i sådanne anlæg.

Den kemiske reaktion er stærkt selektiv, og mængden af metan, der optages i væsken, er også meget lav. Hermed opnås et helt beskedent metanspild. På grund af den høje reaktivitet af især kuldioxid på aminerne, kan driftstrykket af amin skrubberes holdes væsentligt lavere end på ovennævnte skrubbersystemer.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

Amin skrubberanlæg drives normalt på trykket i den tilførte biogas, og således er et kompressortrin unødvendig. Den effektive binding af gas til amin-opløsningen modsvarer i sagens natur af en vanskelig afgivelse af gassen i den sektion, hvor amin-opløsningen regenereres. Skrubbevæsker kræver opvarmning for at afgive de bundne gasarter, og væsken opvarmes til op mod 160°C under regenereringen, dog afhængigt af den valgte teknik. Herved frigives kuldioxid, der aflastes fra regenereringsanlægget, normalt som en næsten ren kultveilte. Der er løbende behov for tilsats af vand og amin, da der tabes væske til opgraderet metan og under regenereringen. Rester af svovlbrinte i den tilførte gas vil også blive optaget, men er vanskeligere at drive af i regenereringen. Derfor er det tilrådeligt at fjerne denne komponent effektivt foran amin skrubberen.



Figur 5: Arbejdsdiagram af en typisk biogas opgraderingsenhed, som anvender aminoskrubning; billede af opgraderingsanlægget Göteborg, Sverige med en gaskapacitet 1.600m³ / h (Kilde: Cirmac)

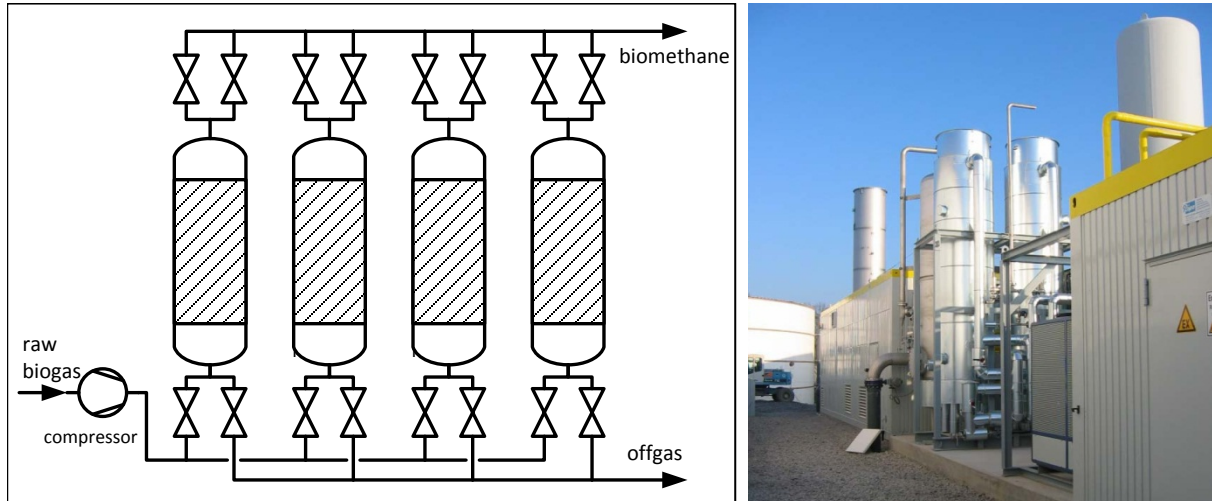
14.5 Kemisk binding i fast masse: Tryksvingsoptagelse (PSA)

Separation af gas ved hjælp af optagelse i en fast masse er baseret på de forskellige gaskomponenters forskellige adsorptionsegenskaber i den faste masse under forhøjet tryk. Anlæggene er gerne udformet som et kompressor anlæg, der faseforskudt trykker den forbehandlede biogas til et antal parallelle adsorptionskolonner, hvorfra opgraderet biometan henholdsvis affaldsgas forlader kolonnerne i adskilte rørføringer. Anlæg kan være opbygget således, at affaldsgas behandles i et sekundært sæt adsorptionskolonner for at forøge genvindingen af metan.

Sædvanligvis anvendes kolonner af forskellige typer af aktivt kul eller molekylsigter / zeolitter som adsorberende materiale. Disse materialer adsorberer under tryk selektivt kuldioxid og efterlader forøgede koncentrationer af metan i gasfasen. Efter adsorptionen ved højt tryk aflastes først den metanholdige gasfase og dernæst den adsorbere gas med styret reduktion af trykket i kolonnen. Kolonnen regenereres ved vask med skylning med samme gas, som tilføres anlægget. Herefter tilføres igen komprimeret gas og forløbet gentager sig. Affaldsgas kan ledes til en behandlingsenhed

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

for affaldsgas eller ledes direkte ud i atmosfæren afhængigt af lokale krav. Vand og svovlbrinteindholdet i gassen skader den adsorberende masse og skal fjernes effektivt foran kolonnerne.



Figur 6: Arbejdsdiagram af en typisk biogas opgraderingsenhed som benytter tryksvingsoptagelse; billede af opgraderingsanlægget Mühlacker, Tyskland med en gaskapacitet på 1.000m³ / time (Kilde: Schmack CARBOTECH)

14.6 Membranteknologi: Gasfiltrering

Membraner til biogas opgradering drives ved etablering af et tryk på gassens tilgangsside, der driver givne gasarter igennem membranen. Membranen er lavet af materialer, der udviser én af følgende to funktioner:

- Har en porestørrelse, der kun tillader molekyler under en given størrelse at trænge igennem, større molekyler tilbageholdes
- Har en membran-kemisk funktion, der binder givne molekyler på membranfladen, hvorefter disse så at sige springer fra bindingssted til bindingssted gennem membranen for at blive frigivet på membranens anden side

Nedenfor beskrives sidstnævnte. Til orientering er forskellen mellem de 2 typer alene et spørgsmål om, hvorvidt det er metan eller kultveilte, svovlbrinte og vand, der tilbageholdes af membranen.

Kemisk membranbaseret gasseparation medvirker til følgende detailfunktion:

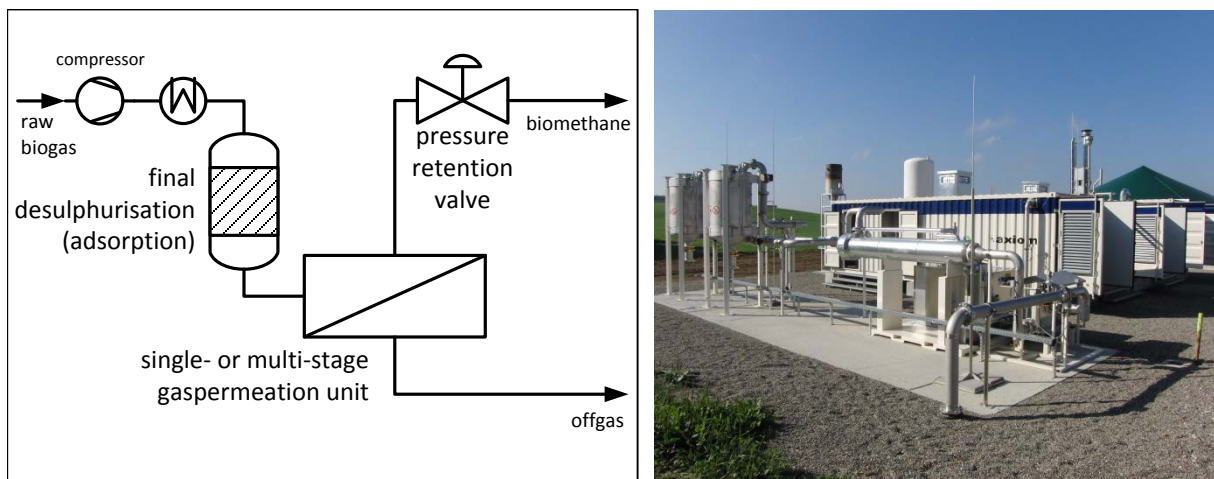
- kuldioxid, vand og ammoniak trænger let igennem membranen
- svovlbrinte, ilt og kvælstof trænger til en vis grad gennem membranen
- metan trænger kun i meget ringe udstrækning igennem membranen

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

Typiske kemiske membraner er fremstillet af polymere materialer såsom polysulfon, polyimid eller polydimethylsiloxan. Disse materialer udviser netop en gunstig udskillelsesgrad for metan / kuldioxid kombineret med en rimelig robusthed overfor sporgasser i den tilførte gas.

Anlæggene består generelt af kompressoranlæg, køle-tørresektion, opvarmnings- og svovlrense sektion med metaloxider samt filtersektion. Filtersektionen kan være opbygget med flere sektioner i serie for at maksimere metan-tilbageholdelsen. For at opnå et kompakt design benyttes typisk et antal parallelle moduler samt membraner i form af hule fibre, der har en meget beskedne diameter og et højt overflade-volumen forhold.

Anlæggets kompressorfunktion styres normalt ved et konstant driftstryk på tryksiden af membranerne, hvilket medvirker til at opnå en fast passagetid igennem anlægget. Herved sikres et givet krav til separation af gassen.



Figur 7: Arbejdsdiagram af en typisk biogas opgraderingsenhed, der anvender membranteknologi gas gennemtrængning; billede af opgraderingsanlægget Kisslegg, Tyskland med en gaskapacitet på 500 m³ / time (Kilde: AXIOM Angewandte Prozesstechnik)

Moderne opgraderingsanlæg med mere komplekse designs giver mulighed for meget høje metan genvindingsrater og relativt lavt energiforbrug. Der er bygget common-rail systemer, der har vist sig at være økonomisk fordelagtige.

14.7 Sammenligning af de beskrevne teknologier

Valget af separationsteknologi er afhængigt af en række faktorer, hvoraf følgende betragtes som særligt vigtige:

- Gasmængde
- Gassammensætning
- Kvalitetskrav til den koncentrerede bio-metan, herunder eventuelle myndighedskrav
- Genvindingsgrad for metan / tab af metan til affaldsgas

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

- Anlægsøkonomi
- Driftsøkonomi

Der kan næppe gives entydige svar på, hvornår en given teknologi bør foretrækkes. For at komme valget nærmere, er der i denne projektsammenhæng udviklet værktøjet "BiomethaneCalculator", der vil blive opdateret hvert år. Dette værktøj indeholder alle relevante opgraderingsteknologier, herunder opgraderingstrin og bringer en kvalificeret vurdering anlægsøkonomien.

Nedenstående tabel opsummerer de vigtigste parametre for de beskrevne teknologier på basis af den indledningsvist skitserede biogassammensætning. Værdier af visse parametre repræsenterer et gennemsnit af realiserede homologe anlægsdesigns eller verificerede data fra litteraturen. Det anvendte prisgrundlag er marts 2012.

Membranteknologi giver mulighed for bredt at tilpasse anlæggets udseende til de lokale forhold ved anvendelse af forskellige membrankonfigurationer, flere membrantrin og flere kompressorvarianter. Derfor er variationsbredden for de fleste parametre angivet. Første værdi svarer altid til det simple anlægsdesign, altså billigt anlæg og med lav metan genindvinding, medens det andet tal svarer til et anlæg med en effektiv metan-genvinding.

