

Småskalig uppgradering och förädling av biogas

En rapport åt Agroväst och Energigården

2012-02-14

Författare:

Helena Blom, Pöyry SwedPower AB

Michael Mccann, Pöyry SwedPower AB

Johan Westman, Pöyry SwedPower AB



Stiftelsen Lantbruksforskning



VÄSTRA
GÖTALANDSREGIONEN



Jordbruks
verket



Detta material har delvis
finansierats med EU-medel



Innehåll

1	SYFTE OCH BAKGRUND	4
2	METODBESKRIVNING	4
3	RESULTAT	5
3.1	Förbehandling	5
3.2	Rågasproduktion	5
3.3	Generellt om Uppgraderingsteknik och uppgraderad biogas	5
3.4	EKONOMI OCH STYRMEDEL	6
3.5	Ekonomisk jämförelse av uppgraderingstekniker	7
4	FLYTANDE BIOGAS, DME OCH ECOPAR-DIESEL	10
5	DISKUSSION OCH SLUTSATSER	10
6	REFERENSER	10

1 SYFTE OCH BAKGRUND

I nuläget befinner sig många småskaliga uppgraderingsanläggningar i uppstartsfasen och det är därför svårt att bilda sig en uppfattning om teknik, lönsamhet, leverantörer och tillvägagångssätt. *Småskalig uppgradering och förädling av biogas* är en rapport som syftar till att bidra till biogasutvecklingen genom att sammanställa kunskapsläget inom småskalig biogasuppgradering. Projektet har tillkommit i samverkan med Energigården och finansieras av Jordbruksverket, Stiftelsen för Lantbruksforskning och Västra Götalandsregionen.

2 METODBESKRIVNING

Resultaten och den ekonomiska utvärderingen bygger på analys av insamlad teknisk och ekonomisk information från leverantörer av utrustning för bl.a. rening, metanhöjning och lagring av gas. Informationen har samlats in genom intervjuer med leverantörerna.

En litteraturstudie har gjorts för att undersöka teknik och ekonomi kring rågasproduktion, uppgradering, distribution och förvätskning. Litteraturstudien bidrog även till att kartlägga kunskapsläget inom småskalig biogasproduktion och uppgradering.

Småskalig uppgradering definieras som uppgradering av gas på anläggningar som har ett rågasflöde på 100 Nm³/h eller mindre.

3 RESULTAT

3.1 Förbehandling

Förbehandlingen ser olika ut för olika biogassubstrat. Vissa biogassubstrat¹ som t.ex. slakteriavfall måste hygieniseras innan det tillförs röt-kammaren. För en stor anläggning som rötar 80 000 ton substrat per år innebär detta då en ytterligare kostnad på 1,6 MSEK/år. Om samma anläggning producerar 500 Nm³ rågas per timme blir kostnaden 0,064 SEK/kWh, utslagen på mängd producerad rågas. Kostnaden varierar från anläggning till anläggning. Vid rötning av gödsel från egen gård och sedan spridning av rötresten på egen mark krävs sällan hygienisering av gödseln.

3.2 Rågasproduktion

Nedbrytningen av materialet sker i tre steg: hydrolys, jäsning och metanbildning. Rötgasen är i regel mättad med vattenånga och innehåller även andra ämnen som gör att den behöver renas innan den kan användas. Typisk sammansättning hos rågasen kan ses i Tabell 1.

Tabell 1: Typisk rågassammansättning efter rötning

Komponent	Mängd (% av total volym)
Metan (CH ₄)	62
Koldioxid (CO ₂)	32
Kväve (N ₂)	1
Syre (O ₂)	0
Vattenånga (H ₂ O)	5 (mättnad)
Svavelväte (H ₂ S)	0,1
Ammoniak (NH ₃)	0,05

3.3 Generellt om Uppgraderingsteknik och uppgraderad biogas

Avsvavling

Efter rågasproduktionen renas i regel rågasen från svavelväte, H₂S. Den vanligaste avsvavlingstekniken går ut på att man tillför röttningsprocessen en viss mängd luft som gör att bakterier faller ut svavlet. Andra tekniker är adsorption och absorption. Vid uppgraderingsanläggningar som använder adsorption (PSA) eller absorption (t.ex. vattenskrubber) kan svavelreningen ibland göras i samband med metanhöjningen. Detta är fallet med PSA-leverantören Guild / Molecular Gates teknik.

