

HANDBOK FÖR SAMVERKAN VID UPPGRADERING AV BIOGAS TILL BIOMETAN

FRAMSTÄLLD AV



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology



www.thvt.at

WIENS TEKNISKA HÖGSKOLA (ÖSTERRIKE),
Institutionen för kemisk teknologi
Forskningsavdelningen Värmeprocessteknik och simulering

SOM EN DELLEVERANS I:



Promotion of bio-methane and its market development through local and regional
partnerships

Ett projekt i programmet Intelligent Energy – Europe

Avtal: IEE/10/130

Deliverable: Task 3.1.2

Färdigställt: december 2012

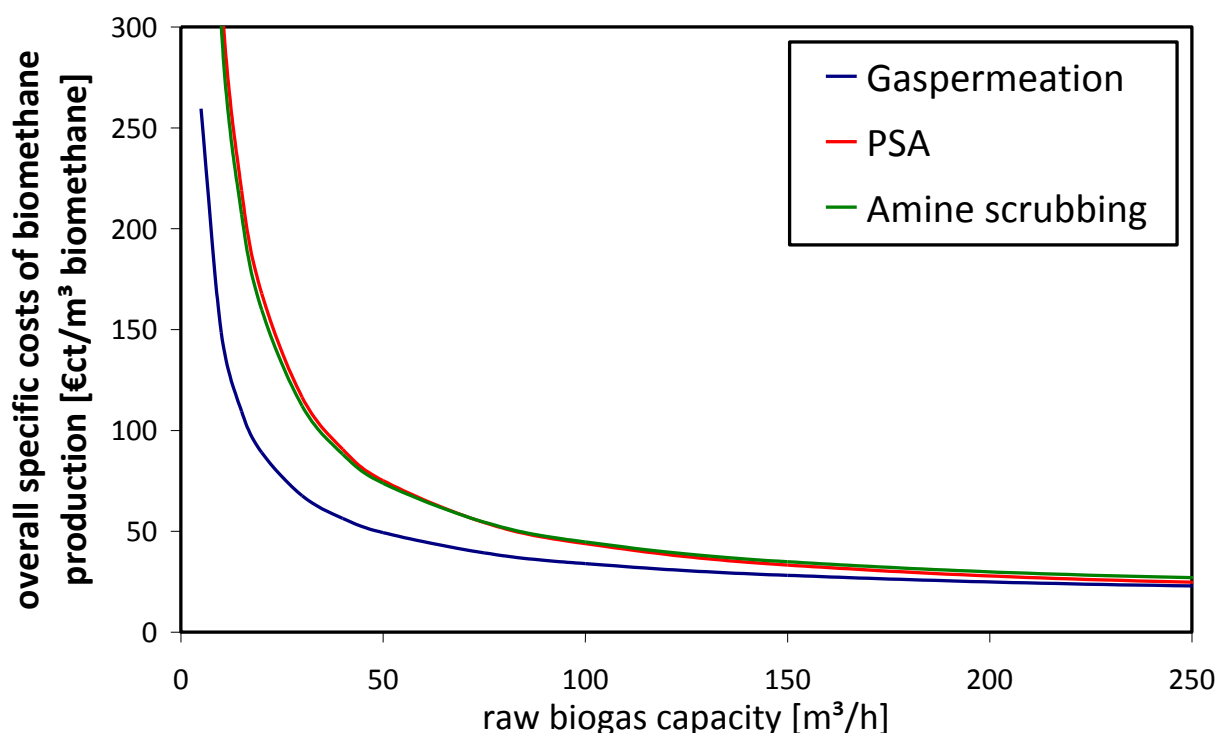
Innehåll

1. Inledning och översikt.....	3
2. Mobil biogasuppgradering.....	4
3. Rörledning för rå biogas och central uppgradering.....	11
4. Exempel på biogasuppgradering i samverkan	15

1. Inledning och översikt

Biogasuppgradering och produktion av biometan handlar om gasseparation med modern teknik. Det finns redan flera kommersiellt tillgängliga tekniker som klarar av att producera biometan av tillräckligt god kvalitet för att den ska kunna användas som fordonsdrivmedel eller injiceras i naturgasnätet, och som visat sig vara både tekniskt och ekonomiskt genomförbara. Det pågår dock fortfarande intensiv forskning för att optimera och vidareutveckla dessa tekniker och även tillämpa ny teknik för uppgradering av biogas. Alla tekniker har sina fördelar och nackdelar och det är inte alltid okomplicerat att välja den mest ekonomiska lösningen för en viss rötningsanläggning. IEE-projektet BioMethane Regions har tagit fram flera rapporter och verktyg för att skapa gynnsammare förutsättningar för utvecklingen på området, bland annat Biometankalkylatorn och rapporten Biogas till biometan Teknisk översikt. Den här rapporten breddar informationen och riktlinjerna och tar upp möjligheter till biometanproduktion i samverkan.

Kostnaderna för uppgradering av biogas påverkas av anläggningens kapacitet. Produktionskostnaderna för en kubikmeter biometan ökar betydligt om kapaciteten för rå biogas är 70 m³/h eller lägre, oavsett vilken uppgraderingsteknik man använder. Det går alltså inte att få rimlig ekonomi i biogasuppgradering om anläggningarna blir för små. Figur 1 visar stordriftsfördelarna med olika uppgraderingstekniker, under förutsättning att biogasen har en genomsnittlig sammansättning och uppgraderas för att matas in på naturgasnätet. Biometankalkylatorn har använts för att få fram resultaten. Kostnaderna för produktion av den råa biogasen har inte räknats med.



Figur 1: Stordriftsfördelar: totala specifika kostnader för biometanproduktion beroende av kapaciteten för biogas för olika uppgraderingstekniker

Man behöver inte titta närmare på de exakta siffrorna i figuren, det framgår ändå tydligt att det inte går att få bra ekonomi i att komplettera små rötningsanläggningar med uppgraderingsenheter för

biogas. Det stora antalet små anläggningar väcker funderingar om det kunde vara möjligt med gemensam produktion av biometan för att totalt få bra ekonomi i verksamheten. Gemensam uppgradering av den råa biogasen från ett antal småskaliga rötningsanläggningar skulle bli mer ekonomisk tack vare större skala, och skulle även göra det möjligt att välja mellan flera olika uppgraderingstekniker. Dessutom kan underhåll och reparationer utföras mycket mer effektivt vid en central uppgraderingsanläggning.