Parameter	Vand-skrubning	Organisk fysisk skrubning	Amin skrubning	PSA	Membran-teknologi
Forventet metan indhold i biometan [vol%]	95-99	95-99	>99	95-99	95-99
Effektiv indvinding af metan [%]	98	96	99.96	98	80-99,5
Metan tab [%]	2,0	4,0	0,04	2,0	20-0,5
Typisk aflastningstryk [bar(g)]	4-8	4-8	0	4-7	4-7
El kraftforbrug [kWh el/m ³ biometan]	0,46	0,49-0,67	0,27	0,46	0,25-0,43
Varmeforbrug og temperatur niveau	-	medium 70-80°C	høj 120-160°C	-	-
Krav til afsvovling	Afhængig af processen	Ja	Ja	Ja	ja
Kemikaliebehov	Antibegro-nings-middel, tørrings-middel	Organisk opløsnings-middel (ikke-farligt)	Amin opløsning (farligt, ætsende)	Aktivt kul (ikke-farligt affald)	
Belastning [%]	50-100	50-100	50-100	85-115	50-105
Antal referenceanlæg	Højt	Lavt	medium	Højt	Lavt
Gennemsnitlige					

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

investeringsomkostninger [€/m ³ /time biometan]					
for 100m ³ /time biometan	10.100	9.500	9.500	10.400	7.300-7.600
for 250m ³ /time biometan	5.500	5.000	5.000	5.400	4.700-4.900
for 500m ³ /time biometan	3.500	3.500	3.500	3.700	3.500-3.700
Gns. driftsomkostninger [€ct/m ³ biometan]					
for 100m ³ /time biometan	14	13,8	14,4	12,8	10,8-15,8
for 250m ³ /time biometan	10,3	10,2	12	10,1	7,7-11,6
for 500m ³ /time biometan	9,1	9,0	11,2	9,2	6,5-10,1

14.8 Fjernelse af sporkomponenter, vand, ammoniak, siloxaner og partikler

14.8.1 Generelle forhold

Biogas er mættet med vanddamp og vandopløselige gasarter og har et vist indhold af partikler og salte, når den forlader rådnetanken. Vanddampen vil typisk kondensere undervejs igennem gassystemet, da temperaturen i rådnetanken oftest er højere end omgivelsernes temperatur. Tilførsel af atmosfærisk luft til rensning for svovlbrente kan medvirke til, at der er svovloxider i kondensatet. Disse er stærkt korrosive.

14.8.2 Udskillelse af vand

Vand udskilles / kondenseres typisk ved en eller en kombination af følgende forhold / teknologier:

- forøget gastryk
- reduceret temperaturen ved omgivelsernes temperatur eller eksempelvis isvandskøling
- blæserkøling eller kompressorbaseret køling
- skrubning med glykol
- adsorbering på silikater, aktivt kul eller molekylære sigter (zeolitter).

Sidstnævnte metode vil normalt ikke benyttes, da kolonnemassen kan tage skade vand.

14.8.3 Reduktion af ammoniak

Ammoniak udskilles normalt, når biogassen tørres ved afkøling på grund af høj vandopløselighed. Desuden vil de fleste teknologier til fjernelse af kuldioxid også fjerne ammoniak. Separate anlæg til ammoniakfjernelse er derfor normalt unødvendige.

14.8.4 Reduktion af siloxan

Siloxaner findes i produkter såsom deodoranter og shampooer og kan derfor findes i biogas fra rådnetanke på rensningsanlæg samt fra skraldgas. Disse stoffer er stærkt korrosive og kan skabe alvorlige problemer på stål, i gasmotorer og kedelanlæg. Siloxaner kan fjernes ved:

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

- Gaskøling
- Adsorption på aktivt kul, aktiveret aluminium eller kiselgel
- Optagelse i flydende blandinger af kulbrinte.

Kun undtagelsesvist ses anlæg til rensning for siloxan på biogasproducerende anlæg.

14.8.5 Reduktion af partikelindhold

Biogas indeholder som nævnt partikler, vanddamp og små dråber af kondenseret vand. I forbindelse med temperaturtab vil der ske kondensdannelse i gassen, og dette kondensat vil medvirke til reduktion af partikelindholdet i gassen.

Normalt passeret produceret gas igennem et separat gaslager, før den opgraderes eller udnyttes på anden vis, og i sådanne lagre sker der normalt også en betydelig kondensering, naturligvis klimaafhængigt.

Partikler i gas kan forårsage mekanisk slid i gas-motorer, turbiner og rørledninger. Gasrampen foran sådanne anlæg er derfor normalt forsynet med et gasfilter med en porestørrelse på 0.01 μ m - 1 μ m.

Vanddråber kan forårsage trykstigninger i gasmotorers cylindre, og kan i værste fald medvirke til havari.

15. Fjernelse af metan fra affaldsgas

Som nævnt ovenfor indeholder den affaldsgas, der blev produceret under biogas opgraderingen, stadig en vis mængde metan afhængigt af effektiviteten med den givne teknologi. Da metan er en stærk drivhusgas, er det af vital betydning for den overordnede bæredygtighed i biometan produktionskæden at minimere udledningen af metan i atmosfæren. Herunder har en lang række lande fastsat krav til metanindhold i affaldsgas. Desuden er tab af metan med affaldsgas i nogen udstrækning medvirkende til at reducere indtægtsgrundlaget ved salg, hvilket alt andet lige reducerer rentabiliteten.

Det er givet, at krav til en høj effektivitet også hænger sammen med øgede investerings- og driftsomkostninger uanset valg af opgraderingsteknologi. Som følge heraf er det ofte ikke rentabelt at sikre en maksimal metanmængde til produktgas, hvorfor der normalt vil ses en mindre mængde, dog en lav koncentration af metan i affaldsgassen. Dette kan medvirke til krav til behandling af affaldsgassen før den ledes ud i omgivelserne.

Normalt er koncentrationen af metan i affaldsgassen så lavt, at gassen ikke er brændbar. Derfor er den mest almindelige teknik til fjernelse af metan indhold i affaldsgas en katalytisk iltning / forbrænding, hvorved der dannes varme. Varmemængden er normalt beskedent; dog kan den udnyttes til opvarmning af rådnetank eller i forbindelse med produktion af fjernvarme.

Der er kommerciel teknologi på dette område, der kan levere en stabil katalytisk forbrænding, selv ved et metan indhold så lavt som 3% i luftblanding. Tyndere affaldsgas og affaldsgas med relativt højt indhold af kulstoffer kræver støttebrændsel. Effektiv koncentration af metan kan således medvirke til, at der er behov for at tilføre støttebrændsel til katalytisk behandling af affaldsgas.

Integrationen af opgraderingsanlægget til biometan i biogas produktionsanlægget, drift og vedligehold af opgraderingsanlæg samt anlægsøkonomi vil altid være de vigtigste størrelser ved etablering af denne type anlæg. Kun de mest effektive opgraderingsanlæg kan give en affaldsgas, der kan ledes direkte ud i omgivelserne.

16. Kilder

"Abschlussbericht Verbundprojekt Biogaseinspeisung, Band 4"
Fraunhofer-Institut fuer Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
Urban, Lohmann, Girod; Germany, 2009
www.umsicht.fraunhofer.de

"Biogas upgrading technologies - developments and innovations"
IEA Bioenergy Task 37 - Energy from biogas and landfill gas
Peterson, Wellinger; Sweden & Switzerland, 2009
www.iea-biogas.net

"Biogas upgrading to vehicle fuel standards and grid injection"

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

IEA Bioenergy Task 37 - Energy from biogas and landfill gas

Persson, Jönsson, Wellinger; Sweden & Switzerland, 2006

www.iea-biogas.net

"Biogas upgrading and utilisation"

IEA Bioenergy Task 24 - Energy from biological conversion of organic waste

Lindberg, Wellinger; Sweden & Switzerland, 2006

www.iea-biogas.net

"Techniques for transformation of biogas to biomethane"

Biomass and Bioenergy 35 (2011) 1633-1645

Ryckebosch, Drouillon, Vervaeren; 2011

www.journals.elsevier.com/biomass-and-bioenergy

"Membrane biogas upgrading processes for the production of natural gas substitute"

Separation and Purification Technology 74 (2010) 83–92

Makaruk, Miltner, Harasek; 2010

www.journals.elsevier.com/separation-and-purification-technology

"Chemical-oxidative scrubbing for the removal of hydrogen sulphide from raw biogas: potentials and economics"

Water Science and Technology (2012) to be published

Miltner, Makaruk, Krischan, Harasek; 2012

www.iwaponline.com/wst/default.htm

BEDST PRAKSIS - KONKRET EKSEMPEL BIOMETAN PRODUKTION ANLÆG

EMMERTSBÜHL BIOGAS ANLÆG, TYSKLAND

ZALAVÍZ WATERWORKS SELSKAB, UNGARN

BRUCK/LEITHA BIOGAS ANLÆG, ØSTRIG



Vilkår for anvendelse/Ansvarsfraskrivelse

Disse konkrete eksempler indeholder oplysninger direkte fra virksomheder, som ikke kunne kontrolleres. Rapporteringen af kommercielle produkter, deres kilder eller deres anvendelse i forbindelse med materialet, som er indberettet i rapporten, skal ikke opfattes som faktiske eller stiltiende godkendelse af teknologi eller services. Alle billeder er gengivet med tilladelse af anlægget / virksomheden. Oplysningerne i denne rapport er givet i god tro, og partnerne i Bio-metan Regioner gør sig ingen forestillinger med hensyn til dets nøjagtighed eller indhold. Partnerne i Bio-metan Regionerne er ikke ansvarlige, for så vidt som loven tillader det, for eventuelle udgifter eller tab, herunder specielle, tilfældige, betingede eller lignende skader eller tab, der direkte eller indirekte opstår som et resultat af at bruge rapporten eller de foreliggende oplysninger i den.

De konkrete eksempler blev lavet efter undersøgelser / virksomhedsbesøg foretaget mellem 2011 og

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

2012, og informationerne er derfor kun relevante for driftsforhold på tidspunktet for besøget. Nogle anlæg kan nu være drevet på andre betingelser end dem, der er beskrevet i de konkrete eksempler.

Eneansvaret for indholdet af denne rapport ligger hos forfatterne. Det afspejler ikke nødvendigvis Den Europæiske Unions opfattelse. Hverken EACI (European Association for Creativity and Innovation) eller Europa-Kommissionen er ansvarlige for nogen som helst brug, der måtte blive gjort af oplysningerne heri.

Forfattere

Tim Patterson og Sandra Esteves University of Glamorgan	UoG	UK
Annegret Wolf, Heinz Kastenholz og Andreas Lotz Wirtschaftsförderungsgesellschaft des Landkreises Schwäbisch Hall mbH	WFG	DE
Martin Miltner og Michael Harasek Technical University of Vienna	TUV-ICE	AU

Eneansvaret for indholdet af denne rapport ligger hos forfatterne. Den afspejler ikke nødvendigvis Den Europæiske Unions opfattelse. Hverken EACI eller Europa-Kommissionen er ansvarlige for brug af oplysninger fra denne rapport.

