

## Nationellt Samverkansprojekt Biogas i Fordon



### **Komplettering av Svenska Gasföreningens biogasanvisningar vad gäller direkt gasfordonsrelaterade avsnitt**

610317

*ISSN 1651-5501*

Projektet delfinansieras av Energimyndigheten

## **Komplettering av Svenska Gasföreningens biogasanvisningar vad gäller direkt gasfordonsrelaterade avsnitt**

### **Sammanfattning**

Denna rapport är avsedd som ett komplement till Svenska Gasföreningens anvisningar för biogasanläggningar, BGA 99. Anvisningarna gavs ut av Svenska Gasföreningen 1999. De innehåller en genomgång av produktionsanläggningar för biogas och tar upp t ex myndighetskrav, klassning, skyddsutrustning, rening och mätning. BGA har fått en bred spridning bland biogasproducenter i Sverige. Sedan anvisningen togs fram har intresset för att använda biogas som fordonsbränsle ökat kraftigt. I BGA 99 behandlas användningen av biogas som fordonsbränsle mycket kortfattat, och med tanke på att Gasföreningens främsta uppgift är att arbeta för en säker användning av energigaser såg man ett behov av att revidera och komplettera anvisningen inom detta växande användningsområde. Detta projekt innefattade revidering av eller komplettering med avsnitt i anvisningen som tar upp framförallt rening och uppgradering av biogas till fordonsgas, komprimering av gasen, lagring vid högt tryck, men även avsnitt som behandlar vad man bör ta hänsyn till vid projektering, riskbedömning, säkerhetssystem, kvalitetssäkring och gasanalys.

Rapporten kan läsas fristående, men bör ändå helst ses i sitt sammanhang, dvs tillsammans med BGA 99, för att man skall få en helhetsbild.

I förlängningen är det Gasföreningens ambition att BGA i kombination med Gasföreningens anvisningar för tankstationer för metangas skall ge heltäckande anvisningar för fordonsgasen ur gassäkerhetssynpunkt.

Rapporten har, med hjälp av konsulter, tagits fram av en arbetsgrupp inom Svenska Gasföreningen och har delfinansierats av Energimyndigheten inom ramen för forskningsprogrammet ”Biogas i fordon”.

SVENSKA GASFÖRENINGEN  
Stockholm 2004-12-22

Thomas Forsberg, Södertörns Fjärrvärme AB  
Bertil Rosengren, Sydkraft Gas AB  
Claes-Göran Johansson, AB Fortum Värme samägt med Stockholm Stad  
Lars Brolin, SWECO VIAK AB  
Lars Rahm, Stockholm Vatten AB  
Margareta Persson, Svenskt Gastekniskt Center  
Annika Koningen, Svenska Gasföreningen

## Summary

This report is meant as a complementary addition to the Swedish Gas Association's instructions for construction of biogas plants (BGA 99). These instructions were published in 1999 and contain examples on how to build and run a biogas plant, fulfilling the demands in the legislation. The focus is on safety. BGA has become widely spread among the Swedish biogas producers. Since 1999 the interest in using biogas for vehicles has increased considerably. BGA only touches on this subject, and hence there was a need to revise and complete the book with chapters dealing with e.g. upgrading biogas according to the Swedish standard for biogas as a vehicle fuel, compression of the gas up to at least 200 bar and gas storage at high pressure, but also sections that deal with projecting, risk assessment, safety systems, assurance of the gas quality delivered and gas analysis.

The report can be read as it is, but it should be seen in its context, i.e. together with BGA, to get the whole picture. It is the ambition of the Swedish Gas Association that BGA, together with the instructions for filling stations for methane gas powered vehicles (from the same association) in the future will cover all safety related issues connected to the gas in the production and distribution of biogas as a vehicle fuel.

This report has been put together by a working group within the Swedish Gas Association, with the help of a consultant. It has been partly financed by the Swedish Energy Agency, within the program "Biogas in Vehicles".

SVENSKA GASFÖRENINGEN  
(SWEDISH GAS ASSOCIATION)  
Stockholm 2004-12-22

Thomas Forsberg, Södertörns Fjärrvärme AB  
Bertil Rosengren, Sydkraft Gas AB  
Claes-Göran Johansson, AB Fortum Värme samägt med Stockholm Stad  
Lars Brolin, SWECO VIAK AB  
Lars Rahm, Stockholm Vatten AB  
Margareta Persson, Svenskt Gastekniskt Center  
Annika Koningen, Svenska Gasföreningen

## Innehållsförteckning

<b>1. BIOGAS SOM FORDONSBRÄNSLE</b>	<b>4</b>
1.1 Fordonsdrift	4
<b>2. RENING OCH UPPGRADERING</b>	<b>5</b>
2.1 Avskiljning av svavelväte	5
2.2 Koldioxidavskiljning	6
2.3 Torkning	7
2.4 Avskiljning av andra komponenter	8
<b>3. MÄT-, SÄKERHETS- OCH OPERATÖRSSYSTEM</b>	<b>9</b>
3.1 Kvalitetssäkring	9
3.2 Gasanalys	9
3.3 Övrig mätning	10
3.4 Säkerhetssystem	11
3.5 Operatörssystem	12
3.6 Installation och montage	12
3.7 Provning och idrifttagning av system	13
<b>4. PROJEKTERING</b>	<b>14</b>
<b>5. RISKBEDÖMNING OCH RISKANALYS FÖR GASANLÄGGNINGAR</b>	<b>15</b>
5.1 Riskbedömning	15
5.2 Riskanalys	16
<b>6. KOMPRIMERING</b>	<b>17</b>
<b>7. GASLAGRING</b>	<b>19</b>
7.1 Högtryckslager	19
<b>8. FÖRTECKNING ÖVER REFERENSER</b>	<b>20</b>
<b>9. KONTAKTER OCH HEMSIDOR</b>	<b>22</b>

## 1. Biogas som fordonsbränsle

Biogas kan användas i många olika sammanhang, och är ett bra miljö- och resursalternativ till t ex olja. Värmeproduktion är än så länge vanligast och finns i många typer av anläggningar, från fjärrvärmeverk till små gårdsanläggningar. Användning av biogas som fordonsbränsle har dock under de senaste åren ökat kraftigt. Biogas som har uppgraderats till naturgaskvalitet kan matas in på naturgasnätet för att användas på samma sätt som naturgas, bland annat just som fordonsgas.

