

Nationellt Samverkansprojekt Biogas i Fordon



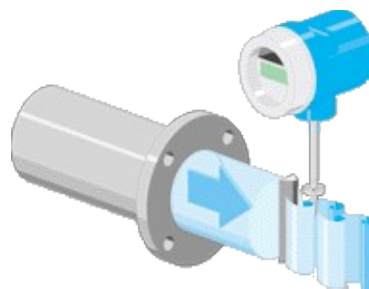
Inventering och utvärdering av analysinstrument och flödesmätare för gasmätning i uppgraderingsanläggningar för biogas

610407

ISSN 1651-5501

Projektet delfinansieras av Energimyndigheten

Undersökning av analysinstrument och flödesmätare för biogas



Ett projekt inom biogasgruppen vid Svenskt Gastekniskt Center, SGC

Lund 2005

BioMil AB

Anders Dahl

Sammanfattning

BioMil AB har fått i uppdrag att sammanställa information om dels vilka analysinstrument och flödesmätare för biogas som finns installerade idag på svenska biogas- och uppgraderingsanläggningar, dels undersöka vilka instrument och mätare som finns tillgängliga på den svenska marknaden. En översiktlig kostnadsbild för olika typer av instrument ingår också inom projektets ram. Projektet är initierat av SGC:s biogasgrupp.

Projektet består av två huvuddelar,

- ◆ Insamling av data från befintliga anläggningar
- ◆ Marknadsundersökning

Insamling av data från anläggningarna har skett genom en kombination av anläggningsbesök och kontakt via telefon och e-post. Dessutom har information från tidigare besök, liksom personlig kännedom om vissa anläggningar, utnyttjats.

Marknadsundersökningen har utförts genom dels sökning på Internet, dels genom direktkontakt med tillverkande och säljande företag. Från Internet har främst inhämtats datablad för analysinstrument och flödesmätare.

Rapporten beskriver kortfattat funktionsprincipen för olika typer av analysinstrument och flödesmätare för biogas, samt innehåller värderingar av olika mätprinciper. Vidare ges en översikt över de instrument som finns installerade i befintliga anläggningar, samt vilka instrument som finns att tillgå på den svenska marknaden i dagsläget.

Förslag ges till analysystem för två principiella fall. Ett fall avser stora anläggningar och det andra fallet mindre anläggningar. Orsaken till att två olika fall presenteras är, att kostnaden för analysinstrument blir proportionellt sett högre för en liten anläggning och att det krävs ett enklare utförande av analysystemet för att det skall vara ekonomiskt möjligt att uppföra och driva en liten anläggning. Det två systemen har betecknats automatisk, respektive manuell anläggning.

Ett flertal skäl bidrar till att analysinstrument för biogas är kostsamma, bl a är många instrument utförda för placering i explosionsklassat utrymme. Kostnader för elektrisk kringutrustning och installation blir också höga vid montering i explosionsklassat utrymme. En möjlighet till sänkta kostnader för analysinstrument kan därför vara att, så långt det är möjligt, välja instrument som inte är ex-klassade och att installera instrumenten utanför ex-zon.

En automatisk anläggning kan utformas enligt följande exempel:

Fast installerade analysinstrument

Gaskomponent - gasström	Mätprincip	Mätområde
Syre - rågas	Paramagnetisk	0-5 vol-%
Metan - rågas	Värmeledning, IR, NDIR	0-100, alt 50-80 vol-%
Syre – renad gas	Elektrokemisk cell	0-5 vol-%
Metan – renad gas	NDIR	90-100 vol-%
Koldioxid – renad gas	NDIR	0-10 vol-%
Svavelväte – renad gas	Elektrokemisk cell	0-100 ppm
Daggpunkt – renad gas	Aluminiumoxid	+20 - (-100) °C

Kompletterande analyser och åtgärder

1. Kontroll av gaskvalitet genom provtagning och lab-analys 1-2 ggr/år
2. Mätning av svavelväte i rågas med reagensrör 1-2 ggr/år om rågastypen kan förmodas innehålla högre halter av svavelväte.
3. Regelbunden kalibrering och/eller uppföljning av automatkalibreringar för installerade instrument.
4. Regelbunden extra funktionskontroll av elektrokemiska celler och daggpunktsmätare.

Motsvarande för en manuell anläggning kan utföras enligt följande:

Fast installerade analysinstrument

Gaskomponent - gasström	Mätprincip	Mätområde
Syre - rågas	Elektrokemisk cell	0-20 vol-%
Koldioxid – renad gas	NDIR	0-10 vol-%
Svavelväte – renad gas	Elektrokemisk cell	0-100 ppm
Daggpunkt – renad gas	Aluminiumoxid	+20 - (-100) °C

Kompletterande analyser och åtgärder

1. Beräkning av sannolik sammansättning av renad gas med ledning av koldioxid- och syreanalyser.
2. Kontroll av kvalitet på uppgraderad gas genom provtagning och lab-analys av metan, koldioxid, syre, kväve, samt eventuell förekomst av andra gaskomponenter 1-2 ggr/månad.
3. Uppföljning av avvikelser från beräknad gassammansättning.
4. Mätning av svavelväte i rågas med reagensrör 1-2 ggr/år om rågastypen kan förmodas innehålla högre halter av svavelväte.
5. Regelbunden kalibrering av installerade instrument.
6. Regelbunden extra funktionskontroll av elektrokemiska celler och daggpunktsmätare.

Vid val av analysinstrument för mätning av gaskomponenter är det viktigt att välja en mätare som är anpassad för den mätuppgift som avses i varje fall. Vid exempelvis mätning av metan i koncentrationsintervallet 95-100 vol-% är det stor skillnad i noggrannhet mellan instrument som är utformade för detta intervall och instrument som är avsedda för att mäta inom intervallet 0-100 vol-%.

Det är mycket viktigt att regelbundet kontrollera funktionen på elektrokemiska celler och daggpunktsmätare oavsett anläggningstyp. Elektrokemiska celler för svavelväte förbrukas vid mätning, varvid mätvärdet sjunker mot noll när cellen är helt förbrukad. Daggpunktsmätare kan visa lägsta möjliga daggpunkt vid fel på givaren.

Mätning av gasflöden med god noggrannhet är svårt att genomföra. Många anläggningar har haft, och har, problem med mätning av gasflöden, framförallt mätning av rågas. Trycket i rågasen är oftast lågt och mycket litet tryckfall kan accepteras över en flödesmätare. Detta begränsar urvalet av mätare som kan användas. Vidare kräver många mätprinciper att gasflödet in till mätaren är ostört, dvs att flödesprofilen är jämn och stabil. Installation av mätaren i gasledningen är således av stor betydelse för mätresultatet.

För trycksatt gas är det betydligt enklare att erhålla god noggrannhet på flödesmätningen. Detta beror dels på att den trycksatta gasen oftast är torkad och fri från partiklar, dels på att ett stort tryckfall över mätaren kan accepteras, samt att densiteten på gasen är högre än för rågas.

Problemen med flödesmätning av gas beror dels på tekniska svårigheter att mäta flöden av biogas vid låga tryck och tryckfall, men även på val av mätprincip och, framförallt, mätarens placering i anläggningens rörsystem. Leverantörer av uppgraderingsanläggningar väljer ofta en mätare som, enligt den tekniska beskrivningen av mätaren, har goda prestanda avseende noggrannhet och repe- terbarhet men fäster mindre vikt vid att olika mätprinciper ställer olika krav på både gasens sammansättning och installation av mätaren. En väg till förbättring av flödesmätning av biogas kan vara att köpa in en funktion i stället för endast en flödesmätare.

Summary

The biogas group within SGC (Swedish Gas Centre) has initiated an investigation concerning analysis instruments and flow meters that are installed in Swedish biogas and upgrading plants today. The investigation project is also to cover experiences with instruments as well as costs and availability of instruments on the Swedish market.

The project consists of two main parts,

- ◆ Collection of data from existing plants
- ◆ Market survey

Data from existing plants have been collected by combining visiting some of the plants with telephone and e-mail contact, together with prior visits and personal knowledge of some of the plants.

The market survey has been done through Internet search and direct contacts with manufacturing and marketing company representatives. The Internet has mainly been utilised for the collection of data sheets concerning instruments.

The report is describing principles of operation in short for different analysis instruments and flow meters. It also contains some evaluations of different principles of operation. An overview is given regarding installed instruments in existing plants as well as available instruments on the Swedish market.

Two different analysis systems are outlined. One system is covering large plants and the other is aimed at smaller plants. The reason for dividing the analysis system into two different classes is that the costs for instruments will become unreasonable high for smaller plants if a complete analysis system is installed. The types have been labelled “automatic” and “manual” systems respectively.

Analysis instruments for biogas are expensive for several reasons. One of the reasons is that many of the instruments are manufactured for the use within hazardous zones (Ex-zones). Electrical installation in this type of areas, which may contain explosive gas mixtures, is also expensive. One possibility for lowering the costs of analysis instruments could be the use of instruments that are not to be installed in Ex-zones.

It is very important to choose gas analysis instruments that are made for, or adapted to, the measuring task in every single case. When measuring methane in the interval 95-100 vol-%, for example, the difference in accuracy could be very large between an instrument that is tuned to this range compared to an instrument with the measuring range 0-100 vol-%.

Electrochemical cells and dew point meters both tend to give “best values” when the transducer is broken or exhausted. This means that a hydrogen sulphide cell will show the result “0 ppm” when it is completely consumed and a dew point meter will show the lowest possible dew point, typically -100 or -120 °C. It is therefore very important that the transducers are checked regularly.

Gas flows are difficult to measure with high accuracy. Especially meters in low pressure flows, such as biogas from a digester, tend to give low accuracy. Reasons for this are: low available pressure drop, low gas density, moisture and particle content, as well as non uniform flow profile. The measuring of high pressure flows, such as vehicle fuel in a dispenser, is much more reliable.

A partial solution of the flow measuring problem could be to buy the function “flow metering” instead of just a flow meter.

Författare:	Telefon:	Telefax:	e-post:	Status:
Anders Dahl	046-148070	046-144015	anders.dahl@biomil.se	Slutlig
Beställare/Mottagare:	Dnr:	Rev.datum:	Dokumentnamn:	
SGC / Margareta Persson		2005-05-07	RapportAnalysinstrument.sxw	
Projektnamn/Ärende:	Ver.-/Ändr.:	Granskad av:	Godkänd av:	
Analysinstrument och flödesmätare	B		AD	

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 Inledning.....	8
2 Bakgrund.....	9
3 Svenska anläggningar.....	10
4 Olika typer av gas.....	11
4.1 Biogas.....	11
4.2 Uppgraderad gas.....	13
4.2.1 Fordonsbränsle.....	13
4.2.2 Inblandning på naturgasnät.....	14
5 Mätbehov.....	15
5.1 Gaskomponenter.....	15
5.1.1 Biogas och fordonsbränsle.....	15
5.1.2 Naturgas från biogas.....	17
5.2 Fasta och flytande föroreningar.....	19
5.3 Gasflöden.....	20
5.4 Metanförluster.....	21
6 Kvalitetskrav på gasprodukter.....	23
6.1 Rötammargas.....	23
6.2 Fordonsbränsle.....	23
6.3 Naturgas/biogas.....	24
7 Mät- och analysprinciper.....	25
7.1 Gasanalys.....	25
7.1.1 Infraröd (IR).....	25
7.1.2 Ultraviolet (UV).....	26
7.1.3 Gaskromatografi (GC).....	27
7.1.4 Elektrokemisk cell.....	27
7.1.5 Paramagnetisk princip.....	28
7.1.6 Daggpunktmätning (vatten).....	28
7.1.7 Vätgas.....	28
7.1.8 Värmevärde/Wobbeindex.....	29
7.2 Termisk konduktivitet.....	30
7.3 Flödesmätning.....	30
7.3.1 Turbinhjulsmätare.....	31
7.3.2 Differensstrykmätare.....	31
7.3.3 Massflödesmätare.....	32
7.3.4 Ultraljudsmätare.....	34
7.3.5 Vortexmätare.....	34
7.3.6 Fluidistormätare.....	35
7.3.7 Svävkroppsmätare.....	36
8 Analysinstrument.....	37
8.1 Syre.....	37
8.2 Metan.....	37
8.3 Koldioxid.....	38
8.4 Svavelföreningar.....	38
8.5 Vatten (daggpunkt).....	39
8.6 Andra gaskomponenter.....	39
8.7 Spårämnen och partiklar.....	40
8.8 Gasflöden.....	40
8.8.1 Lågt tryck (låg densitet).....	41
8.8.2 Hög tryck (hög densitet).....	41
9 Installerade system.....	42

9.1 Rågas.....	42
9.1.1 Metan.....	42
9.1.2 Syre.....	43
9.1.3 Koldioxid.....	43
9.1.4 Svavelväte.....	43
9.1.5 Flödesmätare.....	44
9.2 Renad gas.....	44
9.2.1 Metan.....	44
9.2.2 Koldioxid.....	44
9.2.3 Svavelväte.....	45
9.2.4 Vatten (daggpunkt).....	45
9.2.5 Flödesmätare.....	46
9.3 Gas till atmosfär.....	46
10 Erfarenheter av installerad utrustning.....	47
10.1 Tekniska erfarenheter.....	47
10.1.1 Syremätare.....	47
10.1.2 Metanmätare.....	47
10.1.3 Koldioxidmätare.....	48
10.1.4 Svavelvätemätare.....	48
10.1.5 Daggpunktsmätare.....	48
10.1.6 Flödesmätare för rågas.....	49
10.1.7 Flödesmätare för renad gas.....	49
10.1.8 Flödesmätare vid fordonstankning.....	49
10.2 Datahantering.....	49
11 Marknadsundersökning.....	50
11.1 Metanmätning.....	50
11.2 Koldioxidmätning.....	50
11.3 Syremätning.....	51
11.4 Mätning av svavelföreningar.....	51
11.5 Mätning av värmevärde/Wobbeindex.....	51
11.6 Gaskromatograf.....	52
11.7 Flödesmätare.....	52
11.7.1 Lågtrycksmätare.....	53
11.7.2 Högtrycksmätare.....	53
12 Kostnader för instrument.....	54
12.1 Investering.....	54
12.2 Driftkostnader.....	54
12.3 Installation.....	54
12.4 Kostnadsexempel.....	54
12.4.1 Enskilda instrument, transmittar.....	55
12.4.2 Centralenheter, Ex-zon.....	56
12.4.3 Centralenheter, ej Ex-zon.....	56
12.4.4 Bärbart instrument.....	57
12.4.5 Gasbehandling.....	57
13 Slutsatser.....	58

1 Inledning

SGC administrerar ett projekt för att öka kunskapen om analysinstrument och flödesmätare för biogas. Detta är ett projekt initierat av SGC:s biogasgrupp. Deltagare i projektet är:

- Borås Stad, Renhållningsverket
- C4 Teknik, Kristianstad
- Eskilstuna Energi och Miljö
- Jönköping kommun
- Läckeby Water
- Malmberg Water
- NSR, Helsingborg
- Stockholm Vatten
- Svensk Biogas
- Sydkraft Gas
- Trollhättan kommun
- YIT Vatten och Miljöteknik

BioMil AB har fått i uppdrag att sammanställa information om dels vilka analysinstrument och flödesmätare för biogas som finns installerade idag på svenska biogas- och uppgraderingsanläggningar, dels undersöka vilka instrument och mätare som finns tillgängliga på den svenska marknaden.

En översiktlig kostnadsbild för olika typer av instrument ingår också inom projektets ram.

Utförande

Projektet består av två huvuddelar:

1. Insamling av data från befintliga anläggningar
2. Marknadsundersökning

Insamling av data från anläggningarna har skett genom en kombination av anläggningsbesök och kontakt via telefon och e-post. Dessutom har information från tidigare besök, liksom personlig kännedom om vissa anläggningar, utnyttjats.

Marknadsundersökningen har utförts genom dels sökning på Internet, dels genom direktkontakt med tillverkande och säljande företag.

Från Internet har främst inhämtats datablad för analysinstrument och flödesmätare.

2 Bakgrund

Analysinstrument utgör en stor del av investeringskostnaden för en uppgraderingsanläggning. Det är därför av intresse att undersöka vilket analysbehov som finns för en anläggning, samt vilka krav på mätnoggrannhet som bör ställas. Val av analysinstrument kan sedan göras utifrån pris och prestanda. I vissa fall kan eventuellt en kontinuerlig analys ersättas av manuell provtagning eller genom stickprovsanalys på annat sätt.

Installerade analyssystem har inte alltid levt upp till de kvalitetskrav som anläggningarna har och har haft. Exempel på rapporterade problem är: dålig noggrannhet, täta kalibreringar, mycket service, höga kostnader, speciellt svårt att mäta metan nära 100%.

Flödesmätare ger inte önskad noggrannhet. Orsaker kan vara instabilitet, felaktig montering eller felaktigt vald instrumenttyp. Detta resulterar i behov av kalibrering av mätare, vilket är problematiskt med fast installerade flödesmätare. Framförallt finns problem med mätning av rågasflöden. Rågasen har dels en varierande sammansättning med ibland höga vattenhalter, dels är trycket oftast lågt. Lågt tillgängligt tryck innebär att mätare med stort tryckfall inte kan användas.

En parameter som har aktualiserats under den senaste tiden är förluster av metan till atmosfären. De flesta typer av uppgraderingsanläggningar avskiljer en viss del metan tillsammans med koldioxid. Denna metanström hamnar i en regenereringsgasström eller följer med vattnet vad gäller tryckvattenanläggningar med enkel genomgång. Det är önskvärt att kunna beräkna denna metanförlust med hjälp av installerade flödesmätare och analysinstrument för rågas respektive renad gas. Det har dock visat sig vara i princip omöjligt att bestämma metanförluster med de mätare som finns installerade i dagsläget.