Gemensam uppgradering av biogas kan genomföras enligt två olika koncept:

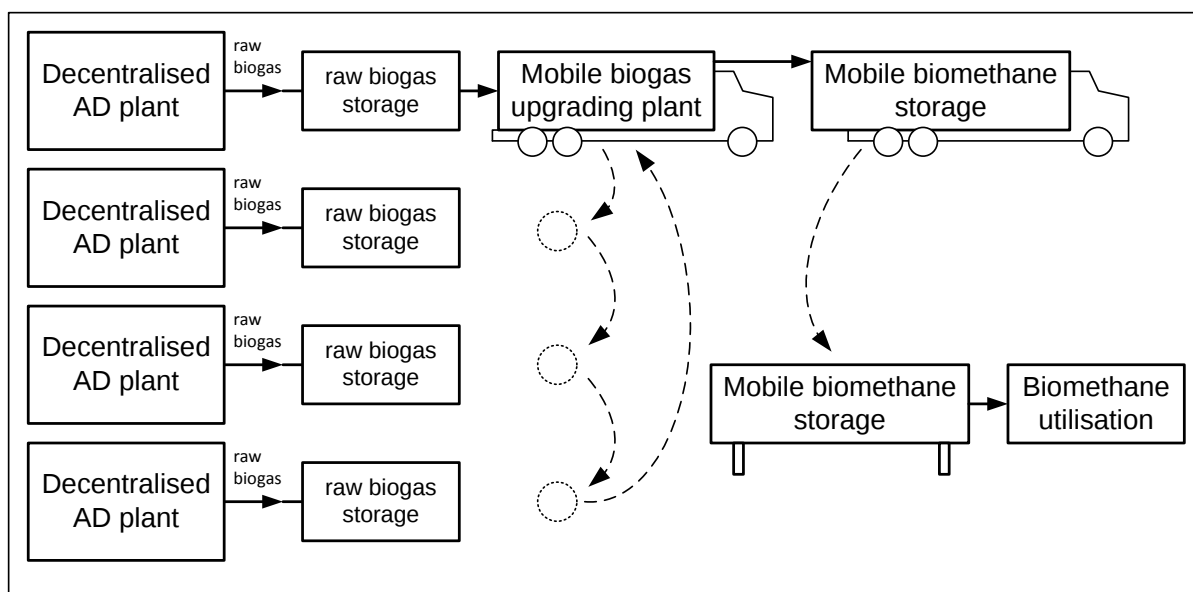
- En mobil gasuppgraderingsenhet, modell större, transporteras mellan de involverade rötningsanläggningarna och är igång en bestämd del av dagen. Den kräver dels tillräcklig lagringsvolym för den råa biogasen vid rötningsanläggningen, dels en mobil lagringsvolym för biometan. Dessutom ställer den stora krav på logistiken.
- En rörledning samlar ihop biogas från de lokala rötningsanläggningarna och leder den till en central uppgraderingsanläggning. I det här fallet behöver man göra åtminstone en enklare uppgradering ute på rötningsanläggningarna för att undvika korrosion, beläggningar och igensättning av rörledningen.

Den tredje valmöjligheten, som innebär att man för ihop lokala små rötningsanläggningar till en stor central anläggning, tas inte upp i den här rapporten. Av ekonomiska skäl redovisas inte heller möjligheten att fylla mobila lagringstankar med rå biogas från de små rötningsanläggningarna och leverera dem till en central uppgraderingsenhet. Trycket kan bara höjas i begränsad omfattning i lagret, eftersom den råa biogasen innehåller koldioxid och man bör undvika att den kondenserar. Därför handlar det alternativet om transporter av alldeles för stora gasvolymmer.

2. Mobil biogasuppgradering

En möjlighet för flera mindre rötningsanläggningar att dela på en uppgraderingsenhet för biogas är att konstruera en mobil enhet som kan transporteras från den ena anläggningen till den andra. Den ansluts till biogaslagret och uppgraderar den råa biogasen. Så snart lagret är tomt flyttas den vidare till nästa rötningsanläggning.

Figur 2 ger en schematisk bild av en mobil enhet för gemensam biogasuppgradering för produktion av biometan. Där har alla rötningsanläggningar egna tankar för lagring av biogas och uppgraderingsenheten roterar mellan anläggningarna. Därtill finns mobil lagring för biometan så att den kan levereras för användning på annan plats.



Figur 2: Mobil enhet för gemensam uppgradering av biogas och biometanproduktion, med mobila lagringstankar för biometan. Källa: Wiens tekniska högskola

Första steget är att hitta en teknik som

- är byggd i en fristående mobil container vilket ställer krav på låg vikt, samt enkel och kompakt konstruktion
- klarar påfrestningar i samband med transporter (stötar, temperatur m.m.) och upprepad hopsättning
- klarar snabba starter och stopp, samt start-/stoppdrift med hög anläggningsverkningsgrad även vid låga driftstemperaturer
- är så kostnadseffektiv som möjligt, med tanke på att transporterna innebär dödtid, lägre utnyttjande av anläggningen och högre specifika kostnader
- kan hantera olika kvalitet på biogasen från olika anläggningar, vad gäller metaninnehåll och spår av andra ämnen.

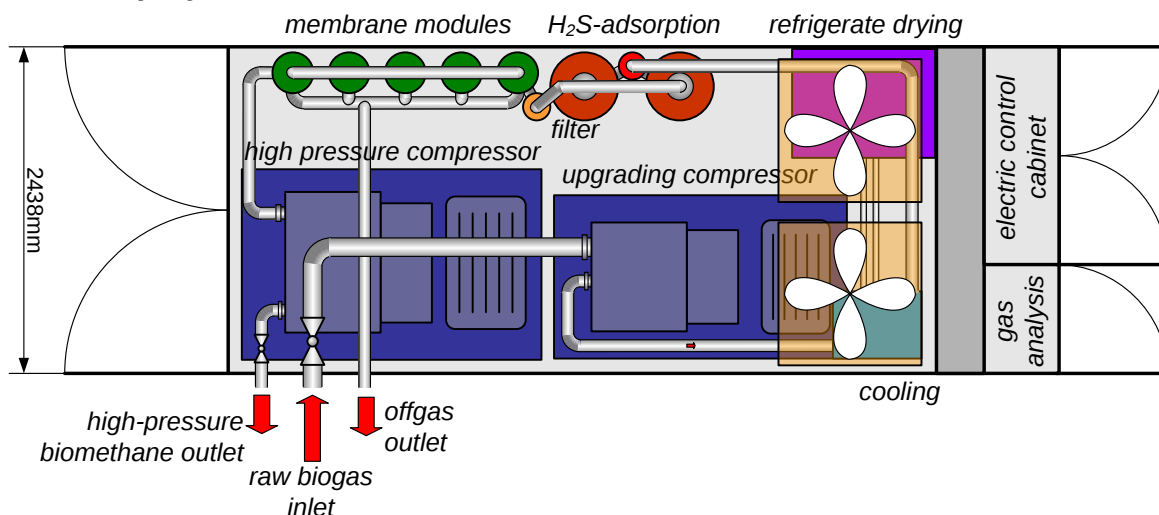
Dessa begränsningar ställer höga krav och det finns för närvarande inte många tekniker som kan anses passande för att konstruera mobila uppgraderingsenheter för biogas. Skrubbrar kan uteslutas p.g.a. deras komplexitet, hantering av absorbent och driftstemperatur. Detsamma gäller kryogen teknik eller biologiska och biokemiska system. Tekniskt återstår alltså adsorption och membrantechnik. Kostnadsstruktur och möjligheter till start/stopp gör att den lämpligaste tekniken för mobila tillämpningar är uppgradering med membrantechnik (gaspermeabilitet). Det är en mycket kostnadseffektiv (speciellt för småskaliga enheter) och robust uppgraderingsteknik. Den låga graden av komplexitet gör styrning och automatisering av driften relativt enkel, och anläggningen mycket robust och säker.