17. Emmertsbühl Biogas/Biometan anlæg, Tyskland

INTRODUKTION / OVERSIGT

Biogas / biometan fabrikken ligger ved et landbrug i landsbyen Emmertsbühl, ca. 120 km nordøst for Stuttgart i Baden-Württemberg-regionen i det sydlige Tyskland. Landmanden og AD-anlægsejeren havde i 2005 oprindeligt udviklet et AD-anlæg på stedet med hvede som den primære råvare og biogas til udnyttelse i et kraftvarmeværk, selv om der ikke var nogen lokal bruger for overskydende varme, der blev produceret på anlægget. I 2008 undersøgte ejeren mulighederne for en udvidelse af anlægget og ønskede at øge udnyttelsen af den producerede biogas. I samarbejde med energiselskabet EnBW Vertrieb GmbH blev der udviklet en plan, hvorved anlægget kunne udvides, og biogasproduktionen ville være tilstrækkelig til at tillade en opgradering af biogas til biometan med indsprøjtning til det lokale gas net. Den indeholdt en hidtil ukendt måde at udnytte det lokale lavtryks gas net som indsprøjtningsspunktet med overskydende gas, der eksporteres via lavtryks nettet til medium trykgas netværk.

BESKRIVELSE AF ANLÆGGET

Energiafgrøder til det anaerobe biogasanlæg dyrkes på anlæggets ejers / driftslederens 500 hektar store gård. Den primære råvare er helsæds majs, og hvede ensilage med en lille mængde af græsensilage udnyttes også. Dele af gården, dvs. 70 ha, anvendes også til at dyrke vinterhvede og majs i rotation, som også anvendes som råmateriale. Den samlede råvareproduktion er omkring 20.000 tons ensilage om året.

Forbehandling

Forud for opbevaring hakkes energiafgrøderne til ca. 10 mm kornstørrelse. Energiafgrøderne lagres i dækkede ensilagekuler på stedet, og omkring 50 tons energiafgrøder tilsættes dagligt til en automatiseret faststofs anlæg, som tilføjer energiafgrøder til de primære rådnetanke. Overfladevand, som strømmer fra ensilagekulerne og biogasanlægget, opsamles i en underjordisk betontank, som leverer al nødvendig procesvand til biogasanlægget.



*Majs, vinterhvede og græs ensilage
energiafgrøder i kule*



Automatiseret faststofs anlæg

Anaerob udrådning

Den aktuelle sammensætning af anlægget har udviklet sig siden opførelsen af det oprindelige anlæg i 2005, og som sådan består det af en række tankkonstruktioner og mængder. Det oprindelige 2005 anlæg blev konstrueret af Lipp GmbH og er lavet af dobbeltsømmet / valset rustfrit stål. En yderligere tank af beton blev senere tilføjet af Novatech GmbH. I 2010 blev en udvidelse af anlægget færdiggjort af ejeren og omfattede opførelsen af yderligere rådnetanke og substrat lagertanke af beton.

AD anlægget består derfor nu af 2 primære rådnetanke med et volumen på 1.600 m³ og 1.200 m³. De primære rådnetanke omfatter en ny betonbeholder bygget i 2010 af anlæggets ejer, og en betonbeholder bygget af Novatech GmbH før udvidelsen. Begge beholderes fundament er ca. 2,0 m under jordniveau for at reducere beholderhøjden og varmetabet. Den nyeste beholder er udstyret med en fleksibel dobbeltmembran gaslager top. Begge primære rådnetanke drives ved ca. 40-45°C og omrøres automatisk. Mikronæringsstoffer, herunder kobolt, mangan og selen, tilsættes dagligt til rådnetankene. Jernsalte tilsættes også for at reducere H₂S (svovlbrinte) indholdet af biogassen gennem kemisk binding af svovl.

Hver primær rådnetank er efterfulgt af en sekundær rådnetank (1.100 m³ og 1.000 m³), som ligeledes opvarmes til 37-40°C og blandes automatisk. De oprindelige tanke, som blev bygget af Lipp GmbH, anvendes nu som de sekundære rådnetanke.



Tre udviklingsfaser: (i) Bagerst til venstre, Lipp GmbH, (ii) forrest, selvbygget tank, (iii) Bagerst midtfor og til højre, Novatech GmbH



Substrat faststofs udskiller

Substrat

Fra de sekundære rådnetanke ledes materialet over i de to substrat lagertanke af beton (2.000 m³ og 2.600 m³), som blev bygget i 2010. Disse er ikke opvarmet, men omfatter fleksible dobbelte membran overdækninger til lagring af gas til anlægget. Det anslås, at 2-3% af den samlede gasproduktion er produceret via biogas i selve substrat lagertankene. Samlet opholdstid inden for det samlede system (primær rådnetank - sekundær rådnetank - substrat lagring) er cirka 130 dage.

Blandet substrat er adskilt i faste og flydende fraktioner. Væskefraktionen lagres på stedet i en

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

overdækket beholder før anvendelsen på landmandens jord som gødning. Udskilte faste stoffer sælges til nabo landmændene, som anvender den som jordforbedringsmidler.

Biogas produktion og udnyttelse

Det anaerobe biogasanlæg producerer biogas med en hastighed på omkring 500 m³ / t og har et indhold af metan på cirka 52 - 54%. I den oprindelige sammensætning af anlægget (2005) blev biogassen udnyttet i 2 kraftvarmeværker (170 kW_{el} og 250 kW_{el}), selv om varmen fra kraftvarmeværkerne ikke blev udnyttet til andet end opvarmning af rådnetankene på stedet. For at maksimere udnyttelsen af biogas fremstillet på stedet, blev der derfor udviklet en biogas opgraderingsanlæg ved siden af AD-anlægget. Kraftvarmeværket er fortsat på stedet og kan anvendes i tilfælde af, at opgraderingsanlægget ikke er tilgængeligt (f.eks. ved vedligeholdelse eller ved reparation).

Biogas opgraderingsanlægget blev udviklet og er drevet af EnBW Vertrieb GmbH. Som sådan har virksomheden indgået en aftale med en AD driftsleder, der skal levere en bestemt mængde og kvalitet af biogas til en aftalt pris til opgraderingsanlægget. Opgraderingsanlægget blev leveret af Schmack Carbotech GmbH.



Et af de 2 varmekraftværker, som blev installeret som del af den oprindelige udvikling, og som nu kun bruges som back up



Oversigtsbillede over biogas opgraderingsanlægget bestilt i 2010

Rå biogas kommer ind i opgraderingsanlægget til en 3 m³ opbevaringsbeholder, som er nogle få millibar mindre end atmosfærisk tryk. Biogassen komprimeres derefter til 6 bar, hvorefter gastemperaturen er cirka 86°C. Gassen afkøles fra 86°C til 46°C med gasrørledningskomponenter (skal i skallen) til gasvarmeveksleren. En fase II vandkølet varmeveksler afkøler derefter biogassen fra 46°C til 23°C, før en afkølede varmeveksler afkøler gassen fra 23°C til 6°C for at fremstille en tør biogas. Den tørrede biogas opvarmes derefter til ca. 46°C ved hjælp af modstrømmen fra det første trins varmeveksler.

Herfra passerer den tørrede biogas via et aktivt kulfilter til fjernelse af svovlbrinte ved et tryk på cirka 5 bar. H₂S udfældes på kulfilter som elementært svovl, og det skønnes, at det aktive kulfilter skal udskiftes omkring hvert andet år. For at maksimere effektiviteten af de aktive kulfiltre, tilsættes en lille mængde (ca. 300 l / time) af luft til gasblandingen

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

Efter afsvovlingen er gastemperaturen igen reduceret til 26°C, da dette har vist sig at være den optimale driftstemperatur for den anvendte CO₂ / CH₄ udskillesesteknologi; Tryksvingsoptagelse (PSA). Anlægget anvender 6 PSA beholdere pakket med aktivt kul molekylær sigtemateriale (Carbotech AC GmbH). Gassen kommer ind i beholderens bund og sættes under tryk på lidt over 5 bar. CH₄ molekyler får lov at passere gennem det molekylære sigtemateriale, som resulterer i en gas med et højt CH₄ indhold, der forlader toppen af PSA tryksvingsoptagelsen. CO₂ molekyler tilbageholdes i molekylær sigten, men frigives, når trykket reduceres for at frembringe en CO₂-rig gas, der forlader bunden af beholderen. Anlægget består af 6 beholdere i alt, som opererer i tre par, således at to beholdere er under tryk, to er ved fuldt tryk og frembringer biometan, og to er på trykafledning til dannelse af CO₂-rig affaldsgas. På denne måde opnås en konstant produktion af biometan. Hvert par af beholdere tager cirka 230 sekunder om at løbe gennem sit overtryk - produktion - trykfald cyklus. CH₄ indholdet af produktgassen overvåges på dette tidspunkt, og hvis kvaliteten på noget tidspunkt ligger under det nødvendige krav, kan produktgassen genanvendes gennem PSA-systemet. Anlægget har kapacitet til at producere maksimum 320 m³ biogas i timen med en CH₄ indhold på 98% - og er derfor i øjeblikket begrænset af produktionskapaciteten i det anaerobe biogasanlæg (500 m³ / time rå biogas).

Biometan, der er produceret på anlægget, lagres i en buffertank ved et tryk på 4,2 bar. Herfra bliver gassen odoriseret og dets kvalitet måles ved anvendelse af en in-line gaskromatograf, som måler CH₄, CO₂, H₂S, H₂ og O₂. Mængden af den biometan, der forlader anlægget, måles.

Biometanen indsprøjtes i det lokale lavtryks gas net (500 til 800 millibar), som ejes og drives af EnBW Gasnetz GmbH, der leverer til cirka 300 slutbrugere, herunder indenlandske og industrielle kunder. Afstanden til lavtryksnetværket er ca. 800 m. Kunder på dette lavtryksnet køber deres gas på grundlag af mængde i kombination med dens brændværdi (brændværdien måles hvert 3. minut og er beregnet til en gennemsnitlig månedsbændværdi). Da den fælles naturgas i gasnettet har en brændværdi på ca. 11,3 kWh / m³, og den indsprøjtede biometan kun har en brændværdi på max. 10,85, så blandes den naturgas, som kommer ind i lavtryksnettet med en lille mængde af atmosfærisk luft for at reducere brændværdien til 10,85 kWh / m³. Standard praksis i Tyskland og andre steder ville være at øge biometanens brændværdi, så det passer til naturgassen ved tilsætning af f-gas (LPG), f.eks. propan; dog reduceres naturgassens brændværdi for at spare på LPG omkostningerne i Emmertsbühl.

En betydelig del af gassen i lavtryksnettet anvendes af et lille antal industrielle kunder. Når efterspørgslen fra disse kunder er reduceret (især i weekenden), har lavtryksnettet ikke tilstrækkelig kapacitet til at modtage al den gas, der leveres af Emmertsbühl anlægget. På disse tidspunkter vendes gasstrømmen mod forbindelsen mellem lavtryks og mediumtryks (40 bar) nettet. Her komprimerer et andet anlæg gassen fra lavtryksnettet op til 40 bar, og LPG tilsættes for at standardisere gassen med det, der allerede findes i mediumtryks nettet. Gas i lavtryksnettet (dvs. biogas) indsprøjtes derefter i medium trykledninger.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas



Rå biogas buffertank (forrest til venstre), x2 aktive kulfiltre (i midten til højre), biometan lagertank (bagerst til venstre)



Seks beholdere PSA CH₄ / CO₂ udskillelsenhed

En lukket nødafbrænding er til stede på stedet til anvendelse i tilfælde af, at biometanen ikke kan indsprøjtes i gasnettet. Derudover kan biogassen anvendes af on-site kraftvarmeværkerne, hvis opgraderingsanlægget som tidligere beskrevet er utilgængeligt (f.eks. i vedligeholdelsesperioder).