För anläggningar som genererar en gasström med avskilt metan finns en möjlighet att mäta flödet av denna gasström, samt metaninnehållet i densamma för att bestämma metanförlusten. Detta är dock inte möjligt för en tryckvattenanläggning med enkelt genomflöde av vatten, eftersom avskilt metan finns löst i det vatten som lämnar anläggningen. Denna anläggningstyp är för närvarande helt beroende av mätning av metanmängder i inkommande respektive utgående gasströmmar för att kunna bestämma metanförlusten.

3 Svenska anläggningar

I Sverige finns ett stort antal anläggningar som producerar biogas. De flesta av dessa anläggningar är kommunala reningsverk och deponigasanläggningar. Inom detta projekt har endast biogasanläggningar där biogasen uppgraderas till fordonsbränsle eller naturgaskvalitet undersökts avseende installerade analysinstrument och flödesmätare. Biogasanläggningar har dessutom endast betraktats utifrån uppgraderingens krav, dvs analysinstrument och flödesmätare i produktionsanläggningar för biogas har inte medtagits i studien om inte signaler, eller värden, registrerats i uppgraderingsanläggningens styrsystem.

De flesta uppgraderingsanläggningar ingår i studien. Nedan följer en lista över de anläggningar som lämnat uppgifter till undersökningen.

<i>Anläggning</i>	<i>Rågas, ursprung</i>	<i>Processtyp, uppgradering</i>
Borås	Biogasanläggning	Kemisorption
Bromma, Stockholm	Reningsverk	PSA
Eskilstuna	Reningsverk	Vatten
Henriksdal, Stockholm	Reningsverk	Vatten
Jönköping	Reningsverk	Vatten
Kristianstad	Biogasanläggning + Reningsverk	Vatten
Laholm	Biogasanläggning	Selexol
Lilla Edet	Reningsverk	PSA
Linköping, linje 3 och 4	Biogasanläggning	Vatten
Norrköping	Reningsverk	Vatten
NSR, Helsingborg	Biogasanläggning	PSA
Skövde	Biogasanläggning + Reningsverk	PSA
Trollhättan, linje 1 och 2	Biogasanläggning + Reningsverk	Vatten
Uppsala, linje 2	Biogasanläggning + Reningsverk	Vatten
Västerås	Biogasanläggning + Reningsverk	Vatten

Tabell 3.1 Uppgraderingsanläggningar som ingår i underlag över installerade analysinstrument och flödesmätare.

4 Olika typer av gas

Inom gruppen energigas finns flera huvudgrupper av gaser, vilka kan indelas ytterligare i undergrupper. Detta avsnitt beskriver kortfattat obehandlad och uppgraderad biogas med sammansättning och, i vissa fall, egenskaper.

4.1 Biogas

Med biogas menas i detta sammanhang en gas som är producerad av mikroorganismer genom nedbrytning av organiskt material. Beroende på typ av organiska material (substrat) och betingelser vid nedbrytningen, kan gassammansättningen variera.

Huvudkomponenter i biogas är metan, CH_4 , koldioxid, CO_2 , och vatten. Förutom dessa komponenter innehåller biogas i de flesta fall även svavelväte, H_2S , och kväve, N_2 . Dessutom kan olika typer av kväveföreningar förekomma i låga halter vid användning av vissa typer av substrat som råvara.

En rötkammare är en biologisk reaktor för nedbrytning av organiska material till biogas. Biogas från en rötkammare, speciellt rötkammare för kommunalt slam, kallas ibland rötgas. Det finns ett flertal olika typer av rötkammare. Exempel på olika typer är:

- omrörd tank (CSTR)
- pluggflödesreaktor
- anaerob "filt" (UASB)
- metanfilter

Biogas från olika reaktortyper kan ha olika sammansättning. Exempelvis ger ofta metanfilter högre metanhalt än de övriga reaktorer.

Den i särklass vanligaste typen av rötkammare är omrörd tankreaktor. Denna typ används på i princip alla kommunala reningsverk med slamrötning och de flesta övriga biogasanläggningar i Sverige använder också omrörd tank som rötkammare.

Temperaturen i en rötkammare kan väljas vid olika nivåer. Två nivåer är vanligt förekommande:

- mesofilt område vid 35-37 °C
- termofilt område vid 55-60 °C

De olika temperaturnivåerna är av betydelse för nedbrytningshastigheten, men även för gassammansättningen. Mesofil rötning ger oftast högre metanhalt än termofil. Orsak till detta är bland annat att en mindre mängd koldioxid kan lösas i en varmare vätska.

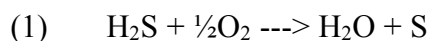
Olika råvarutyper ger upphov till olika gassammansättningar beroende på deras kemiska sammansättning. Alla organiska material är uppbyggda av följande grupper av makromolekyler:

- kolhydrater
- proteiner
- fetter

Beroende på förhållandet mellan kol, väte och syre i råvarorna, bildas metan och koldioxid i olika förhållanden. Kolhydrater ger cirka 50% av vardera metan och koldioxid, medan fetter och proteiner ger högre andel metan. Den specifika gasproduktionen, uttryckt som kg metan/kg substrat, varierar också mellan olika substrat. Kolhydrater ger lägst metanutbyte, medan fetter ger det högsta.

Proteiner är uppbyggda av aminosyror, vilka innehåller svavel och kväve. En substratblandning med hög proteinandel producerar således en biogas med höga halter svavelföreningar, främst svavelväte, och även gasformiga kväveföreningar i vissa fall.

Höga halter av svavelväte verkar hämmande på biogasprocessen och ger dessutom upphov till korrosionsproblem och lukt från den producerade gasen. Av dessa anledningar är det normalt att i större biogasanläggningar tillsätta järnjoner för att binda sulfider i röt-kammaren. Detta fortfarande är även positivt för kvaliteten på rötresten, eller Biogödseln som den också kallas, eftersom de flesta marker idag är svavelfattiga. Ett alternativ till att tillsätta järn, är att blanda in en liten del luft i den producerade gasen och låta denna blandning antingen passera en bädd som impregnerats med rötrest, eller bubbla genom rötrest i en behållare. Luftmängden avpassas så att ett stökiometriskt förhållande mellan syre och svavel erhålles, dvs den tillsatta mängden syre motsvarar svavelvätemängden enligt reaktionsformeln (1):



Det åtgår således hälften så mycket syrgas som det finns svavelväte i gasen.

Luft består av cirka 21 vol-% syre och 79 vol-% kväve, vilket innebär att för varje volymenhet syre som tillsätts, tillsätts även 3,76 volymenheter kväve samtidigt när luft används som oxidationsmedel. Syret förbrukas vid svavelreduktionen, men kvävgas från den tillsatta luften blir kvar i biogasen. Formel (1) kan skrivas om så att detta illustreras enligt (2). För att formeln skall bli enkel har luftsammansättningen räknats som 20 % syre och 80 % kväve, dvs 1 del syre och fyra delar kväve.



Detta påverkar gaskvaliteten och kan i vissa fall, om svavelhalten i gasen är mycket hög, omöjliggöra uppgradering av biogasen till fordonsbränsle.

I nedanstående tabell visas normal gassammansättning för biogas från en omrörd tankreaktor med normala variationer.

<i>Gaskomponent</i>	<i>vol-%</i>	<i>variation, %</i>	<i>Kommentar</i>
Metan	65	50 – 75	
Koldioxid	30	20 - 45	
Kväve	0,5	0 – 2	Kan vara hög vid avsvavling med luft
Vattenånga	4	1,5 - 6	Mättat vid röt-kammartemperatur
Svavelväte	0,01	0 - 1	Maxvariation utan svavelreduktion
Spåraämnen	< 1	0,01 – 0,5	Syre, ammoniak, org kväveföreningar

Tabell 4.1 Normal sammansättning på biogas från röt-kammare

4.2 Uppgraderad gas

Med uppgraderad gas avses biogas som renats från koldioxid och svavelväte. Vid uppgraderingen sker även torkning av gasen. Sammansättningen av uppgraderad gas kan variera beroende på det tilltänkta användningsområdet för gasen. Avsikten med uppgradering kan exempelvis vara produktion av fordonsbränsle, inblandning av gasen på naturgasnätet, förbränning i gaspanna med naturgasbrännare, drift av stationär gasmotor. I denna rapport behandlas dock endast uppgradering av biogas till fordonsbränslekvalitet och naturgaskvalitet.

4.2.1 Fordonsbränsle

Tekniskt finns ingen given sammansättning på en gas som skall användas för drift av fordon. Praktiska krav är dock att fordonens motorer skall ha likvärdiga prestanda med motsvarande diesel- eller bensinmotor. Likaså ställs krav på största möjliga räckvidd för fordonen med gasdrift, vilket innebär att så stor energimängd som möjligt skall kunna lagras och medföras i fordonens gastankar. För att tillgodose alla dessa krav, har en standard för "biogas som bränsle till snabbgående otomotorer" tagits fram i samarbete mellan gasbranschen och fordonstillverkare.

Två varianter finns av standarden. Standard A avser icke lambdareglerade motorer (magermotorer) och Standard B gäller för lambdareglerade motorer. Nedanstående tabeller visar utdrag ur standarden.

Parameter	Standard A
Metaninnehåll, vol-%	96-98
Vatteninnehåll, mg/ Nm ³	< 32 (ger en daggpunkt på cirka +4 °C vid 200 bar)
Daggpunkt, °C	5 °C under tryckvattendaggpunkten vid högsta lagringstryck under lägsta månadsvisa dygnsmedeltemperatur för aktuell ort (t-5 °C).
CO ₂ +O ₂ +N ₂ , vol-%	< 4
varav O ₂ , vol-%	< 1
Totalsvavel, mg S/Nm ³	< 23, inklusive tillsatt odöriseringsmedel. (Omräknat till rent svavelväte motsvarar detta 16,1 ppmv H ₂ S/Nm ³) *)

Tabell 4.2 Utdrag ur Svensk Standard för biogas som bränsle till magermotorer, Standard A

*) med ppmv avses ppm (Parts Per Million) på volymsbas, dvs miljondels volymdelar

Parameter	Standard B
Metaninnehåll, vol-%	95-99
Vatteninnehåll, mg/ Nm ³	< 32 (ger en daggpunkt på cirka +4 °C vid 200 bar)
Daggpunkt, °C	5 °C under tryckvattendaggpunkten vid högsta lagringstryck under lägsta månadsvisa dygnsmedeltemperatur för aktuell ort (t-5 °C).
CO ₂ +O ₂ +N ₂ , vol-%	< 5
varav O ₂ , vol-%	< 1
Totalsvavel, mg S/Nm ³	< 23, inklusive tillsatt odöriseringsmedel. (Omräknat till rent svavelväte motsvarar detta 16,1 ppmv H ₂ S/Nm ³) ^{*)}

Tabell 4.3 Utdrag ur Svensk Standard för biogas som bränsle till lambdareglerade motorer, Standard B

^{*)} med ppmv avses ppm (Parts Per Million) på volymsbas, dvs miljondels volymdelar

4.2.2 Inblandning på naturgasnät

Huvudkomponenten i naturgas, liksom i biogas, är metan. Naturgas innehåller dessutom ett antal ytterligare kolväten, vilket innebär att naturgasens värmevärde är cirka 10% högre än värmevärdet för ren metan. Vid uppgradering av biogas kan således inte ett tillräckligt högt värmevärde uppnås för att gasen skall bli jämförbar med naturgas vad avser värmevärde och även Wobbe-index. För att uppgraderad biogas skall kunna matas in på naturgasnätet med naturgaskvalitet krävs därför att värmevärdet höjs till minst minimigränsen för naturgas, vilken är 11,1 kWh/Nm³. Detta kan ske genom tillsats av exempelvis propan. Det bör påpekas att Wobbe-index inte blir det samma som för naturgas med motsvarande värmevärde.

5 Mätbehov

Analysinstrument med hög kvalitet och ett omfattande mätprogram kommer att utgöra en stor del av investeringskostnaden för uppgraderingsanläggningar för biogas. Kostnader för instrument är inte relaterade till storleken på uppgraderingsanläggningen, varför analysutrustningen i små anläggningar kan komma att utgöra en mycket betungande del av investeringen om ett omfattande mätprogram föreskrivs. Detta är ett dilemma eftersom det är lika viktigt med kvalitetssäkring av gas från en liten som en stor anläggning, samtidigt som det kan vara omöjligt att få lönsamhet på en liten anläggning om kraven på analysutrustning är lika omfattande som för en stor anläggning.

Av denna anledning är det nödvändigt att kunna definiera olika nivåer på omfattningen av fast monterad mätutrustning, samt även prestanda på vald utrustning. Val av olika omfattning på analysutrustning får dock inte betyda att kraven på grundläggande kvalitetssäkring äventyras.

Vissa absoluta krav på fast installerade och kontinuerligt arbetande analysinstrument skall ställas på alla anläggningar, oavsett storlek. Detta gäller analyser som är av betydelse för säkerheten för människor och djur (ATEX-direktivet), samt analyser som är av betydelse för att förhindra risk för uppkomst av skador på gastankar i fordon.

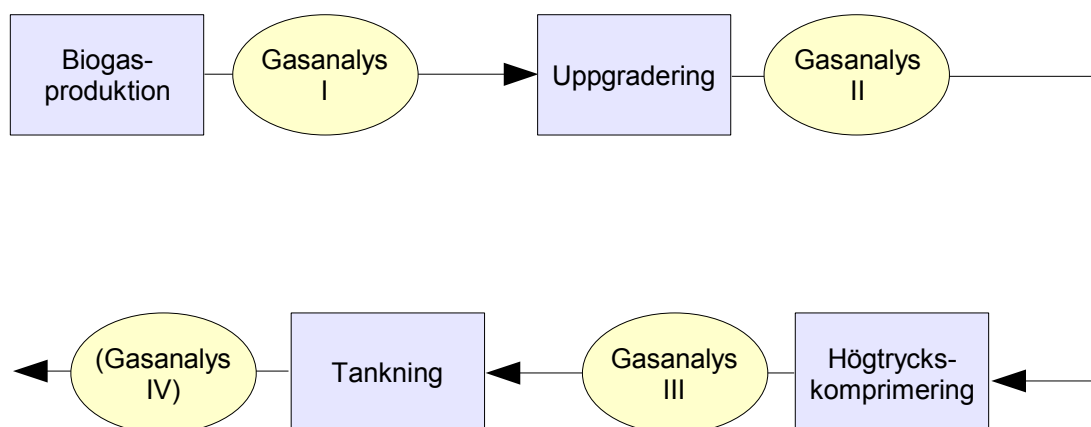
5.1 Gaskomponenter

Olika analysbehov och analyskrav avseende gaskomponenter gäller för olika typer av gasanläggningar. Biogasanläggningar har endast produktion av gas ur organiska råvaror. För dessa anläggningar finns ingen ingående gasström som kräver analys.

Uppgraderingsanläggningar för produktion av fordonsbränsle eller naturgas har både en inkommande gasström och en eller flera utgående.

5.1.1 Biogas och fordonsbränsle

Den principiella utformningen för ett komplett analysystem för analys av biogas som uppgraderas till fordonsbränsle kan beskrivas med nedanstående schematiska figur:



Figur 5.1 Analysystemet vid produktion av biogas eller fordonsbränsle

Figuren gäller även i tillämpliga delar vid endast produktion av biogas eller vid uppgradering utan högtryckskomprimering och tankning. Gasanalys IV har angivits inom parenteser och det finns för närvarande inte något krav på analys av fordonsbränsle i anslutning till tankningssystemet.

Ett absolut krav för alla typer av anläggningar bör vara analys av syrgas i Gasanalys I. För att uppfylla det grundläggande kravet i ATEX-direktivet, att utforma anläggningen så att en explosiv gasblandning inte kan uppstå, krävs mätning av syre för att möjlighet skall finnas att upptäcka läckor eller andra orsaker som kan innebära att syre blandas in i biogasen. Det är viktigt att denna analys görs så tidigt som möjligt i produktionskedjan. Det finns för närvarande dock inget myndighetskrav avseende analys av syre vid biogasproduktion eller -uppgradering. Ett sådant krav finns endast för deponigasanläggningar.

Biogas

I en biogasanläggning skall syre analyseras i utgående gas från röt-kammaren, före eventuell tryckstegringsfläkt. Denna analys är tillräcklig före uppgradering av gasen under förutsättning att trycket inte någonstans i överföringen mellan biogasanläggning och uppgraderingsanläggning understiger atmosfärstrycket.

Vid försäljning av biogas som rågas skall metanhalten analyseras för att kunna ligga till grund för debitering eller motsvarande ekonomiskt avtal. Om biogasen skall uppgraderas är det även av vikt att analysera rågasen med avseende på metan för att detta värde skall kunna ingå i beräkning av förluster av metan från anläggningen.

Fordonsbränsle

För en uppgraderingsanläggning kan, som nämnts ovan, olika alternativ avseende omfattningen av fast installationstrustning definieras. Det bedöms som rimligt att dela upp uppgraderingsanläggningar i två olika alternativ, automatisk och manuell.

Med en automatisk anläggning menas här en anläggning som i största möjliga utsträckning är försedd med fast installerad mätutrustning så att behovet av manuell provtagning och analys minimerats. En manuell anläggning däremot, är endast försedd med fast installerad mätutrustning för analys av komponenter som är nödvändiga för automatisk styrning av anläggningen, samt syre, som är en säkerhetsrelaterad analys.

