

Teknologier til opgradering af biogas

Opgradering af biogas er stadig ikke særlig udbredt, total set skønnes der at være ca. 150 anlæg i drift. Tyskland, Schweiz og Sverige er de lande, som har de største erfaringer med teknikken.

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Hvorfor opgradering

Generelt vil det være mest rentabelt for et biogasanlæg at afsætte hele biogasmængden til et kraftvarmeværk, der kan anvende hele biogasproduktionen hele året, hvorved omkostninger til opgradering spares.



Den Europæiske Union ved Den Europæiske Fond for Udvikling af Landdistrikter og Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri har deltaget i finansieringen af projektet.

Der er imidlertid stor sæsonmæssig variation på kraftvarmeværkernes brændselsbehov, og efterspørgslen efter biogas er derfor betydeligt lavere om sommeren end om vinteren. Varmebehovet generelt er begrænset i husdyrintensive områder, hvor biogassen produceres. Hvis der i fremtiden vil blive øget anvendelse af solvarme og vindenergi, vil det også reducere muligheden for at afsætte et konstant flow af biogas til kraftvarmeværker.

En oplagt mulighed for lagring og distribuering af biogas er via det eksisterende naturgasnet. Dette kræver dog at biogassen opgraderes således at CO₂ mv. fjernes, og at der opnås en kvalitet, der ligner naturgas. Opgradering giver også mulighed for, at anvende gassen i transportsektoren.

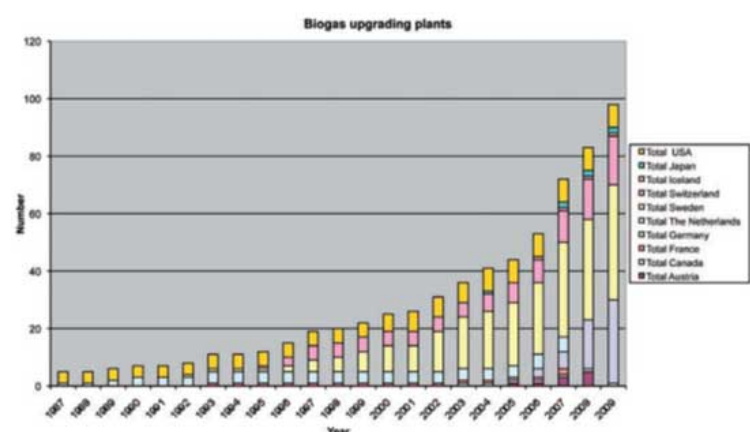
Udbredelse

Opgradering af biogas er stadig ikke særlig udbredt, total set skønnes der at være ca. 150 anlæg i drift^[1]. Afhængig af det enkelte lands energipolitik og gasnet infrastruktur, afsættes gassen direkte til transport eller distribueres via naturgasnettet. Tyskland, Schweiz og Sverige er de lande, som har de største erfaringer med teknikken.



Figur 1: Opgraderings anlæg Fredericia

De første anlæg blev etableret i 80'erne, men langt de fleste er etableret inden for de sidste 5 - 10 år. I Danmark blev det første opgraderingsanlæg opstartet i 2011, og der arbejdes også med demo anlæg et par andre steder i landet.



Figur 2: Opgraderingsanlæg i drift¹

Teknologier

Biogas indeholder typisk mellem 50-70 pct. metan afhængig af hvilket substrat det produceres ud fra.

Opgraderingen består primært i at oprense gassen for svovl, vand og CO₂. Hvis gassen skal på naturgasnet kan den efterfølgende tilsættes propan og lugtstoffer for at leve op til gasnettets kvalitetskrav.

Tabel 1: Sammenligning af gaskvaliteter efter J. B. Siemsen (2010) HNG

	Nordsøgas (2009)	Tysk gas (Heidenau)	Biogas	Bionaturgas	Bionaturgas med propan
Methan, %	86,6-91,8	89-91	55-70	97,3	92,0
Ethan, Propan mfl., %	7,09 - 12,4	2,75 - 3,65	0	0	7
CO ₂ , %	0,32 - 1,16	0,2-2,5	30-45	2,7	1,0
Svovlbriente, mg/m ³ (n)	0,41 - 4,1	-2	-500	-	-
Ammoniak, ppm	0	-	-100	-	-
Øvre Brændværdi, MJ/m ³ (n)	43,0 - 44,8	38,8 - 43,8	22-28	38,8	43,6
Relativ densitet	0,65	0,63	0,9	0,6	0,63
Wobbeindeks, MJ/m ³ (n)	54,75 - 55,4	50,1 - 55,0	22-30	50,8	54,7