Den konventionelle model ville have været at indsprøjte biometanen direkte i mediumtryksnettet ved 40 bar for ikke at overstige kapaciteten af lavtryksnettet. Men fordelene ved den anvendte model er, at:

1. Afstandene til nye rørledninger blev reduceret til 800 m, hvor en ny forbindelse til mediumtryks rørledningen ville have krævet omkring 5 km ny rørledning
2. Kompressionsomkostningerne reduceres væsentligt. Hovedparten af gassen tilsættes til nettet ved 500-800 millibar med kun overskydende gas i weekenden, som kræver komprimering til 40 bar
3. Tilføjelse af propan reduceres også, da hovedparten af gassen anvendes i lavtryksnettet, som arbejder ved en lavere brændværdi. Kun gas, der er indsprøjtet i mediumtryksnettet, kræver tilføjelse af propan for at opnå brændværdien af naturgassen i rørledningen.

Denne tilgang betyder, at biogas opgraderingsanlægget (eller andre vedvarende gaskilder) kunne placeres på steder, der tidligere blev betragtet som uegnede på grund af begrænset kapacitet i det lokale gas net.

Behandling af udledninger (vand, spildevand, udsugningsluft)

Den CO₂ rige affaldsgas fra PSA anlægget indeholder stadig ca. 2-4% CH₄ og bør derfor ikke frigives direkte til miljøet. På Emmertsbühl anlægget flytter en vakuumpumpe afgangsgassen til en lille opbevaringsbeholder, hvorefter den komprimeres, før den brændes i en forbrændingsovn specielt designet til at brænde brændsel med lav brændværdi (eflox GmbH). For at opnå en stabil flamme, er komprimeret luft og en lille mængde rå biogas også påkrævet. Affaldsgas forbrændingsanlægget producerer omkring 115 kW varmeenergi. Cirka 100 kW af dette udnyttes til at opvarme rådnetankene på det anaerobe udrådningssystem (AD), og de resterende 15 kW bruges til almindelig opvarmning af stedet. Affaldsgassen fra brændkammeret bliver behandlet med en katalytisk ilter.

Visuelle / lokale påvirkninger

Der er ikke beskrevet nogen uønskede visuelle konsekvenser af anlægget. Det bemærkes, at størstedelen af de tekniske hjælpefunktioner befinder sig indenfor ISO standard stålbeholdere.

ENERGIFORBRUG, OMKOSTNINGER OG ØKONOMI

Energibalance

Efterspørgsel efter elektricitet fra rådnetanke	Ikke kendt
Efterspørgsel efter elektricitet fra opgraderingsanlæg	~ 105 til 115 kW
Elektricitet fremstillet på kraftvarmeanlæg (kun backup)	420 kW

Varmebehov på rådnetanke	110 kW
Varmebehov på opgraderingsanlæg	Ingen
Varme, der produceres ved affaldsgas forbrændingen	150 kW

Økonomi & Omkostninger

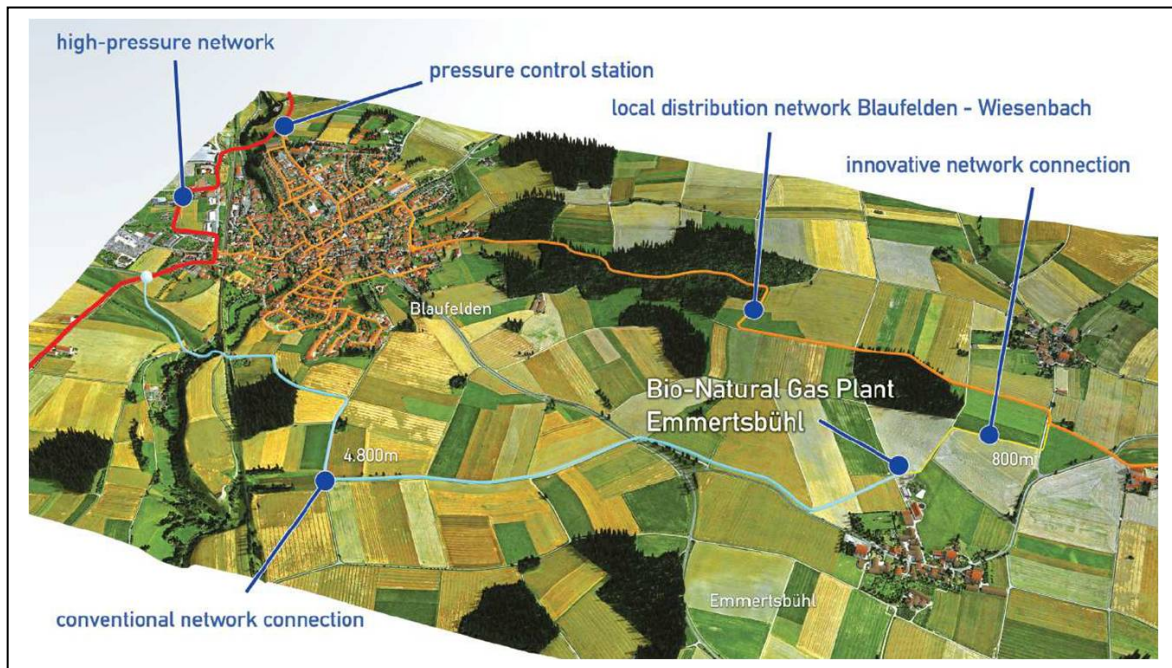
At opgraderingsanlægget og konfigurationsmodellen af indsprøjtning til nettet er muligt, skyldes i vid udstrækning det retlige krav til energi-virksomheder om at levere vedvarende energi til deres kunder, og den måde, hvorpå energiindustrien er struktureret og reguleret i Tyskland.

Først og fremmest måtte udvikleren af biogas opgraderingsanlægget (EnBW Vertrieb GmbH) forhandle med biogas producenten om at forsyne anlægget med en garanteret volumen og mængde af rå biogas om året. En 20-årig kontrakt er aftalt om at levere 20 til 24.000.000 kWh (ca. 3.600.000 m³ rå biogas) om året.

Lederen af biogasanlægget skulle selv være sikker på, at han fik en fair pris for den gas, der produceres, da han var nødt til at dække omkostningerne ved at producere den rå råvare (ensilage af majs, græs og vinterhvede), samt den ekstra kapitalomkostning for udvidelsen af anlægget.

Udvikleren af opgraderingsanlægget har derefter måttet forhandle med gasnettets ejer og leder (EnBW Gasnetz GmbH) for at etablere den optimale model for indsprøjtning i gasnettet. I dette tilfælde skulle omkostningerne ved den yderligere komprimering og brændværdi justeringsanlæg i den lav-mediumtryks-forbindelse opfyldes af lederen af gasnettet. Det havde en anslået kapitalomkostning på 1,8 millioner €. Dette skulle afbalanceres med alternativet, som var at konstruere en 5 km rørledning direkte til mediumtryks nettet frem for 800 m til at forbinde til det lavtryksnettet.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas



Skematisk visning af nettilslutningslayoutet

Kilde: J. Darocha, EnBW Vertrieb GmbH, april 2012

Først da disse aftaler var på plads, var opgraderingsudvikleren i stand til at fremskaffe opgraderingsanlægget. Investeringsomkostningerne for dette var omkring € 3 millioner (inkl. bygninger og fonde).

Opgraderingsudvikleren var også nødt til at sikre sig, at markedet ville betale en passende pris for den producerede biometan. Der er ingen direkte tilskud til indsprøjtning af biometan til gasnettet i Tyskland, og derfor skal alle omkostninger i sidste ende dækkes af kunderne. I Tyskland er der kun tilskud til elektrisk energi produceret fra vedvarende energikilder (dvs. sol, vand, vind og biomasse, herunder biogas). I dette tilfælde bliver størstedelen af den producerede biometan udnyttet af et lille antal industrielle slutbrugere, der anvender biometan i kraftvarmeværker til produktion af elektricitet og termisk energi, og som sådan nyder godt af tilskud, der udbetales til den elektriske energi, der tilføres det offentlige net, mens den termiske energi benyttes til deres produktionsprocesser.

Produktionsomkostningerne for biometan i Tyskland er blevet anslået af opgraderingsanlæggets leder (i april 2012) til at være:

Kostpris for rå Biogas	5,0 til 6,5 € c / kWh
Kostprisen for Opgradering	1,0 til 1,8 € c / kWh
I alt kostpris for biogas	6,0 til 8,3 € c / kWh

Dette skal sammenlignes med grænseprisen (dvs. eksklusive afgifter, profit osv.) for naturgas importeret til Tyskland på ca. 2,73 € c / kWh. Som sådan, anslår opgraderingsanlæggets leder, at

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

kostprisen for forbrugeren ved at købe 100% biometan er ca. det dobbelte sammenlignet med køb af naturgas.

Kunderne behøver ikke fysisk at købe gassen produceret på Emmertsbühl anlægget, men kan i realiteten købe den grønne gas. For at sikre, at balancen mellem indsprøjtet og solgt biometan er lige, er biometan mængderne certificeret af det tyske energiagentur. Kunderne har derfor mulighed for at købe en bestemt værdi, eller en vis procentdel af deres gasforbrug, som biogas. For eksempel kan en slutkunde ønske at erstatte 30% af hans samlede gasforbrug med biometan, og derfor købe gas fra energileverandøren (EnBW Vertrieb GmbH), der består af 30% biogas og 70% fælles naturgas.

DISKUSSION OG KONKLUSION

Dette casestudie viser en række punkter. For det første viser den, at teknologien er let tilgængelig til at producere rå biogas og opgradere den til biometan, i dette tilfælde ved hjælp af PSA. Med over 70 opgraderingsanlæg i Tyskland alene (pr. april 2012) er dette ikke noget nyt, selv om størstedelen af opgraderingsanlæggene hidtil er blevet knyttet til større AD-anlæg med god netadgang, hvor stordriftsfordele gør udvikling ligetil.

Endnu vigtigere er, at dette case studium viser den måde, hvorpå forhandlingerne mellem en række parter, som bakkes op af en lovgivningsramme, der giver en vis fleksibilitet, har muliggjort en udvikling af en innovativ ordning, hvor gasstrømme indenfor et lokalt lavtryksnet kan vendes for at tilvejebringe gassen til mediumtryksnet i perioder med lav efterspørgsel. Det viser også, at dette kan opnås økonomisk med omkostningerne til slutbrugere og tilbagebetalingstid til investorer inden for acceptable grænser. Dette åbner op for udsigten til at udvikle opgraderingsanlæg på steder, der tidligere ansås for at være mindre optimal.

TAK

Forfatterne vil gerne takke anlægsejere og ledere, herunder EnBW Vertrieb GmbH, for at tillade adgang til anlægget og for at tilvejebringe yderligere oplysninger, der indgår i dette casestudie.

18. ZALAVÍZ WATERWORKS COMPANY, UNGARN

INDLEDNING / OVERSIGT

Biogas/biometan anlægget ligger på et spildevandsanlæg, som behandler spildevand fra Zalaegerszeg, et stort byområde i den sydvestlige del af Ungarn. Anlægget dækker et område på cirka 1 hektar og driver ikke en klaringstank, men bruger en 3-trins Phoredox (A2 / O) aktiv slam behandlingsproces. Dette svarer til et konventionelt aktivt slam-system med en anaerob zone før det aerobe bassin, men omfatter også en yderligere anoxisk zone efter den anaerobe zone. De anaerobe rådnetanke blev installeret for at behandle overskydende aktivt slam og blev idriftsat i december 2009. Rensningsanlægget (herunder udrådningssanlægget) blev designet af UTB Envirotech Company Ltd og bygget af Ökoprotech Ltd. Anlægget behandler omkring 50.000 - 60.000 m³ af det overskydende aktive slam, som er produceret på stedet, og spildevandsslam importeret fra andre lokale rensningsanlæg.