Torkning

Det finns flera tekniker för att torka biogas. De vanligaste är torkning genom komprimering, kylning eller separering av vattnet genom kemisk absorption eller adsorption.

Fysisk absorption, vattenskrubber

¹ Kategori 3-avfall är animaliska biprodukter som t.ex. delar av slaktade djur. Kategori 3-avfall definieras på Avfall Sveriges hemsida: <http://www.avfallsverige.se/avfallshantering/biologisk-aatervinning/animaliska-biprodukter/kategori-3/>

Absorptionstekniken går ut på att rågasen blandas med en absorbent, t.ex. vatten i en s.k. skrubber, till vilken koldioxiden binder fysiskt. I skrubbern löser sig koldioxiden i vattnet, medan metanet lämnar skrubbern som gas. För småskalig uppgradering med vattenskrubbteknik finns i dagsläget tre leverantörer av utrustning: Metener, Biorega, och Biosling.

Membranteknik

Membranteknik bygger på att molekylerna i respektive ämne tar sig igenom membranet med olika hastigheter. Ofta används flera membraner, s.k. membransteg, för att uppgradera rågasen till hög metanhalt på den utgående gasen. I dagsläget tillverkar DMT, TUW och Air Liquide uppgraderingsutrustning med membranteknik för småskalig uppgradering. Norska företaget MemfoACT utvecklar membran för småskaliga tillämpningar.

PSA: Adsorption

I PSA blandas rågasen med fast poröst material i en s.k. packad bädd, som gör att koldioxiden fastnar på dess yta. Även här används flera steg för att få en renare metangas. Då trycket släpps fås koldioxiden att lossna från materialet i bädden. I dagsläget tillverkas småskalig uppgraderingsteknik som bygger på PSA av Molecular Gate och Xebec.

Kemisk absorption

Kemisk absorption liknar fysisk absorption, men istället används en absorbent till vilken koldioxiden binder kemiskt. Kemiska absorbenter kan t.ex. vara aminer som MEA (monoetanolamin). Koldioxiden binder kemiskt till absorbenten samtidigt som metanet kan tas ut som ren gas.

Kryogen separation

Kryogen separation utnyttjar gasernas olika kondenseringspunkter för att separera metanet från koldioxiden. I dagsläget tillämpas inte tekniken för småskalig uppgradering. För mer information om kryogen biogasuppgradering hänvisas till referens 6, Jonsson *et al.* (2011).

Tryckhöjning

Att höja trycket på gasen, med hjälp av en högtryckskompressor, kostar energi, och därmed pengar, därför är det effektivt att komprimera så ren metangas som möjligt.

Lagring, distribution och tankning

Biogasen lagras i ett gaslager bestående av flera tryckbehållare, eller gasflaskor. Lagret kan sedan kopplas till en tankstation eller lastas på en lastbil för vidare transport. För mer information rörande distribution av biogas hänvisas till referens 21, Benjaminsson *et al.* (2009).

3.4 EKONOMI OCH STYRMEDEL

De prisnivåer som anges i rapporten var de gällande under hösten 2011, då undersökningen utfördes.

Företagsstöd

Ekonomiskt stöd åt biogasproducenter behandlas av Länsstyrelsen, vilket täcker 30 % av investeringskostnaderna. Det maximala sammantagna beloppet som kan erhållas är 1,8 MSEK.

Investerings- och driftskostnader för uppgraderingsanläggning

Investeringskostnader för att småskalig uppgradering ses i Tabell 2.

Tabell 2 Exempel på typiska investeringskostnader i MSEK för olika storlekar på uppgraderingsutrustning

Rågasflöde: investeringskostnad (MSEK)	20 Nm ³ /h	40 Nm ³ /h	100 Nm ³ /h
Membranteknik	3	4	5
Vattenskrubber	3	3,5	5
PSA	3	3	3

I kostnaden för driften ingår värme- och elförbrukning för samtliga uppgraderingssteg, bl.a. avsvavling, torkning, metanhöjning, tryckhöjning, lagring och tankning. Här ingår även kostnader för underhåll. De olika metanhöjningsteknikerna förbrukar olika mycket värme och el.

Investering i publik tankstation

För att kunna sälja den uppgraderade biogasen som drivmedel till privata kunder krävs ett gaslager samt en tankstation med betalningssystem. Kostnaderna för detta enligt en leverantör av tankstationer för fordonsgas kan vara ca 3,5-4,7 MSEK. Publik försäljning av biogas som drivmedel innebär merkostnader i form av en publik tankstation, kostnader motsvarande c:a 0,2-0,35 kr/kWh.