### 1.1 Fordonsdrift

Gasdrift av fordon ställer speciella krav på fordonets bränslesystem. Både tunga och lätta fordon utrustade för gasdrift finns tillgängliga på den svenska marknaden. Det finns både fordon som är helt gasdrivna och fordon som har två bränslesystem, dvs kan tankas med såväl gas som bensin (bi-fuel).

Det är viktigt med högt energiinnehåll på gasen när den ska användas för fordonsdrift. Biogasen måste uppgraderas till metanhalt kring 97 %. Det är också mycket viktigt att gasen inte innehåller fukt, som skulle kunna kondensera ut vid det höga tryck som används. Gasen måste också renas från svavelväte, partiklar och andra föroreningar som kan skapa problem i fordonets bränslesystem. En svensk standard har tagits fram för biogas för fordonsdrift (SS 15 54 38, Motorbränslen – Biogas som bränsle till snabbgående ottomotorer). Standarden är anpassad mot naturgaskvalitet, så att fordonen kan köras på såväl biogas som naturgas. I standarden ställs krav på halter av metan, vatten, koldioxid, svavel mm såväl som energiinnehåll och motoroktantal, samt provningsmetoder för att säkerställa detta.

Gasdrivna fordon och deras tankar regleras av Vägverkets föreskrifter (VVFS 2003:22).

För tankstationer för biogasdrivna fordon hänvisas till Svenska Gasföreningens ”Anvisningar för tankstationer för metangasdrivna fordon” och Sprängämnesinspektionens föreskrifter om tankstationer för metangasdrivna fordon SÄIFS 1998:5.

## 2. Rening och uppgradering

Om biogasen ska användas för fordonsdrift behöver den renas och uppgraderas genom att avskilja korrosiva ämnen eller komponenter som på annat sätt negativt påverkar utrustningen, samt för att öka energiinnehållet i gasen. De komponenter som avskiljs är svavelväte, koldioxid, vattenånga och partiklar. För avskiljning av dessa ämnen finns etablerad teknik. Ofta kan en och samma teknik användas för att avlägsna flera komponenter i gasen.

Med de etablerade reningstekniker som finns nås metanhalter på 95-99% i den uppgraderade gasen och svavelvätehalter på enstaka ppm. Notera att sammansättningen på den uppgraderade gasen beror på sammansättningen på inkommande gasström. Detta innebär att kvalitetsvariationer kan vara svåra att undvika. Före upphandling av en reningsanläggning bör, utifrån gasens användningsområde, en noggrann analys av gasen utföras där man också bör försöka förutspå förändringar. En fullständig gasanalys ger besked om gassammansättningen och underlag för bestämning av lämplig användning och lämpligt val av material samt utformning av anläggningen.

Deponigas innehåller ofta kvävgas i varierande halter och kan även innehålla andra föroreningar som kan skapa problem. Därför krävs speciell reningsteknik med beaktande av spårämnesanalys som har gjorts på gasen. Notera att gassammansättningen dessutom kan variera med tiden under en deponis livslängd.

Det är viktigt att kunna säkerställa gaskvaliteten för det system som gasen skall levereras till (se avsnitt 3.1).

### 2.1 Avskiljning av svavelväte

Svavelväte är korrosivt, kan orsaka problem vid koldioxidavskiljningen och orsakar luktproblem. Vid förbränning bildas dessutom svaveldioxid, som i sin tur bidrar till föroreningen av miljön. Svavelväte bör därför avskiljas från gasen. I vissa fall kan svavelväte avskiljas samtidigt som koldioxid.

De vanligaste metoderna för avskiljning av svavelväte ur biogas är:

- tillsats av järnjoner i rötchammaren ( $\text{FeCl}_2$ ), då svavel fälls ut i form av järnsulfid ( $\text{FeS}$ )
- kemisk absorption i en metalloxidbädd (oftast järnoxider)
- adsorption på aktivt kol, där svavel binder till det aktiva kolet,
- fysikalisk absorption med exempelvis vatten (skrubber) (se avsnitt 2.2)
- kemisk absorption med exempelvis natriumhydroxid (lut)
- oxidation med luft i biologiskt filter med svavelväteoxiderande bakterier (eftersom luft tillsätts är dock denna metod ej att föredra om gasen skall användas för fordonsdrift eller inmatning på naturgasnätet. Även om syret förbrukas så finns luftens kväve kvar.)

## 2.2 Koldioxidavskiljning

Koldioxid avskiljs för att öka energiinnehållet i biogasen. I kombination med vatten är det dessutom korrosivt, eftersom det då bildas kolsyra.

De vanligaste metoderna för att avskilja koldioxid från biogasen är:

- fysikalisk absorption med exempelvis vatten (skrubber)
- adsorption med PSA (Pressure Swing Adsorption)
- membranseparering
- kemisk absorption.