Den biogas, der er produceret på anlægget, kan bruges til at producere elektricitet, varme (via kraftvarmeanlægget) og kan opgraderes til at producere biometan brændstof til biler. Opgraderingsanlægget blev idriftsat i 2010 og bruger vandskrubningsteknologi designet af DMT miljøteknologi, Holland, og som leveres lokalt af Ökoprotec Ltd. Optankningsteknologien blev leveret af Fornovogas, Italien. Den logiske begrundelse for udviklingen af opgraderingsanlægget var at reducere forekomsten af forurenende stoffer i den rå biogas med henblik på at forlænge gasmotorernes levetid. Installationen af en opgraderingsenhed tillod også diversificering af slutanvendelser til at omfatte brændstof til køretøjer. Opgraderingsanlægget og tankstationen dækker et areal på cirka 500 m².

BESKRIVELSE AF ANLÆGGET

Det anaerobe nedbrydningsanlæg blev designet til at behandle omkring 50.000 - 60.000 tons om året af overskydende aktivt slam og normal spildevandsslam, som produceres på et kommunalt rensningsanlæg og importeret fra andre lokale rensningsanlæg med højst 30 km afstand fra AD anlægget.

To råvareprøver udtages hver uge og analyseres på et eksternt laboratorium med 1 uges behandling for tørstof (TS), flygtige faste stoffer (VS), alle kulhydrater, alle lipider, alle proteiner, ion-indhold for tungmetaller og letmetal. Analysen udføres i overensstemmelse med lokale standarder (MSZ 318-3: 1979, Ungarn).

Forbehandling

Anaerob nedbrydning

Anlægget har ikke mulighed for at oplagre råstoffer på stedet. Produceret og importeret slam fra anlægget føres direkte ind i processen uden yderligere forbehandling.

Det anaerobe nedbrydningsanlæg består af to rådnetanke i stålbeton konstruktion, isoleret med 15

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

cm polystyren og dækket med vejrbeskyttende beklædning. Hver rådnetank har en volumen på 1.460 m³, som giver en total rådnetanksvolumen på 2.920 m³. Fordøjelsesprocessen arbejder ved mesofile temperaturer (36 - 38°C). Varmen til processen leveres af den tabte varme fra stedets gasmotorer og kedler, der leveres til processen via rør i rør vand / slam varmevekslere. Materialet i rådnetankene omrøres mekanisk (Scaba omrørere med svømmelagsbrydere) med drivmotorer monteret på rådnetankens top. Slammet blandes også ved recirkulation.

Kloakslam kommer ind i fordøjelsesprocessen med cirka 5% totalt faststofindhold (med 70% flygtige faste stoffer), og processen har en opholdstid på 20 dage. Slammet tilføres kontinuerligt ind i rådnetankene via en arkimedisk skruepumpe.

Fordøjelsesprocessen overvåges ved indsamlingen af følgende data:

Parameter	Hypighed	Prøve-udtagning	Metode	Sted	Ekspeditions tid
Temperatur	Vedvarende	Online	-	På anlægget	Omgående
pH	Vedvarende	Online	-	På anlægget	Omgående
Total tørstoffer	Ugentlig	Manuelt	MSZ 318-3 :1979 (Hungary)	Laboratoriet	Måned efter
Organisk belastning (kg VS (flygtige faste stoffer) / m ³ og d)	Ugentlig	Manuelt	MSZ 318-3 :1979 (Ungarn)	Laboratoriet	Måned efter
Flygtige fedtsyrer (VFAs)	Ugentlig	Manuelt	MX-7:2008 (Ungarn)	Laboratoriet	Ugen efter

Substrat

En 500 m³ substrat lagertank findes på stedet. Udrådnet slam har et totalt faststofindhold på ca. 3,8%, og substrat omrøres mekanisk i lagertanken for at forhindre bundfældning. Opbevaring af substrat omfatter ikke den resterende biogasopsamling.

Substrat udskillelse af fastfase / væskefase udføres under anvendelse af en cylinder kompressor (til for-komprimering) efterfulgt af en slam centrifuge (til dehydrering) fremstillet af Alfa-Laval. Denne producerer ca. 35.000 - 40.000 m³ væskefase spildevand pr. år og 8.000 - 10.000 tons resterende faststoffer med et tørstofindhold på ca. 20% pr. år.

Fastmaterialet transporteres i 9 m³ lastbiler, ca. 2-3 gange om dagen, til en lagerfacilitet for slam ca. 5 km fra anlægget. Materialet anvendes til sidst på landbrugsarealer til produktion af foderafgrøder i overensstemmelse med national lovgivning (50/2001 (IV.3) statslig forordning, Ungarn). Slutbrugerne af materialet har rapporteret en 30-40% stigning i planteproduktionen som et resultat af at udnytte produktet i stedet for syntetisk gødning.

Væskefase substrat kan generelt ikke behandles direkte i rensningsanlægget på grund af høje ammoniak-koncentrationer. Derfor, for at behandle væsken på et acceptabelt niveau, er en DEamMONification (DEMON) fremgangsmåde til fjernelse af nitrogen blevet installeret. Anlægget, som blev bestilt i 2010, har en behandlingskapacitet på 160 m³ / dag, svarende til omdannelse af omkring 160 kg / dag NH₄ - N. Ved fremgangsmåden anvendes en flertrins biologisk denitrifikation

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

proces udviklet af Innsbruck University (Østrig). Nitrificerende bakterier i det første trin ilter en del af ammoniakken til nitrit. En anden gruppe af bakterier anvender nitrit og den resterende ammoniak til fremstilling af nitrogengas, der frigøres fra væsken. Denitrifikation af substrat reducerer ammoniak-koncentrationerne fra omkring 800 - 1000 mg / l til ca. 100 mg / l, som giver omkring 150 m³ substrat, som bliver recirkuleret tilbage gennem behandlingsprocessen.

Substrats overvåges for følgende parametre:

Parameter	Hyppeghed	Prøve-udtagning	Metode	Sted	Ekspeditions-tid
Næringsstoffer & Sporstoffer (N, P, S, Fe, Co, Ni, Mo, Se, Cr, Pb, Mg, Mn) g / kg TS	3 gange / år	Manuelt	MSZ	Laboratoriet	Næste uge
N / kg FM substrat	Ugentligt	Manuelt	MSZ 318 (Ungarn)	Laboratoriet	Næste måned
Flygtige fedtsyrer (VFAs)	Hver anden uge	Manuelt	MX-7:2008*	Laboratoriet	Næste måned

* Bemærk: MX-7:2008 er en specifik metode for stedet som er blevet officielt godkendt af anlæggets laboratorium.

Biogas Produktion og Udnyttelse

Ca. 1.000 - 1.200 m³ / dag biogas er produceret af fordøjelsesprocessen. Dette kan udnyttes til enten produktion af elektricitet og varme, eller kan opgraderes og anvendes som brændstof til køretøjer. Det er underforstået, at dette repræsenterer ca. 30% af den samlede produktionskapacitet på AD-anlægget. Denne underkapacitet skyldes et lavere gennemløb af spildevandet end forventet gennem rensningsanlægget, og resulterer i et lavere input af delvist stabiliseret slam til rådnetankene.

Rå biogas indeholder ca. 69% metan, 31% kuldioxid og 0,4% nitrogen og lagres på stedet i et 1.000 m³ gaslager boblehal (fremstillet af Sattler). Før anvendelsen bliver gassen tørret og komprimeret til ca. 60 mbar

Der er ikke givet detaljer vedrørende elproduktionsanlægget og –kedler, som anvender biogas; dog er det kendt, at produktionsanlæggets elektriske produktion er omkring 1.200 - 1.700 kWh / dag.

Biogas opgradering består af to primære processer. For det første er svovlbrinte koncentrationerne reduceret fra cirka 75 mg/m³ i den rå biogas til <1,5 mg/m³ ved hjælp af en aktiv kul optager. Kulmateriale har ikke krævet udskiftning siden begyndelsen af driften i 2010

Introduktion til produktion af biometan fra biogas



Biogas opgraderingsenhed i ISO stål container



200 bar biometan lager

For det andet fjernes kuldioxid fra gasstrømmen ved hjælp af et trykstyret vandskrubning system (Tryksat rensningssystem med vand skrubber) (ill. 1) designet af DMT miljøteknologi, Holland, og som lokalt leveres af Ökoprotec Ltd. Anlægget har en kapacitet på 50Nm³ / time. Dette system omfatter recirkulering af procesvand for at minimere det samlede vandforbrug. Samlet vandforbrug i 2011 er rapporteret til at være 60 m³. Efter gas opgradering, er gaskvaliteten ca. 99,15% metan og 0,85% kuldioxid. Biometan produktionen er omkring 15-20 kg per dag, hvilket er cirka 1,5 til 2% af den samlede biogas, der kan produceres på stedet. Opgraderet biogas komprimeres til 200 bar og opbevares på stedet i 25 nummererede 80 liters gaslagre flasker (ill. 2). Hurtig optankning af køretøjer infrastruktur (ill. 3) er leveret af Fornovogas, Italien. Anlægget styres af et styringssystem baseret på webscada med grafisk brugergrænseflade (ill. 4). Opgraderings og tanknings faciliteten opfylder efterspørgslen af 10 CNG (komprimeret naturgas) køretøjer (ca. 30 m³ / dag). Tab af metan ved opgraderingssystemet er blevet gjort op til ca. 0,1%.



Biometan tank station



Webscada kontrol grænseflade

På grund af højtryks gaslagrene er anlægget udpeget som eksplosionsikkert område, og overholdelse af forordningerne udstukket af det lokale Mineinspektorat og det ungarske kontor for udstedelse af handelslicenser (Ungarn) er vigtig.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

Behandling af udledninger (vand, spildevand, udsugningsluft)

Spildevandsbehandlingsanlæg til behandling af de udskilte substrat væsker er beskrevet ovenfor. Ingen andre faciliteter til behandling af udledninger er nødvendige på anlægget.

Visuel / lokale påvirkninger

Der er ikke beskrevet nogen negative visuelle konsekvenser af anlægget. Det bemærkes, at størstedelen af de tekniske hjælpefunktioner befinder sig i ISO standard stål.

ENERGIFORBRUG, OMKOSTNINGER OG ØKONOMI

Energibalance	
Efterspørgsel af elektricitet fra rådnetanke	20kWh / dag
Efterspørgsel efter elektricitet fra Opgraderings- & brændstofpåfyldningsanlæg	55 kWh / dag (hvis i kontinuerlig drift)
Elektricitet produceret af biogas elektrisk generator	1.200 - 1.700 kWh / dag
Varmebehov på rådnetankene	3.600 - 6.000 kWh / dag (150 - 200 kW)
Varmebehov på opgraderings- & Brændstofpåfyldningsanlæg	0 kWh / dag
Biogas kedel & kraftvarme varmeproduktion	3.120 kWh / dag (ca.)