3.5 Ekonomisk jämförelse av uppgraderingstekniker

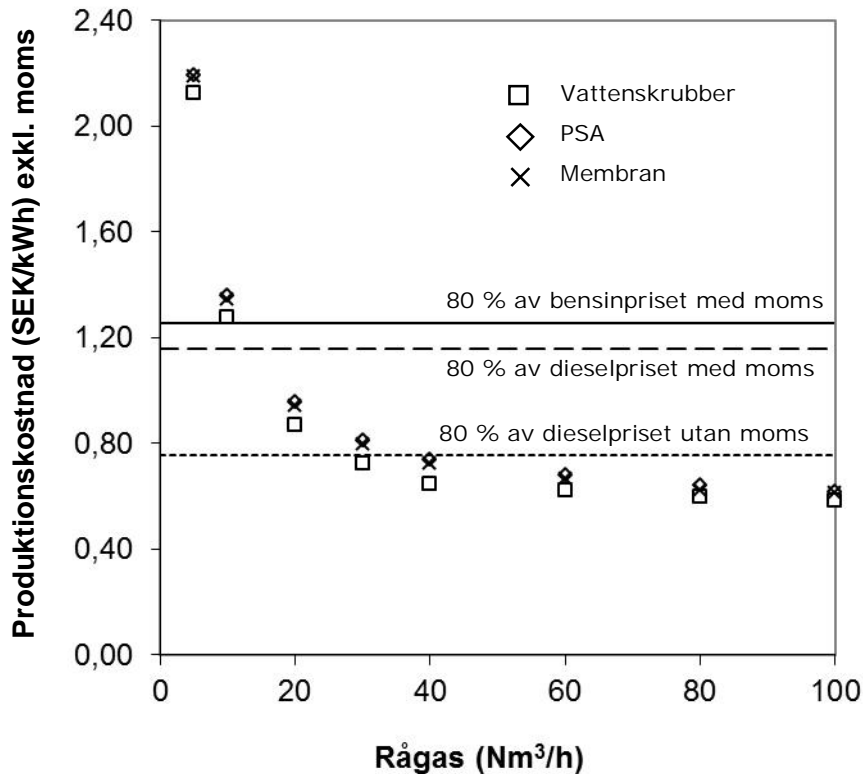
I Figur 1 redovisas kostnader för att producera uppgraderad metangas. Produktionskostnaden för uppgraderad gas varierar med produktionskapaciteten, nedan redovisat som rågasflöde per timme [Nm³/h]. Att kostnaden är högre för mindre rågasflöden beror främst på att investeringskostnaderna är stora jämfört med driftskostnaderna. En kort genomgång av ingående investeringar och övriga kostnader följer nedan.

Kostnaden för att producera rågas som används i kalkylen är 0,4 kr/kWh exkl. moms (referens 15, LRF/Johansson). Vid en effektiv biogasanläggning ligger produktionskostnaden idag på c:a 0,3-0,5 SEK/kWh. Då kostnaden är uttryckt i SEK/kWh och ingår i det totala produktionspriset i Figur 6 kan effekten av höjda eller sänkta kostnader enkelt ses genom att flytta motsvarande värde upp eller ner. Kostnaden för uppgraderingen utgör den största investeringen. Här ingår den utrustning som krävs för att höja den renade rågasen till hög metanhalt. Här ingår även kostnader för tillståndsprocess, montering och besiktning, driftkostnad samt dagligt underhåll och drift. Kostnaden för en kompressor med långsamtankning samt energiåtgång för att komprimera den uppgraderade metangasen är inkluderad. Kostnad för ett litet lastväxlarflak (lagring av c:a 2000 Nm³ metangas) ingår. Detta lager kan användas för att lagra gas för eget bruk eller lastas på en trailer för transport.

Kostnaden för en publik tankstation för snabb tankning är inte inkluderad i kalkylen.

Ett gaspris som motsvarar 80 % av de fossila drivmedelspriserna utgör den marknadsmässiga potential som krävs för att göra gasfordon attraktiva

för konsumenter (referens 15, LRF/Johansson). Därför har följande linjer ritats in i diagrammet som visar produktionskostnaden som funktion av rågasflödet: 80 % av genomsnittligt bensinpris 2011 (14,27 kr/l), 80 % av genomsnittligt dieselpreis 2011 (14,19 kr/l), 80 % av genomsnittligt dieselpreis 2011, utan moms.