Man har visat att det går att bygga en komplett uppgraderingsenhet för biogas, med komprimering, torkning, avsvavling, avlägsnande av koldioxid med gaspermeabilitet och högtryckskomprimering, i en 20-fots standardcontainer. Figur 3 visar ett schema för en sådan anläggning, som dimensionerats för 300 m³/h rå biogas vilket är relativt mycket för en mobil applikation. Som framgår av bilden är det komprimeringsstegen som tar det mesta av utrymmet. Total vikt för en komplett

uppgraderingsanläggning i container har uppskattats till cirka 13 ton. Liknande anläggningar, dock inte mobila, finns redan i Österrike och Tyskland.

20-foot standard-container (6058mm)

Horizontal projection:



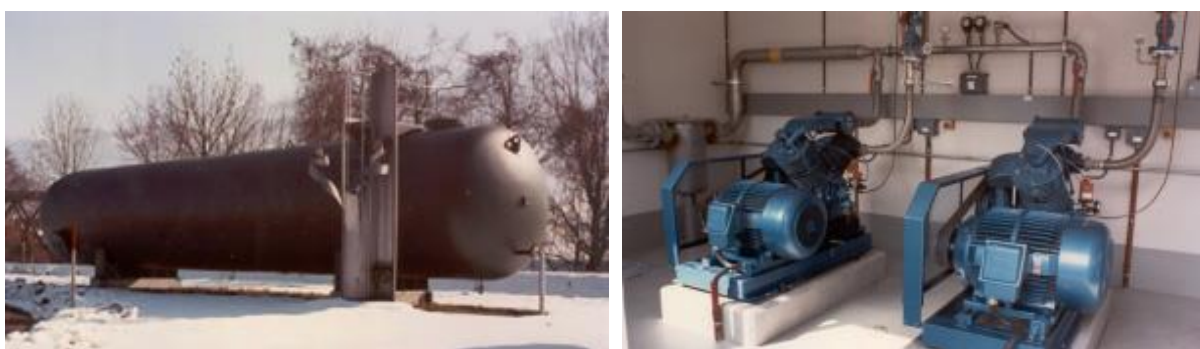
Figur 3: Mobil uppgraderingsanläggning med tekniken gaspermeabilitet och kapacitet för 300m³/h rå biogas, monterad i en 20-fots standardcontainer. Källa: Wiens tekniska högskola

Denna typ av förenklad utformning av anläggning bortser från behovet att behandla metan i restgasen. Beroende på metanutbytet vid uppgraderingen kan man avlägsna metan från restgasen med förbränning med låg värme eller katalytisk oxidation. Uppgraderingsanläggningen bör kunna kompletteras med detta.



Figur 4: Lågtryckssystem för lagring av gas: gaslager av ballontyp (övre raden till vänster); gaslager typ kudde (övre raden till höger); gaslager med membrantak ovanpå rötningstanken (nedre raden till vänster); gaslager med dubbla membraner utvändigt (nedre raden till höger). Källor: Sattler AG and Panaqua AG

Icke kontinuerlig drift av uppgraderingsanläggning vid en rötningsanläggning med låg kapacitet kräver en lagringstank för den råa biogasen. Optimal storlek på lagringstanken beräknas baserat på hur ofta uppgraderingsenheten ska flyttas, samt rötningsanläggningarnas och uppgraderingsanläggningens storlek. Lagringstanken ska kunna användas vid lågt tryck eller förhöjt tryck så att lagringsvolymen kan utnyttjas bättre. Komprimering av rå biogas till högt tryck för lagring är inte att rekommendera eftersom koldioxid börjar kondensera i biogasen redan vid medelhögt tryck. Då får man en blandning med både flytande och gasformig fas vilket inte alls är bra när det gäller lagring. Lågt tryck är sannolikt mer ekonomiskt fördelaktigt än medelhöga tryck. Några kommersiellt tillgängliga lagringssystem för biogas visas i Figur 4 och Figur 5. Lågtryckslager för biogas är mycket vanliga, finns även vid små rötningsanläggningar och är inget problem. För att användas med en mobil uppgraderingsenhet som körs med icke kontinuerlig drift behövs dock en avsevärt mycket större volym.



Figur 5: System för lagring av biogas vid förhöjt tryck: gaslagringstank (till vänster); komprimeringsenhet och expansionsenhet (till höger). Källa: Panaqua AG

Kostnaderna för lagringssystem för rå biogas kan skilja sig åt mycket även för liknande koncept. Lågtryckssystem kostar från 20 euro/m³ lager (enkelt lager typ kudde från BAUR GmbH) och upp till 180 euro/m³ lager (lager typ ballong och kudde från företag som LIPP GmbH, MUCHE GmbH, ENTEC BIOGAS GmbH och AAT GmbH). Vanliga lagringsstorlekar är 500–2 000 m³. Gaslager med membrantak ovanpå röt-kammaren eller efterröt-kammaren kostar cirka 25–55 euro/m³ (BAUR GmbH). Lagringssystem för högre tryck är typiskt mycket större (50 000–250 000 m³ STP) eftersom investeringskostnaderna är höga. De specifika kostnaderna för dem hamnar i intervallet 25–35 euro/m³ STP. Sammanfattningsvis kan man visa att kostnaden för lager för rå biogas har stor inverkan på om ekonomin kan bli rimlig. När man gör förstudien behöver man slå fast denna kostnad så exakt som möjligt.

En lagringstank för biometan tillkommer i de fall den inte används vid produktionsstället. Den ska vara mobil eftersom den ofta kommer att transporteras till platser där biometan används. Det kan vara en injiceringspunkt i naturgasnätet eller ett gastankställe. Den mobila lagringstanken ska kunna lastas på och av snabbt, för att logistiken ska bli snabb, enkel och effektiv. Det finns många möjligheter för transportsystem med trycksatta gastankar och många av dem är redan kommersiellt tillgängliga. Figur 6 ger en uppfattning om möjliga lösningar med WAB-systemet för flexibla lastbilsapplikationer, som är förhållandevis billiga och flexibla.