Omkostninger & Økonomi

Kapital-og driftsudgifter til opgraderingsanlægget er vurderet af ejeren som følger:

Kapitalomkostning	600.000 - 700.000 EUR
Driftsomkostninger	
Elektricitet	1.000 EUR
Årlig eksplosionssikker kontrol & certificering	13.700 EUR
Kalibrering & told betalinger	1.700 EUR
Udskiftning af aktivt kul	6.700 EUR
Diverse	1.700 EUR

Lokal vedligeholdelse af opgraderingsanlægget varetages af en medarbejder. Der har været mindre driftsmæssige problemer siden idriftsættelsen af anlægget, primært forbundet med opstået koldt vejr og aktivering af lavtemperatur sensorerne i vandstrømmen; dog menes disse spørgsmål at være relativt enkle at løse.

DISKUSSION OG KONKLUSION

Dette er den første biometan tankstation i Central- og Østeuropa. Planlægningen af anlægget omfattede en kommunikationsstrategi, så relevante oplysninger kunne leveres til offentligheden og medierne. Derved har anlæggets ejer sammen med den lokale regering og distributørerne af de CNG

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

køretøjer, der bruges af anlægget, i høj grad medvirket til, at der blev sat fokus på biogas og mere udbredt på miljømæssig emne i regionen.

Den oprindelige årsag til udviklingen af opgraderingsanlægget var at fjerne forurenende stoffer fra biogasstrømmen og dermed forlænge den driftsmæssige levetid af det el-og varmeproducerende anlæg på stedet. Dog vil evnen til at drive en flåde af køretøjer bringe yderligere miljømæssige og økonomiske fordele.

Det bemærkes, at anlægsejerne i øjeblikket vurderer potentialet for installation af en pasteuriseringsenhed på stedet, som tillader behandling af yderligere højt organisk indhold, der indeholder animalske biprodukter på anlægget (f.eks. slagteriaffald).

19. BRUCK/LEITHA BIOGASANLÆG, ØSTRIG

INDLEDNING / OVERSIGT

Biogas / biometan anlægget ligger i et område med landbrugsjord omtrent 40 km øst for Wien i delstaten Niederösterreich i den østlige del af Østrig. Biogasanlægget drives som en samudrædningsanlæg og udnytter i høj grad organisk affaldsmateriale til produktion af biogas af høj kvalitet. Anlægget blev idriftsat i 2004 og producerede oprindeligt el og varme til det lokale fjernvarmenet ved hjælp af kraftvarmeværker-gas-motorer. I år 2007 blev biogasanlægget suppleret med opstilling og idriftsættelse af et biogas-opgraderingsanlæg, der fremstiller biometan, som indsprøjtes i naturgasnettet. En del af denne gas forbruges i det lokale lavtryks-net, i den resterende del (især om sommeren og om natten) komprimeres den til 60bar og indsprøjtes i regionale højtryks gasnet. Fabrikanten af opgraderingsystemet var Axiom Angewandte Prozesstechnik GmbH, og hele biogas / biometan produktionsanlægget drives af Biogas Bruck / Leitha GmbH.

ANLÆGSBESKRIVELSE

Energiafgrøderne til det anaerobe udrædningsanlæg er grundlæggende organiske restmaterialer af varierende oprindelse. Disse omfatter organiske rester fra landbrugsproduktionen og fødevarerproduktionen, dato-udløbet emballeret og ikke emballeret mad, lecitin dele fra produktion af biodiesel, organisk affaldsmateriale fra adskilt indsamling fra husholdninger og lokal handel, fedt udskilningsrester, madolie og fedt, mejeriprodukter affald og slagteriaffald. Samlet råvareforbrug er cirka 28.000 tons om året.

Forbehandling

Afhængig af typen af råvare anvendes forskellige forbehandlingstrin og opbevaringsmetoder. Flydende materiale opbevares i to mellemstore buffertanke. Fast organisk materiale opbevares i en plandsilo på anlægget. Pakket materiale (dato-udløbet, og afvist mad) udpakkes mekanisk og spules til væske buffertanken. Afstrømning af overfladevand fra udrædningsanlægget opsamles i en beholder for at forsyne al nødvendig procesvand til udrædningsanlægget. Råmaterialet blandes med dette vand i en ud af to blandetanke, og tørstofindholdet tilpasses. Under den automatiske pumpning til de to primære gæringsapparater er tørdelen hakket til cirka 10 mm partikelstørrelse. Omkring 100 tons råmateriale transporteres til gæringsapparaterne om dagen.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas



Udpakningsanlæg (bagbygningen)



*Flydende væske buffertanke (til venstre),
overfladevandtank (til højre)*



Plansilo til fast organisk materiale



Blandetank (forrest)

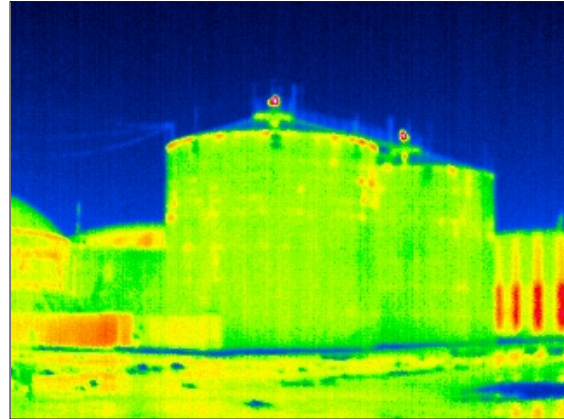
Anaerob udrådning og substrat

Råmaterialet pumpes direkte fra mæsketankene til de primære rådnetanke. I øjeblikket er der tre rådnetanke på hver 3.000 m³ i drift på stedet. To af disse beholdere er med dobbelt samling rustfrit stål konstruktioner, den tredje er betydeligt nyere og er lavet af betontætner. Alle rådnetankene drives hele tiden ved en temperatur på 38°C, hvilket kræver en beholder opvarmning (ca. 200KW middelværdi over hele året). Mekanisk omrøring udføres både ved langsom omrøring ved hjælp af en central skrue samt højhastigheds omrøring ved tre punkter rundt om beholderens rand. Mikronæringsstoffer og jernsalte til H₂S reduktion tilsættes rådnetankene på daglig basis.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas



De 2 primære rustfrie stål rådnetanke (til højre) & den sekundære rådnetank med gaslager (bagerst til venstre)



Termisk billede af de primære rådnetanke



Den primære rådnetanks centralomrører



Substrat afhentning af en lokal landmand

Hver primær rådnetank er efterfulgt af en sekundær rådnetank (5.000 m³ hver), som også er opvarmet til 38°C og mekanisk blandet. Begge beholdere er udstyret med en fleksibel dobbelt membran gaslager topkonstruktion. Derudover fungerer disse beholdere som substrat opbevaring. Substrat er ikke opdelt i faste stoffer og væsker og anvendes af lokale landmænd som gødningsstof (kun ca. fra april til november). Det anslås, at 2-3% af den samlede gasproduktion produceres via biogas inden for de sekundære gæringsapparater.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

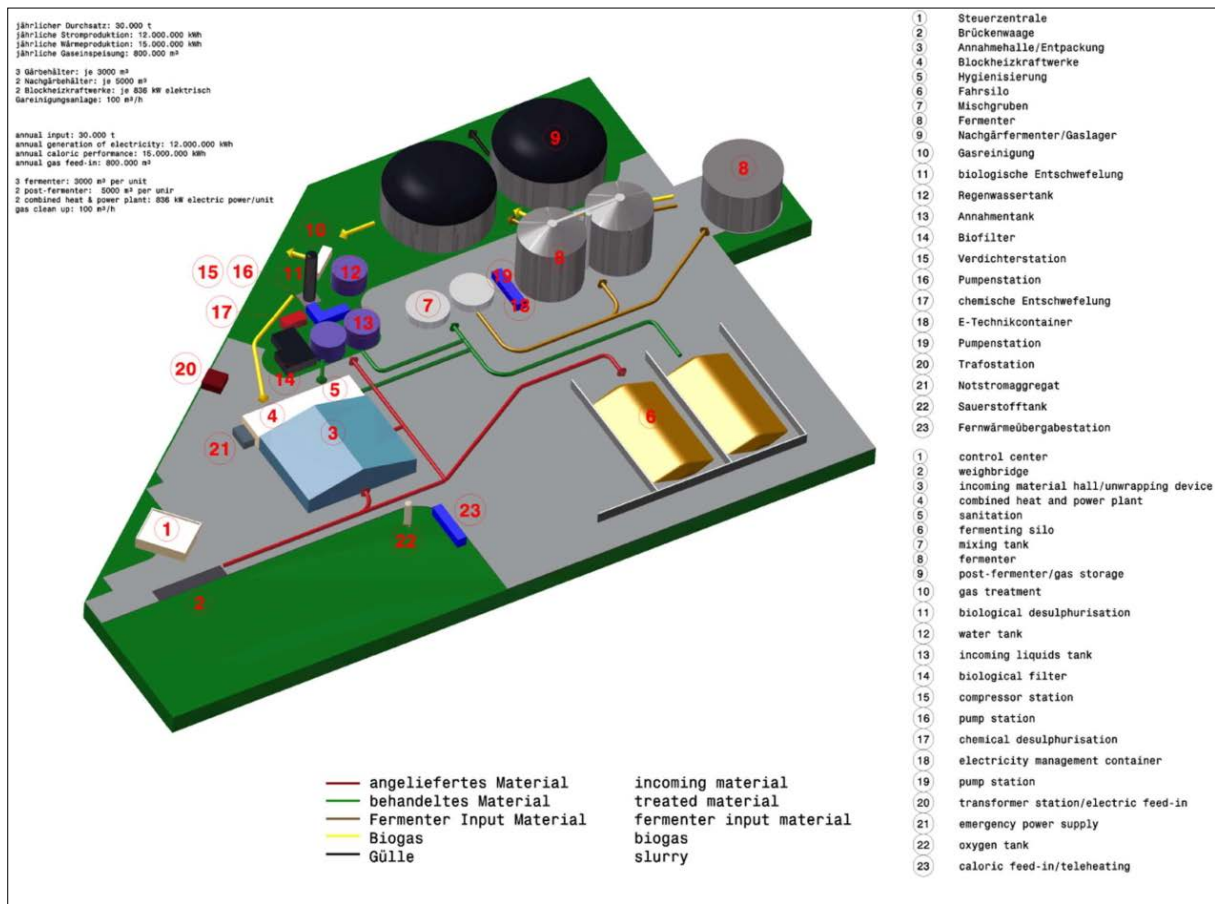


Sekundær rådnetank og gaslager



Sekundær rådnetank og gaslager

Den samlede opholdstid inden for det samlede system (primær rådnetank - sekundær rådnetank – substrat lager) er cirka 50 til 60 dage.