Grundläggande utrustning finns alltså fast installerad i båda alternativen, men vissa analyser utföres manuellt som stickprov i den manuella anläggningstypen.

Normalt sett är stora anläggningar som exempelvis Bromma och Linköping automatiska, medan mindre anläggningar som t ex Eslöv är utförda som manuella anläggningar.

För en automatisk anläggning bör följande krav på fast installerad analysutrustning ställas, förutom ett grundläggande krav på syremätning:

- analys av metan i Gasanalys I
- analys av syre, koldioxid, metan, svavel och daggpunkt i Gasanalys II
- analys av daggpunkt i gasanalys III

I en manuell anläggning bör endast följande analysutrustning krävas som fast installation:

- analys av koldioxid eller metan, samt svavel och daggpunkt i Gasanalys II

Om koldioxidhalten mäts i uppgraderad gas, krävs en beräkningsalgoritm för att bestämma halten metan. Algoritmen skall ta hänsyn till förekomst av syre och inerta gaser i produktgasen.

De olika ambitionsnivåerna innebär att kvalitetskontroll och kvalitetssäkring av en manuell anläggning måste genomföras med fler kontroller av stickprovskaraktär. Regelbundna mätningar med handmätinstrument eller provtagningar för analys på laboratorium skall göras på följande komponenter:

- metan i Gasanalys I
- syre och metan, alternativt koldioxid om metanmätare finns installerad, i Gasanalys II
- daggpunkt i Gasanalys III

Analysresultaten skall jämföras med tidigare mätningar och loggade mätvärden från de fast installerade instrumenten för att en korrekt bedömning skall kunna göras huruvida anläggningen kontinuerligt och med stor sannolikhet har producerat gas av godkänd kvalitet. Resultatet från varje sådan bedömning skall ligga till grund för att avgöra lämpliga tidsintervall mellan de manuella provtagningarna.

Ovanstående krav innebär att det i en manuell anläggning krävs merarbete och ökade driftskostnader för att garantera gaskvaliteten, medan en automatisk anläggning får en större investeringskostnad.

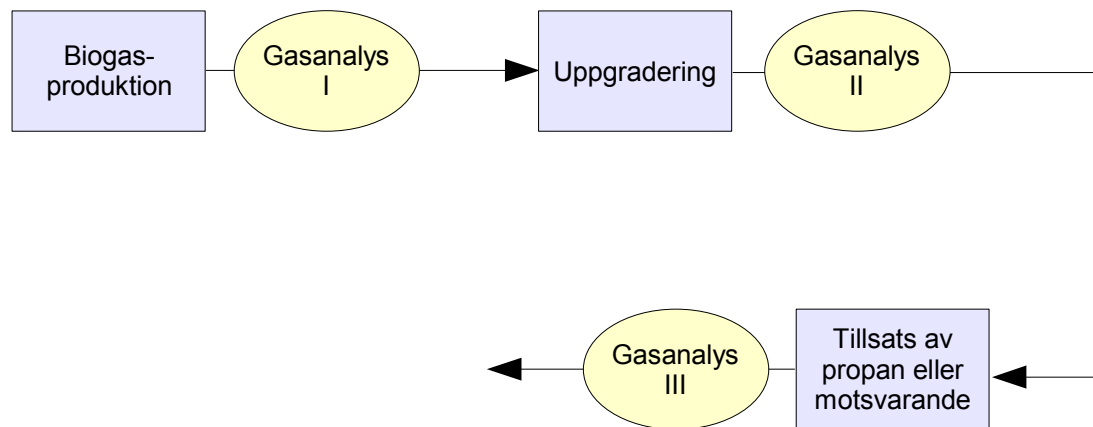
Vidare kan olika kvalitetsnivå väljas på de instrument som installeras fast i anläggningarna. På motsvarande sätt som ovan kommer det att krävas merarbete och ökade driftskostnader på grund av

- tätare kalibreringar
- tätare laboratorieanalyser
- mer frekventa manuella mätningar

Om en mindre omfattande instrumentering finns installerad, samt om analysinstrument med mindre noggrannhet och sämre stabilitet används, bör anläggningens styrsystem programmeras så att leverans av produktgas stoppas så snart misstanke finns om fel i gaskvaliteten. Exempelvis kan detta innebära att leverans av gas stoppas om systemet får information om att kalibrering av mätinstrument krävs. Leverans av gas skall då inte återupptas förrän instrumentet är kalibrerat och visar att gasen har godkänd kvalitet.

5.1.2 Naturgas från biogas

Den principiella utformningen för ett komplett analysystem för analys av biogas som uppgraderas och matas in på naturgasnätet, kan beskrivas med nedanstående schematiska figur.



Figur 5.2 Analyssystem för vid produktion av naturgas från biogas

I analogi med vad som gäller för uppgraderingsanläggningar, kan olika nivåer avseende omfattningen av fast installationutrustning definieras för anläggningar som producerar naturgas från biogas. Anläggningarna kan delas upp i manuella och automatiska anläggningar, dvs två olika nivåer.

För en automatisk anläggning bör följande krav på fast installerad analysutrustning ställas, förutom ett grundläggande krav på syremätning:

- analys av metan i Gasanalys I
- analys av syre, koldioxid eller metan, svavel och daggpunkt i Gasanalys II
- analys av propan och metan, alternativt värmevärde, i gasanalys III

I en manuell anläggning bör endast följande analysutrustning krävas som fast installation:

- analys av koldioxid eller metan, samt svavel och daggpunkt i Gasanalys II
- analys av propan eller värmevärde i Gasanalys III

Om koldioxidhalten mäts i uppgraderad gas, krävs en beräkningsalgoritm för att bestämma halten metan. Algoritmen skall ta hänsyn till förekomst av syre och inerta gaser i produktgasen.

De olika ambitionsnivåerna innebär att kvalitetskontroll och kvalitetssäkring av en manuell anläggning måste genomföras med fler kontroller av stickprovskaraktär. Regelbundna mätningar med handmätinstrument eller provtagningar för analys på laboratorium skall göras på följande komponenter:

- metan i Gasanalys I
- syre och metan, alternativt koldioxid om metanmätare finns installerad, i Gasanalys II

Analysresultaten skall jämföras med tidigare mätningar och loggade mätvärden från de fast installerade instrumenten för att en korrekt bedömning skall kunna göras huruvida anläggningen kontinuerligt och med stor sannolikhet har producerat gas av godkänd kvalitet. Resultatet från varje sådan bedömning skall ligga till grund för att avgöra lämpliga tidsintervall mellan de manuella provtagningarna.

Ovanstående krav innebär att det i en manuell anläggning krävs merarbete och ökade driftskostnader för att garantera gaskvaliteten, medan en automatisk anläggning får en större investeringskostnad.

Vidare kan olika kvalitetsnivå väljas på de instrument som installeras fast i anläggningarna. På motsvarande sätt som ovan kommer det att krävas merarbete och ökade driftskostnader på grund av

- tätare kalibreringar
- tätare laboratorieanalyser
- mer frekventa manuella mätningar

Om en mindre omfattande instrumentering finns installerad, samt om analysinstrument med mindre noggrannhet och sämre stabilitet används, bör anläggningens styrsystem programmeras så att leverans av produktgas stoppas så snart misstanke finns om fel i gaskvaliteten. Exempelvis kan detta innebära att leverans av gas stoppas om systemet får information om att kalibrering av mätinstrument krävs. Leverans av gas skall då inte återupptas förrän instrumentet är kalibrerat och visar att gasen har godkänd kvalitet.

5.2 Fasta och flytande föroreningar

Fasta och flytande föroreningar i gasen kan inte analyseras med kontinuerliga instrument. Mätning av partiklar sker genom manuell provtagning med speciell utrustning. Analys av prover kan vara antingen gravimetrisk eller i form av kemisk analys.

För att undvika att partiklar i någon form finns i produktgas, skall filter och avskiljare installeras i nödvändig omfattning.

Partiklar i rågas avlägsnas normalt med automatik vid uppgradering av gasen. Uppgraderingsanläggningen kan dock tillföra partiklar och aerosoler till produktgasen. Partiklar bildas i adsorptionstorkar och kan härröra från adsorptionsbäddar i PSA-anläggningar. Olja kan avges från kompressorer och blåsmaskiner. Vid kemiska uppgraderingsmetoder kan kemikalier från processen följa med produktgasen antingen i gasfas eller i form av aerosoler.

För att förebygga förekomst av partiklar och aerosoler i produktgasen skall filter installeras i alla utgående gasströmmar och före känsliga komponenter. Exempelvis bör filter finnas i en torkad produktgasström som återförs till inloppet på en kompressor.

Kompressorer och andra oljesmorda maskiner skall underhållas regelbundet så att inte oljeläckage uppstår. Detta gäller även sk oljefria kompressorer.

Om misstanke finns att ett filter inte avskiljer alla partiklar, eventuellt beroende på att de förekommer i aerosolform, kan det vara lämpligt att installera ytterligare filter nedströms. Dels ger detta en ökad säkerhet, dels ger förekomst av partiklar i det andra filtret information om att huvudfiltret inte avskiljer allt. Filter skall kontrolleras och rengöras regelbundet.

5.3 Gasflöden

Vid val av instrument för flödesmätning av biogas är det flera faktorer som måste beaktas.

Gasens kondition avseende bland annat:

- tryck
- temperatur
- fuktinnehåll
- variation i flöde
- explosiv miljö
- aggressiva komponenter

Följande frågor bör beaktas inför val av instrument:

- vad mätvärdena skall användas till
- krav på noggrannhet
- skall mätningen avse volym eller massa? Omräkning kan ske mellan volym och massa, men varje omräkning påverkar noggrannheten.
- gasens sammansättning
- förekomst av tryckförändringar
- förekomst av temperaturförändringar
- acceptabelt tryckfall
- flödesområde (mätområde)
- eventuell förekomst av aerosoler
- risk för kondensation.
- förekomst av pulsationer
- krav på Ex-utförande (placering av mätare)
- fysiska förutsättningar som raksträckor etc
- presentation av mätresultat (indikerande, analog mätsignal, larm)
- önskvärt underhållsintervall
- kostnad

5.4 Metanförluster

Metanförluster är en källa till ökning av växthusgaserna i atmosfären. Av denna anledning är det viktigt att reducera metanutsläppen. Vid uppgradering av biogas styrs processen av halten metan i den producerade rengasen. För att gasen skall kunna utnyttjas kommersiellt som fordonsbränsle skall gasen uppfylla SS 15 54 38, vilket innebär att koldioxid skall avskiljas. Standarden anger höga halter av metan i rengasen, vilket får till följd att en relativt stor andel metan hamnar i koldioxidfraktionen, eller restgasen. Detta gäller i varierande grad för alla typer av uppgraderingsprocesser. För kemisk absorption är dock metanförlusten mycket liten.

Den i Sverige vanligaste uppgraderingsmetoden är absorption av koldioxid i vatten vid förhöjt tryck. Denna process för separering av metan och koldioxid utnyttjar egenskapen, att koldioxid har högre löslighet i vatten än metan. Metoden finns i två principiella utföranden, dels med enkelt genomflöde av vatten, dels med cirkulerande vattensystem. Den metan som lösts i vattnet vid absorptionen kommer att avgå till atmosfären, antingen vid utsläpp av förbrukat vatten, eller vid regenerering av cirkulerande vatten genom desorption.

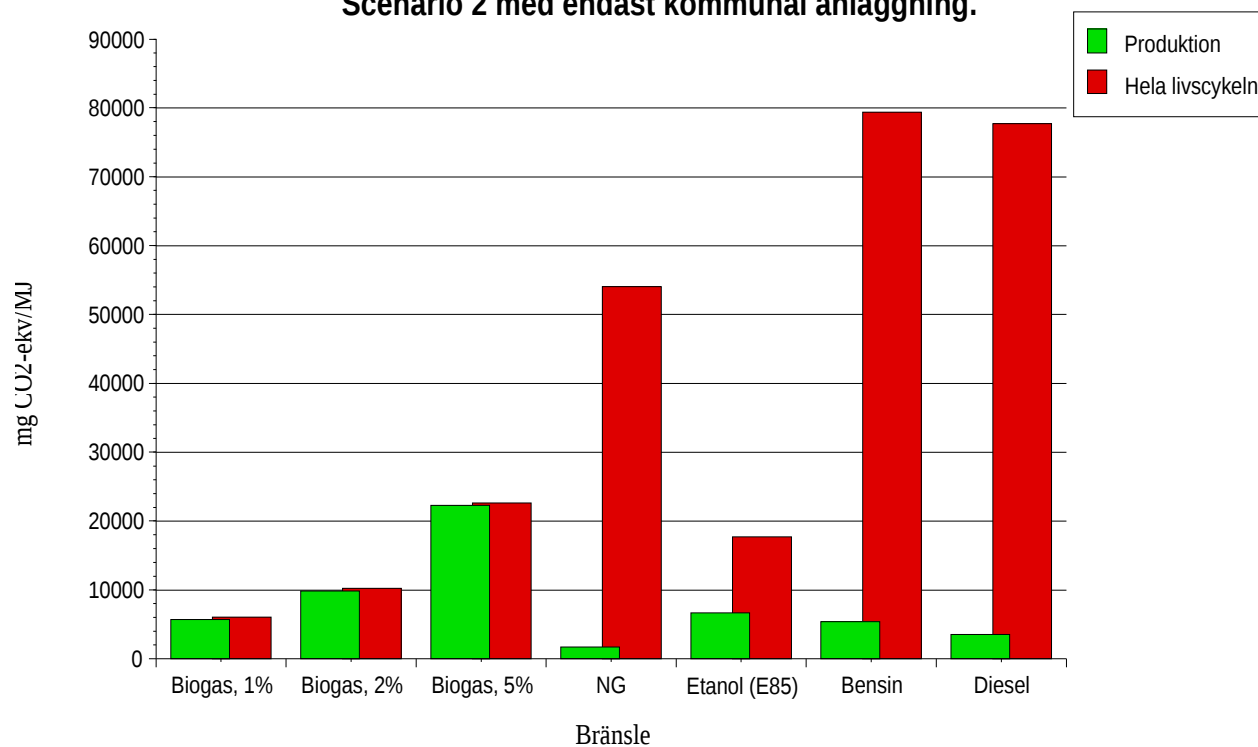
För att undvika utsläpp av stora mängder metan, görs en partiell desorption, flashning, av vattnet efter absorptionen och den frigjorda gasen återförs till absorptionssteget. Detta innebär att den gasmängd som skall behandlas ökar i förhållande till rågasflödet. Ett ökat gasflöde innebär en större åtgång av elektrisk energi i kompressor och tryckvattenpump. Det kan också innebära att storlekarna på kompressorer och pumpar måste ökas.

Vid rening med PSA utnyttjas skillnaden i adsorption vid förhöjt tryck på aktivt kol eller zeoliter mellan koldioxid och metan. Adsorptionsmedlet regenereras genom stegvis trycksänkning. Den gas som frigörs vid trycksänkning till atmosfärstryck återförs till reningsanläggningens inlopp. Slutregenerering sker genom trycksänkning via en vacuum pump och restgasen efter vacuum pumpen innehåller metan som utgör en förlust.

Det är viktigt att metanförlusterna hålls på en låg nivå, företrädesvis under cirka 1 %. Se diagram nedan för en jämförelse av växthuseffekt mellan olika bränslen. Det kan påpekas att de data som anges för etanol avser inhemskt producerad etanol och inte importerad vinetanol. Vinetanol har en påverkan på växthuseffekten som överstiger bensin och diesel.

Växthuspotential för olika bränslen vid drift av lätta fordon

Biogas med 1, 2, resp 5% förluster vid uppgradering.
Scenario 2 med endast kommunal anläggning.



Figur 5.3 Jämförelse av växthuspotential för olika bränslen

6 Kvalitetskrav på gasprodukter

Olika krav på kvalitet ställs på olika typer av gasprodukter. Skälen till detta är bland annat produktionssättet för gasen, samt vilket användningsområde som avses för produktgasen. Produktgas kan vara allt från obehandlad rågas i vissa fall, till gas uppgraderad till naturgaskvalitet.

6.1 Rötkammargas

Biogas som produceras i rötkammare kan ha mycket varierande gassammansättning, vilket beskrivs i kapitel "Olika typer av gas".

Grundkravet på sammansättningen för rötkammargas är att inga skadliga ämnen får finnas i gasen i sådana halter att det kan orsaka skador på utrustning som kommer i kontakt med gasen, samt orsaka hälsoskador på människor och djur. Syrgashalten får heller inte vara så hög att risk för brand eller explosion finns.

Exempel på skadliga ämnen som kan förekomma i rötkammargas är:

- svavelväte
- klorider
- organiska kiselföreningar
- organiska kväveföreningar
- partiklar och aerosoler

Vid leverans av biogas från rötkammare i form av obehandlad rågas, ställs krav på värmevärde, vattenhalt, svavelhalt, m m separat för varje produktionsenhet i form av avtal med avnämaren. Krav på gasflöde kan även ställas i ett leveransavtal med en lägsta och/eller högsta mängd biogas som skall levereras per tidsenhet. Tidsenheten kan vara lång så att kravet kommer att gälla en volymleverans.

6.2 Fordonsbränsle

Kvaliteten på gas som levereras som bränsle till fordon skall uppfylla de kvalitetskrav som ställs i Svensk Standard, SS 15 54 38 "Biogas som bränsle till snabbgående ottomotorer".