### **Fysikalisk absorption (skrubber)**

I en vattenskrubber får komprimerad gas möta vatten i en absorptionskolonn (skrubber). Koldioxid och svavelväte löser sig i vattnet. Lösligheten ökar med ökande tryck och sjunkande temperatur. Även partiklar avskiljs från gasen med denna metod. Efter reningen är gasen mättad med vatten och måste torkas. Även en liten andel metan kan ha löst sig i vattnet, och bör tas om hand för att minska metanförlusterna. Vattnet kan sedan antingen släppas ut i avlopp eller regenereras i ett desorptionskolonn, för att sedan återanvändas. I desorptionskolonnen avlägsnas såväl koldioxid som en del av svavelvätet.

Vanligen dimensioneras anläggningen för att garantera en högsta koldioxidhalt på några procent vid sämsta tänkbara driftsfall.

### **Adsorption med PSA (Pressure Swing Adsorption, även kallad molekylsikt)**

I en PSA-anläggning komprimeras först gasen innan den passerar en bädd av ett fast material (zeoliter eller aktivt kol) där föroreningarna adsorberas. Genom val av adsorptionsmaterial kan man styra vilka molekyler som skall adsorberas pga molekylstorlek. Med denna metod kan koldioxid, svavelväte, partiklar, vattenånga, syre och kväve avskiljas. I regel behövs ingen efterföljande torkning av gasen. När så mycket har adsorberats att bädden inte längre fungerar tillfredsställande, leds gasen till en andra bädd och adsorptionsmaterialet i den första regenereras genom att trycket sänks och de adsorberade molekylerna släpper från adsorptionsmaterialet (PSA). Koldioxidhalten i gasen stiger i denna metod allteftersom adsorptionsmaterialet fylls. För att få jämn metanhalt på utgående gas blandas gasen i en tank eller ledning. Tiden som en kolonn utnyttjas innan den regenereras ställs in så att medelvärdet på koldioxidinnehållet blir det önskade.

### **Membranseparering**

Vid membranseparering passerar trycksatt gas genom ett eller flera membran, som separerar metan från koldioxid. Metoden kan ge stora metanförluster.

### **Kemisk absorption**

Vid kemisk absorption binds koldioxid selektivt till absorptionsmedlet (t ex etylamin), och ger en mycket hög metanhalt i den uppgraderade gasen och låga metanförluster. Absorptionen kan ske vid atmosfärstryck.

Metoden är energikrävande eftersom regenereringen av absorptionsmedlet sker med hjälp av ånga.

### 2.3 Torkning

Gasen torkas på vatten så att det inte skall kondensera ut på oönskade ställen i systemet. Vatten i kombination med svavelväte och koldioxid bildar syra, vilket orsakar korrosion.

Kondensat från en deponigasanläggning består av två faser; en petroleumbaserad fas och en vattenbaserad fas.

Vatteninnehållet i en gas kan anges som gasen daggpunkt, dvs den temperatur där gasens fuktinnehåll motsvarar mättnad, och kondensation av vatten kan börja uppträda. Daggpunkten beror av vatteninnehållet och av trycket. Vid ökat tryck sjunker daggpunkten.

Biogas är mättad med vattenånga när den produceras. Vid gassystem med ett högre arbetstryck än 4 bar bör gasen torkas före hantering.

För att undvika kondensation i ett gassystem krävs att gasens daggpunkt vid aktuellt tryck aldrig överstiger den lägsta temperatur som råder i systemet. Lämpligt kan vara att dimensionera systemet för en temperatur som understiger förväntade lägsta temperatur med 5 °C vid ingående tryck i gasledning. Om gasen som ska nyttjas i tankar på fordon är det den omgivande lufttemperaturen som normalt utgör den lägsta förväntade temperaturen.

De vanligaste metoderna för att torka/avskilja vatten från biogasen är:

- kondensatavtappning
- kylning
- kompression och kylning
- adsorption
- fysikalisk absorption
- kemisk absorption.

#### **Kondensatavtappning**

Kondensatavtappning är den enklaste formen av vattenavskiljning och innebär att gassystemet anläggs med lågpunkter, i vilka vatten samlas upp i kärl som sedan kontinuerligt eller periodiskt tappas av. Det innebär att en kontrollerad kondensation tillåts i systemet och att daggpunkten sänks till omgivningstemperaturen. Denna typ av vattenavskiljning finns i så gott som alla biogassystem men kompletteras i många fall med andra metoder. Viktigt är att avtappningen sker på sådant sätt att metan inte regelmässigt släpps ut. Som nämnts ovan så innehåller kondensat från deponigasanläggningar ofta även en petroleumbaserad fas som kan bestå av t ex toluen. Det är viktigt att man hanterar sådant kondensat efter vad det innehåller. Lämplig personlig skyddsutrustning skall användas och kondensat skall lämnas för destruktion som farligt avfall.



### **Adsorption**

Adsorptionstorkning innebär att vattenånga i gasen adsorberas på ytan av ett torkmedel, t ex zeoliter, kiselgel eller aluminiumoxid.

Torkning utförs vanligtvis i två behållare som vanligtvis utnyttjas omväxlande för torkning och omväxlande för regenerering. Torkmedlet regenereras genom uppvärmning och genomblåsning av en del av den torkade gasen. Mycket låga daggpunkter kan uppnås (-60 °C eller mer). Detta är en metod som är ofta använd när kraven på en låg daggpunkt i gasen föreligger, t ex då gasen skall användas som drivmedel. Metoden kräver kompression.

### **Kompression och kylning**

Ett ökat tryck innebär att gasen vid en given temperatur kan innehålla en mindre mängd vatten. Genom att komprimera gasen innan kylning kan en större vattenmängd kylas ut vid en viss temperatur.

### **Kemisk absorption**

Kemisk absorption innebär att gasen passerar ett fuktupptagande fast material, t ex salt. Absorptionsmaterialet kan inte regenereras utan förbrukas och måste bytas ut efter en tid. Detta är en vanlig metod där en daggpunkt på mellan -5 och -10 °C erfordras vid distribution av gas i ledning till t ex en gaspanna. Metoden kan användas vid låga tryck.