Oversigt over biogas / biometan anlægget i Bruck/Leitha

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

Biogas Produktion og udnyttelse

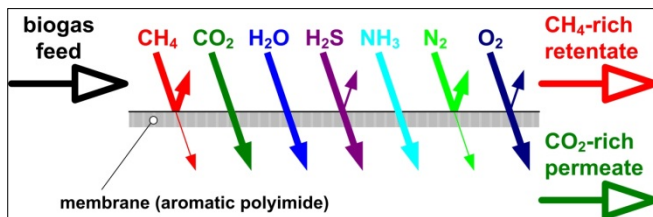
Det anaerobe rådnetanksanlæg producerer biogas med en hastighed på omkring 800 m³ / time og har et typisk metan indhold på 60 - 64%. Den vigtigste del af denne biogas udnyttes i 2 kraftvarme gasmotorer (GE Jenbacher, 836 kWel – hver), som producerer 12 GWh elektricitet og 15 GWh procesvarme på årsbasis. Elektricitet indsprøjtes i nettet på en (grøn energi) indføringstakst på omkring 8.5€ct/kWh (årlig gennemsnitlig værdi). Varmen (omkring 1,2 MW) leveres til det lokale fjernvarmesystem i byen Bruck / Leitha (længde omkring 11 km) som en støtte til den varme, der produceres af et lokalt biomasseforbrændingsanlæg (6 MW). Således forsynes omkring 800 husstande med energi til opvarmning, der dækker cirka en tredjedel af varmebehovet i Bruck / Leitha. En lille mængde af den varme, der produceres af kraftvarme gasmotorer, udnyttes direkte på det anaerobe rådnetanksanlæg til at opvarme rådnetankene til driftstemperatur (ca. 200 kW som en årlig gennemsnitsværdi). Den samlede elektriske efterspørgsel fra biogas / biometan produktionsstedet er omkring 1 GWh om året.

I år 2007 blev et biogas opgraderingsanlæg installeret og idriftsat med en produktionskapacitet af biometan på 100 m³ / time, som indsprøjtes i det nærliggende naturgasnet. Til dette formål tages der en delstrøm på 170 m³ biogas i timen parallelt med de installerede kraftvarme motorer. Biometan anlægget var Østrigs første opgraderingsanlæg efter industriel målestok med indsprøjtning til nettet og i regelmæssig drift siden 2008.

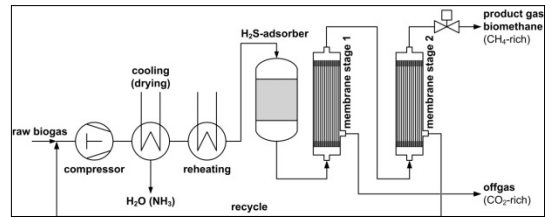
Biogas opgraderingsanlægget er designet og bygget i løbet af et kæmpe forskningsprojekt ("Virtuel biogas": www.virtuellesbiogas.at) i et samarbejde med førende gasselskaber, universiteter (Wiens tekniske universitet, Universitet for naturressourcer og biovidenskab i Wien), AD-anlæggets fungerende juridiske person, og anlæggets entreprenør. Dette anlæg anvender den innovative teknologi i separationsmembran (gas gennemtrængning) til den vigtige opgave med fjernelse af kuldioxid og gas tørring. Det blev designet og fremstillet af firmaet AXIOM Angewandte Prozesstechnik GmbH og har været drevet siden 2008 af AD-anlæggets ejer Biogas Bruck / Leitha GmbH. Hele opgraderingsanlægget er monteret inde i en standard 30 fods-beholder af entreprenøren af anlægget og er blevet transporteret i sin helhed til den endelige placering i Bruck / Leitha. En række anlæg, som også anvender denne teknologi, er blevet bestilt i Østrig og Tyskland af entreprenøren siden da, og teknologien er kommercielt tilgængelig.

Den anvendte membranteknologi (gasegennemtrængning) har sine fordele i en stabil og kontinuerlig drift og er således let at styre. Endvidere er der ingen behov for dyre fornyelser eller kemikalier. Hele processen bliver meget enkel, ligetil og kompakt. Separationsteknikken anvender en tæt polyimid-membran med forskellige opløseligheder og diffusiviteter for de forskellige gasarter, der er indeholdt i den rå biogas tilførsel. Som følge heraf er den drivende kraft til separation forskellen i partialtryk af de forskellige arter mellem tilførselsfasen og gennemtrængningsfasen. En høj strøm gennem membranen kan realiseres med højt tryk på tilførselssiden og et lavt tryk (nær atmosfærisk tryk) på gennemtrængningssiden af membranen. Ved at anvende dette membranmateriale fjernes de fleste uønskede gasarter kvantitativt fra tilførselsstrømmen og transporteres gennem membranen til gennemtrængningsstrømmen. Kun nitrogen viser lignende adfærd som metan og kan derfor ikke fjernes ved denne teknik, men forbliver i gasproduktstrømmen, det såkaldte retentat. Tilstrækkelig produktgas kvalitet og mængde kan nemt nås, hvis der er givet nok membranareal og passende driftsbetingelser. De store fordele ved denne fremgangsmåde i forhold til andre er kontinuiteten, kompaktheden, samtidig tørring og fjernelse af spor af svovlbrinte og ammoniak. Eftersom blandingen af NH₃, H₂S og meget fugtig gas kan bringe membranmaterialet i fare, er en gasbehandling før gasegennemtrængningen nødvendig.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas



Princippet om gasseparation ved hjælp af membranteknik gasegennemtrængning



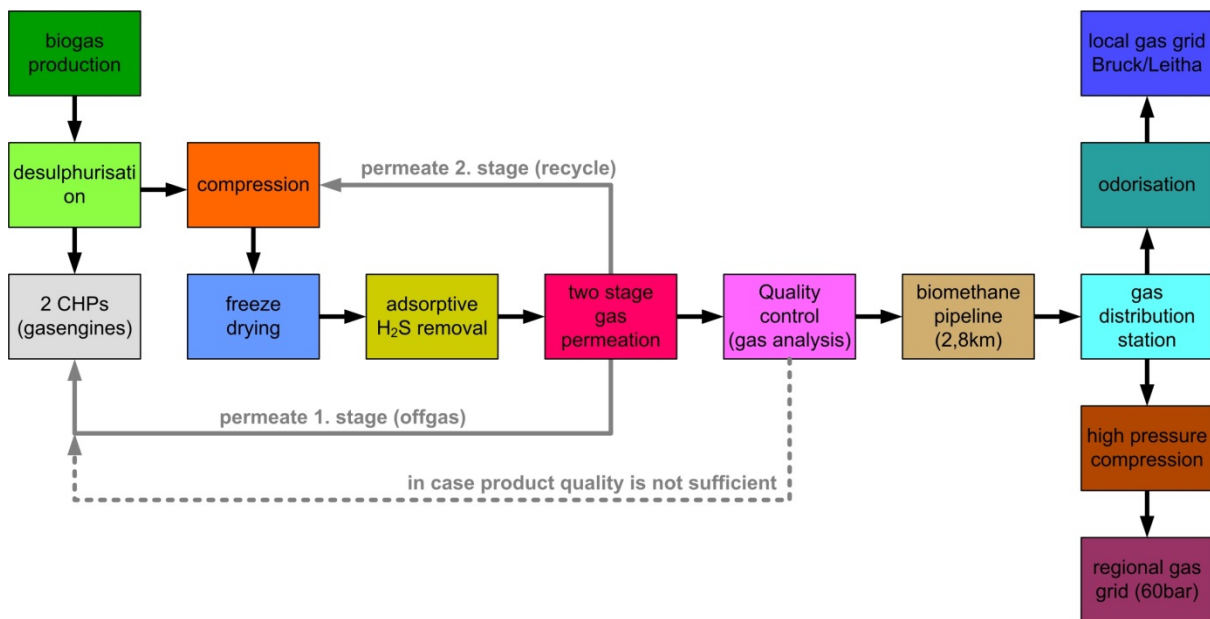
Proces konceptplan for biogas opgradering ved hjælp af gasegennemtrængning

Membranerne er opbygget som hule fibre med højtryk tilførsel / retentat strøm på indersiden af røret, og lavtryk gennemtrængningen (næsten atmosfærisk) på ydersiden af røret. Mange af disse fibre opsamles til dannelse af et membranmodul, som tilføres biogas under tryk.

I opgraderingsanlægget Bruck / Leitha blandes den rå biogas fra gæringsbeholderne med det gennemtrængende fra den anden membranfase, som efterfølgende komprimeres og vand kondenseres ved gastemperaturer på under 7°C. Bagefter varmes biogassen op igen ved hjælp af overskudsvarme fra kompressoren for at opnå den optimale temperatur for de efterfølgende adskillelsestrin. Derefter bliver svovlbrinten fjernet ved hjælp af adsorption, og det forbehandlede gas tilføres to-trins membranseparationsprocessen.

For at minimere metan tabet, er to-trins membranmoduler blevet foreslået. Gennemtrængningsstrømmen fra det andet trin, som indeholder væsentligt højere mængder af metan i forhold til det gennemtrængende fra det første trin, føres tilbage til genkomprimering. Som følge af genbrug af dette gennemtrængningsmateriale forventes en ikke-lineær dynamisk egenskab af processen. Metan kvaliteten af den producerede gas fra retentatet af det andet trin styres af en proportionalventil, der er placeret ved retentat udløbet af anden fase. Placeringen af ventilen indstilles ved en PID-regulator (proportional-integral-derivative), som påvirker trykket i tilførselskanalerne, og på samme tid metan indholdet af den producerede gas. Ved at anvende denne kontrolstrategi kan der fremstilles en gas med forskelligt metan indhold (f.eks. fra en næsten rå gassammensætning på 70% til 99% eller mere). Desuden kan volumenstrømmen af den producerede biogas let justeres med en forbedret PID-regulator, som betjener rotationshastigheden for kompressoren ved hjælp af en frekvensomformer.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas



Procesintegration af biogas opgraderingsanlægget Bruck / Leitha

Som enhver anden udskillesesteknik, kan gassennemstrømning ikke overføre al metanen fra den rå biogas tilførsel til den producerede biometan. Som følge heraf indeholder den kuldioxid-rige affaldsgas stadig små mængder metan (normalt 2-3% af det producerede biometan) og andre adskilte stoffer. For at opnå en nul-udlednings-strategi for metan er opgraderingsanlægget perfekt integreret i det eksisterende biogasanlæg, og affaldsgas leveres tilbage til de eksisterende gasmotorer (kraftvarme med rå biogas). Således er den resterende metan ikke udledt i atmosfæren, men er brændt, og dets kemiske energi bruges til at producere el og varme.

Efter en kortfattet online analyse af de relevante gasarter (metan, kuldioxid, ilt, svovlbrinte, fugtighed) transporteres den producerede gas til den tankstation, der distribuerer gassen, via en 2,8 km lang rørledning. Hvis kvaliteten af den gas med hensyn til alle parametre, der er nævnt i de østrigske love, ikke opfylder de lovmæssige forpligtelser for tilførselsdrift, afbrydes net forsyningen øjeblikkeligt, og gassen transporteres tilbage til gasmotorerne i biogasanlægget. Styresystemet vil derefter igen forsøge at forbedre kvaliteten af den producerede gas og genoptage leveringen til nettet. Brændværdien af den indsprøjtede gas er ca. 10,86 kWh / m³ og er kompatibel med standarden for det østrigske gas net. Det er derfor ikke nødvendigt med yderligere LPG (flaskegas) dosering for at øge brændværdien. Den "grønne" naturgas sælges til el-net udbyderen på virtuel basis.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas



Visning ude- og indefra af biogas opgraderingsanlægget Bruck / Leitha, som viser kompressor, varmevekslere (til højre) og membranmoduler (til venstre)

Den leverede biometan transporteres til den nærliggende by Bruck / Leitha (Befolkning: 7.600) via det offentlige naturgasnet med et tryk på op til 3 bar. Den årlige efterspørgsel på omkring 800 husstande er dækket af den tilførte mængde biometan. I vintermånederne bruges hele mængden af biometanen for at tilfredsstille gasefterspørgslen af denne ordning (og yderligere naturgas er påkrævet). I sommermånederne er gasefterspørgslen kun en brøkdel af den producerede gas, og den biometan, der er tilovers, komprimeres til 60bar og indsprøjtes i det regionale naturgasnet. Denne tilgang muliggør en konstant drift af biogas opgraderingsanlægget over hele året, og dermed optimeret arbejdsbyrde og omkostningsstruktur.