Det är av stor vikt att gas med en kvalitet som kan orsaka skada på fordonens tankar aldrig levereras ut från en fordonsbränsleanläggning. Om kraven enligt ovanstående standard är uppfyllda, skall sådana risker vara eliminerade. Det bör dock påpekas att kravet på daggpunkt kan medföra att gasens daggpunkt ligger nära omgivningens temperatur. Vid tankning av fordon kan utfällning av vatten riskeras i tankningsmunstycket och vatten i vätskeform kan kortvarigt förekomma i fordonets tank. För att eliminera denna risk, rekommenderas en daggpunkt som ligger under den daggpunkt som standarden föreskriver, vilket innebär att tryckvattendaggpunkten skall vara lägre än $t-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, där t =tryckvattendaggpunkten vid högsta lagringstryck under lägsta månadsvisa dygnsmedeltemperatur (se tabeller ovan).

6.3 Naturgas/biogas

Naturgas är ett samlingsnamn på alla typer av gasblandningar som utvinns som fossil gas och som innehåller metan som huvudkomponent. Sammansättningen på naturgas varierar mellan olika gasfält och även mellan olika gaskällor inom samma fält. För att undvika missförstånd, benämns den fossila gas som importeras till Sverige från Danmark, och som utvinns i Nordsjön, för "svensk naturgas" i detta kapitel.

Följande grundkrav gäller för biogas som uppgraderats till naturgaskvalitet:

Sammansättningen på biogas som uppgraderas till naturgaskvalitet skall uppfylla alla tillämpliga krav som ställs från myndigheter avseende svensk naturgas.

Värmevärdet för biogasbaserad naturgas får inte avvika från det intervall som gäller svensk naturgas. I praktiken innebär detta att biogasens värmevärde inte får understiga 11,1 kWh/Nm³.

Kolvätedagpunkten för uppgraderad biogas med tillsats av propan, eller annan värmevärdeshöjande gas, får inte understiga kolvätedagpunkten för svensk naturgas.

Biogasbaserad naturgas får inte innehålla mätbara mängder av ämnen som inte ingår i svensk naturgas, med undantag för syre, O₂, som maximalt får uppgå till 0,5 vol-%.

Svavel- och kväveföreningar, med undantag av kvävgas, N₂, får inte överstiga 23 mg S/Nm³, (Detta motsvarar 16,1 vol-ppm H₂S om allt svavel räknas som svavelväte.) respektive 20 mg NH₃/Nm³, vilket är detsamma som den svenska standarden för biogas som fordonsbränsle föreskriver.

Avsteg från grundkraven kan vara tänkbara under vissa omständigheter.

Inblandning av biogas i naturgasnätet kan ske med avsteg från kravet på värmevärde om inblandningspunkten är sådan att utspädningen av den biogasbaserade naturgasen blir så stor att ingen kund/avnämare erhåller naturgas som ej uppfyller kraven på värmevärde. Detta kräver dock att frågan om debitering är klart utredd, samt att berörda myndigheter ger tillstånd till detta.

7 Mät- och analysprinciper

I detta avsnitt beskrivs den principiella funktionen för olika typer av analysinstrument och mätare. Exempel på mätområden och instrumenttyp ges också för gasanalyser.

7.1 Gasanalys

Det finns ett flertal typer och fabrikat av analysinstrument för analys av biogas. I tabellerna nedan visas ett urval av, på marknaden tillgängliga, instrument. Kolumnen för mätområde utgör endast exempel på vad som kan erhållas och noggrannheten varierar mellan olika fabrikat vid samma mätprincip.

Generellt gäller för alla analysinstrument att noggrannhet och repeterbarhet vid mätning är beroende av både mätprincip och instrumentets mekaniska och elektriska kvalitet, medan kalibreringsbehov och långtidsstabilitet (nollpunktsdrift, förstärkning) normalt beror mer på instrumentets kvalitet än på mätprincipen.

Förbehandling av gas till analys är också av stor vikt för mätresultat, såväl som kalibreringsbehov och långtidsstabilitet. Gasen skall vara ren från fasta och flytande partiklar som annars kan störa mätningarna, samt smutsa ned instrumenten med drift i mätresultaten som följd. Vidare kräver de flesta mätinstrument ett konstant tryck vid mätningen. Variationer i trycket ger mätfel som i vissa fall kan vara stora.

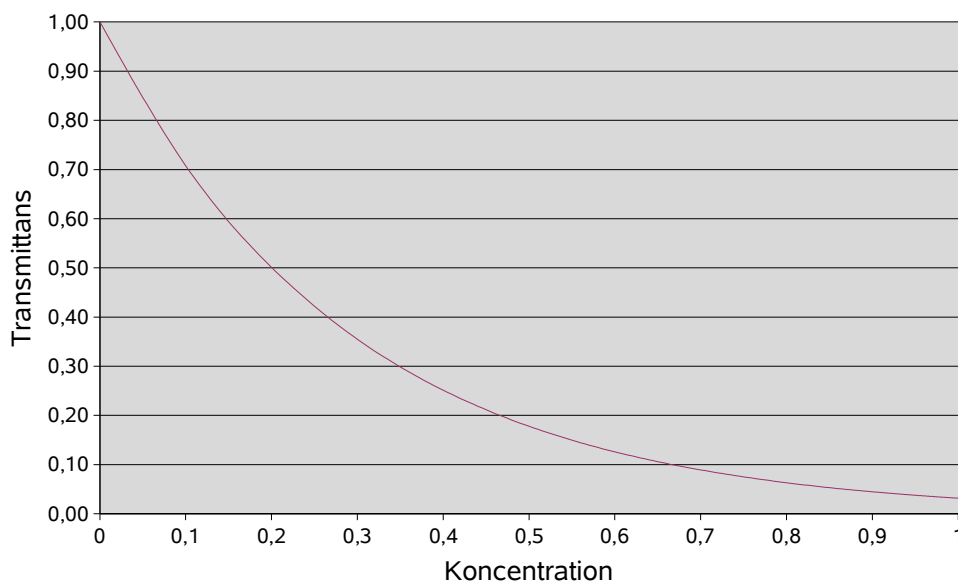
7.1.1 Infraröd (IR)

Principen i ett infrarött instrument (IR) bygger på absorption i en mätkyvett av strålning av en viss våglängd i det infraröda spektrumet. Mätkyvettens längd är väldefinierad och mätsignalen är en funktion av antalet gasmolekyler längs kyvettens tvärsnitt. Instrumentet är tryckkänsligt beroende på, att vid en tryckförändring ändras gasens densitet och därmed antalet molekyler i mätkyvetten med ett mätfel som följd.

NIR är en analysprincip som utnyttjar icke-dispersiv IR, vilket innebär att detektorn exponeras för ett smalt våglängdsband av strålning. Mätmetoden benämns även NDISIR.

Noggrannheten, eller upplösningen, för ett IR-instrument bestäms bl a av inom vilket koncentrationsintervall som mätning sker. IR-analys bygger på att det ämne som skall analyseras absorberar strålning inom det infraröda området. Olika kemiska föreningar absorberar strålning vid olika, oftast väl definierade, våglängder. Ett NIR-instrument skall alltså anpassas med rätt våglängd för analys av ett specifikt ämne. För ett IR-instrument krävs dock inget våglängdsfilter eftersom det mäts inom ett brett våglängdsband.

Absorptionsgraden för strålning mäts som transmittans, dvs hur mycket av strålningen som passerar genom gasen, och är en funktion av ämnets koncentration i en mätkyvett med definierad vägsträcka för strålningen (mätsträcka). Absorbansen beräknas som logaritmen av transmittansen och är linjär mot koncentrationen. Sambandet mellan transmittans och koncentration är dock inte linjärt, se nedanstående figur.



Figur 7.1 Principiellt samband mellan transmittans och koncentration

Som framgår av figuren ovan, blir skillnader i transmittans lägre ju högre koncentration det analyserade ämnet har vid en given mätsträcka. För att hög noggrannhet skall erhållas med ett IR-instrument, krävs således att instrumentets mätområde är avpassat till det koncentrationsintervall som skall analyseras. Ett instrument som har mätområdet 0-100% ger alltså mycket dålig noggrannhet i intervallet 90-100%. För att förbättra noggrannheten vid höga koncentrationer kan en kortare mätsträcka väljas. Detta innebär att det blir färre gasmolekyler i strålens väg genom mätsträckan och skillnader kan registreras med bättre upplösning.

Som exempel kan nämnas att ABB:s Uras 14 för 90-100 vol-% metan har en mätsträcka (kyvettlängd) i storleksordningen millimeter, medan ett instrument för mätning av metan som spårämne i luft kan ha en mätsträcka på flera meter (Detta åstadkoms internt i instrumentet med speglar.).

Störningar från andra ämnen än det som skall analyseras kan förekomma om dessa andra ämnen absorberar strålning inom samma frekvensområde.

7.1.2 Ultraviolett (UV)

Instrument för analys med ultraviolett ljus fungerar principiellt på samma sätt som IR-instrument. De huvudsakliga skillnaderna mellan instrumenttyperna är strålningskällan och detektorn. För ett UV-instrument används ofta någon typ av urladdningslampa för att alstra strålning i det ultravioletta området, medan ett IR-instrument ofta utnyttjar glödning.

Detektorn i ett UV-instrument är oftast en fotodetektor, medan IR-instrumentens detektorer utnyttjar temperaturförändringar.

UV-instrument finns dock inte som icke-dispersiva utan de mäter i ett smalt, väldefinierat våglängdsband.

Störningar från andra ämnen än det som skall analyseras kan förekomma om dessa andra ämnen absorberar strålning av samma frekvens.

7.1.3 Gaskromatografi (GC)

Gaskromatografi, GC, är en analysmetod som går att applicera på i princip alla gaser. Principen för GC bygger på att en väl definierad mängd av en gasblandning injiceras i en kolonn. Kolonnen är fylld med någon typ av bärmaterial och det injicerade provet transporteras genom bärmaterialet med hjälp av en bärgas. Som bärgas används oftast kväve eller helium. Vid transporten genom kolonnen kommer de olika komponenter som finns i det injicerade provet att samverka på olika sätt med bärmaterialet, vilket får till följd att tiden för transport genom kolonnen blir olika för olika ämnen. Resultatet blir, att det prov som injicerades som en blandning av olika komponenter, kommer att separeras så att komponenterna lämnar kolonnen en och en. En detektor registrerar en mätsignal för varje ämne. Mätsignalen är normalt proportionell mot mängden av ämnen, samt en konstant som benämns kalibreringsfaktor.

Noggrannheten varierar något för olika gaskomponenter och olika koncentrationsintervall. Framförallt vid mätning av vätgas är noggrannheten lägre än för de flesta andra gaser. Bortsett från vätgas, är onoggrannheten högst 2 % av uppmätt värde. Genom medelvärdesberäkning och eventuell normalisering av gassammansättningen, kan onoggrannheten minskas till mellan 0,2 och 0,5 % av analyserade värden.

GC är inte en kontinuerlig metod utan bygger på provtagning av en volym gas med efterföljande analys. Med moderna gaskromatografer med skapillärkolonner kan dock intervallen mellan provtagningar vara mellan 30 sekunder och några minuter, beroende på vilka komponenter gasen innehåller. Tyngre gaser ger generellt sett längre analystider än lätta.



Figur 7.2 Varian mikro-GC CP-2003 i drift

7.1.4 Elektrokemisk cell

I en elektrokemisk cell sker en kemisk reaktion mellan det ämne som skall analyseras och en reaktant i själva cellen. Reaktionen ger upphov till en elektrisk potential som utgör ett mått på koncentrationen av det analyserade ämnet.

En elektrokemisk cell tillverkas specifikt för det ämne som skall analyseras men kan även reagera på andra kemiska föreningar med liknande reaktionsmekanismer.

Reaktanten i den elektrokemiska cellen förbrukas genom reaktionen med det analyserade ämnet. Av denna orsak har en elektrokemisk cell en begränsad livslängd och måste bytas regelbundet. Intervallen för byte av cell är beroende av den totala exponeringstiden och koncentrationen av det analyserade ämnet, dvs den totala mängden av det analyserade ämnet som cellen har reagerat med.

7.1.5 Paramagnetisk princip

Några gaser har specifika paramagnetiska egenskaper, beroende på att de innehåller oparade elektroner. I ett icke likformigt magnetfält kommer paramagnetiska gaser att dras mot magnetfältets starkaste del och tränga undan rent diamagnetiska gaser. Denna egenskap utnyttjas för att mäta gasens koncentration. Paramagnetism avtar med stigande temperatur, vilket inte diamagnetism gör. Detta innebär att ett paramagnetiskt instrument påverkas av temperaturen.

Exempel på paramagnetiska gaser är syre och kväveoxiderna NO och NO₂. Syre är starkt paramagnetiskt och därför lämpat för att analyseras med denna metod. Eftersom de flesta gaser inte är paramagnetiska, är denna metod mycket selektiv. Instrumenten ger bra noggrannhet och är oftast långtidsstabila.

7.1.6 Dagpunktsmätning (vatten)

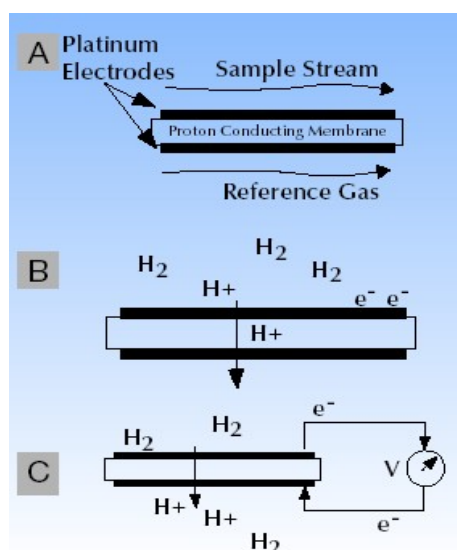
En dagpunktsmätare mäter gasens ångtryck med en aluminiumoxid-sensor försedd med transmitter. Sensorn kan mäta ned till en dagpunkt på -120 °C. Dagpunktstransmittern monteras direkt i ledningen, alternativt i direkt anslutning till gasledningen. Anslutningarna göres då så att man får ett "självdrag" förbi mätcellen. Installationen skall utföras så att mätpunkten enkelt kan isoleras, exempelvis med ett ventilsystem för förbikoppling, då hela instrumentet bytes vid kalibrering.

7.1.7 Vätgas

Den enda pålitliga analysmetoden för vätgas har hittills varit GC, men en ny typ av elektrokemisk cell för vätgasanalys har nyligen lanserats. Mätmetoden bygger på ett protonledande membran och är selektiv för väte. Analysinstrumentet kan således användas i alla gasblandningar. Instrumentets funktionsprincip är följande, se även figur nedan:

Den elektrokemiska cellen består av ett protonledande membran som är belagt med platina på båda sidor. Den ena sidan av cellen är i kontakt med den gas som skall analyseras och den andra sidan är i kontakt med en referensgas med känt väteinnehåll. När vätgas (H₂) kommer i kontakt med platina, dissocieras vätgasen till väteatomer (H). En väteatom består av en proton och en elektron. Protonen leds genom membranet från den sida som har högst protonkoncentration. Den elektron som hör till protonen följer dock inte med (atomen joniseras), varför det uppstår en elektrisk spänning över den elektrokemiska cellen. Denna spänning är ett mått på skillnaden i vätegas-koncentration mellan provgas och referensgas.

Eftersom mätprincipen bygger på transport genom ett membran, krävs en viss responstid vid mätning. Typiskt gäller att det tar två minuter att mäta en stegförändring från 10 till 90% i koncentration inom mätområdet 1-100% H₂.



Figur 7.3 Mätprincip för elektrokemisk cell för vätgas

7.1.8 Värmevärde/Wobbeindex

Värmevärdet för ett bränsle beskriver energiinnehållet som kan frigöras vid förbränning av bränslet. För en energigas används normalt enheten MJ/Nm³ eller kWh/Nm³, där Nm³ står för normalkubikmeter, dvs gasens volym vid 0 °C och atmosfärstryck (1,013 bar absolut). Värmevärdet betecknas ofta H och kan vara antingen det kalorimetriska värmevärdet, H_s, eller det effektiva, H_i. Det kalorimetriska värmevärdet kallas ibland för det övre värmevärdet, medan det effektiva benämns det nedre värmevärdet. Skillnaden mellan det kalorimetriska och det effektiva värmevärdet är att förångningsvärmes för det vatten som bildats ur väteinnehållet i bränslet vid förbränningen, räknas in i det kalorimetriska värmevärdet, medan det inte räknas med i det effektiva värmevärdet. Normalt sett är det det effektiva värmevärdet som beskriver hur mycket energi som kan utvinnas vid förbränning av exempelvis en gas, men om en panna utnyttjar rökgaskondensering kan en del av förångningsvärmes för det bildade vattnet utnyttjas.

Vid förbränning av gas är ofta det så kallade Wobbe-indexet av stort intresse. Wobbe-indexet ger en bättre bild av hur en gas kommer att uppföra sig i en brännare. Sambandet mellan det effektiva värmevärdet och nedre Wobbe-index beskrivs av nedanstående formel, där ρ =densitet.

$$Wobbe = \frac{H_i}{\sqrt{\rho(\text{bränsle}) / \rho(\text{luft})}}$$

Kontinuerliga instrument för mätning av Wobbe-index och/eller värmevärde arbetar normalt genom att förbränna gas katalytiskt. Detta ger ett mått på värmevärdet. Genom mätning av gasens densitet kan därefter Wobbe-index beräknas enligt ovanstående formel. Wobbe-index kan även beräknas genom analys av alla ingående gaskomponenter i en gasström. Utifrån dessa data kan värmevärde och densitet beräknas, vilket i sin tur ger Wobbe-index enligt formeln.