Figur 1: Produktionskostnad för uppgraderad biogas för olika rågasflöden jämfört med snittpriser på fossila drivmedel för perioden januari till september 2011

Som Figur 6 visar är produktionskostnaden för uppgraderad metangas för rågasflöden över 40 Nm³/h lägre än det genomsnittliga, momsfria försäljningspriset för fossila drivmedel 2011.

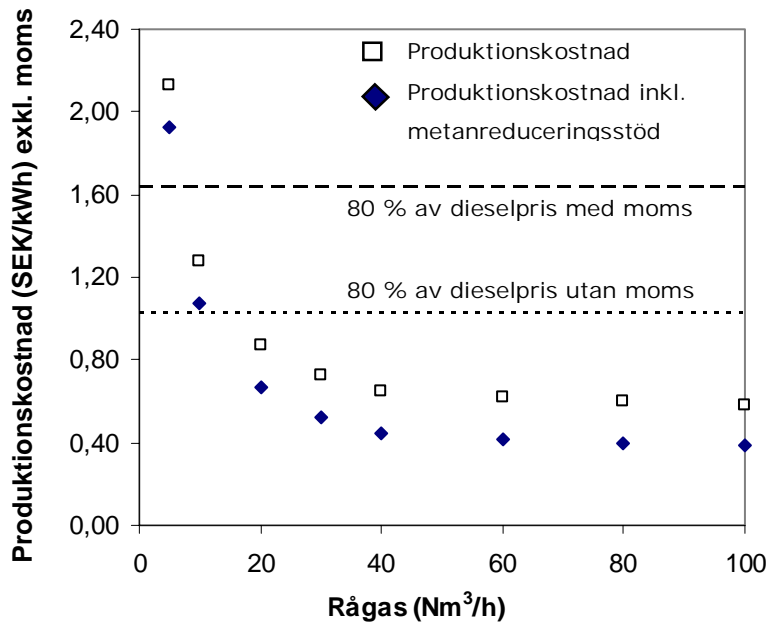
Publik försäljning av biogas som drivmedel innebär merkostnader i form av en publik tankstation. Dessa kostnader är ej inkluderade i Figur 6. De är i dagsläget mycket svåra att bära för en småskalig biogasproducent. Därför är det viktigt att gårdsanläggningen själv kan utnyttja drivmedlet eller sälja det till en lokal kundkrets som kan tanka långsamt med s.k. ”långsamtankning”.

Scenario för produktionspris och dieselpreis 2015

Figur 2 visar kostnaden för att producera uppgraderad metangas för olika rågasflöden i ett prognostiserat scenario för 2015. Utrustningen och förutsättningarna kring denna är densamma som i föregående kapitel.

Råvarupriset för diesel har ökat till 7 kr/l, vilket motsvarar ett försäljningspris på c:a 18,40 kr/l. Priset har även justerats i linje med förväntade skatteeffekter och ändring i återbetalning (minskad restitution).

Produktionskostnaden på uppgraderad biogas representeras i figuren av de tomma kvadraterna. De blå diamanterna representerar produktionskostnaden med ett eventuellt framtida metanreduceringsstöd på 0,2 kr/kWh.



Figur 2: Produktionskostnad för uppgraderad biogas för olika rågasflöden jämfört med ett prognostiserat dieselpolis för 2015

Jämförelse med avseende på bl.a. miljöpåverkan och hanterbarhet

Tabell 3 innehåller en schematisk jämförelse av de fem olika uppgraderingsteknikerna med avseende på metanhalt i uppgraderad gas, metanslip, investeringskostnad, driftskostnad samt hantering.

Tabell 3: Schematisk jämförelse av de fem olika biogasuppgraderingsteknikerna

	Vatten-skrubber	Membran-teknik	PSA	Kemisk Absorption	Kryogen teknik
Metanhalt i uppg. gas	Hög	Hög	Hög	Mycket hög	Mycket hög
Metanslip	Medel	Medel/hög	Medel	Låg	Medel
Investerings-kostnad	Medel	Medel	Medel	Hög	Hög
Driftskostnad	Medel	Låg	Medel	Medel	Hög
Kompakt	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej
Lättskött	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej

4 FLYTANDE BIOGAS, DME OCH ECOPAR-DIESEL

Det finns många olika sorters flytande biobränslen. En fördel för flytande biobränslen är att distributionen underlättas och delar av den befintliga infrastrukturen kan användas. I denna studie har flytande biogas jämförts med två andra flytande drivmedel, DME och Ecopar-diesel.