Figur 6: Transportsystem för trycksatt gas i tankar med WAB-systemet: gastransportfordon med 150 cylindrar med 80 liters volym och 220 bar (till vänster); växelflaksystem (i mitten); lätt lastbil med växelflak (till höger). Källa: Güssing Energy Technologies GmbH, Schoon Fahrzeugsysteme



Figur 7: Transportsystem för trycksatt gas – Galileo-systemet ”virtuell rörledning”. Källa: Galileo SA

Ett av de för närvarande mest mogna tillgängliga systemen kommer från GALILEO SA, ett företag som sysslar med hantering av gas, CNG och olja. Systemet kallas ”virtuell rörledning” och lanserades kommersiellt 1999 för leveranser av fossil naturgas till avlägsna regioner och regioner utan naturgasnät. Figur 7 visar två bilder av systemet med lastning och avlastning av moduler. En av modulerna rymmer upp till 1 500 m³ STP gas. Galileo-systemet uppfyller kraven på flexibilitet och enkel hantering som ställs av ett utbrett nätverk av lokala biometanproduktionsanläggningar.

En nyckel till väl fungerande mobil biogasuppgradering är effektiviserad logistik. Avgörande för detta är ett enkelt och standardiserat system för lagring och transport samt volym, tryck och antalet transporter för uppgraderingsenheten respektive lagringstanken för biometan. Dessa parametrar ska optimeras i varje nytt projekt som genomförs på ny plats för att få maximal effektivitet och bra ekonomi. Eftersom tiden för dagliga transporter av uppgraderingsenhet och mobila lagringstankar är relativt låg, är det lämpligt att lägga ut transporterna på ett externt transportföretag.

Transporter av trycksatta gastankar måste följa gällande lagar och regler. Det kan handla om klassificering av transportfordon för farligt gods enligt ADR (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road), regelbundet återkommande inspektion av fordonssystem och årlig förnyelse enligt ADR, inspektion och certifiering av gastank och rörledningar (t.ex. TUV), utbildning och certifiering av personal enligt ADR.

Slutsatser: Man måste känna till de lokala förhållandena mycket väl för att kunna utvärdera vilket koncept som är den mest framgångsrika lösningen för mobil uppgradering av biogas. Speciellt viktigt

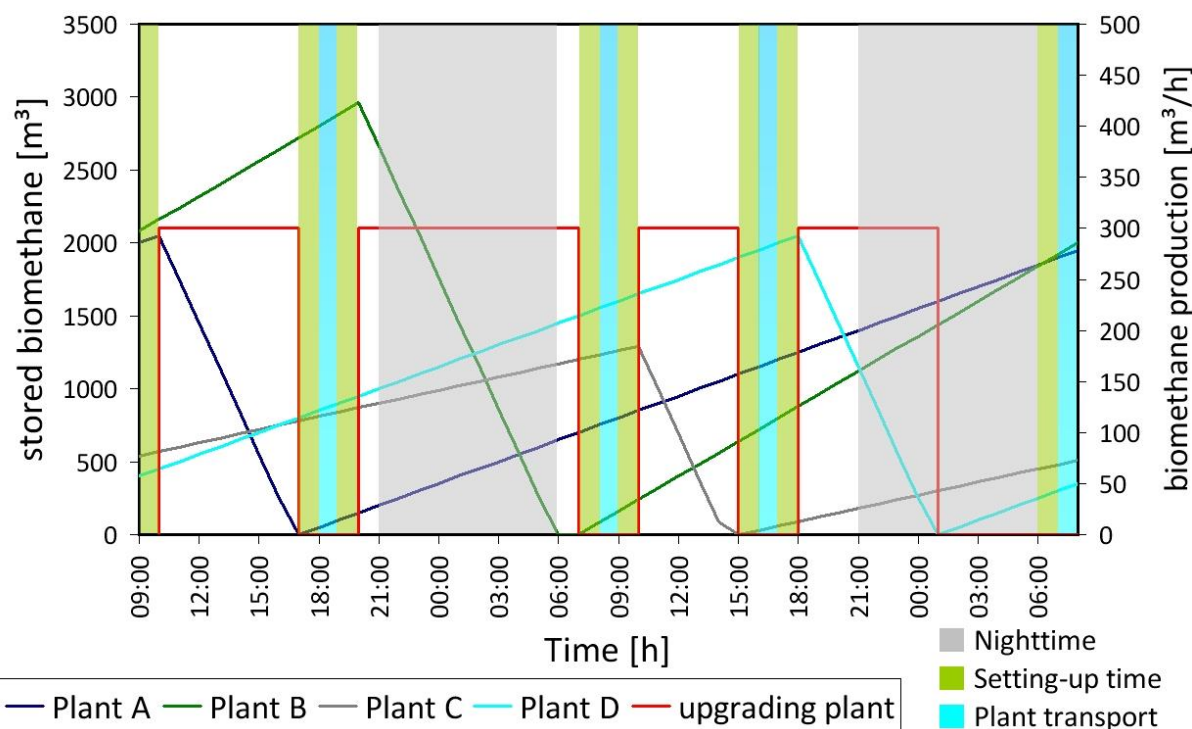
är att fastställa antalet involverade rötningsanläggningar och deras kapacitet, deras produktionsscheman, avstånden mellan dem och platsen för biometanproduktion samt planerad användning för producerad biometan. Därefter är det dags att göra en välgrundad teknisk-ekonomisk utvärdering (bland annat med Biometankalkylatorn) av flera möjliga utformningar på systemet för att till slut komma fram till den mest lämpliga. Förstudier visar att det kan vara svårt att få ekonomisk drift av dessa koncept.

Beräkningsexempel: För att belysa vilka randvillkor man kan förvänta följer ett kort sifferexempel för fyra småskaliga rötningsanläggningar som samverkar i gemensam uppgradering av rå biogas och biometanproduktion. Det fallet jämförs med ett fall med fyra lokala uppgraderingsanläggningar som använder samma uppgraderingsteknik. Vi antar att biogasen uppgraderas till passande kvalitet för att injiceras i gasnät men att injiceringsstället inte ligger i närheten av rörledningar. Producerad biometan måste i båda fallen komprimeras till 220 bar för transporten. I båda fallen bygger beräkningarna på högtryckskomprimering. Däremot är inte högtryckslager, transport av biometan eller injiceringsstället med i beräkningen. Inte heller kostnaderna för att producera biogasen ingår, eftersom de inte påverkar jämförelsen mellan de två fallen. En kort optimering av lagringsvolymen är gjord, liksom en realistisk tidplan för arbetet (kostnaderna för lagringsvolym för biogas har satts till 50 euro/m³). Randvillkoren för beräkningsexemplet redovisas i Tabell 1, lagringstankens storlek är det första resultatet av optimeringssteget för att minimera investeringskostnaderna.