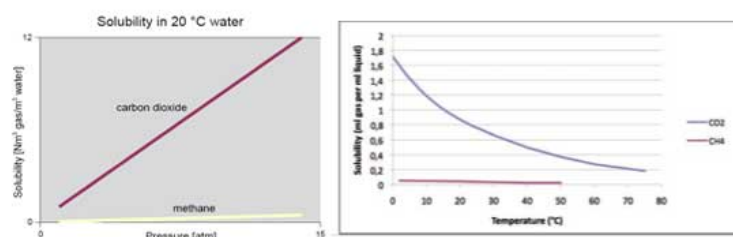
De mest udbredte teknologier til opgradering er PSA (Pressure Swing adsorption), vandskrubning og kemisk/organisk skrubning[2]. Der pågår nu en stor udvikling i teknologierne til opgradering, og der udvikles også nye metoder, nogle af disse er i fuldskala-drift, mens andre stadig er på pilotskala.

Pressure Swing Adsorption (PSA)

Metan separeres fra CO₂ ved adsorption på zeolitter eller aktivt kul under tryk. Et anlæg består typisk af 4-9 beholdere med adsorptionsmateriale. Ved adsorption ledes den komprimerede biogas op gennem beholderen. CO₂, O₂, N₂, H₂S bindes til adsorptionsmaterialet, mens en gas med et metan indhold på 97 pct. ledes ud af beholderen. Når adsorptionsmaterialet er mættet, regenereres beholderen ved at lukke for gastilførslen og reducere trykket gradvist, CO₂ samt en vis mængde metan frigives herefter fra beholderen. Svovlbrinte frigives ikke ved regenereringen, det er derfor vigtigt, at biogassen er rensat for svovl inden opgraderingen. Da vanddamp også adsorberes, produceres der en tør gas.

Vandskrubning

Ved vandskrubning udnyttes det, at CO₂ er mere opløseligt i vand end metan. Desuden udnyttes det, at man ved ændret tryk og temperatur kan opnå større opløselighed.



Figur 3: Opløselighed af metan og CO₂ 2,1

Komprimeret biogas ledes gennem bunden af en skrubber, hvor gassen kommer i kontakt med vandet. Ud af skrubberen kommer rensat gas, mens vaskevandet indeholder CO₂ samt opløst metan. For at udnytte den opløste metan, reduceres trykket i beholderen, og herved afdampes metanet hurtigere end CO₂. Det CO₂ berigede vand ledes herefter til en tank, hvor det gennemstrømmes af luft, som bevirker at CO₂ frigives inden vandet igen anvendes til skrubning af biogas. Sammen med den frigivne CO₂ frigives der en ca. 1-2 pct. af den tilførte metan.

Organisk Skrubning

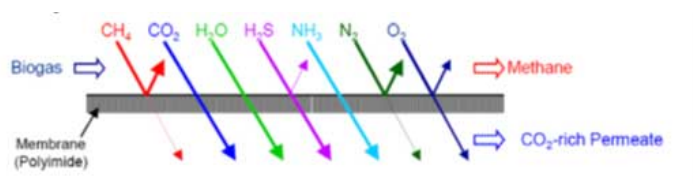
For at øge effektiviteten af anlægget anvendes bl.a. glycol i stedet for vand. Da CO₂ har en højere opløselighed i det organiske medie, kan anlægget laves mindre og derved billigere.

Kemisk Skrubning

Skrubning af gassen kan også foregå med aminvaskeanlæg. I disse anlæg sker der en kemisk binding af CO₂. Denne teknik har mindre energiforbrug og lavere emission af metan end skrubning med vand.

Membranteknologi

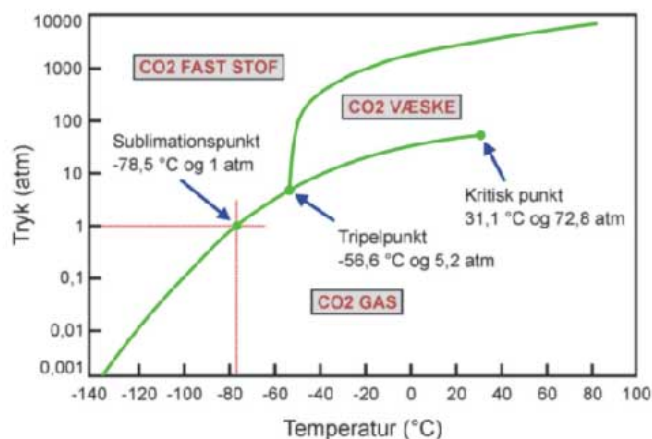
Med membranteknologien udnyttes en membran som er gennemtrængelig for CO₂, men ikke metan. Teknikken er fra 1970 og brugt til at opgradere deponigas ved meget højt tryk og med forholdsvis stort tab af metan. Senere udvikling af teknikken har dog gjort den billigere og mere effektiv.