7.2 Termisk konduktivitet

Ett analysinstrument som utnyttjar termisk konduktivitet, dvs värmeledning för gasblandningen, kan i princip endast användas för gasblandningar med två ingående komponenter som varierar i halt, ett s k binärt gassystem.. Om ytterligare komponenter finns i gasblandningen krävs att dessa har konstant halt. En sådan gasblandning benämns pseudobinär.

Instrumentet utnyttjar två temperaturgivare som kopplas över en Wheatstonebrygga. Den ena givaren är placerad i gasen som skall analyseras och den andra i en referenskammare. Skillnaden i värmeavledning mellan de båda temperaturgivarna ger upphov till en spänningsskillnad som registreras med Wheatstonebryggan och förstärks till en mätsignal.

7.3 Flödesmätning

Det finns ett flertal olika principer för att mäta gasflöden. Mätarna kan delas upp i två huvudgrupper

- Ackumulerande mätare
- Kontinuerliga mätare

De ackumulerande mätarna visar inte aktuellt flöde utan endast den gasmängd som passerat genom mätaren. De vanligaste typerna av ackumulerande mätare är bälgmätare, som används för debiteringsmätning av naturgas till konsumenter, samt vridkolvmätare. Ackumulerande mätare kan ge ett uppskattat flöde genom att tiden mellan två volymsavläsningar registreras och används för att beräkna ett medelflöde mellan två avläsningar. Om avläsningsintervallet är kort, exempelvis genom en pulsgivare i räkneverket, kan ett flödesvärde med god noggrannhet erhållas. Detta förutsätter dock att flödet är jämnt, utan pulsationer. För vridkolvmätare gäller att gasflödet ger upphov till en rotation som kan omvandlas till en kontinuerlig flödessignal.

Kontinuerliga mätare visar aktuellt flöde men kan, genom integrering av flödet i tiden, även ge ackumulerad mängd gas.

Exempel på mätprinciper för kontinuerliga mätare är

- turbinhjulsmätare
- differenstryckmätare (exempelvis strypfläns och venturirör)
- massflödesmätare (coriolismätare)
- termiska massflödesmätare
- ultraljudsmätare
- vortexmätare
- fluidistormätare
- svävkroppsmätare

Eftersom gasers volym påverkas av tryck och temperatur anges gasmängd vanligen i normalkubikmeter, Nm^3 , eller som massa, kg. En Nm^3 gas är definierad som en kubikmeter vid $0\text{ }^\circ\text{C}$ och 1,013 bar absolut, dvs normalt lufttryck.

För att en volymsmätande mätare skall visa korrekt flöde i Nm^3 , krävs således även mätning av aktuell temperatur och aktuellt tryck och omräkning av mätvärdet.

Alla ovanstående mätare utom massflödesmätare är tryck- och temperaturberoende. Massflödesmätare mäter massan av den gas som passerar mätaren per tidsenhet. Omräkning till Nm^3 kan göras med hjälp av gasens densitet vid normaltillstånd. Detta kräver dock att gasens sammansättning är känd. Vid varierande gassammansättning kan mätfehlen bli relativt stora om skillnader i densitet är stora mellan ingående gaskomponenter. Detta är fallet med biogas som innehåller metan och koldioxid. Densiteten för metan är $0,714\text{ kg/Nm}^3$, medan densiteten för koldioxid är $1,96\text{ kg/Nm}^3$.

7.3.1 Turbinhjulsmätare

En turbinhjulsmätare består av ett turbinhjul som är monterat i gasströmmen. När gas strömmar genom mätaren, roterar turbinhjulet proportionellt mot gashastigheten. Hjulets rörelse kan registreras med exempelvis magnetisk pick-up, fotocell eller räkneverk.



Figur 7.4 Turbinhjulsmätare. (Hoffer, Wing Nut Turbine Flowmeter)

Turbinhjulsmätare har god noggrannhet vid jämna gasflöden utan pulsationer och tryckförändringar, medan de är mycket olämpliga i pulserande flöden som exempelvis direkt före eller efter en kolvkompressor. De är känsliga för nedsmutsning och kräver regelbunden smörjning.

7.3.2 Differenstryckmätare

Principen för en differenstryckmätare är att tryckfallet över en förträngning, eller strypning av gasflödet, är en funktion av gashastigheten. Strypningen kan åstadkommas med exempelvis en strypbricka eller en förträngning på mätröret. Tryckfallet över förträngningen mäts med en diffe-

renstryckmätare och tryckfallet omvandlas till en flödessignal. Tryckfallet är olika för gaser med olika densitet. Detta innebär att mätsignalen förändras om densiteten på gasblandningen ändras, dvs om sammansättningen på gasen ändras. Tryckfallsändringen är inte linjär mot densitetsförändringen utan en 30-procentig förändring i densitet ger cirka 15% förändring i tryckfall.

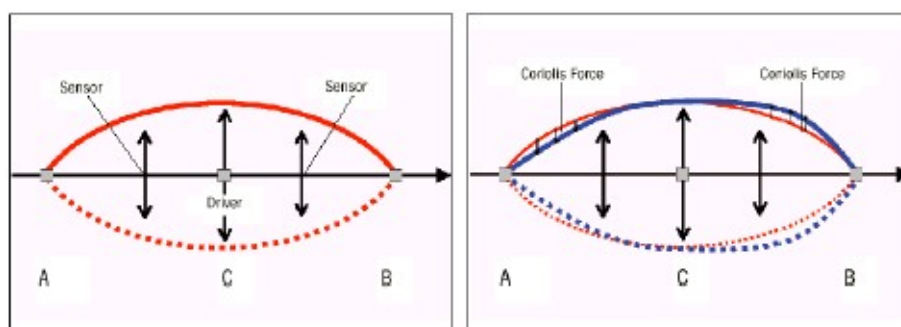


Figur 7.5 Differenstryckmätare. (Endress + Hauser Deltatop)

Differenstryckmätare är beroende av att gasströmmen inte innehåller fasta eller vätskeformiga partiklar som kan ge upphov till geometriska förändringar i den tvärsnittsyta som ger det karakteristiska tryckfallet i mätaren. Mätprincipen ger relativt stort tryckfall. Vid rena gaser med konstant sammansättning och tillräckligt tillgängligt gastryck ger mätprincipen god noggrannhet och hög repeterbarhet. Mätaren har dock ett mycket begränsat flödesintervall inom vilket mätresultatet är gott. Ett riktvärde för flödesintervallet är 5:1.

7.3.3 Massflödesmätare

En massflödesmätare som utnyttjar corioliseffekten fungerar principiellt enligt nedanstående figur:



Figur 7.6 Funktionsprincip för massflödesmätare av coriolistyp

Mätprincipen bygger på att en massa som sätts i rörelse förflyttar sig i motsatt riktning i förhållande till den genererade kraften. Drivspole C sätter mätröret i svängning. Sensor A före drivspolen förflyttar sig i motsatt riktning. Sensor B efter drivspolen förflyttar sig i motsatt riktning till

sensor A. Färförskjutningen mellan sensor A och B är direkt proportionell mot massflödet. Förändringen i drivfrekvensen (C) är direkt proportionell mot densiteten.¹



Figur 7.7 Massflödesmätare av Coriolistyp (Micro Motion CNG 050)

Termiska massflödesmätare mäter förändring i värmeledning i gasströmmen. Värmeledningen är proportionell mot gasens massa och av denna anledning benämns mätarna massflödesmätare. Mätarna är känsliga för aerosoler och har samma omräkningsproblematik mellan massa och volym som massflödesmätare med coriolisprincip. Eftersom mätningen sker i en punkt i gasströmmen är mätarna också mycket känsliga för störningar i flödesprofilen. Raksträckor på mellan 20 och 40 diametrar krävs², beroende på vilken utrustning som sitter monterad före och efter mätaren.



Figur 7.8 Termisk massflödesmätare. (Endress + Hauser t-mass AT70)

De olika typerna av mätare är mer eller mindre väl lämpade för olika typer av gasströmmar. Massflödesmätare med coriolisprincip är normalt inte lämpade för mätning vid låga tryck eftersom gasens densitet är låg och ett litet massflöde passerar mätaren. För att erhålla god noggrannhet i en coriolismätare skall gashastigheten genom mätaren vara hög och detta ger stora tryckfall. Dessa

1 Källa: Kontakt med Jörgen Nilsson, Gustaf Fagerberg AB

2 Källa: Kontakt med Johnny Åkerman, Endress + Hauser

mätare ger dock den bästa noggrannheten vid höga gastryck där tryckfallet över mätaren kan accepteras. De är även lämpliga vid varierande flöden och tryck och används exempelvis som debiteringsmätare i dispensrar för tankning av gasfordon.

7.3.4 Ultraljudsmätare

En ultraljudsmätare skickar en ultraljudstråle genom gasströmmen. Strålen är riktad i gasens strömningsriktning eller i vinkel mot strömningen. Mätaren registrerar förändringen i strålens utbredningshastighet, vilken är ett mått på strömningshastigheten. Metoden begränsas av känsligheten på sändare och mottagare, samt av dimensionen på det gasrör som mätningen sker i. En fördel med ultraljudsmätare är att de är beröringsfria, dvs gasen har fritt genomlopp genom mätaren. Mätarna kan förses med flera strålgångar för att öka mätnoggrannheten.



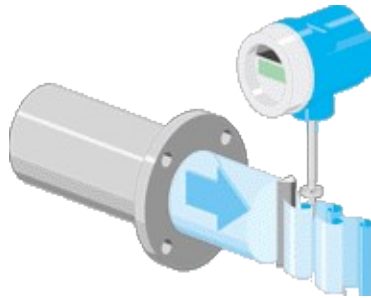
Figur 7.9 Ultraljudsmätare med flera strålgångar. (Daniel SeniorSonic)

Ultraljudsmätare kan även mäta ljudhastighet i gasströmmen och ur denna beräkna gasens densitet.

7.3.5 Vortexmätare

Vortexmätare mäter med en princip som bygger på att virvlar bildas i gasströmmen när gasen passerar ett stavformigt hinder (en fast störkropp). Virvlarna alternerar på båda sidorna om störkroppen och frekvensen för växling mellan de båda sidorna är proportionell mot flödet. (Det är vortexteffekten som är orsak till en flaggas fladdring i vinden. Flaggstången utgör störkropp i detta fall.) Mätmetoden är noggrann och det finns ett flertal olika utformningar av mätkroppar. Virvlar-

na ger upphov till tryckförändringar bakom störkroppen vilka kan registreras med t ex en piezoelektrisk kristall eller en kapacitiv sensor. Mätarna är känsliga för kondens och aerosoler.

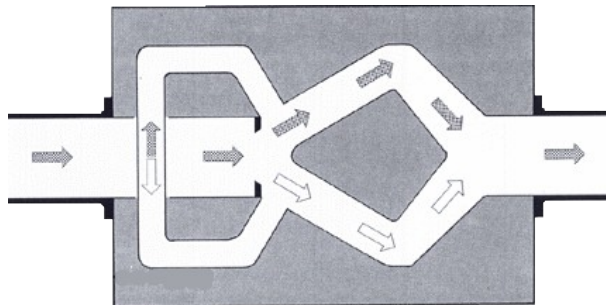


Figur 7.10 Princip för Vortexmätare

En variant av vortexmätare kallas swirl-mätare och utnyttjar virvelbildning i anslutning till en störkropp som mätparameter för flöde.

7.3.6 Fluidistormätare

En fluidistormätare liknar en vortexmätare i funktionen. Den bygger på principen att en gasström som strömmar mot ett utlopp med två kanaler, kommer att växla mellan de båda utloppskanalerna med en viss frekvens, se figur.



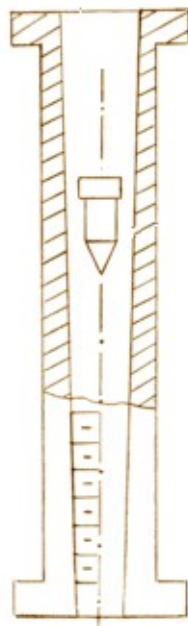
Figur 7.11 Exempel på principen för en fluidistor

Frekvensen är proportionell mot flödet, vilket innebär att principen kan användas för flödesmätning. Mätprincipen fungerar bra vid flöden utan tryckpulsationer. Vid tryckpulser kan mätarna dock bli helt opålitliga, i synnerhet vid låga flöden³. Fördelar med fluidistormätare är att de är relativt okänsliga mot föroreningar i gasen, de har ett stort mätområde och innehåller inga rörliga delar. Mätarna kan utföras som en variant till strypflämsmätare. Detta utförs så att huvudflödet av gas genom mätaren passerar en strypning. Ett delflöde av gasen före strypningen leds till en fluidistorsensor som mäter svängningsfrekvensen i delflödet. Detta värde räknas om till totalflöde för mätaren.

3 Afprøvning af Schlumberger Mistral M2 gasmåler, DGC rapport 722.80; 2003

7.3.7 Svävkroppsmätare

Principen för en svävkroppsmätare bygger på gasens strömningshastighet i ett koniskt rör. Vid strömningen lyfts en speciellt utformad kropp av lämpligt material, svävkropp, av gasens impulsmoment. Genom utformningen av svävkroppsröret kan en linjär flödessignal erhållas som är proportionell mot svävkroppens lyfthöjd. Mätartypen är enkel till konstruktionen, men används i huvudsak för visuell indikering eftersom det kan vara komplicerat, eller kostsamt, att omvandla svävkroppens lägesförändring till en kontinuerlig elektrisk signal.



Figur 7.12 Principen för en svävkroppsmätare



Figur 7.13 Svävkroppsmätare med elektrisk utsignal. (Brooks Rotameter MT3809)

8 Analysinstrument

I detta avsnitt redovisas olika analysmetoder som används för analys av ämnen som ingår i biogaser. En värdering av de olika metoderna ges också. Se avsnitt "Mät- och analysprinciper" för en kortfattad beskrivning av olika analysprinciper.

8.1 Syre

Komponent	Analysprincip	Exempel på mätområde	Onoggrannhet i % av max mätområde
Syre, O ₂	Elektrokemisk cell	0-10 vol-%	+/- 1 till +/- 3
	Paramagnetisk	0-1 vol-%, 0-20 vol-%	+/- 0,1
	Termoparamagnetisk	0-1 vol-%, 0-20 vol-%	+/- 0,1 till +/- 0,5
	Gaskromatografi (GC)	10-100 ppm, 0-100 vol-%	+/- 0,2 till +/- 0,5

Tabell 8.1 Analysprinciper för mätning av syre

Paramagnetiska instrument mäter syre i önskat mätområde i hela spannet 0-100 vol-%. Denna mätprincip är exakt, stabilt och har liten tvärkänslighet för andra gaser. Mätprincipen bygger på en rörlig spegel i ett magnetfält varför det inte är lämpligt där det förekommer vibrationer. Det ställer även ganska stora krav på att gasen är ren.

En termoparamagnetisk transmitter mäter syre i önskat mätområde från 0-1 till 0-100 vol-%. Denna mätprincip ger ett bra mätresultat. Instrumentet har inga rörliga delar varför den lämpar sig väl för denna typ av applikation. Mätprincipen har viss tvärkänslighet, varför den måste anpassas till den bakgrundsgas som den skall arbeta i. Ett instrument med hög noggrannhet, som ändå kräver litet underhåll.

Elektrokemisk transmitter är ett enklare och billigare O₂ - instrument. Detta instrument bör vara utrustat med visningsfönster och ha Ex-säker kalibrering (kalibrering kan utföras utan att Ex-klassningen bryts). Mätprincipen är en elektrokemisk cell för syre.

8.2 Metan

Komponent	Analysprincip	Exempel på mätområde	Onoggrannhet i % av max mätområde
Metan, CH ₄	Termisk konduktivitet	0-100 vol-%	+/- 5
	IR (infraröd)	45-75 vol-%	+/- 1 till +/- 3
	NIR (icke-dispersiv IR)	0-100 vol-%, 90-100 vol-%	+/- 0,4 till +/- 0,8
	Gaskromatografi (GC)	10-100 ppm, 0-100 vol-%	+/- 0,2 till +/- 0,5

Tabell 8.2 Analysprinciper för mätning av metan

Mätare som arbetar med termisk konduktivitet mäter i valfritt mätområde 0-100 vol-%. Instrumenten kräver kalibrering med kalibreringsgas med jämna intervaller och vissa instrument kräver

även en referensgas vid höga mätområden. Mätprincipen har hög korskänslighet för CO₂, och måste kompenseras för detta.

Normala IR-instrument ger en begränsad noggrannhet vid analys av metan. Framförallt vid höga koncentrationer, blir noggrannheten dålig. Instrumenten fungerar bra inom mätområdet 45-75 vol-% metan.

NIR ger acceptabel analysnoggrannhet vid alla koncentrationer. Även för detta instrument gäller dock att noggrannheten blir något sämre vid höga koncentrationer. Instrumentet kan rekommenderas när höga krav ställs på mätnoggrannhet. IR-bänken i denna typ av instrument kan förses med tryck- och temperaturkompensering samt kyvett för autokalibrering utan kalibreringsgas.

För IR- och NIR-instrument som skall användas för mätning av höga koncentrationer av metan, exempelvis 90-100 vol-%, är det viktigt att välja ett instrument som är anpassat för detta koncentrationsområde. Anpassningen bör bestå i att en kort kyvett (mätsträcka) används i instrumentet. Det är inte lämpligt att använda samma instrument för mätning av rågas och uppgraderad gas.