Tabell 1: Randvillkor för beräkningsexempel, gemensam biogasuppgradering

	Gemensam biogasuppgradering			
	Anläggning A	Anläggning B	Anläggning C	Anläggning D
Kapacitet rå biogas [m ³ /h]	50	80	30	50
Lagringstid rå biogas [h]	41	38	43	41
Lagringsvolym rå biogas [m ³]	2050	3040	1290	2050

Biogasen från dessa fyra anläggningar med total kapacitet på 210 m³/h kommer att uppgraderas med gaspermeabilitet vid en anläggning för 300 m³/h och medelhögt metanutbyte. Transportschemat bygger på 48-timmarscykler (varje anläggning besöks en gång på 48 timmar). Det betyder att man får schemalägga två transporter av uppgraderingsanläggningen varje dag. Tidsschemat för detta exempel samt fyllnadsgrad i biogastanken visas i Figur 8. Transportkostnaderna uppskattas till cirka 2,7 euro/km och medelavståndet mellan två rötningsanläggningar sätts till 50 kilometer med en timmes transporttid. Tid för att ställa upp, ansluta och koppla ifrån utrustning vid rötningsanläggningen uppskattas till en timme. Inget arbete schemaläggs nattetid.



Figur 8: Tidsschema för uppgraderingsanläggning för biogas från 4 småskaliga rötningsanläggningar samt fyllnadsgrad i lagringstankar för rå biogas. Källa: Wiens tekniska högskola

Resultaten av en kort ekonomisk analys gjord med Biometankalkylatorn sammanfattas i Tabell 2. Investeringskostnader, årskostnader (summan av kapitalkostnader med en avskrivningsperiod på 15 år, anläggningens driftskostnader och i förekommande fall transport av anläggning) och specifika produktionskostnader per m³ biometan är givna.

Tabell 2: Resultat för beräkningsexempel med gemensam biogasuppgradering jämfört med lokal biogasuppgradering

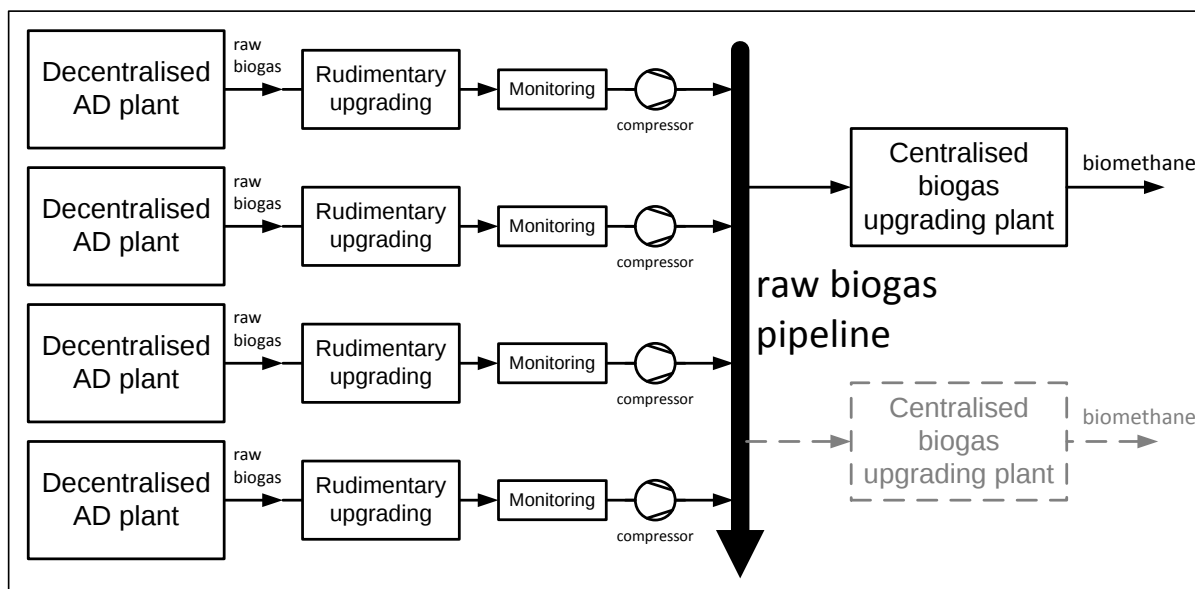
	Gemensam uppgradering	Lokal uppgradering
Investeringskostnader uppgraderingsanläggning	1 mobil anläggning: 1 292 819 euro	Summa för 4 anläggningar: 2 076 574 euro
Investeringskostnader biogaslager	Summa för 4 anläggningar: 421 500 euro	-
Totala investeringskostnader	1 714 319 euro	2 076 574 euro
Årskostnad för transporter	98 550 euro/år	
Totala årliga kostnader inklusive kapitalkostnader, driftskostnader och transporter	496 135 euro/år	522 695 euro/år
Specifika produktionskostnader	43,7 eurocent/m ³ biometan	59,2 eurocent/m ³ biometan

Resultaten ser lovande ut eftersom gemensam uppgradering kan producera biometan till avsevärt lägre specifika kostnader. Investeringskostnaderna är också betydligt lägre, liksom de årliga kostnaderna. Givetvis är kostnaderna betydligt högre än för en central rötningsanläggning (med

kapacitet för 210 m³/h rå biogas, motsvarande summan av de 4 småskaliga anläggningarna) och en stationär central uppgraderingsanläggning (specifika kostnader för biometanproduktion 34,8 eurocent/m³). Det stora problemet kommer dock från tidsschemat. Två transporter av uppgraderingsanläggningen innebär på ett år 730 transporter vilket ger omfattande påfrestning och slitage på de mekaniska delarna. En avskrivningstid på 15 år ter sig mot den bakgrunden orealistisk. Konceptet för en anläggning med transport varannan dag (tidscykel på 96 timmar) kräver att lagringsvolymerna för rå biogas ökar med en faktor 2,87. Investeringskostnaderna för lagret skulle då öka från 421 500 euro till 1 212 000 euro och de specifika produktionskostnaderna för gemensam uppgradering kan uppskattas till 67,9 eurocent/m³ biometan. Den gemensamma lösningen skulle vara väldigt mycket mindre attraktiv än den lokala lösningen. Än en gång får man konstatera det faktum att det är mycket svårt att ekonomiskt genomföra dessa koncept, och att man måste göra välgrundade förstudier på ett tidigt stadium i projektet.