Figur 4: Separation af gas over semipermeable membran[3]

Kryogenteknik

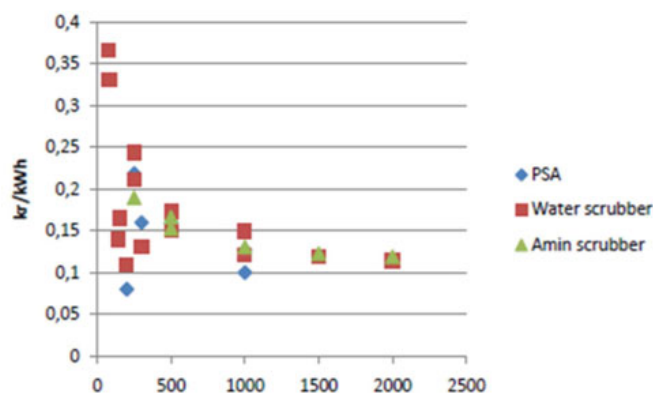
Ved kryogenteknik anvendes gassernes forskellige sublimations- og kogepunkt. Biogassen køles ned og bringes under tryk, indtil CO₂ bliver flydende eller fast stof. Herefter kan metangassen frænses. Som et sidste trin kan metangassen køles og komprimeres, således at den bliver flydende og dermed har en højere energikoncentration. Da der skal anvendes en del udstyr til tryksætning og køling er etableringsomkostningerne for anlægget forholdsvis store[4]



Figur 5: fasediagram CO₂ [5]

Omkostninger

Omkostninger på de forskellige typer af anlæg varierer betydeligt. Det ses dog tydeligt, at store anlæg har laveste behandlingspris (for de mest udbredte metoder).



Sources: Urban W, Girod K, Lohmann H. 2008
M. Persson 2003

Figur 6: Omkostninger til opgradering af biogas

Fra fuldskalaanlæg rapporteres om priser på mellem 0,70 – 3,8 kr./m³ oprenset gas[6],[7],[8]. Hidtil har kryogenteknik haft den højeste behandlingspris¹.

Beregninger fra Dansk Gasteknisk Center a/s[9] indikerer et omkostnings niveau på 85 øre + ca. 30 øre, hvis der skal tilsættes propan. Et forsøgsanlæg "Ammongas" på Hashøj biogasanlæg forventer at kunne dokumentere en teknik, der kan oprense gassen til ca 50 øre /m³ CH₄ gas [10].

Tabel 2: Udnyttelsesprocent og Renhed af gas efter opgradering⁴

Teknologi	Udnyttelse %	Renhed %
PSA	91	98
Vandskrubber	94	98
Organisk Skrubning		
Kemisk Skrubning	90	98
Membranteknologi	78	89
Kryogenteknik	98	91

Omkostningen til opgradering af biogassen skal sidestilles med, at en alternativ anvendelse af biogassen i kraftvarmeværk som ofte vil være anvendelse af biogassen til en el produktion eller varmeproduktion. Disse anvendelser har typisk en omkostning på ca. 50 øre/m³ CH₄ opgraderet gas[11].

Afregning, afsætning og udbredelse

Fra 1. december 2011 udsteder Energinet.dk såkaldte bionaturgascertifikater[12], der dokumenterer, at VE-gas solgt via gasnettet er produceret som VE-gas (vedvarende energigas). Dette giver mulighed for at transportere VE-gas på nettet og sælge til aftagere langt fra biogasanlægget.

Seneste udspil, vedr. afregningspriser på biogas, har også lagt op til, at der skal være en tilskudsmæssig ligestilling mellem opgradering og anvendelse af gas i et kraftvarmeværk.

Da den danske naturgaskvalitet er meget høj, vil det kræve tilsætning af propan for at VE-gas får en energikoncentration, der ligner naturgassen. Dette er som tidligere nævnt ret bekosteligt. På sigt, når Nordsøgas skal erstattes af gas med anden oprindelse, vil kvalitetskravene til VE-gas formodentlig kunne lempes således, at der ikke skal anvendes propantilsætning. Alternativt vil det også være muligt at nedgradere gassen i nogle

områder således, at omkostningen til opgradering kan reduceres.