Ecopar-diesel framställs från den fossila metangas vilken fås som en restprodukt vid oljeborring. Svartlut från pappers- och massaindustrin samt restprodukter från skogsbruk är de största potentiella råvarorna för DME-framställning. Framställning av DME och Ecopar-diesel kräver storskaliga anläggningar. Flytande biogas framställs genom nedkyllning av uppgraderad biogas och processen kräver betydligt mindre energi och investering. Ur framställningssynpunkt är detta det enda drivmedel som är lämpligt för småskalig produktion.

Flytande biogas används idag som drivmedel för både lätta och tunga fordon med speciella motorer som är anpassade för gasdrift eller dual-fuel-drift. I Sverige används idag inte DME som drivmedel i någon betydande omfattning. Ecopar-diesel har samma egenskaper som konventionell diesel och hanteringen innebär därför inget merarbete och kan dessutom användas direkt i dieselmotorer utan några konfigurationer.

5 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Teknik för småskalig uppgradering finns tillgänglig. Det bedrivs forskning och utveckling på många olika håll inom de flesta av metanhöjningsteknikerna.

I dagsläget är det svårt att få ekonomi i den egna småskaliga uppgraderingen. Detta beror främst på de höga investeringskostnaderna för utrustningen.

För att få den småskaliga framställningen av biogas att vara ekonomiskt lönsam krävs en stabil och betalningsvillig kundkrets som har möjlighet att tanka fordonen med ”långsamtankning”.

Publik försäljning av biogas som drivmedel innebär merkostnader i form av en publik tankstation. Dessa kostnader är i dagsläget mycket svåra att bära för en småskalig biogasproducent.

Potentialen för småskalig uppgradering ökar ständigt i takt med att priserna på fossilt drivmedel stiger.

Att uppgradera biogas till en lägre metanhalt (t.ex. 90 % CH₄) kan medföra lägre investeringskostnader och stabilare driftsförhållanden för uppgraderingsutrustningen. En lägre metanhalt gör dock att drivmedlet inte kan säljas som fordonsgas på marknaden.

Bland flytande biogas, DME och Ecopar-diesel är det förstnämnda det enda drivmedlet som idag har potential för småskalig produktion.

6 REFERENSER

1. Intervju om DME och gasol med Fredrik Svensson, Tekniker på PREEM, Göteborg, 2011-11-25.

2. Intervju om Ecopar-diesel med Johannes Nilsson på Ecopar AB i Göteborg, 2011-11-28
3. Intervjumaterial från tillverkarna Metener, Biorega, DMT, TUW, Air Liquide och Guild/Molecular Gate.
4. Intervju med Lars Ohlson på Fordonsgas AB, 2011-12-08.
5. Intervju med Olof Enghag, Jordbruksverket, 2011-12-13
6. S. Jonsson, J. Westman, *Cryogenic biogas upgrading using plate heat exchangers*, Chalmers, Sverige, 2011
7. N. Abatzoglou, S. Boivin, *A Review of Biogas Purification Processes*, Kanada, 2008, Wiley
8. M. Miltner, A. Makaruk, M. Harasek, *Application of Gas Permeation for Biogas Upgrade – Operational Experiences of Feeding Biomethane into the Austrian Gas Grid*, Österrike
9. M. Miltner, A. Makaruk, H. Bala, M. Harasek, *Biogas Upgrading for Transportation Purposes-Operational Experiences with Austria's first Bio-CNG fuelling station*, Österrike, 2009, Chemical Engineering Transactions
10. J. Held, A. Mathiasson, A. Nylander, *Biogas for Energy and the Environment*, Sverige, 2008
11. A. Pettersson, A. Wellinger, *Biogas Upgrading Technologies – Developments and Innovation*, Sverige?, 2009, IEA Bioenergy
12. M. Persson, O. Jönsson, A. Wellinger, *Biogas Upgrading to Vehicle Fuel Standards and Grid Injection*, Sverige?, 2006, IEA Bioenergy
13. IEA Bioenergy, *Biogas Upgrading and Utilization, Task 24: Energy from biological conversion of organic waste*, Sverige?, 1999
14. J. Held, A. Mathiasson, A. Nylander, *Biogas ur gödsel, avfall och restprodukter - goda svenska exempel*, Sverige, 2008, Svenska Biogasföreningen, SGC, Gasföreningen
15. L-G. Johansson, *Biogas på Gården – en introduktion*, Sverige, LRF,
16. S. Dahlgren, T. Ireblad, A. Lindgren, H. Lundborg, *Biogasdistribution, från lokal till regional hantering*, Sverige, 2011, Biogas Öst
17. *Feeding biogas into the grid – Demonstration facility in Bruck an der Leitha*, Österrike, 2009, Austrian Federal Ministry of Transport, Innovation and Technology
18. X.He, J. A. Lie, E. Sheridan, M-B. Hägg, *CO2 Capture by Hollow Fibre Carbon Membranes: Experiments and Process Simulations*, Norge, 2009, Energy Procedia/Elsevier
19. A. Sällvik, A. Peterson, C. Cordova, G-J. Rap, H. Niskanen, K. Christensson, *Biogasdrivna Dual-Fuel Traktorer i lantbruk, entreprenad och kommuner – en förstudie*, Sverige, 2011 Biogas Syd
20. J. Benjaminsson, N. Johansson, J. Karlsvärd, *Deponigas som fordonsbränsle*, Sverige, 2010, SGC
21. J. Benjaminsson, R. Nilsson, *Distributionsformer för biogas och naturgas i Sverige*, Sverige, 2009, Grontmij