3. Rörledning för rå biogas och central uppgradering

Den andra möjligheten för ett antal små rötningsanläggningar att dela på en uppgraderingsanläggning för biogas är att ansluta dem till en central uppgraderingsanläggning via rörledning för den råa biogasen. I jämförelse med det första alternativet med en mobil uppgraderingsanläggning, är det här mer flexibelt när det gäller val av uppgraderingsteknik och en mer exakt dimensionering av uppgraderingsanläggningen. Dessutom behövs inte lagringstankar, vare sig för rå biogas eller för biometan. Å andra sidan är rörledningar dyra jämfört med vägtransporter om det gäller längre sträckor. Om avståndet mellan rötningsanläggningarna är för stort eller om volymflödet för rå biogas som transporteras är för litet är rörledningar en ineffektiv lösning (de specifika investeringskostnaderna för rörledningar är nästan helt oberoende av rörens diameter).



Figur 9: Schema för gemensam biometanproduktion med konceptet rörledning för rå biogas till en central uppgraderingsenhet (även fler än en biometanproduktionsanläggning är tänkbart). Källa: Wiens tekniska högskola

En schematisk bild av central biometanproduktion för lokala rötningsanläggningar med rörledningar för den råa biogasen visas i Figur 9. Utformningen av konceptet kan variera, med en eller flera uppgraderingsenheter.

Rörledningen för rå biogas ska vara avsedd för lågt gstryck, mellan 200 mbar(g) och 2 bar(g) och sannolikt gjord av polyeten (PE). För att få en uppfattning om rörledningens dimensioner föreslås en innerdiameter på 15 cm för volymflödet av rå biogas på 1000 m³ STP/h. Beräkningar visar att investeringskostnaderna per meter rörledning kan bli från ungefär 12 euro till 200 euro. Kostnaderna avser rörledning direkt i marken samt kompressorstationer och övervakning. Siffrorna beror i hög grad på de lokala förhållandena. Figur 10 visar bygge av en rörledning för biometan i Bruck/Leitha, Österrike (certifierad för upp till 10 bar(g)) som är jämförbar med rörledningssystem för rå biogas.



Figur 10: Rörledning för biometan i Bruck/Leitha, Österrike under uppförande; rören svetsas ihop (till höger). Källa: Wiens tekniska högskola

Det är viktigt att den råa biogasen som matas in i rörledningen först konditioneras så att man undviker igensättning och skador på rörledningen. Det viktigaste steget i konditioneringen är att torka den råa biogasen för att undvika att den kondenserar i rörledningen. Vatten i rören kan direkt blockera systemet eller leda till frostsprängning på utsatta ställen. Vattnet kan också ge biologiska beläggningar och igensättning av rören eftersom det gynnar mikroorganismer som följer med från rötkamrarna. Ett annat viktigt steg i konditionering av gasen är att avlägsna ammoniak eftersom NH₃ tillsammans med vatten ger korrosion av metalldelar och komponenter av polymera material. Ett torksteg där vattnet kondenserar innan man matar in biogasen i rörledningen avlägsnar samtidigt ammoniaken. Det finns olika tekniker för att avlägsna vatten från den råa biogasen: kylning med ångkompression, absorptionskylning, torkning via absorption med glykol (trietenglykol, TEG), torkning med adsorption på kisel eller zeolit. Effektivt avlägsnande av ammoniak kan ske genom kontakt med vatten i vätskeform (torkning via kylning) eller adsorption på aktivt kol.

Andra ämnen som måste avlägsnas innan den råa biogasen matas in i rörledningen är vätesulfid (några planerade gemensamma biogasuppgraderingsanläggningar sätter gränsen vid maximalt 2000–3000 ppm H₂S för rå biogas som matas in i rörledning), siloxaner, stoft och höga halter av flyktiga organiska ämnen som t.ex. organiska syror, fettsyror och terpenier. För att avlägsna dessa ämnen räcker det inte med torkning genom nedkylning av gasen utan man behöver komplettera med annan lämplig teknik. Mer att läsa om det finns i rapporten Biogas till biometan Teknisk översikt.

Slutligen måste det finnas en kompressor på varje plats där biogasen matas in i rörledningen. Som tidigare nämnts antar man typiskt tryck i rörledningar för rå biogas till mellan 200 mbar(g) och 2 bar(g), medan produktionen av biogas vid rötningsanläggningen sker vid atmosfärstryck eller strax däröver. Specifikationerna för dessa kompressorer behöver inte vara speciellt begränsade, det räcker med en standardkompressor för biogas, eller till och med en fläkt (blower). Komprimering kan ske i två steg. Efter det första steget då gasen komprimerats till ett mellantryck, matas den råa biogasen till den tidigare nämnda enkla biogasuppgraderingen (eftersom det i de flesta fall behövs åtminstone ett litet övertryck där). I det andra steget komprimeras biogasen till det tryck den ska ha i rörledningen. Följande typer av kompressorer bör fungera för rörledningssystem med biogas av lågt till medelhögt tryck: roterande kompressor, sidokanalfläkt, kolvkompressor eller roterande kolvkompressor.

Val av uppgraderingsteknik samt design och planering av uppgraderingsanläggningen blir avsevärt mycket enklare jämfört med en mobil uppgraderingsenhet. Det beror på att den inte behöver ta hänsyn till de stora begränsningar som gäller för en mobil enhet med icke kontinuerlig drift. Alla moderna uppgraderingstekniker kan användas, vilket ger en större flexibilitet att anpassa hela energiproduktionen till de regionala förhållandena.

Slutsatser: För att kunna utvärdera vilket totalkoncept som är mest konkurrenskraftigt för lokal biogasuppgradering måste man ha mycket goda kunskaper om de lokala förhållandena när det gäller anläggningsstorlekar och avstånd, möjliga substrat för biogasproduktion och möjliga platser för avsättning av producerad biometan. Generellt gäller som för den mobila lösningen att ju fler små rötningsanläggningar som finns på en given yta, desto kortare transporter och bättre ekonomi. För att till slut komma fram till den mest lämpliga lösningen behöver man göra en välgrundad teknisk-ekonomisk utvärdering efter att ha fastställt relevanta gränser och parametrar (bland annat med Biometankalkylatorn) för flera möjliga utformningar på systemet. Förstudier visar att det inte heller med konceptet rörledningar för den råa biogasen är enkelt att få ekonomisk drift för biometanproduktion i samverkan.