### **Fysikalisk absorption**

Fysikalisk absorption innebär att gasen passerar genom en fuktupptagande vätska exempelvis Selexol. Absorptionsmedlet regenereras vanligtvis genom exempelvis vakuum och uppvärmning. Denna metod är vanlig i integrerade metoder för koldioxidavskiljning och ger en låg daggpunkt.

## **2.4 Avskiljning av andra föroreningar**

### **Partiklar**

Partiklar avskiljs i filter där porstorlek väljs utifrån vad gasen är tänkt att användas för. Avskiljningen av partiklar sker vanligtvis som ett första steg i uppgraderings- och reningsprocessen, då partiklar annars kan störa de efterföljande stegen.

### **Olja**

Eventuell smörjolja från kompressorer eller annan utrustning avskiljs med hjälp av ett oljeavskiljningsfilter (t ex molekylsikt).

### 3. Mät-, säkerhets- och operatörssystem

#### 3.1 Kvalitetssäkring

Beroende på användningsområde och avtal ställs olika krav på kvalitetssäkring av biogasen.

Uppgraderad biogas för fordonsdrift för publik användning skall uppfylla kraven i standarden SS 15 54 38, och det är viktigt att det finns ett fungerande kvalitetssäkringssystem för att garantera att så är fallet. Det skall finnas spårbarhet i kvaliteten på levererad gas. Se t ex SGC Rapport 138 System för kvalitetssäkring av uppgraderad biogas.

Gasleveransen bör stoppas automatiskt om de för anläggningen specificerade kraven inte uppfylls. Det skall dessutom finnas en larmfunktion för avvikelser.

Kalibrering av mätinstrument skall utföras enligt instrumentleverantörens anvisningar, av personal som har utbildning och erfarenhet av instrumentkalibrering.

Egna mätningar vid anläggningen skall kompletteras med extern analys på ett opartiskt laboratorium. Frekvensen hos de externa analyserna varierar mellan anläggningarna. Anläggningar med enkla analysystem kräver täta externa analyser om gasen skall användas till fordon.

#### 3.2 Gasanalys

Det finns flera olika mätmetoder för de komponenter som finns i gasen. Vilka komponenter som mäts och vilka metoder som väljs för mätningen beror på användningsområde och avtal.

För fordonsgas analyseras syre i rågasen, koldioxid och/eller metan efter separation av koldioxid, samt vattenhalt (daggpunkt) och svavelvätehalt i produktgasen, före eventuell komprimering. Rör det sig om låga halter svavelväte kan den analyseras som stickprov.

I deponier finns särskilda krav på syrgasmätning, då luft suges in via sugledningarna.

Samma mätmetod kan ofta användas för att mäta flera olika komponenter. Till exempel kan en mätmetod baserad på termisk konduktivitet även användas för mätning av väte, koldioxid, svaveldioxid och ammoniak.

Vid val av utrustning för detektering eller mätning är det många faktorer man bör ta hänsyn till, bland annat följande:

- portabelt eller stationärt instrument
- en eller flera mätpunkter
- mätområde

- mätnoggrannhet
- störgaser i gasen, t ex fukt
- temperatur och tryck
- larm, nivå och antal
- signalutgångar för extern behandling
- damm, vibrationer, drifttid mm.

Rutiner skall finnas för kalibrering av mätinstrumenten.

Regelbundna kondensatanalyser skall utföras enligt kraven om egenkontroll i miljöbalken för att kontrollera att anläggningen inte släpper ut miljöfarliga eller hälsovådliga ämnen.

Tabell 12.1 Exempel på analysmetoder för olika komponenter i gasen.

Ämne	Mätmetod	Rekommenderad placering av provuttag
Metan	IR GC-TCD	Direkt efter separation av koldioxid
Koldioxid	IR GC-TCD	Direkt efter separation av koldioxid
Syrgas	Elektrokemisk cell Paramagnetism GC-TCD	I rågasen före uppgradering
Svavelväte	Elektrokemisk cell GC-TCD	I produktgasen före komprimering
Vatten	Daggpunktsmätare IR	I produktgasen före komprimering

### 3.3 Övrig mätning

Förutom gasanalys krävs mätning av flöden, tryck, temperatur, nivåer och fukthalt för styrning, övervakning och kontroll av anläggningen och dess säkerhetssystem. Vilka mätningar som erfordras i den enskilda anläggningen beror på dess utformning, myndighetskrav och villkor, och vilka avtalsmässiga krav som finns med kunderna till anläggningen, samt hur anläggningen övervakas och styrs. Utformningen av denna mätning kräver stor kunskap och erfarenhet av bl a processtyrning.

### 3.4 Säkerhetssystem

Ett säkerhetssystem skall övervaka att villkor för säker drift är uppfyllda. Då något villkor för säker drift inte längre är uppfyllt skall säkerhetssystemet utlösa en skyddsåtgärd för att på ett säkert sätt avbryta fortsatt drift eller ingripa så att villkor för säker drift åter blir uppfyllt.

#### **Säkerhetssystemets omfattning**

Behov och omfattning av ett säkerhetssystem kan bestämmas genom en riskbedömning (se avsnitt 5.1).

Riskbedömning resulterar ofta i krav på att säkerhetssystemet i en gasanläggning skall övervaka:

- gasproduktion (tryck, temperatur, flöde, vätskenivå, syrenivå, fukthalt, gaskvalitet etc)
- ventilation
- fackla
- reglersystem.