8.3 Koldioxid

Komponent	Analysprincip	Exempel på mätområde	Onoggrannhet i % av max mätområde
Koldioxid, CO ₂	IR (infraröd)	0-5 vol-%	+/- 1 till +/- 3
	NIR (icke-dispersiv IR)	0 - 10 vol-%, 0-50 vol-%	+/- 0,4 till +/- 0,8
	Gaskromatografi (GC)	10-100 ppm, 0-100 vol-%	+/- 0,2 till +/- 0,5

Tabell 8.3 Analysprinciper för mätning av koldioxid

Både IR och NIR fungerar bra för analys av koldioxid i biogas. Noggrannheten är högre för NIR.

IR är ett enklare instrument med lämpligt mätområde 0-5 vol-% CO₂. Detta instrument fungerar bra inom sitt mätområde. Ett bra och stabilt instrument där man inte ställer mycket höga krav på mätnoggrannheten.

NIR är ett avancerat instrument med valfritt mätområde inom 0-100 vol-% CO₂. Instrumentet kan rekommenderas när höga krav ställs på mätnoggrannhet. IR-bänken i denna typ av instrument kan förses med tryck- och temperaturkompensering samt kyvett för autokalibrering utan kalibreringsgas.

8.4 Svavelföreningar

Komponent	Analysprincip	Exempel på mätområde	Onoggrannhet i % av max mätområde
Svavelväte, H ₂ S	Elektrokemisk cell	0-100 ppm, 0-5000 ppm	+/- 1 till +/- 3
	UV (ultraviolett)	0-100 ppm	+/- 0,5
	Gaskromatografi (GC)	100-500 ppm, 0-100 vol-%	+/- 0,2 till +/- 0,5

Tabell 8.4 Analysprinciper för mätning av svavelföreningar, speciellt svavelväte

Elektrokemisk cell för mätning av svavelväte kan ha mätområden upp till 5000 ppm H₂S. Mätcellen bör inte utsättas för höga halter under längre tid. Detta kan åstadkommas genom att mäta intermittent och att mellan mätperioderna spola cellen med inertgas, exempelvis kväve. Detta instrument bör vara utrustat med visningsfönster och ha Ex-säker kalibrering (kalibrering kan utföras utan att Ex-klassningen bryts). Instrumentet skall vidare vara utrustat med ett välfungerande flödeshus för genomströmningsmätning. Mätprincipen är en elektrokemisk cell för svavelväte. Svavelväte kan även mätas med en halvledarcell i koncentrationer upp till 100 ppm. Hantering och installation är i stort sett likadan som för den elektrokemiska cellen.

UV-instrument ger hög mätnoggrannhet för svavelväte i biogas om inte andra svavelföreningar och vissa kväveföreningar finns närvarande i gasen. Metoden har hög tvärkänslighet för dessa ämnen, vilket innebär att mätfelen kan bli mycket stora i vissa fall.

8.5 Vatten (daggpunkt)

Komponent	Analysprincip	Exempel på mätområde	Onoggrannhet i % av max mätområde
Vatten, H ₂ O	Daggpunktsmätare	-100 till +20 °C	+/- 2 °C

Tabell 8.5 Analysprincip för mätning av daggpunkt

En daggpunktsmätare mäter gasens ångtryck med en aluminiumoxid-sensor försedd med transmitter. Sensorn kan mäta ned till en daggpunkt på -120 °C. Daggpunktstransmittern monteras direkt i ledningen, alternativt i direkt anslutning till gasledningen. Anslutningarna göres då så att man får ett "självdreg" förbi mätcellen. Installationen skall utföras så att mätpunkten enkelt kan isoleras, exempelvis med ett ventilsystem för förbikoppling, då hela instrumentet byts vid kalibrering.

8.6 Andra gaskomponenter

Komponent	Analysprincip	Exempel på mätområde	Onoggrannhet i % av max mätområde
Kväve, N ₂	Gaskromatografi (GC)	10-500 ppm, 0-100 vol-%	+/- 0,2 till +/- 0,5
Väte, H ₂	Gaskromatografi (GC) Elektrokemisk cell	0,05-0,5%, 0-20 vol-% 1-100%,	+/- 0,5 till +/- 1,5 +/- 0,1% H ₂ i intervallet 1-100%

Tabell 8.6 Mätning av övriga gaskomponenter

Kvävgas kan i princip endast analyseras med gaskromatograf. Instrument för termisk konduktivitet finns, men dessa ger stora mätfel vid varierande gassammansättning eftersom tvärkänsligheten för andra gaskomponenter är hög. Samma begränsning gäller för analys av väte med termisk konduktivitet. För vätgas har ett analysinstrument men en ny typ av elektrokemisk cell lanserats. Se beskrivning under avsnittet "Vätgas" ovan.

8.7 Spårämnen och partiklar

Både spårämnen och flytande och fasta partiklar är svåra att analysera kontinuerligt. Spårämnen förekommer i mycket låga koncentrationer och partiklar kräver normalt någon form av uppsamling/provtagning för att kunna analyseras. Partiklar skulle teoretiskt kunna analyseras med turbidimetri (ljusspridning), men inga kända instrument för detta ändamål har hittats på den svenska marknaden.

8.8 Gasflöden

Vid mätning av gasflöden finns ett flertal parametrar som ligger till grund för val av mätprincip och därmed mätinstrument. Följande parametrar kan anses som grundläggande:

- instrumentets mätnoggrannhet
- instrumentets dynamiska mätomfång
- instrumentets repeterbarhet
- tryckfall över instrumentet
- inverkan av tryck och tryckvariationer i gasflödet
- inverkan av gastemperatur och variationer i gastemperatur
- inverkan av gasens densitet och densitetsvariationer (sammansättning, tryck och temperatur)
- inverkan av flödesprofil
- påverkan av föroreningar i gasen (vätska och fasta partiklar)
- material i medieberörda delar

Vid val av mätprincip kan dessa delas upp i två huvudområden, lågt gastryck och högt gastryck. Egentligen är det inte det absoluta gastrycket som avgör indelningen, utan tillgängligt eller acceptabelt tryckfall över mätinstrumentet.

Utförandet av installation av flödesmätaren är mycket viktig för de flesta mätprinciper. Termiska massflödesmätare, exempelvis, mäter temperaturledning i någon eller några punkter i gasflödet, vilket innebär att det är mycket viktigt att gasflödesprofilen är jämn i mätaren. Detta åstadkoms normalt med långa raksträckor före och efter mätaren, men det kan även vara ett alternativ att installera sk profil- eller flödesriktare.

Massflödesmätare mäter, som namnet antyder, massan av den gas som passerar mätaren per tidsenhet. Normalt sett är volymflödet av gasen det mätvärde som är intressant, vilket innebär att en konvertering från massflöde till volymflöde krävs. Vid varierande sammansättning av gasen varierar gasens densitet och för biogas kan variationerna vara relativt stora eftersom biogas huvudsakligen är sammansatt av metan och koldioxid och skillnaden i densitet mellan dessa båda gaser är stor (metan 0,71 kg/Nm³ och koldioxid 1,96 kg/Nm³). En noggrann mätning av volymflödet kräver analys av gassammansättningen och kontinuerlig korrigering av flödesmätvärdet.

För beskrivning av olika typer av flödesmätare, se avsnitt ”Flödesmätning”.

I tabellerna 8.7 och 8.8 nedan redovisas exempel på olika mätprinciper för mätning vid lågt, respektive högt, gastryck/tryckfall.

8.8.1 Lågt tryck (låg densitet)

Gastyp	Mätprincip	Onoggrannhet	Kommentar
Biogas, 0-250 mbar	Vortex	1 - 5%	Känslig för aerosoler.
	Differenstryck		Högt tryckfall. Dålig dynamik. Densitetsberoende
Uppgraderad gas, 0-400 mbar	Massflöde (termiskt)	2 - 4% massflöde. Volym beroende av gasanalys	Ger massflöde. Volymflöde beror av gassammansättning.
	Turbin		Känslig för pulsationer. Kräver regelbunden smörjning.
	Ultraljud		Liten erfarenhet från biogas

Tabell 8.7 Mätprinciper för gasflöden vid lågt gastryck, eller litet tillgängligt tryckfall

Mätning vid lågt tryck, eller låg densitet, avser huvudsakligen mätning av rågas i en uppgraderingsanläggning. Gastrycken varierar från något tiotal mbarg, när gas tas ut direkt från rötkammaren, till cirka 800 mbarg vid mätning efter tryckstegringsfläkt eller blåsmaskin.

De flödesmätare som installerats för mätning av rågasflöde i befintliga uppgraderingsanläggningar är framförallt termiska massflödesmätare och vortex-/swirlmätare.

8.8.2 Högt tryck (hög densitet)

Gastyp	Mätprincip	Onoggrannhet	Kommentar
Uppgraderad gas, 4-15 bar (Biogas, 4-15 bar)	Massflöde (Coriolis)	0,5 - 2% massflöde. Volym beroende av gasanalys	Ger massflöde. Volymflöde beror av gassammansättning.
	Differenstryck		Dålig dynamik. Densitetsberoende
	Turbin		Känslig för pulsationer
	Ultraljud		Liten erfarenhet från biogas

Tabell 8.8 Mätprinciper för gasflöden vid högt gastryck, eller stort tillgängligt tryckfall

Högtrycksmätning sker på uppgraderad gas, huvudsakligen i intervallet 4-16 barg, samt på högtryckskomprimerad gas i samband med tankning av fordon. Den mätprincip som normalt används för mätningar av gas vid högt tryck är massflödesmätare av coriolistyp.

9 Installerade system

I detta avsnitt redovisas vilka typer av instrument som finns installerade i de undersökta anläggningarna. Insamlad information är sammanställd till statistiska data som inte är kopplade till specifika anläggningar.

Följande förkortningar används i tabellerna:

R = uppmätt/analyserat värde, dvs 2% (R) innebär en onoggrannhet på 2% av uppmätt värde (uppåt eller nedåt)

FS = mätområdets övre gräns, dvs 1% (FS) innebär en onoggrannhet på 1 % av mätområdet (uppåt eller nedåt)

9.1 Rågas

Installerade instrument för mätning av rågassammansättning och flöde avser instrument för inkommande rågas till uppgraderingsanläggningarna.

9.1.1 Metan

<i>Analysprincip</i>	<i>Mätområde</i>	<i>Fabrikat</i>	<i>Modell</i>	<i>Onoggrannhet ^{*)}</i>
IR	0-100 vol-%	Simrad	GD10	2-3 %
NDISIR	60-80 vol-%	ABB	Uras 14 i centralenhet	≤ 1%
NDISIR	0-100 vol-%	Maihak	Modul i S720 Ex centralenhet	≤ 1%
NDISIR	0-100 vol-%	Rosemount	Modul i NGA 2000 MLT centralenhet	≤ 1%

Tabell 9.1 Installerade instrument för mätning av metan i rågas.

^{*)} Onoggrannheten anges i % av maximalt mätområde (FS) om inget annat anges.

Flera anläggningar har ingen mätning av metanhalt i inkommande rågas. Någon anläggningen utför manuella stickprov och någon anläggning tar in information från biogasanläggningens styrsystem.

9.1.2 Syre

<i>Analysprincip</i>	<i>Mätområde</i>	<i>Fabrikat</i>	<i>Modell</i>	<i>Onoggrannhet ^{*)}</i>
Elektrokemisk cell	0-20 vol-%	Panametrics	iu	$\leq 1\%$
Paramagnetism	0-5 vol-%	Rosemount	755 Ex	$\leq 1\%$
Paramagnetism	0-20 vol-%	Maihak	Modul i S720 Ex centralenhet	$\leq 1,5\%$
Paramagnetism	0-20 vol-%	ABB	Magnos 16 i centralenhet	$\leq 0,5\%$
Paramagnetism	0-20 vol-%	Panametrics	XMO2	$\leq 1\%$

Tabell 9.2 Installerade instrument för mätning av syre i rågas.

^{*)} Onoggrannheten anges i % av maximalt mätområde (FS) om inget annat anges.

Ett flertal anläggningar saknar analysinstrument för syre i inkommande rågas. Någon installation har syremätning i den uppgraderade gasen, men inte i rågasen.

9.1.3 Koldioxid

Inga uppgifter har erhållits avseende anläggningar som har installerat koldioxidmätning i rågas.

9.1.4 Svavelväte

<i>Analysprincip</i>	<i>Mätområde</i>	<i>Fabrikat</i>	<i>Modell</i>	<i>Onoggrannhet ^{*)}</i>
UV	0-1000 ppm	ABB	Limas 11 i centralenhet	$\leq 1\%$
Elektrokemisk cell	0-999 ppm	Science Industries	WorksAlone II	$\leq 4\%$ ($\leq 2\%$ R)

Tabell 9.3 Installerade instrument för mätning av svavelväte i rågas.

^{*)} Onoggrannheten anges i % av maximalt mätområde (FS) om inget annat anges.

9.1.5 Flödesmätare

<i>Mätprincip</i>	<i>Fabrikat</i>	<i>Modell</i>	<i>Onoggrannhet ^{*)}</i>
Termiskt massflöde	Endress + Hauser	t-mass AT70	$\leq 2 \%$ (R), $\leq 0,5\%$ (FS)
Termiskt massflöde	Brooks	5863S	$\leq 0,7 \%$ (R), $\leq 0,2\%$ (FS)
Swirl	ABB	FS4000	$\leq 0,5\%$ (FS)

Tabell 9.4 Installerade instrument för mätning av rågasflöde.

^{*)} Onoggrannheten anges i % av maximalt mätområde (FS) om inget annat anges.

9.2 Renad gas

Installerade instrument för mätning av sammansättning och flöde av renad gas avser instrument för mätning efter svavelväte- och koldioxidavskiljning, samt torkning.

9.2.1 Metan

<i>Analysprincip</i>	<i>Mätområde</i>	<i>Fabrikat</i>	<i>Modell</i>	<i>Onoggrannhet ^{*)}</i>
NDISIR	90-100 vol-%	ABB	Uras 14 i centralenhet	$\leq 1\%$
Termisk konduktivitet	90-100 vol-%	Panametrics	TMO2-TC	2-3%
IR	90-100 (0-100**) vol-%	Simrad	GD10	2-3%
NDISIR	90-100 vol-%	Maihak	Modul i S720 Ex centralenhet	$\leq 1\%$
NDISIR	90-100 vol-%	Rosemount	Modul i NGA 2000 MLT centralenhet	$\leq 1\%$

Tabell 9.5 Installerade instrument för mätning av metan i renad gas.

^{*)} Onoggrannheten anges i % av maximalt mätområde (FS) om inget annat anges.

^{**) Instrumentet är avsett för 0-100 vol-%, men endast området 90-100 vol-% utnyttjas för visning.}

9.2.2 Koldioxid

Angivna mätområden i tabellen är i vissa fall fasta och i vissa fall inställda från manöverpanel i centralenheten. För instrument som styrs från en centralenhet finns ofta möjlighet att variera mätområdet inom mer eller mindre vida gränser.

<i>Analysprincip</i>	<i>Mätområde</i>	<i>Fabrikat</i>	<i>Modell</i>	<i>Onoggrannhet ^{*)}</i>
IR	0-5 vol-%	Oldham	LG3000 centralenhet	2-3%
IR	0-5 vol-%	Simrad	GD10	2-3%
NDISIR	0-8 vol-%	ABB	Uras 14 i centralenhet	≤ 1%
NDISIR	0-5%	Maihak	Modul i S720 Ex centralenhet	≤ 1%
NDISIR	0-5%	Rosemount	Modul i NGA 2000 MLT centralenhet	≤ 1%

Tabell 9.6 Installerade instrument för mätning av koldioxid i renad gas.

^{*)} Onoggrannheten anges i % av maximalt mätområde (FS) om inget annat anges.

9.2.3 Svavelväte

<i>Analysprincip</i>	<i>Mätområde</i>	<i>Fabrikat</i>	<i>Modell</i>	<i>Onoggrannhet ^{*)}</i>
Elektrokemisk cell	0-100 ppm	Oldham	XC20H2S	2-3 %
UV	0-100 ppm	ABB	Limas 11	≤ 1%
Elektrokemisk cell	0-25 ppm	Industrial Scientific	WorksAlone II	≤ 4% (≤ 2% R)

Tabell 9.7 Installerade instrument för mätning av svavelväte i renad gas.

^{*)} Onoggrannheten anges i % av maximalt mätområde (FS) om inget annat anges.

9.2.4 Vatten (daggpunkt)

<i>Analysprincip</i>	<i>Mätområde</i>	<i>Fabrikat</i>	<i>Modell</i>	<i>Onoggrannhet</i>
Aluminiumoxid	-90 -- +10 °C	Panametrics	MMY 35	+/- 2 °C
Aluminiumoxid	-100 -- +20 °C	Mitchell	Transmet IS	+/- 3 °C
Aluminiumoxid	-80 -- +20 °C	Mitchell	Transmet IS	+/- 3 °C

Tabell 9.8 Installerade instrument för mätning av daggpunkt i renad gas.

De redovisade installationerna har olika mätområden för samma instrumenttyp. Orsaken till detta är hur signalen från daggpunktstransmittern presenteras i styrsystemet. Det är tekniskt möjligt att mäta daggpunkter ner till -120 °C med de daggpunktsmätare som finns på marknaden.