Bilag 1 Anlægsleverandører

Acrona-systems **PSA** www.acrona-systems.com
Air Liquide **Membrane** www.airliquide.com
Artic Nova **Water scrubber** www.articnova.se
BebraBiogas **Membrane** www.bebra-biogas.com
Biogast **Chemical absorption** www.biogast.nl
Biorega **Water scrubber** www.biorega.se
BIS E.M.S. GmbH **Chemical absorption** www.ems-clp.de
CarboTech **PSA, Chemical absorption** www.carbotech.de
Cirmac
PSA, Chemical absorption, Membrane www.cirmac.com
DGE **Chemical absorption** www.dge-wittenberg.com
DMT **Membrane** www.dmt-et.nl
ETW Energietechnik **Water scrubber** www.etw-energy.com
Econet **Water scrubber** www.econetgroup.fi
Evonik **Membrane** corporate www.evonik.com
Gasrec **PSA, Membrane** www.gasrec.co.uk
Greenlane Biogas **Water scrubber** www.greenlanebiogas.com
GtS **Cryogenic** www.gastreatmentservices.com
Guild **PSA** www.molecularqgate.com
HAASE **Organic physical scrubbing** www.haase-energietechnik.de
Haffmans **Membrane, Cryogenic** www.haffmans.nl
Hera **Chemical absorption** www.heraholding.com
Läckeby Water Group AB **Chemical absorption** www.lackebywater.se
Malmberg Water **Water scrubber** www.malmberg.se
Memfoact **Membrane** www.memfoact.no
Metener Ltd **Water scrubber** www.metener.fi
Methapur **Membrane** www.methapur.at
MT-Biomethan **Chemical absorption** www.mt-biomethan.com
MT-Energie **Chemical absorption** www.mt-energie.com
Prometheus **Cryogenic** www.prometheusenergy.com
RosRoca **Water scrubber** www.rosroca.com
Strabag **Chemical absorption** www.strabag-umweltanlagen.com
Terracastus Technologies **Membrane, Cryogenic** www.terracastus.com
Verdesis **Water scrubber** www.verdesis.net
Xebec/QuestAir **PSA, Water scrubber** www.xebecinc.com

Bilag 2 Oversigt over opgraderingsanlæg

[Se igangværende anlæg.](#)

COUNTRY	PLACE	SUBSTRATE	UTILISATION	CH ₄ REQUIREMENTS (%)	TECHNOLOGY	PLANT CAPACITY (NM ³ /H RAW GAS)	IN OPERATION SINCE
Austria	Bruck/Leitha	Biowaste	Gas grid	97	Membrane	180	2007
	Leoben	Sewage sludge, biowaste	Gas grid	97	Chemical scrubber	140	2009
	Linz	Sewage	Gas grid	97	Water scrubber	800	2008
	Margarethenam Moos	Energy Crops & Manure	Vehicle fuel	>95	Membrane	70	2007
	Pucking	Manure	Gas grid	97	PSA	10	2005
	Reitbach / Eugendorf	Energy crops	Gas grid Vehicle fuel	97	PSA	150	2008
Canada	Berthierville, (QC)	Landfill gas	Gas grid		Membrane		2003
France	Lille	Biowaste	Vehicle fuel	97	Water scrubber	2*600	2007
	Lille Marquette				Water scrubber	100	2009
Germany	Aiterhofen	Energy crops	Gas grid		PSA	2000	2009
	Altenstadt/Schongau	Biowaste	Gas grid		Water scrubber	1250	2009
	Angermünde/Schmargendorf		Gas grid		Water scrubber	1200	2009
	Arnschwang	Manure, energy crops	Gas grid		Water scrubber	1400	2010
	Blaufelden-Emmertsbühl	Manure, energy crops	Gas grid		PSA	500	2010
	Botrop	Sewage sludge	Vehicle fuel, production of hydrogen for fuel cell		PSA	60-120	2007

[1] Petersson, A. & Welnger, A (2009) Biogas upgrading technologies-developments and innovations, IEA Bioenergy

[2] T. K. Jensen, (2009) Opgradering – teknisk beskrivelse. Forsknings projekt Biogas til nettet.

[3] P. Margaretha (2003). Utvärdering af uppgraderingsteknikker för biogas. SGS rapport 142.

[4] De Huullu, J., Maassen, J.I.W., van Meel, P.A., Shazad, S., Vaessen, J.M.P. (2008). Comparing different biogas upgrading techniques. Eindhoven University of Technology, The Netherlands.

[5] <http://www.fysikbasen.dk/index.php?page=Vis&id=109>

[6] P. Chen et al. (2010) Economic Assessment of Biogas and Biomethane Production from Manure. CALSTART

[7] B. Balkenhoff, D. Jamieson (2010). Upgraded Biogas as Renewable Energy

[8] Eletrigasaz Technologies inc (2008). Feasibility Study-Biogas upgrading and grid injection in the Fraser Valley, British Columbia

[9] DGC (2009). Biogas til nettet projektrapport

[10] E. Lundsgård. (2011). Opgraderingsprojekt Hashøj Biogasanlæg.

[11] Teknologidata for el og varmeproduktionsanlæg

Energistyrelsen 1997

[12] <http://www.energinet.dk/DA/GAS/Nyheder/Sider/NyordningqarantererbiogasogandenVEgas.aspx>

Dette notat er udarbejdet af [Torben Ravn Pedersen](#), Landbo Limfjord.