Beräkningsexempel: Det här beräkningsexemplet för lösningen med biogasrörledning bygger på liknande antaganden som i fallet mobil biogasuppgradering. Samma småskaliga rötningsanläggningar med samma kapacitet för biogas som i Tabell 1 används, med den skillnaden att antalet anläggningar med viss kapacitet dubblas, alltså 2 anläggningar av vardera typen A, B, C respektive D). Färre rötningsanläggningar skulle ge sämre ekonomi för gemensam uppgradering. Extra lagringstankar för rå biogas behöver inte tas med här. De åtta lokala rötningsanläggningarna ansluts via rörledningar till en central uppgraderingsanläggning, som exakt motsvarar deras sammanlagda kapacitet, alltså ingen överkapacitet. Det fallet jämförs med åtta separata uppgraderingsanläggningar som använder samma uppgraderingsteknik. Uppgraderingen antas vara avsedd för att få lämplig gaskvalitet för injicering i gasnät, men kostnaderna för själva injiceringen ingår inte. I en riktig förstudie måste man givetvis räkna med dem, men här vill vi bara visa hur ekonomin påverkas av uppgraderingsanläggningens storlek och kostnaderna för rörledningar. Inga kostnader för att producera den råa biogasen har tagits med, eftersom de inte påverkar jämförelsen mellan de två fallen.

Biogasen från de åtta rötningsanläggningarna med sammanlagd kapacitet på 420 m³/h behandlas med gaspermeabilitet i en uppgraderingsanläggning med exakt den kapaciteten och medelhögt

metanutbyte. Beräkningen bygger på specifika rörledningskostnader på 130 euro/m, lågtryckskomprimering och enkel uppgradering med torkning genom kylning och ammoniakreduktion på alla rötningsanläggningar. I den första analysen antas rörledningssystemet för rå biogas vara 20 kilometer.

Resultaten från den andra korta ekonomiska analysen gjord med hjälp av Biometankalkylatorn framgår av Tabell 3. Den visar investeringskostnader, årliga kostnader (summan av kapitalkostnader med en avskrivningstid på 15 år samt drifts- och underhållskostnader) och specifika produktionskostnader per m³ biometan. Tabellens sista rad visar beräknad enkel återbetalningstid för gemensam biogasuppgradering jämfört med lokal lösning.

Tabell 3: Resultat för beräkningsexempel för gemensam biogasuppgradering jämfört med lokal biogasuppgradering

	Gemensam uppgradering	Lokal uppgradering
Investeringskostnader uppgraderingsanläggning	1 anläggning: 1 062 390 euro	Summa för 8 anläggningar: 3 175 786 euro
Investeringskostnader rörledning för rå biogas	2 600 000 euro	-
Investeringskostnader komprimering av biogas	352 581 euro	-
Investeringskostnader enkel uppgradering	257 501 euro	-
Beräknade totala investeringskostnader	4 272 472 euro	3 175 786 euro
Totala årliga kostnader inklusive kapital- och driftskostnader	653 792 euro/år	740 836 euro/år
Specifika produktionskostnader	37 eurocent/m ³ biometan	42 eurocent/m ³ biometan
Återbetalningstid, enkel	12,6 år	

Resultaten ser ganska lovande ut i och med att gemensam uppgradering kan producera biometan till avsevärt lägre specifika kostnader. Investeringskostnaderna blir dock betydligt högre med rörledningar för rå biogas, vilket ger en relativt lång återbetalningstid, nästan 13 år, jämfört med lokal uppgradering som inte är gemensam. Med något kortare rörledningar, 17 km, skulle investeringskostnaderna för dem minska till 2 210 000 euro och den enkla återbetalningstiden minska till 6,3 år och förbättra det ekonomiska läget avsevärt. Man kan konstatera att investeringskostnaderna för rörledningar är i hög grad avgörande för ekonomin, och att de måste bedömas mycket noga innan man gör en kvalificerad förstudie. Lokal produktion av biogas och/eller biometan är högst oekonomisk på båda sätten, i jämförelse med en central rötningsanläggning och en central uppgraderingsanläggning på samma plats.

Om man tar hänsyn till injiceringspunkter i naturgasnätet blir det sämre ekonomi med flera småskaliga uppgraderingsanläggningar jämfört med en gemensam uppgraderingslösning där det bara behövs en injiceringspunkt i nätet. Påverkan av investeringskostnaderna (och även de direkta driftskostnaderna) på ekonomin totalt väntas vara marginell. Det stora problemet väntas i stället vara de organisatoriska kraven för att hantera injiceringspunkter i gasnätet för många små biometananläggningar. Organisatoriska rutiner för inmatning av biometan i naturgasnätet brukar

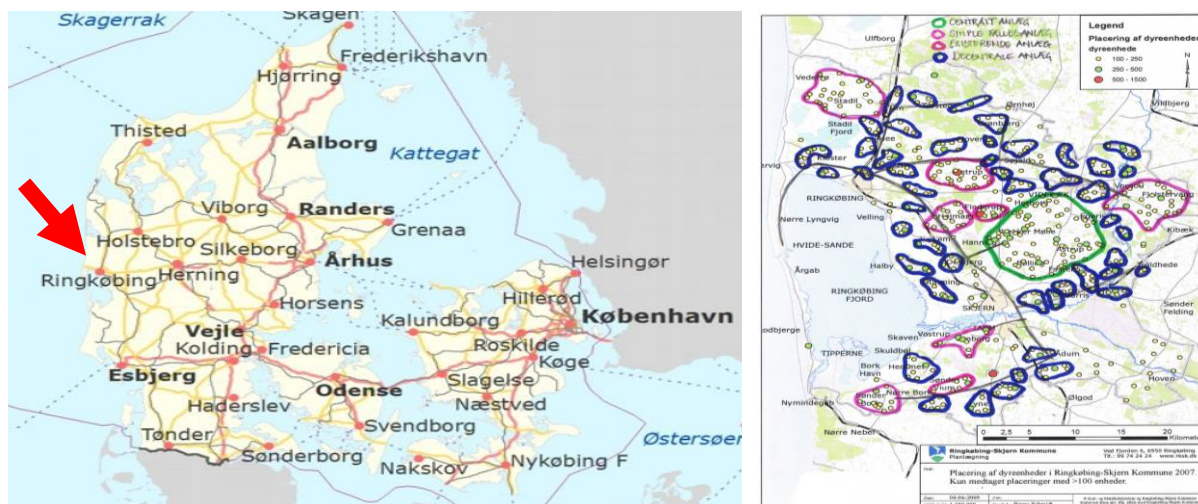
beroende på landets egna bestämmelser och gasnätoperatorens villkor vara förenade med ganska stora krav (avancerad planering och anmälan, redovisning och clearing¹). Det arbetet är lika stort oavsett inmatningskapaciteten, varför många småskaliga inmatningspunkter är ekonomiskt mer ofördelaktigt.

4. Exempel på biogasuppgradering i samverkan

Många initiativ har tagits för att få till stånd gemensamma uppgraderingsanläggningar för biogas, främst för småskaliga rötningsanläggningar i lantbruket. Här tas tre exempel upp där man kommit olika långt med att förverkliga gemensamma anläggningar.