Et meget vigtigt rengøringstrin under biogas opgraderingen er fjernelsen af svovlbrinte, som er specielt behandlet på biometan produktionsstedet i Bruck / Leitha. Den rå biogas, der er produceret på dette AD-anlæg, indeholder typisk op til 1.000 ppmv (parts per million volume) svovlbrinte, maksimale koncentrationer på op til 2.000 ppmv overvåges også hyppigt (afhængig af den anvendte type råmateriale). Desuden er der rapporteret om høje gradienter i svovlbrinte indholdet. På grund af sin giftighed og ætsende effekt er kun en meget lille mængde svovlbrinte tilladt i gassen. Den nuværende procesdesign omfatter fire teknologier til afsvovling for individuelle formål. Den første er in-situ-afsvovlingen ved tilsætning af specielle kemiske stoffer (flydende blandinger af metalsalte) direkte ind i rådnetanken (kemisk svovlbinding). Som følge heraf indeholder den producerede biogas typisk 100 til 500ppmv svovlbrinte ved afgang fra gaslagertankene.

Den anden er den mikrobiologiske behandling af gassen ved hjælp af kemoautotrofe bakterien Thiobacilli. Det resulterer i reduktion af svovlbrinte til ca. 50 ppmv. Mikroorganismene anvender H_2S til deres forbrænding og omdanner gassen til vand og elementært svovl eller svovlsyrling, som afgives og behandles sammen med spildevandet. Mikroorganismene har brug for ilt til denne oxidative omdannelse af svovlbrinte. Før biogas opgraderingsanlægget blev medtaget, har denne biologiske afsvovling været i drift med luft som iltningmiddel. På grund af det faktum, at luften består af fire femtedele kvælstof, og kvælstof ikke kan fjernes med opgraderingsteknikken fra biogasstrømmen, er dette afsvovlingstrin blevet eftermonteret med en ren ilt indsprøjtning.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas



Biologisk skrubber for rå biogas afsvovling



Jernoxid opsuger for den endelige biogas afsvovling

Det har vist sig, at det biologiske system ikke er i stand til at garantere en stabil afsvovling (især et konstant H_2S indhold i den blødgjorte gasstrøm) under faser med stærkt svingende rå biogas kvantitet og kvalitet, idet mikroorganismene har brug for tid til at tilpasse sig de ændrede forhold. Derfor er der blevet anvendt en yderligere afsvovlingsteknologi specielt til gasstrømmen, der anvendes til biogas opgraderingen. Denne nye teknologi involverer et kemisk oxidativt skrubningstrin, hvor den sure gas vaskes med en kaustisk opløsning ($NaOH$) til at absorbere H_2S fra gassen. Efterfølgende iltes den absorberede H_2S med brintoverilte for selektivt at forbedre fjernelsen mod kuldioxid og belastningskapaciteten af vaskevæsken. Anvendelsen af dette koncept til biogas afsvovling er ny, og et pilotanlæg med en rå gas kapacitet på $300 \text{ m}^3 / \text{time}$ er designet, bygget og optimeret i løbet af en to-årig forskningsprojektfase. Anlægget har været i regelmæssig drift siden 2010 og er kommercielt tilgængelig nu. Det har også været anvendt til et andet østrigsk biogas opgraderings og gas net indsprøjtninganlæg.

Introduktion til produktion af biometan fra biogas



Visning udefra af den kemiske-oxidative skrubber til rå biogas afsvovling



Skrubbe søjle



Natriumhydroxid doseringspumpe

Det endelige fald i svovlbrente udføres i det tredje trin, hvor adsorption ved hjælp af jernoxid eller zinkoxid er implementeret. Dette bruges udelukkende til endelig fjernelse af H_2S (fra 70 ppm til mindre end 3,3 ppmv, som krævet af gas net indsprøjtningen).



Skematisk visning af anlægget, net indsprøjtningens punkt og nettilslutningsanlægget (Google Earth 2012)

En lukket afbrændingsplatform er til stede på stedet til anvendelse i tilfælde af, at den producerede biogas strøm ikke kan anvendes i kraftvarme motorerne (f.eks. i vedligeholdelsesperioder) og i tilfælde af, at biometan produktionen heller ikke er tilgængelig.

Behandling af udledninger (vand, spildevand, udsugningsluft)

Den CO₂ rige affaldsgas fra biometan produktionsanlægget indeholder stadig ca. 2-4% CH₄ og må ikke frigives direkte til miljøet. Som allerede nævnt blandes denne affaldsgas med rå biogas og ledes til kraftvarme gasmotorerne. Da biogas opgradering kun anvendes på en del af den producerede biogas strøm, er denne valgmulighed realistisk og den mest omkostningseffektive. Hvis der ikke er nogen kraftvarme motorer tilgængelige på et AD-anlæg, og biogas opgraderingen skal dække hele den producerede rå biogas, vil en særlig affaldsgas rensningsanlæg (typisk forbrænding, lav brændværdi brænder eller katalytisk oxidation) blive anvendt. Den producerede varme vil blive anvendt til at dække en del af rådnetankenes termiske varmebehov.

Visuel / lokale påvirkninger

Der er ikke blevet beskrevet nogen uønskede visuelle konsekvenser af anlægget. Det bemærkes, at størstedelen af det tekniske hjælpeanlæg befinder sig i ISO standard stål. Derudover er afstanden fra AD-anlægget til beboede områder relativt høj.

ENERGIFORBRUG, OMKOSTNINGER OG ØKONOMI

Masse- og energibalance

Råvare til AD-anlæg	28.000 t / år (ca. 3,3 t / time)
Produceret biogas	6.800.000 m ³ / år (ca. 800 m ³ / time)
Biometan net indsprøjtning	800.000 m ³ / år (100 m ³ / time)
Elforbrug for AD-anlæg	1.000.000 kWh / år (ca. 120 kW)
Elforbrug til Opgraderingsanlæg	296.000 kWh / år (ca. 37kW)
Elektricitet produceret af kraftvarmeværker	12.000.000 kWh / år (ca. 1.400 kW)
Varmebehov på AD-anlæg	1.700.000 kWh / år (ca. 200 kW)
Varmebehov på Opgraderingsanlægget	ingen ingen
Varme produceret af kraftvarmeværker	15.000.000 kWh / år (ca. 1750 kW)
Varme, der leveres til fjernvarme	10.200.000 kWh / år (ca. 1.200 kW)

Økonomi & Omkostninger

Først og fremmest skal det nævnes, at der på nuværende tidspunkt ikke eksisterer en lovpligtig tilførselspris for biometan i Østrig. Anlægsejere, som indsprøjter biometan i nettet, er nødt til at etablere individuelle kontrakter med individuelle tariffer og kontraktperioder med relevante gas net selskaber. Der er stadig intet system, der kan sammenlignes med den grønne el takst (2012).

Anlægget blev opført i løbet af et forskningsprojekt med 50% finansiering af nationale og føderale agenturer, og tre store gas-og energiselskaber i det østlige Østrig har bidraget med de resterende

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

50%. Den indsprøjtede biogas blev leveret gratis til disse virksomheder af AD-anlæggets ejer i forskningsprojektets levetid. Derefter blev opgraderingsanlægget overført til AD-anlæggets ejer uden yderligere omkostninger for dette selskab.

Investeringsomkostningerne til AD-anlægget er beregnet til at være i størrelsesordenen 6,5 mio. €, de driftsmæssige omkostninger er ikke blevet oplyst og er vanskelige at vurdere. De samlede specifikke produktionsomkostninger er blevet anslået til at være i omegnen af 0,30 € / m³ for rå biogas.

Investeringsomkostningerne for biogas anlægget var i området af 800.000 €. Specifikke produktionsomkostninger, der udelukkende tager højde for investeringen af biogasanlægget (svarende til årlige udgifter), komplette driftsomkostninger for anlægget, vedligeholdelse og personale er blevet beregnet til at være omkring 0,25 € / m³ for bio-metan.

Da produktionen af 1 m³ biometan kræver 1,7 m³ rå biogas, bliver de samlede specifikke produktionsomkostninger, herunder rå biogasproduktion og opgradering 0,76 € / m³ (67% rå biogasproduktion, 33% biogas opgradering). Hvis brændværdien af den producerede biometan tages i betragtning, er de samlede specifikke produktionsomkostninger omkring 7 €ct. / kWh. Alle omkostninger er baseret på beregninger med den stabile drift af anlægget i 2012.

Kunderne behøver ikke fysisk købe gassen, som er produceret på Bruck / Leitha anlægget, men kan købe den grønne gas praktisk talt som nævnt før. For at sikre, at balancen mellem indsprøjtet og solgt biometan er lige, er biometan mængderne certificeret af TÜV Østrig Services GmbH. Kunderne har derfor mulighed for at købe til en bestemt værdi, eller en vis procentdel af deres gasforbrug, som biometan.

Lokal vedligeholdelse af AD-anlægget og opgradering af anlægget varetages af en medarbejder. Efter optimeringsfasen af de anvendte biogas opgraderingssystemer har der ikke været rapporteret nogen signifikante driftsmæssige problemer.

DISKUSSION OG KONKLUSION

Dette casestudie viser en række punkter. For det første viser den, at teknologien til at producere rå biogas og opgradere den til biometan er let tilgængelig; i dette tilfælde ved hjælp af membranseparation gasegennemtrængning. Det er vist, at anvendelsen af denne teknologi til biogas opgradering giver mulighed for en økonomisk naturgasnet indsprøjtning - selv i mindre målestok. I dag har indsprøjtning fra driftsanlæg typisk en produktionskapacitet, der er flere gange højere end det beskrevne anlæg i Bruck / Leitha. Også membranteknologi drager fordel af virkningerne af stordriftsfordele; det skal analyseres individuelt, hvilken teknologi der passer bedst til hvert enkelt tilfælde af biometan produktion. Alligevel skal man være opmærksom på, at biometan ikke er direkte konkurrencedygtig med importeret naturgas, og priserne for dette vedvarende produkt skal være højere.

Ejerne af biogas / biometan anlægget i Bruck / Leitha er meget tilfredse med driftsanlæggene og de driftsmæssige forhold. I øjeblikket vurderer de muligheden for at udvide biogas opgraderingskapaciteten til 800 m³ / time for rå biogas. Dette ville være den samlede mængde af produceret biogas, og dermed gøre CHP gasmotorerne forældede og sandsynligvis tage maskineriet

Introduktion til produktion af biometan fra biogas

ud af drift. Det sandsynlige skifte afhænger af afslutningen af de kontraherede grønne energi tilførselspriser.

TAK

Forfatterne vil gerne takke anlægsejere og ledere på Biogas Bruck / Leitha GmbH (DI Gerhard Danzinger og DI (FH) for at tillade adgang til anlægget og for at tilvejebringe yderligere oplysninger, der indgår i dette casestudie.

Dette dokument er lavet af Videncentret for Landbrug som del af Biometan Regioner projektet.

Vi takker for projektpartnerenes hjælp og assistance med at samle informationen.