22. R. Lems, E.H.M. Dirkse, *Small scale biogas upgrading: Green gas with the DMT Carborex-MS System*, Nederländerna, 2010
23. C. Marmolin, *Drivkrafter kring utveckling avbiogas från stallgödsel till drivmedel*, Sverige 2009, HS Skaraborg
24. M. Persson, *Evaluation of Upgrading Techniques for Biogas*, Sverige 2003, SGC
25. Electrigaz Technologies Inc., *Feasibility Study – Biogas upgrading and grid injection in the Fraser Valley, British Columbia*, Kanada, 2008
26. S. Colnerud Granström, Y. Fredriksson, *Förändrade marknadsvillkor för biogasproduktion*, Sverige, 2010, Energimarknadsinspektionen
27. H. Rylander, W. Wiquist, *Frivilligt åtagande – inventering av utsläpp från biogas- och uppgraderingsanläggningar*, Sverige 2007, Avfall Sverige
28. A.L. Tonkovich, T. Mazanec, K. Jarosch m.fl., *Gas-to-Liquids Conversion of Associated Gas Enabled by Microchannel Technology*, USA, 2009
29. S. Nilsson, *Gårdsbaserad biogas på Plönninge naturbruksgymnasium*, Sverige, 2000, Jordbrukstekniska Institutet
30. S.Viness, A.L. Tonkovich, K. Jarosch, *Improved Fischer-Tropsch Economics Enabled by Microchannel Technology*, USA, 2011,
31. M. Harasek, A. Makaruk, *New Developments in Biogas Upgrading (in Austria)*, Österrike, 2009, TUW
32. H. Fjeldvær, G. Forbord, D. Paganelli, *Application of Membrane systems to small-scale biogas upgrading units*, Tyskland, 2011, MemfoAct
33. L. Roth, J. Benjaminsson, *Mer Biogas! Realisering av jordbrukrelaterad biogas*, Sverige, 2009, LRF, EON; Gasföreningen, Grontmij
34. Biogas Väst, *Kraftsamling för biogasutveckling i Västra Götaland*, Sverige 2010, Västra Götalandsregionen
35. B. Baumgartner, M. Kupusovic, H. Blattner, *National report on current status of biogas/biomethane production – AUSTRIA*, Österrike, 2010
36. J. Benjaminsson, *Nya renings- och uppgraderingstekniker för biogas*, Sverige 2006, SGC
37. M. Pomerantz, *'Start-of-pipe' solutions: the conversion of landfill gas to pipeline gas*, USA, Waste Management World
38. O. Loyd, J. Nilsson, *Uppgradering av Biogas – praktiska försök med kondenseringsmetoden*, Sverige, 1997, SGC
39. A. Haas, J. Selke, *The EU-project GasHighWay – interim results and best-practice-examples of the use of biogas as vehicle fuel*, Tyskland, 2011
40. B. Goldschmidt, *Biobränslebaserade energikombinat med tillverkning av drivmedel*, Värmeforsk rapport 904, Sverige, 2005