#### **Säkerhetssystemets utformning**

Utformningen av säkerhetssystemet är en kvalificerad uppgift som kräver kunskap och erfarenhet. Verksamhetsutövaren skall tillse att erforderliga bedömningar enligt Gasföreningens energigasnormer (EGN) har utförts.

En gemensam grundstandard för säkerhetssystem saknas idag. I stället får krav sammanföras från bl a de olika standarder som utarbetas under EG:s maskindirektiv (AFS 1993:10), gasapparatdirektiv (SÄIFS 2000:6) och lågspänningsdirektiv (ELSÄK-FS 2000:1). Bedömningen av säkerhetssystem ingår i CE-märkningen av utrustning som tillverkas enligt dessa direktiv (föreskrifter).

Vissa grundläggande principer återfinns i bl a följande standarder:

- SS-EN 954 Säkerhetsrelaterade delar hos styrsystem
- SS-EN 60 204-1 Maskinsäkerhet – Maskiners elutrustning
- SS-EN 298 Automatiska brännarsystem för gasbrännare och gasapparater
- SS-EN 61508, del 1-7 Funktionssäkerhet hos elektriska, elektroniska och programmerbara elektroniska säkerhetskritiska system.

Ett säkerhetssystem är vanligen sammansatt av flera komponenter, funktioner, system etc. Ett fel på någon av dessa får inte ensamt orsaka att säkerhetssystemet sätts ur funktion eller att ett farligt tillstånd inträder.

Detta krav kan uppfyllas på något av följande sätt:

- fel i säkerhetssystemet skall leda till skyddsåtgärd
- dubblering av säkerhetssystemet (hela eller delar av) för övervakning av ett visst villkor. Om endera av systemen detekterar att villkor för säker drift inte längre är uppfyllt skall skyddsåtgärd utlösas

- en säkerhetsanalys som visar att sannolikheten för komponent- eller funktionsfel är låg.

En säkerhetsanalys för sammansatta system bör genomföras som en systematisk felträdsanalys.

För enskilda komponenter får sannolikheten för fel bedömas via granskning av konstruktion, provning, erfarenhetsvärden eller motsvarande.

Säkerhetssystem skall vara oberoende av styrsystem. Givare och omvandlare får vara gemensamma, om fel i någon del utlöser skyddsåtgärd.

#### **Programmerbar elektronikutrustning (PLC)**

Programmerbar elektronikutrustning får inte användas för nödstoppsfunktioner. Minnesinnehåll skall skyddas så att det inte kan ändras oavsiktligt eller av obehöriga personer.

Allmänt gäller att för säkerhetsanknutna funktioner är elektromekaniska komponenter förbundna med ledningar att föredra framför användning av programmerbar elektronikutrustning. Om programmerbar utrustning används för sådana funktioner skall lämpliga åtgärder vidtas (se bl a SS-EN 60204-1, avsnitt 9.4)

För komponent- och funktionskrav hänvisas till EGN, avsnitt 7.6.5.

För säkerhetsutrustning enligt tryckkärlsdirektivet, se AFS 1999:4 och EGN, avsnitt 7.6.6.

### **3.5 Operatörssystem**

Operatörssystemet utgör operatörens kommunikation med styrsystemet och processen. Kraven på en bra människa/maskin-kommunikation och även på miljön i operatörsrummet är stora. Den ska vara ergonomiskt riktig och vara utformad att passa operatörernas mänskliga egenskaper och begränsningar.

Operatören skall alltid kunna få en klar bild av vad som sker även när automatikfunktionerna arbetar med till exempel en sekvensstyrning. Operatören ska alltid kunna ställa av en automatik och styra processen manuellt.

Ett styrsystem ska vara konstruerat med tanke på dess olika processtillstånd. Det innebär bland annat att styrsystemet bör kunna ge operatören tillgång till olika funktioner och olika typer av information i de olika driftfallen.

### **3.6 Installation och montage**

Vid planeringen av elektroniska styrsystem skall elektriska störspänningar och hur man genom lämpliga åtgärder kan minimera dem eller skydda sig mot dem beaktas.

Dessutom skall utrymmesbehov för installation och underhåll, strömförsörjning (inklusive avbrottsfri sådan), montagepersonalens kompetens och kontroll av montaget beaktas.

Kontrollrum (operatörsrum) och elrum skall utgöra separata brandceller avgränsade i minst brandteknisk klass EI 60.

### **3.7 Provnig och idrifttagning av system**

En noggrann provning hos leverantören före leverans skall utföras. Helst skall alla i systemet ingående enheter kontrolleras. In- och utgående signaler bör kunna simuleras individuellt. Punkter att bevaka och upprätta en kontrollrapport över är bl.a.:

- operatörsbilder
- larm
- reglerkretsar och parameterinställningar
- mätkretsar
- motorströmmar
- förreglingar
- failsafe principer, dvs maskiner, ställdon etc ska vid fel inta ett ur säkerhetssynpunkt säkrat tillstånd.
- sekvensstyrningar
- säkerhetsvakter.

När de olika delsystemen testas kontrolleras successivt det totala systemets funktion.

De funktioner som styrs via programmerbara elektroniska styrsystem skall kontrolleras med avseende på skydds- och förreglingsfunktioner samt systembelastningar. Eventuella förbikopplingar av förreglingsfunktioner i samband med spänningssättningar eller rotationsprov skall avlägsnas. Notering angående detta skall göras i dagbok. RAM-lagrade program bör överföras till EPROM eller motsvarande.

## 4. Projektering

Vid planering av ny anläggning eller vid utökning av eller väsentlig ombyggnad av befintlig anläggning är det viktigt med en noggrann projektering. Då sparar man både tid och pengar i tillståndsprocessen, samt inte minst i byggnadsfasen av den nya anläggningen, då det medför mindre behov av ändrings- och tillägsarbete.