9.2.5 Flödesmätare

<i>Mätprincip</i>	<i>Fabrikat</i>	<i>Modell</i>	<i>Onoggrannhet ^{*)}</i>
Massflöde, coriolis	Endress + Hauser	Promass 80/83M	$\leq 0,5\%$ (FS)
Massflöde, coriolis	Micro Motion	F050	$\leq 0,7\%$ (FS)
Termiskt massflöde	Brooks	5863S	$\leq 0,7\%$ (R), $\leq 0,2\%$ (FS)
Swirl	ABB	FS4000	$\leq 0,5\%$ (FS)

Tabell 9.9 Installerade instrument för mätning av rengasflöde.

^{*)} Onoggrannheten anges i % av maximalt mätområde (FS) om inget annat anges.

9.3 Gas till atmosfär

Ingen av de undersökta anläggningarna har någon fast mätutrustning för att analysera gas från regenerering av absorptionsmedel i uppgraderingsanläggningen. En anläggning har uppföljning av metaninnehållet i regenereringsluften med hjälp av en portabel gaskromatograf, mikro-GC. Mikro-GC:n är ansluten till ledningen för utgående luft och ett stickprov per timma görs normalt. Analysdata förs dock inte över till anläggningens styr- och reglersystem.

10 Erfarenheter av installerad utrustning

I detta avsnitt redogörs kortfattat för de samlade erfarenheter som redovisats av de undersökta anläggningarna. Endast tekniska erfarenheter, samt hur mätvärden används, redovisas. Kostnader är mycket svåra att följa upp eftersom investering och installation oftast ingår i en totalentreprenad. Drift- och servicekostnader har inte rapporterats i tillräcklig utsträckning för att en bra utvärdering skall vara möjlig.

10.1 Tekniska erfarenheter

Generellt har många mätare fungerat dåligt initialt. Detta gäller såväl analysinstrument som flödesmätare. Orsaker till dessa problem är inte kända. I vissa fall har ombyggnad av instrumentet krävts, vilket indikerar att instrumentet inte var det rätta för aktuell tillämpning. Vidare finns möjlighet att instrumenten hanterats på ett felaktigt sätt vid montering och/eller elektrisk inkoppling. Faktum kvarstår dock att alltför många instrument inte fungerat tillfredsställande från början. Detta kan inte anses vara acceptabelt. Efter service, ombyggnad eller utbyte av instrumenten har funktionen varit god eller acceptabel.

10.1.1 Syremätare

Syremätare har fungerat bra på de flesta anläggningar. Dock har problem förekommit initialt vid vissa installationer med instrument som inte fungerat utan krävt utbyte eller service.

10.1.2 Metanmätare

Metanmätare för rågas har i de flesta fall fungerat tillfredsställande. Mätningen sker i ett koncentrationsintervall där de flesta instrument har bra prestanda och god noggrannhet. Normalt sker dock endast mätning av metan och syre i rågasen, varför det kan vara svårt att verifiera mätresultaten.

För rengasmätare har betydligt fler problem rapporterats. Flera installationer har gett otillfredsställande resultat från början och i några fall har ombyggnad av instrumenten varit nödvändiga. Detta gäller även dyra instrument med utlovad hög noggrannhet och stabilitet.

Enklare instrument av typen IR, alltså inte NDISIR, ger inte analysresultat som är godtagbara. Dessa instrument är inte avsedda för mätning i intervallet 96-98 vol-% metan. Instrumenten är framtagna för mätning inom hela intervallet 0-100 vol-%, men säljs som instrument för intervallet 90-100 vol-%. Eftersom kyvettlängd och elektrisk upplösning skall klara intervallet 0-100 vol-%, blir noggrannheten mycket dålig i det intressanta intervallet 96-98 vol-%. Mätnoggrannheten är således låg, varför kalibrering av instrumenten inte är tillräcklig för att ett godtagbart mätresultat skall erhållas.

Analysinstrument som arbetar med NDISIR är definitivt att föredra vid analys av renad gas. Även dessa instrument kan dock kräva täta kalibreringar för att ge godtagbara analysresultat.

10.1.3 Koldioxidmätare

Mätare för koldioxid har i de flesta fall fungerat bra. Detta gäller instrument av såväl typerna IR som NDISIR. Koldioxidhalten i rengas ligger normalt i intervallet 1-3 vol-% där alla mätare har god upplösning. Något exempel finns dock där endast transmittern används för att direkt ge mät-signal till styrsystemet, vilket ger ett felaktigt resultat. IR-instrument av enklare typ ger inte en mätsignal som är linjär mot koncentrationen. För att lösa detta problem har en beräkningsalgoritm programmerats i styrsystemet för att korrekt koncentration skall registreras.

Normalt sker ingen analys av koldioxid i rågas.

10.1.4 Svavelvätemätare

Analysinstrument för svavelväte är nästan uteslutande av typen elektrokemisk cell. Dessa instrument mäter koncentrationen via en elektrisk potential som uppstår vid en kemisk reaktion med svavelväte i cellens sensor. Vid långvarig kontakt med svavelväte, framförallt i höga koncentrationer, förbrukas sensorn och måste bytas ut. Detta är normalt, men utgör en driftskostnad och kan resultera i felaktiga mätresultat när sensorn är gammal.

Observera att den elektriska signalen från en elektrokemisk cell minskar mot 0 när cellen förbrukas. Detta kan resultera i allvarliga missbedömningar av svavelväteinnehållet i biogasen om inte mätaren kontrolleras regelbundet. Exempel finns där en mätare visat 0 ppm H₂S, medan gasens verkliga svavelväteinnehåll visade sig vara 2000 ppm vid kontroll med reagensrör.

För att förlänga livstiden på svavelvätesensorn utförs ofta installationen så att mätningen är intermittant. Mellan mätperioderna spolas sensorn med inertgas, oftast kväve. Spolnings- och mätsekvenserna kan styras automatiskt från styrsystemet om automatiska spolventiler installeras.

Ett instrument som analyserar svavelväte enligt principen UV har rapporterats. UV är en metod som har hög noggrannhet och god stabilitet. Problem uppstod dock i den aktuella installationen med hög tvärkänslighet för andra kemiska föreningar. Detta var både svavel- och kväveföreningar och mätresultaten blev helt felaktiga. Det är nödvändigt att identifiera alla ämnen som ger tvärkänslighet mot svavelväte för att analysprincipen skall vara användbar.

10.1.5 Daggpunktsmätare

Daggpunktsmätning har i de flesta fall fungerat bra. Något exempel finns på problem med zenerbarriärer som resulterade i felvisning av daggpunkten. Problem har också redovisats med en transmitter som gav maximalt låg daggpunkt vid avbrott i givaren, dvs vid trasig givare.

Normalt sett tolkas en låg elektrisk spänning från en givare som ett litet mätvärde. För en daggpunktsmätare kan det få allvarliga konsekvenser vid fel på givaren, som nämns i föregående stycke. Någon form av övervakning av givaren skall finnas så att ett avbrott i givaren inte uppfattas som låg daggpunkt.

Daggpunktsmätare kräver regelbunden kalibrering. Kalibrering kan inte utföras på installerad mätare utan givaren/transmittern måste demonteras och skickas till kalibreringslaboratorium. En kalibrerad givare har en given livslängd på kalibreringen oavsett om den installeras i gasflödet eller inte. Det är således inte lämpligt att förvara utbytesgivare under längre tid.

10.1.6 Flödesmätare för rågas

Flödesmätning i rågas är relativt besvärligt. Gasen är oftast fuktig, varierar i sammansättning och har oftast låg tryckuppsättning. Ett flertal anläggningar har haft problem med flödesmätare som inte fungerat tillfredsställande från början.

Mätresultaten från flödesmätare är svåra att verifiera, se nedan under avsnittet om renad gas. I något fall har två flödesmätare installerats i samma gasflöde. Resultatet från dessa installationer visade på dålig överensstämmelse mellan mätarna. I något fall har det varit nödvändigt att installera profilriktare före flödesmätaren för att godtagbar funktion skall erhållas.

10.1.7 Flödesmätare för renad gas

Flödesmätning av renad gas sker normalt vid relativt högt tryck. Tryckfall över mätare är inget problem. Överlag är erfarenheterna goda, men det skall dock påpekas att det är svårt att göra en bedömning av mätresultatens överensstämmelse med verkligheten. De referenser som finns för att bedöma mätresultaten är mätning av inkommande rågasflöde och i vissa fall levererad mängd till fordon. Förluster av metan vid uppgraderingen är normalt okända och osäkerhet finns i sammansättningen av både rågas och renad gas.

10.1.8 Flödesmätare vid fordonstankning

Flödesmätare i dispensrar för fordonstankning är i nästan uteslutande massflödesmätare enligt coriolisprincipen. Denna typ av mätning, kallad batch av instrumentleverantörer, ger inget ögonblicksvärde av aktuellt flöde, utan används som volymmätare. Mätning sker för en tankningscykel och ger bra överensstämmelse vid kontrollmätning mot fyllning av en känd volym.

10.2 Datahantering

Mätvärden från analysinstrument och flödesmätare utgör dokumentering av anläggningarnas prestanda. I vissa fall ligger mätresultaten till grund för debitering, både vid inköp av rågas och försäljning av renad gas till fordonsbränsle. Vissa mätvärden, exempelvis koldioxidhalt eller metanhalt efter rening, används direkt för processtyrning. Vidare används metanhalt och daggpunkt på utgående renad gas som kvalitetsmått och styr om anläggningen skall leverera gas eller inte. Värdet från daggpunktsmätaren används ofta för att initiera regenerering och byte av sida i adsorptionstork.

Sammanställning av månads- och årsmedelvärden används för att beräkna behandlad gasmängd, samt utbyte eller reningsgrad i processen. Beräkning av metanförluster sker i vissa fall, men överensstämmelse i massbalansen är svår att uppnå. Massbalansen ser normalt ut enligt följande formel:

$$Q_{\text{rå}} * [\text{CH}_4]_{\text{rå}} - Q_{\text{ren}} * [\text{CH}_4]_{\text{ren}} = Q_{\text{CH}_4 (\text{förlust})}$$

(flöde*metanhalt för rågas - flöde*metanhalt för renad gas = metanförlusten)

Detta är skillnaden mellan två relativt stora och, framförallt, osäkra tal, varför värdet på metanförlusten är mycket osäkert.

11 Marknadsundersökning

I detta avsnitt listas instrument som finns tillgängliga på den svenska marknaden. I stor utsträckning är det samma fabrikat av instrument som finns installerade i befintliga anläggningar. Ett mycket större utbud av analysinstrument finns utomlands, men då den svenska marknaden är liten i detta avseende, introduceras inte nya instrument i någon större omfattning.

Utbudet av flödesmätare är större än gasanalysatorer beroende på att flödesmätare inte är knutna till en viss gassammansättning. Begränsningen för flödesmätare i biogassammanhang är, att de måste finnas i explosionssäkert utförande av någon typ.

11.1 Metanmätning

<i>Analysprincip</i>	<i>Fabrikat</i>	<i>Onoggrannhet</i>	<i>Nollpunktsdrift</i>	<i>Mätområdesdrift</i>
Termisk konduktivitet	Panametrics	$\leq 2\%$	$\leq 0,5\%$	$\leq 0,5\%$
IR	Simrad	2-3%	iu	iu
NDISIR	ABB	$\leq 1\%$	$\leq 1\%$ /vecka	$\leq 1\%$ /vecka
	Rosemount	$\leq 1\%$	$\leq 2\%$ /vecka	$\leq 2\%$ /vecka
	Maihak	$\leq 1\%$	$\leq 1\%$ /vecka	$\leq 1\%$ /vecka

Tabell 11.1 Analysinstrument för metan

11.2 Koldioxidmätning

<i>Analysprincip</i>	<i>Fabrikat</i>	<i>Onoggrannhet</i>	<i>Nollpunktsdrift</i>	<i>Mätområdesdrift</i>
Termisk konduktivitet	Panametrics	$\leq 2\%$	$\leq 0,5\%$	$\leq 0,5\%$
IR	Simrad	2-3%	iu	iu
NDISIR	ABB	$\leq 1\%$	$\leq 1\%$ /vecka	$\leq 1\%$ /vecka
	Rosemount	$\leq 1\%$	$\leq 2\%$ /vecka	$\leq 2\%$ /vecka
	Maihak	$\leq 1\%$	$\leq 1\%$ /vecka	$\leq 1\%$ /vecka

Tabell 11.2 Analysinstrument för koldioxid

11.3 Syremätning

<i>Analysprincip</i>	<i>Fabrikat</i>	<i>Onoggrannhet</i>	<i>Nollpunktsdrift</i>	<i>Mätområdesdrift</i>
Elektrokemisk cell	Panametrics	$\leq 1\%$	iu	iu
	Rosemount	$\leq 1\%$	$\leq 1\%$ /vecka	$\leq 1\%$ /vecka
Paramagnetism	Rosemount	$\leq 1\%$	$\leq 1\%$ /dygn	$\leq 1\%$ /dygn
	Maihak	$\leq 1,5\%$	$\leq 2\%$ /månad	$\leq 1\%$ /vecka
	ABB	$\leq 0,5\%$	$\leq 0,03$ vol-% O ₂ /vecka	$\leq$ det lägsta av 1% (R) och 0,1 vol-% O ₂ /vecka
	Panametrics	$\leq 1\%$	$\leq 1\%$ /dygn	$\leq 1\%$ /dygn

Tabell 11.3 Analysinstrument för syre

11.4 Mätning av svavelföreningar

<i>Analysprincip</i>	<i>Fabrikat</i>	<i>Onoggrannhet</i>	<i>Nollpunktsdrift</i>	<i>Mätområdesdrift</i>
Elektrokemisk cell	Industrial Scientific	$\leq 4\%$ ($\leq 2\%$ R)	iu	$\leq 2\%$ /månad
	Oldham	2-3%	iu	iu
	SAT	2-3%	iu	iu
UV	ABB	$\leq 1\%$	$\leq 1\%$ /vecka	$\leq 1\%$ /vecka

Tabell 11.4 Analysinstrument för svavelföreningar, speciellt svavelväte

11.5 Mätning av värmevärde/Wobbeindex

<i>Analysprincip</i>	<i>Fabrikat</i>	<i>Onoggrannhet, Wobbe</i>	<i>Onoggrannhet, H_i</i>
Ljudhastighet/Kalorimeter	Reineke, RBM 2000	$\leq 1\%$	$\leq 1\%$
Ljudhastighet/Värmeledning	Advantica, GasPT	---	$\pm 0,2$ MJ/m ³
Ljudhastighet/Värmeledning	Invensys, GQS 1000	---	$\leq 0,8\%$
Kalorimeter	ADOS, KM 2000	---	$\leq 2\%$

Tabell 11.5 Analysinstrument för värmevärde och/eller Wobbeindex

11.6 Gaskromatograf

Gaskromatografi kan användas för att analysera de flesta gaser. Instrumentet konfigureras för den valda applikationen genom val av kolonntyper och detektorer. Det finns ett flertal fabrikat av GC med många olika modeller. De flesta är dock avsedda för laboratoriebruk och i denna sammanställning har endast processkromatografer och portabla instrument medtagits.

Förkortningarna för detektorerna utläses:

TCD, Thermal Conductivity Detector

FID, Flame Ionisation Detector

FPD, Flame Photometric Detector

DMD, Differential Mobility Detector

DMD är en nyutvecklad detektor som selektivt kan detektera gaser i spårämneskoncentration. Den används i serie med en TCD så att både "bulk"-sammansättning och spårämnen registreras i en analys.

<i>Fabrikat</i>	<i>Modell</i>	<i>Detektorer</i>	<i>Antal kolonner</i>
Rosemount	Model 700	TCD	1
Rosemount	Model 1000	TCD, FPD, FID	1
Varian	CP 4900	TCD, DMD	4
Yamatake	HGC 303	TCD	1 (naturgas)

Tabell 11.6 Olika typer av gaskromatografer

11.7 Flödesmätare

Det finns ett stort utbud av flödesmätare för gas på marknaden. Många leverantörer har mätare med flera olika mätprinciper i sina modellprogram. I nedanstående tabeller redovisas mätare som bedömts vara tänkbara för mätning av gasflöden vid låga respektive höga tryck enligt leverantörernas rekommendationer. Endast er urval av leverantörer redovisas för de olika mätprinciperna.

Enbart mätprincip och gastryck avgör dock inte om en flödesmätning kommer att fungera tillfredsställande. Många faktorer inverkar på mätresultatet som exempelvis:

- mätarens placering i rörsystemet
- gasens innehåll av partiklar eller aerosoler
- stabilitet på gasflödet
- gasens sammansättning
- tillgängligt tryck (tryckfall över mätaren)

Nedan ges exempel på flödesmätare för lågtryck respektive högtryck.

11.7.1 Lågtrycksmätare

<i>Analysprincip</i>	<i>Fabrikat</i>	<i>Onoggrannhet</i>	<i>Kommentar</i>
Vortex/Swirl	Rosemount	$\leq 1,35\%$	Finns både som Vortex och Swirl
	ABB	0,5-1%	
Massflöde, termisk	Endress+Hauser	$\leq 0,5\%$	Kräver stabil flödesprofil
	Brooks	$\leq 0,2\%$	
Fluidistor	Schlumberger	0,1-2 %	Mycket känslig för tryckpulsation
Ultraljud	Panametrics	1-3%	Monteras utanpå rörledning. Noggrannheten ökar med större rördiameter.