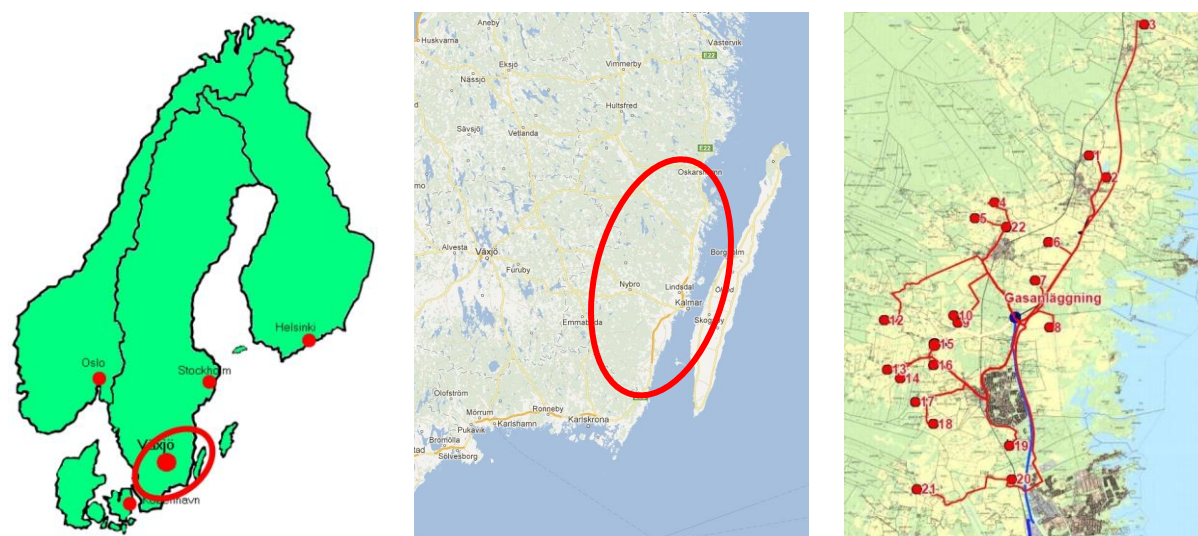
Ringkoebing-Skjern biogasprojekt, Danmark: Kommunen Ringkoebing-Skjern är Danmarks största kommun med en yta på 1 489 km². Det är en typisk landsbygdskommun med stor potential för biogasproduktion. Kommunen har tagit initiativ till ett offentligt finansierat pilotprojekt med forskning om man kan förbättra ekonomin för produktion och användning av biogas genom att transportera biogasen i stället för substratet. Planen är att etablera cirka 60 småskaliga och en eller två storskaliga biogasanläggningar som motsvarar den uppskattade potentialen i kommunen på cirka 60 miljoner m³ metan per år. Figur 11 ger en geografisk överblick av projektet. Ett gasnät för rå biogas från rötningsanläggningarna med total längd 150 km ska koppla ihop dem med befintliga kraftvärmeverk och en eller två uppgraderingsanläggningar som ska byggas. I projektet kommer man att analysera ekonomin för två alternativ: 1) driva befintlig kraftvärme med rå biogas (modernisera befintliga gasmotorer och skaffa nya) samt uppgradera och mata in överskottet av biogas i naturgasnätet eller 2) uppgradera all biogas i två centrala biometananläggningar för injicering i gasnätet, och samtidigt fortsätta använda naturgas från nätet till befintlig kraftvärme. Kommunen har dessutom inlett forskning om att lagra stora mängder vindkraftel som metan i naturgasnätet med elektrolys och Sabatier-metanisering av väte som produceras med koldioxid från biogasanläggningar.

¹ Clearing: Inom bank och finans betyder clearing alla aktiviteter från den tid när ett åtagande för en transaktion görs tills den är uppklarad. Clearing av betalningar är nödvändigt för att omsätta betalningslöftet (t.ex. en elektronisk begäran om betalning eller en check) till en reell förflyttning av pengar från en bank till en annan. I handeln är clearing nödvändigt eftersom handel går mycket snabbare än den tid cykeln för att avsluta den underliggande transaktionen tar. (Källa: <http://en.wikipedia.org>)



Figur 11: Kommunen Ringkøbing-Skjerns geografiska läge samt överblick av det gemensamma biogasprojektet. Källa: Bioenergi Vest A/S

More Biogas Småland AB, Sweden: I Kalmar kommun har 18 lokala lantbrukare, en biometanproducent (Famax AB), ett offentligt renhållningsbolag där 4 kommuner ingår (KSRR) och en leverantör av nyckelfärdiga biogas- och biometananläggningar på den internationella marknaden (Läckeby Water) startat ett aktiebolag för biogasproduktion i samverkan. Förstudien analyserade alternativet att bygga rötningsanläggningar på varje gård och uppgradera den producerade biogasen i en central biometananläggning som de är sammankopplade med via ett rörledningssystem. Figur 12 visar projektets geografiska läge. Den biometan som produceras ska användas som fordonsdrivmedel. Resultatet av denna inledande studie var att den mest ekonomiska lösningen för just den här regionen är att ha en central rötningsanläggning dit man transporterar substraten (gödsel och organiskt avfall) från gårdarna. I januari 2013 meddelade man att rötningsanläggningen med kapacitet 2 miljoner m³/år ska byggas. Byggandet av anläggningen börjar i april 2013 och igångkörning är planerad till sommaren 2014.



Figur 12: Geografiskt överblick av Kalmar kommun och det gemensamma biogasprojektet. Källa: Energikontor Sydost AB, LRF Konsult AB

Biogasnetz Guessing/Strem, Österrike: Kommunen Guessing i östra delen av Österrike är välkänd som pionjär för egen försörjning med olika förnybara energikällor. Ett antal biobränsleeldade kraftvärmeanläggningar och fjärrvärmenät ger en bra grund för fortsatta forskningsprojekt. En träbränsleeldad förgasare med nominell effekt 8 MW värme används för el- och värmeproduktion i kombination med forskning om förnybara energikällor som väte, metan (SNG, syntetisk naturgas) och högre kolväten (med Fischer-Tropsch-syntes). Dessutom finns en biogasanläggning i full drift som utnyttjar energigrödor från jordbruket. Ett forskningsprojekt utvärderade den teknisk-ekonomiska genomförbarheten för ett 3,5 km långt rörledningssystem som kopplar samman biogasproducenter (biogas från rötningsanläggningar och SNG från förgasningen) med tänkbara förbrukare (kraftvärmeverk med gasmotorer, tankställen för CNG, företag med stort behov av naturgas). Distributionssystemet för biogas har jämförts med decentraliserade kraftvärmeanläggningar och ett fjärrvärmesystem.