En kompetent organisation skall upprättas för projekteringen. Det skall fastställas hur projekteringen skall ledas såväl inom projektet som mellan projektet och den som står som beställare av projektet.

I ett tidigt skede av projekteringen bör man klargöra

- projektets omfattning med avseende på prestanda, tidplan och ekonomi,
- rapporteringsrutiner mellan den som står som beställare av projektet och ansvarig för projektet,
- hur leveranssäkerheten skall upprättas för kunden vid underhållsarbete eller fel på anläggningen, t ex i form av dubbla system, gaslager eller LNG-lager,
- vilka regler som påverkar utformning och drift av anläggningen inklusive vilka tillstånd som erfordras.

Dessutom bör berörda myndigheter kontaktas och informeras om projektet inför kommande tillståndshantering.

Då förutsättningarna för projekteringen har klarlagts skall de underlag som behövs för de olika tillståndsansökningarna tas fram. Detta inbegriper riskbedömningar (se avsnitt 5.1).

När den planerade anläggningen har fått erforderliga tillstånd utförs en detaljprojektering baserad på ovan nämnda förutsättningar samt de villkor som finns i tillstånden för den planerade anläggningen. Underlag för upphandling tas fram. Skall anläggningen upphandlas som en helhet eller i delar? Hur blir det med ansvar för samordning och samfunktion som detta för med sig för projektorganisationen och beställaren? Vid upphandlingen skall också klargöras vem som skall CE-märka och därigenom ta på sig tillverkaransvaret enligt den lagstiftning som styr CE-märkningen

## 5. Riskbedömning och riskanalys för gasanläggningar

### 5.1 Riskbedömning

I all verksamhet där gas hanteras skall en riskbedömning göras vid konstruktion av nya anläggningar, ombyggnad eller ändring av äldre anläggningar eller förändringar i anläggningens verksamhet som inte omfattas av tidigare utförda riskbedömningar enligt lagen om brandfarliga och explosiva varor, arbetsmiljölagen och miljöbalken.

När det gäller biogas är det främst risken för brand och explosion som är aktuell, men även miljörisker och risker för t ex förgiftning och kvävning samt risker på arbetsplatsen i allmänhet skall beaktas.

I första hand skall konstruktionen och dess verksamhet utformas så att risker inte kan uppstå. Risker som inte kan byggas bort på ett rimligt sätt skall istället omhändertas av säkerhetssystem och skyddsanvisningar.

Riskbedömningen omfattar huvudsakligen stegen

- riskidentifiering,
- riskuppskattning och
- riskvärdering.

Första steget i riskbedömningen är en riskidentifiering för att bedöma vilka risker som kan förekomma. Andra steget är att genom en riskuppskattning bedöma sannolikheten för att de identifierade riskerna kan inträffa samt bedöma konsekvenserna av en olycka på grund av de identifierade riskerna. Sista steget är att göra en riskvärdering genom en sammanvägning av sannolikhet och konsekvens för de identifierade riskerna.

En grundläggande del av riskbedömningen är att klargöra utifrån vilka normer eller standarder som anläggningen har konstruerats. Den tekniska delen av riskbedömningen kan normalt begränsas i mindre komplexa anläggningar om

- anläggningen har konstruerats utifrån moderna normer eller standarder och
- dessa normer och standarder omfattar för säkerheten viktiga faktorer.

Det är viktigt att inte bara den tekniska installationen som berörs. Bedömningen skall även omfatta organisatoriska frågor, personalens utbildning och kompetens, risker för felhantering vid olika arbetsmoment, anlåtande av entreprenörer och vikarier, rutiner för uppföljning av tillbud och olyckor, rutiner för fortlöpande tillsyn samt uppföljning av att arbete verkligen utförs på ett säkert sätt.

I riskbedömningen skall också ingå identifiering av risker under projektering, upphandling och uppförande av anläggningen, enligt AFS 1999:3.

En riskbedömning för en gasinstallation skall i regel beakta följande risker:

- brand



- gasexplosion
- rökgasexplosion
- CO-förgiftning
- för högt tryck
- för hög temperatur
- risker till följd av omgivande verksamheter.

## 5.2 Riskanalys

Om det efter utförd riskbedömning kvarstår oklarheter i bedömningen av anläggningens säkerhet med hänsyn tagen till konsekvenserna, är det nödvändigt att klarställa riskbedömningen med en riskanalys

Om riskanalysen visar på fortsatt oklarhet eller på för hög risk med hänsyn taget till konsekvensen, måste åtgärder vidtas. I första hand i form av konstruktionsförändringar eller förändringar i verksamheten på anläggningen. Om detta inte går, eller inte är rimligt med hänsyn till risken och dess konsekvenser, får risken tas om hand eller begränsas genom införande av något skyddssystem. Först om varken konstruktionsförändring, verksamhetsförändring eller införande av skyddssystem är möjligt eller rimligt, får skyddsanvisningar användas för att ta hand om eller begränsa riskerna.

Det finns många olika metodiker tillgängliga för riskanalyser, särskilt för mer tekniska analyser.

Riskanalyser bör alltid genomföras av en grupp. På så sätt kan behovet av kunskaper inom olika områden tillgodoses. Vid riskanalysarbetet krävs kunskap om t ex:

- risker och skyddsåtgärder vid hantering av biogas
- anläggningens konstruktion
- instruktioner och rutiner som gäller i anläggningen, samt hur arbetet utförs
- tillämpad riskanalysmetodik.

Se vidare AFS 2001:1, AFS 2002:1, samt SRVFS 2004:7.

## 6. Komprimering

Biogas produceras vid mycket låga tryck (kring 30 mbar). I biogassystem är tryckstegring (komprimering) för att minska gasen geometriska volymer vanlig för att distribuera och lagra gas. I vissa fall kan gasen komprimeras av andra skäl exempel med avsikt att fälla ut kondensat.