Tabell 11.7 Flödesmätare för lågt tryck och litet tryckfall

11.7.2 Högtrycksmätare

<i>Analysprincip</i>	<i>Fabrikat</i>	<i>Onoggrannhet</i>	<i>Kommentar</i>
Massflöde, coriolis	Micro Motion	$\leq 0,7\%$	
	Endress+Hauser	$\leq 0,5\%$	
Massflöde, termisk	Endress+Hauser	$\leq 0,5\%$	Kräver stabil flödesprofil
	Brooks	$\leq 0,2\%$	
Vortex/Swirl	Rosemount	$\leq 1,35\%$	Finns både som Vortex och Swirl
	ABB	0,5-1%	
Differenstryck	Rosemount	$\leq 0,1\%$	Max mätomfång 15:1
	Solartron Mobrey	$\leq 0,08\%$	Max mätomfång 40:1
Fluidistor	Fluidinventor	iu	Känslig för tryckpulsation
Ultraljud	Panametrics	3-5%	Monteras utanpå rörledning. Noggrannheten ökar med större rördiameter.

Tabell 11.8 Flödesmätare för högt tryck

12 Kostnader för instrument

12.1 Investering

Kostnader som redovisas i tabeller i detta avsnitt avser investeringskostnad för enbart instrument. Till denna kostnad kommer installationskostnader, etc enligt nedanstående beskrivning.

12.2 Driftkostnader

Driftkostnader för analysinstrument avser kalibreringsgaser och utbyte av förbrukningsmateriel som sensorer till elektrokemiska givare. Driftkostnaderna kan givetvis variera mycket beroende på vilka mängder kalibreringsgas som förbrukas, vilket förpackningssätt som väljes för gasen, samt beroende på om gasblandningar med multipla komponenter används. Dessa s k specialgaser kostar betydligt mer än vad som anges som driftkostnad i nedanstående tabeller.

12.3 Installation

Totalkostnaden för ett analysinstrument eller en flödesmätare innefattar dels inköp av instrumentet, dels kostnader för att montera och konfigurera instrumentet. För analysinstrument tillkommer dessutom kostnader för gasbehandling.

Installationskostnader innefattar montering av instrumentet, men kan även vara speciella konstruktioner för att få bästa funktion på instrumentet. För flödesmätare krävs ofta att gasens strömningsprofil är utan störningar vilket kräver raksträckor på gasledningar före och efter mätaren. I vissa fall kan det vara nödvändigt att installera profilriktare före mätaren. Vissa mätare kräver rördimensionen förändras för bästa mätresultat.

Vidare tillkommer kostnader för elektrisk installation och för att konfigurera mätaren i styr- och reglersystemet. Beroende på typ av explosionsskydd för mätaren kan speciell elektrisk utrustning krävas. För EEx ia krävs exempelvis zenerbarriärer i säker zon, dvs normalt i apparatskåp i elrum.

Vid extraktiv analys av gas, dvs när ett delflöde av gasen leds till en separat installerad mätare, krävs någon form av gasbehandling. Gasbehandlingsbehovet varierar med typ av gas. Exempelvis krävs normalt torkning av rågas, medan produktgas oftast bara behöver anpassas i trycknivå.

12.4 Kostnadsexempel

I detta avsnitt redovisas kostnadsexempel för ett urval av analysinstrument och flödesmätare. Kostnadskolumnen avser kostnad för inköp och driftsättning av enheten. Till detta kommer montagearbete och eventuella specialkonstruktioner i rörsystem, samt elektrisk inkoppling och programmering i styrsystem.

Driftkostnad för analysinstrument avser förbrukningsmaterial som kalibreringsgaser och utbyte av elektrokemiska sensorer.

Instrumenten har delats upp i tre kategorier. Dels analysinstrument som installeras som enstaka komponenter, samt flödesmätare, dels kompletta analysystem för flera gaskomponenter. De kom-

pletta systemen har delats upp i centralenheter för Ex-zon, samt kombiinstrument som är avsett att installeras i oklassat utrymme.

12.4.1 Enskilda instrument, transmitttrar

<i>Komponent</i>	<i>Mätprincip</i>	<i>Fabrikat, modell</i>	<i>Kostnad</i>	<i>Driftkostnad/år</i>
Metan	IR	Simrad, GD10	15 000 kr	1 000 kr
	Termisk konduktivitet	Panametrics, XMTC	40 000 kr	1 000 kr
Syre	Elektrokemisk	SAT-Ex O2 0-25 vol-%	20 000 kr	1 500 kr
	Paramagnetisk	Panametrics, XMO2	40 000 kr	500 kr
Svavelväte	Elektrokemisk	SAT, Ex H2S 0-50 ppm	20 000 kr	1 500 kr
		Automatisk kvävespolning	11 000 kr	
Koldioxid	IR	Simrad, GD10	15 000 kr	500 kr
Vatten	Daggpunkt, tunn-skiktssensor	Panametrics, AMX1	35 000 kr	6 500 kr
Värmevärde/Wobbe	Ljudhastighet + kalorimeter	Reineke, RBM 2000	200 000 kr	iu
	Ljudhastighet + värmeledning	Advantica, GasPT	120 000 kr	---
Flöde	Vortex	Rosemount, 8800C DN80	20 000 kr	---
	Coriolis, massflöde	Rosemount, CNG 50	35 000 kr	---
	Coriolis, massflöde	Micro Motion, F050	55 000 kr	---
	Coriolis, massflöde	Endress+Hauser Promass 80/83	55 000 kr	---
	Termiskt massflöde	Endress+Hauser, t-mass S	30 000 kr	---

Tabell 12.1 Kostnadsexempel för enskilda analysinstrument och flödesmätare

12.4.2 Centralenheter, Ex-zon

Nedan ges ett exempel på fabrikat avseende centralinstrument för gasanalys. Tre olika konfigurationer är prissatta. Centralenheten är avsedd att placeras i ett separat apparatskåp med strömförsörjning, ex-barriärer, plint för anslutning av signaler, etc.

Fabrikat ABB

<i>Utrustning</i>	<i>Komponent</i>	<i>Mätprincip</i>	<i>Kostnad</i>
Centralenhet med 1 gasväg och 1 komponent	Metan	NDISIR (Uras 14)	240 000 kr
Centralenhet med 1 gasväg och 2 komponenter	Metan	NDISIR (Uras 14)	320 000 kr
	Koldioxid	NDISIR (Uras 14)	
Centralenhet med 2 gasvägar och 3 komponenter	Metan	NDISIR (Uras 14)	330 000 kr Underhållskostnad cirka 1 000 kr/år
	Koldioxid	NDISIR (Uras 14)	
	Syre	Elektrokemisk cell	
Apparatskåp för inmontering			10 - 25 000 kr

Tabell 12.2 Kostnadsexempel för ABB centralenhet med flerkomponentanalys

12.4.3 Centralenheter, ej Ex-zon

Det instrument som presenteras i detta stycke är ett kombiinstrument som används vid ett flertal biogasanläggningar i Tyskland. Instrumentet är inte avsett för att monteras i explosionsklassat utrymme, utan gasprover leds till instrumentet som monteras i säker zon.

Instrumentet i detta exempel består av två gasvägar med analysinstrument och gasbehandling som monteras i ett apparatskåp. Eftersom apparatskåpet inte är ex-klassat, är det försett med gasvarnare som externt bryter kraftförsörjningen samt stänger alla inkommande gasledningar vid larm.

ADOS Multitronik Biogas 602

<i>Utrustning</i>	<i>Komponent</i>	<i>Mätprincip</i>	<i>Kommentar</i>
Gasväg 1, inkl gaskylare, kondenspump, filter	Metan	IR	
	Syre	Elektrokemisk cell	
	Svavelväte	Elektrokemisk cell	Filter för höga halter H ₂ S
Gasväg 2, inkl tryckreducering, filter	Metan	IR	
	Syre	Elektrokemisk cell	
	Svavelväte	Elektrokemisk cell	
Gaslarm.. 3 st sensorer, inklusive sensor i apparatskåp	0-100 % LEL	IR	Ex-klassade sensorer

Tabell 12.3 Kostnadsexempel för ADOS centralenhet med flerkomponentanalys

Enheten har analoga utgångar för samtliga mätvärden, samt möjlighet till gränsvärdeslarm och larmutgångar för gaslarm. Kostnaden för detta instrument är cirka 205 000 kr.

12.4.4 Bärbart instrument

Som komplement till fast installerade instrument, eller för analyser i manuella anläggningstyper, kan bärbara instrument användas. Nedan ges exempel på ett multikomponentinstrument som bl a används för analys av deponigas och injustering av gasuttag på deponier.

Fabrikat, modell	Kostnad	Komponent	Mätprincip
Gas Data LMS ix (Batteridrivet EEx)	45 000 kr	Metan	IR (0-100 vol-%)
		LEL	IR
		Koldioxid	IR
		Syre	Elektrokemisk cell
		Svavelväte	Elektrokemisk cell

Tabell 12.4 Exempel på bärbart instrument för flerkomponentanalys

12.4.5 Gasbehandling

De flesta analysinstrument kräver att den gas som skall analyseras är fri från vatten i vätskeform, samt inte innehåller fasta partiklar eller oljedroppar som kan orsaka nedsmutsning av instrumenten. Det är således i de flesta fall nödvändigt att förbehandla gasströmmar innan de leds in i analysinstrumenten. Nedan ges exempel på förbehandlingsutrustning för både rågas och produktgas.

Gasbehandling, rågas

Specifikation	Ca-pris	Underhåll/år
Vattenkylare, med dränering, filter, magnetventil (EEx), ventil för kalibreringsgas, samt flödesmätare	20 000 kr	500 kr
Kondensvakt (EEx) Underhåll är filterbyte	12 000 kr	250 kr
Gastork elektrisk (EEx), med dränering filter, magnetventil (EEx), ventil för kalibreringsgas, samt flödesmätare	50 000 kr	500 kr

Tabell 12.5 Kostnadsexempel för förbehandling av rågas

Gasbehandling, produktgas

Specifikation	Ca-pris	Underhåll/år
Tryckreducering, filter, magnetventil (EEx), ventil för kalibreringsgas, samt flödesmätare	10 000 kr	500 kr

Tabell 12.6 Kostnadsexempel för förbehandling av uppgraderad gas

13 Slutsatser

Vid uppgradering av biogas till fordonsbränsle är det viktigt att ha kontroll över gaskvaliteten av flera orsaker. Dels skall de krav på bränslekvalitet som anläggningen utlovar uppfyllas, dels får fordonsgasen inte innehålla några komponenter som kan orsaka skada på tankningsutrustning eller på fordonens tankar.

Mätning av gasflöden är viktigt av dels debiteringsskäl, men också för att beräkning av metanför-luster till atmosfären skall vara möjlig.

Vid val av analysinstrument för mätning av gaskomponenter är det viktigt att välja en mätare som är anpassad för den mätuppgift som avses i varje fall. Vid exempelvis mätning av metan i koncentrationsintervallet 95-100 vol-% är det stor skillnad i noggrannhet mellan instrument som är utformade för detta intervall och instrument som är avsedda för att mäta inom intervallet 0-100 vol-%.

Analysinstrument med hög noggrannhet och driftsäkerhet är mycket kostsamma. Priset på analysinstrument är oberoende av uppgraderingsanläggningens storlek och kapacitet, vilket får till följd att kostnaden för analysinstrument kan utgöra en stor del av totalkostnaden för en mindre anläggning. Av detta skäl kan det vara nödvändigt att minska kraven på automatiska analyser i mindre anläggningar. Erforderliga analyser och kvalitetssäkring kan i stället utföras med större manuell insats. Två anläggningstyper kan definieras med utgångspunkt från installerade analysystem, manuell anläggning och automatisk anläggning.

En automatisk anläggning kan utformas enligt följande exempel:

Fast installerade analysinstrument

<i>Gaskomponent - gasström</i>	<i>Mätprincip</i>	<i>Mätområde</i>
Syre - rågas	Paramagnetisk	0-5 vol-%
Metan - rågas	Värmeledning, IR, NDIR	0-100, alt 50-80 vol-%
Syre – renad gas	Elektrokemisk cell	0-5 vol-%
Metan – renad gas	NDIR	90-100 vol-%
Koldioxid – renad gas	NDIR	0-10 vol-%
Svavelväte – renad gas	Elektrokemisk cell	0-100 ppm
Daggpunkt – renad gas	Aluminiumoxid	+20 - (-100) °C

Kompletterande analyser och åtgärder

1. Kontroll av gaskvalitet genom provtagning och lab-analys 1-2 ggr/år
2. Mätning av svavelväte i rågas med reagensrör 1-2 ggr/år om rågastypen kan förmodas innehålla högre halter av svavelväte.
3. Regelbunden kalibrering och/eller uppföljning av automatkalibreringar för installerade instrument.
4. Regelbunden extra funktionskontroll av elektrokemiska celler och daggpunktsmätare.

Motsvarande för en manuell anläggning kan utföras enligt följande:

Fast installerade analysinstrument

<i>Gaskomponent - gasström</i>	<i>Mätprincip</i>	<i>Mätområde</i>
Syre - rågas	Elektrokemisk cell	0-20 vol-%
Koldioxid – renad gas	NDIR	0-10 vol-%
Svavelväte – renad gas	Elektrokemisk cell	0-100 ppm
Daggpunkt – renad gas	Aluminiumoxid	+20 - (-100) °C

Kompletterande analyser och åtgärder

1. Beräkning av sannolik sammansättning av renad gas med ledning av koldioxid- och syreanalyser.
2. Kontroll av kvalitet på uppgraderad gas genom provtagning och lab-analys av metan, koldioxid, syre, kväve, samt eventuell förekomst av andra gaskomponenter 1-2 ggr/månad.
3. Uppföljning av avvikelser från beräknad gassammansättning.
4. Mätning av svavelväte i rågas med reagensrör 1-2 ggr/år om rågastypen kan förmodas innehålla högre halter av svavelväte.
5. Regelbunden kalibrering av installerade instrument.
6. Regelbunden extra funktionskontroll av elektrokemiska celler och daggpunktsmätare.

Observera att det är mycket viktigt att regelbundet kontrollera funktionen på elektrokemiska celler och daggpunktsmätare oavsett anläggningstyp. Elektrokemiska celler för svavelväte förbrukas vid mätning, varvid mätvärdet sjunker mot noll när cellen är helt förbrukad. Daggpunktsmätare kan visa lägsta möjliga daggpunkt vid fel på givaren.

Ett flertal skäl bidrar till att analysinstrument för biogas är kostsamma, bl a är många instrument utförda för placering i explosionsklassat utrymme. Kostnader för elektrisk kringutrustning och installation blir också höga vid montering i explosionsklassat utrymme. En möjlighet till sänkta kostnader för analysinstrument kan därför vara att, så långt det är möjligt, välja instrument som inte är ex-klassade och att installera instrumenten utanför ex-zon.

Mätning av gasflöden med god noggrannhet är svårt att genomföra. Många anläggningar har haft, och har, problem med mätning av gasflöden, framförallt mätning av rågas. Trycket i rågasen är oftast lågt och mycket litet tryckfall kan accepteras över en flödesmätare. Detta begränsar urvalet av mätare som kan användas. Vidare kräver många mätprinciper att gasflödet in till mätaren är ostört, dvs att flödesprofilen är jämn och stabil. Installation av mätaren i gasledningen är således av stor betydelse för mätresultatet.

För trycksatt gas är det betydligt enklare att erhålla god noggrannhet på flödesmätningen. Detta beror dels på att den trycksatta gasen oftast är torkad och fri från partiklar, dels på att ett stort tryckfall över mätaren kan accepteras, samt att densiteten på gasen är högre än för rågas. Den vanligaste mätprincipen för trycksatt, renad gas är massflödesmätning med coriolismätare. Denna mätartyp finns även som debiteringsmätare vid tankning av fordon. Variationerna i gassamman-

sättning är normalt små för uppgraderad gas, vilket innebär att omräkning från massflöde till volymsflöde kan göras med god noggrannhet.

Problemen med flödesmätning av gas beror dels på tekniska svårigheter att mäta flöden av biogas vid låga tryck och tryckfall, men även på val av mätprincip och, framförallt, mätarens placering i anläggningens rörsystem. Leverantörer av uppgraderingsanläggningar väljer ofta en mätare som, enligt den tekniska beskrivningen av mätaren, har goda prestanda avseende noggrannhet och repe-terbarhet men fäster mindre vikt vid att olika mätprinciper ställer olika krav på både gasens sammansättning och installation av mätaren. En väg till förbättring av flödesmätning av biogas kan vara att köpa in en funktion i stället för endast en flödesmätare. På detta sätt borde det vara möjligt att bättre utnyttja de kunskaper som leverantörer av flödesmätare har, eller bör ha.

De flesta principer för avskiljning av koldioxid, som används i de svenska uppgraderingsanläggningarna, avskiljer även en viss del metan. Denna avskiljning kan i många fall vara ganska stor, över 10 % av inkommande rågasflöde. För att minska metanförlusterna används oftast någon form av partiell återvinning av den metan som avskilts i reningssteget. Slutresultatet blir att en mindre mängd metan släpps ut till atmosfären. Denna förlust av metan skall hållas på en så låg nivå som möjligt, både av ekonomiska och miljömässiga skäl. I dagsläget är det normalt att en beställare kräver att en uppgraderingsanläggning skall ha metanförluster som understiger 2% av inkommande rågasflöde. Ett problem är dock, att, med normalt installerad mätutrustning, kunna verifiera att förlusterna verkligen hålls under stipulerat värde. De sammantagna felvisningarna för flödesmätare och analysinstrument överstiger 2% även med mycket bra och välfungerande instrument. Detta är ett problem som inte är löst i dagsläget.