Genom att höja trycket i ett gassystem över atmosfärstryck så höjs även säkerheten. Effekten av ett läckage betyder då att gasen strömmar ut till atmosfär istället för att luft tränger in och skapar en brandfarlig gasblandning i systemet. Denna säkerhetsaspekt är högst väsentlig.

För komprimering av biogas används olika typer av kompressorer, exempelvis centrifugal-, klo-, lamell-, skruv-, kolv- och membrankompressor. Valet av kompressortyp beror på faktorer såsom gasens kvalitet, flöde, förekomst av vätska, gastryck, verkningsgrad, material, vibrationer och ljudnivå. Faktorer som elförbrukning, serviceintervall, drifttid etc är också av betydelse.

Kompressorer för biogas ska vara anpassade och uppfylla kraven för att hantera brandfarlig gas bl a genom materialval och utförande av elektriska installationer.

Kompressorer kan ha oljesmorda alternativt osmorda kompressionskammare och cylinderlopp. Olja kan i vissa fall uppfattas som en oönskad förorening som kan komma in i gasen. En osmord kompressor har som regel kortare serviceintervall mellan kolvringsbyte men kan vara att föredra om gasen skall hållas fri från föroreningar.

Kompressorn ska vara godkänd enligt kraven i AFS 1995:5 och ELSÄK-FS 1995:6 vidare ska utrymmet där den monteras genomgå Ex-klassning enligt SRVFS 2004:7 (ATEX- direktiven angående krav på utrustning och användning av densamma).

Utrustningarna ska även uppfylla andra europeiska direktiv som maskindirektivet och tryckkärlsdirektivet.

Det är som regel en väsentlig skillnad i risker och krav på en applikation med relativt moderata tryck från en gasfläkt jämfört med en kolvkompressor, som på tankstationer för fordon höjer gastrycket till 200 bar eller högre. Se SS-EN 1012-1 för krav på kompressorer för brandfarliga varor, samt SGF:s Anvisningar för tankstationer för metangasdrivna fordon.

Generellt gäller att utrustningen ska skyddas mot:

- för lågt tryck före kompressor, under atmosfärstryck då det uppstår en risk att kompressorn drar in luft i själva gasen och en brandfarlig blandning uppstår,
- för höga tryck över vad respektive komponent är dimensionerad för (skydd kan bestå av säkerhetsventiler, tryckvakter eller en kombination av bägge),
- för höga temperaturer som kan medföra maskinhaverier eller i värsta fall antändning av gas (skydd kan vara utrustning för kylning och temperaturvakt).

En kompressor förses lämpligen med avstängningsventiler på in- och utlopp. Därmed kan den avskiljas vid reparation och service och metanläckaget hållas lågt vid demontage.

En partikel- och kondensfälla placeras lämpligen före kompressorn för att ta bort partiklar och fukt/vatten, detta för att skydda kompressorn mot slitage och skador. Olika typer av filter finns allt från tomma kärl som fångar upp vatten och större partiklar till filter med mycket hög avskiljningsgrad av oönskade komponenter. Valet är beroende av behovet i den tekniska installationen.

Vid komprimering av gas övergår den mekaniska energin i huvudsak till värme som höjer gasens temperatur. Höga temperaturer kan skada utrustningen i systemet varför gaskompressorer ofta utrustas med kylare.

Fläktar för låga tryck kan som regel fungera utan kylare men redan vid tryckstegringar motsvarande  $\Delta P > 0,2 - 0,3$  bar kan höjningen av gastemperaturen medföra att kylning krävs. Temperaturen får inte överstiga vad gassystemet klarar.

Vid komprimering till höga tryck sker komprimeringen i flera etapper där gasen kyls mellan varje kompressionssteg för att undvika för höga temperaturer.

Vidare ger höga gastemperaturer en ineffektiv komprimering med sämre totalverkningsgrad då varm gas kräver större volym vid samma tryck och därmed större utrymme.

Kylvattenkretsen skall avsäkras, t ex med sprängbleck.

## 7. Gaslagring

Produktion av biogas i en anläggning varierar över tiden. Variationer med olika periodicitet förekommer, från variationer över några timmar till säsongvariationer. Hur gasproduktionen varierar beror på framförallt på rötningsteknik och ingående substratflöde.

För att balansera ut variationerna i gasproduktionen kan olika former av lager komma i fråga.

Deponigasanläggningar är normalt inte försedda med någon form av gaslager. Dessa drivs genom att direkt anpassa produktion och konsumtion till varandra.

Gaslager kan delas in i två typer; gasklockor och högtryckslager. Gasklockor har främst en tryckhållande samt flödesutjämnande funktion, och beskrivs inte här.

### 7.1 Högtryckslager

Högtryckslager har främst en funktion att lagra gas för att matcha produktion och behov av gas. Högtryckslagring används framförallt vid anläggningar för tankning av fordon där ett högt gastryck krävs vid utnyttjande i fordon. Lagring sker vid ett tryck på upp till 350 bar. Detta ställer krav på att gasen renas från svavel, vatten mm eftersom risken för korrosion annars ökar. Högtryckslager sker i högtryckscylindrar eller högtrycksflaskor. Flera enheter kan kopplas ihop till paket för att få större volym. Dessa enheter arrangeras i banker dvs separata enheter som fylls och töms i en sekvens för att bästa effektivitet.

Lagringen vid dessa höga tryck ställer även krav på att gasen komprimeras vilket är förenat med kostnader.

Lagersystemen ska vara försedda med säkerhetsventiler vid varje bank, dvs enhet av sammankopplade lager. Utblåsningsröret ska mynna på säkert ställe.

Se vidare SGF:s Anvisningar för tankstationer för metangasdrivna fordon.

## 8. Förteckning över referenser

Här är en förteckning över lagar, föreskrifter, normer och övriga referenser som denna rapport hänvisar till. Gällande författningar och föreskrifter finns att hämta på den offentliga förvaltningens gemensamma webbplats för svensk rättsinformation ([www.lagrummet.se](http://www.lagrummet.se)), eller på respektive myndighets hemsida.

### Lagar

SFS 1977:1160	Arbetsmiljölagen
SFS 1988:868	Lagen om brandfarliga och explosiva varor
SFS 1998:808	Miljöbalken

### Föreskrifter och allmänna råd

AFS 1993:10	Arbetsmiljöverkets föreskrifter, Maskiner och vissa andra tekniska anordningar
AFS 1999:3	Arbetsmiljöverkets författningssamling; Byggnads.- och anläggningsarbete
AFS 2001:1	Arbetsmiljöverkets föreskrifter om systematiskt arbetsmiljöarbete
AFS 2002:1	Arbetsmiljöverkets föreskrifter om användning av trycksatta anordningar
ELSÄK-FS 2000:1	Elsäkerhetsverkets föreskrifter om viss elektrisk materiel samt allmänna råd om dessa föreskrifters tillämpning
SRVFS 2004:7	Statens räddningsverks föreskrifter om explosionsfarlig miljö vid hantering av brandfarliga gaser och vätskor
SÄIFS 1998:5	Sprängämnesinspektionens föreskrifter om tankstationer för metangasdrivna fordon
SÄIFS 2000:6	Sprängämnesinspektionens föreskrifter om gasapparater
VVFS 2003:22	Vägverkets föreskrifter om bilar och släpvagnar som dras av bilar

### Branschormer, -anvisningar och övriga referenser

BGA 99	Svenska Gasföreningens anvisningar för utförande av biogasanläggningar
--------	--

EGN 01	Svenska Gasföreningens Energigasnormer
SGC Rapport 138	System för kvalitetssäkring av uppgraderad biogas, Anders Dahl, 2003
SS-EN 298	Automatiska brännarsystem för gasbrännare och gasapparater
SS-EN 954	Säkerhetsrelaterade delar hos styrsystem
SS-EN 1012-1	Kompressorer och vakuumpumpar - Säkerhetskrav - Del 1: Kompressorer
SS-EN 60204-1	Maskinsäkerhet – Maskiners elutrustning
SS-EN 61508, del 1-7	Funktionssäkerhet hos elektriska, elektroniska och programmerbara elektroniska säkerhetskritiska system
SS 15 54 38	Motorbränslen – Biogas som bränsle till snabbgående ottomotorer
Tankstationsanvisningen	Svenska Gasföreningens anvisningar för tankstationer för metangasdrivna fordon

## 9. Kontakter och hemsidor

Namn	Telefon	Hemsida	e-mail
Arbetsmiljöverket	08-730 90 00	<a href="http://www.av.se">www.av.se</a>	<a href="mailto:arbetsmiljoverket@av.se">arbetsmiljoverket@av.se</a>
EG-direktiv		<a href="http://www.riksdagen.se/eu/tripform/egdir_form.asp">www.riksdagen.se/eu/tripform/egdir_form.asp</a>	
Elsäkerhetsverket	08-508 905 00	<a href="http://www.elsakerhetsverket.se">www.elsakerhetsverket.se</a>	<a href="mailto:elsakerhetsverket@elsakerhetsverket.se">elsakerhetsverket@elsakerhetsverket.se</a>
Energimyndigheten	016-544 20 00	<a href="http://www.stem.se">www.stem.se</a>	<a href="mailto:stem@stem.se">stem@stem.se</a>
Lagrummet (offentliga förvaltningens gemensamma webbplats för svensk rättsinformation)		<a href="http://www.lagrummet.se">http://www.lagrummet.se</a>	<a href="mailto:lagrummet@lagrummet.se">lagrummet@lagrummet.se</a>
Naturvårdsverket	08-698 10 00	<a href="http://www.naturvardsverket.se">www.naturvardsverket.se</a>	<a href="mailto:natur@naturvardsverket.se">natur@naturvardsverket.se</a>
New Approach Standardisation in the Internal Market (Här kan man hitta EG-direktiven och de harmoniserade standarderna)		<a href="http://www.newapproach.org">www.newapproach.org</a>	se hemsidan
Räddningsverket	054-13 50 00	<a href="http://www.srv.se">www.srv.se</a>	<a href="mailto:srv@srv.se">srv@srv.se</a>
Räddningsverket, Avdelningen för olycksförebyggande verksamhet (OFA) Enheten för brandfarliga och explosiva varor (bex)	08-590 080 00	<a href="http://www.srv.se">www.srv.se</a>	<a href="mailto:bex@srv.se">bex@srv.se</a>
SIS, Swedish Standards Institute	08- 555 520 00	<a href="http://www.sis.se">www.sis.se</a>	<a href="mailto:info@sis.se">info@sis.se</a> (Förlaget: <a href="mailto:sis.sales@sis.se">sis.sales@sis.se</a> )
Svenska Biogasföreningen	08-692 18 50	<a href="http://www.sbgf.org">www.sbgf.org</a>	<a href="mailto:info@sbgf.org">info@sbgf.org</a>
Svenska Gasföreningen	08-692 18 40	<a href="http://www.gasforeningen.se">www.gasforeningen.se</a>	<a href="mailto:info@gasforeningen.se">info@gasforeningen.se</a>
Svenskt Gastekniskt Center	040-680 07 60	<a href="http://www.sgc.se">www.sgc.se</a>	<a href="mailto:info@sgc.se">info@sgc.se</a>