

Nationellt Samverkansprojekt Biogas i Fordon



Analys av systemutformning för biogasleverans till busstrafiken i Helsingborg

610313

ISSN 1651-5501

Projektet delfinansieras av Energimyndigheten

***ANALYS AV SYSTEMUTFORMNING FÖR BIOGASLEVERANS
TILL BUSSTRAFIKEN I HELSINGBORG***

Förord

I Sverige används totalt ca 100 TWh förnyelsebar energi, varav största delen finns och används inom skogsindustrin. Det produceras ca 1,3 TWh biogas årligen från reningsverk, deponier och industriella anläggningar. Uppskattningar av framtida potential tyder på att ytterligare 15-30 TWh kan finnas tillgängliga och då huvudsakligen genom material från lantbrukssektorn. Efterfrågan av biogas kan sannolikt bli större än tillgången inom en snar framtid.

Biogasen är vid en miljökonsekvensanalys det renaste bränslet som finns kommersiellt tillgängligt idag. Den ger vid förbränning låga emissionshalter i rökgaserna, låg energiförbrukning vid produktion, korta transportsträckor för leverans, samt den påverkar inte växthuseffekten vid användning. Därtill är biogas en förnyelsebar energiråvara och den är säker att använda.

NSR:s satsning på produktion och användning av biogas tjänar många goda syften. Utsläppen kan sänkas. Dessutom produceras energiråvaran ur inhemska energikällor vilket medför att pengarna stannar i trakten, oberoendet ökar och en optimering av samhällets resurser genomförs.

Från LLOYD Engineering:s sida vill vi tacka för förtroendet att få genomföra denna systembeskrivning. Det är vår förhoppning att den ska belysa situationen i Helsingborg och möjligheter, samt utgöra underlag för vidare beslut.

Samtidigt som underlag till detta uppdrag har utarbetats, har en beslutande grupp haft möten och använt de delar av underlaget som då varit tillgängligt. Vid författandet av rapporten har beslut om användning av naturgasnätet redan tagits, vilket redovisas i rapporten.

Svedala 6 November 2003

Ola Lloyd, Teknisk konsult

Sammanfattning

Helsingborgs stad har beslutat att stadsbussarna ska drivas med biogas. Biogas produceras vid avloppsreningsverket (VA-verket) och på Filborna avfallsanläggning. Biogas innehållande ca 10 GWh kan uppgraderas vid respektive anläggning.

Denna rapport innehåller en systembeskrivning om hur stadsbussarna ska kunna drivas med biogas. Två alternativ för distribuering av renad uppgraderad biogas från respektive källa till en bussdepå har bedömts. Biogasen kan efter uppgradering antingen distribueras i nya ledningar eller anslutas till naturgasnätet. Bedömningen baseras på ekonomiska faktorer, driftsäkerhet och miljöpåverkan.

Tankning av bussar är tänkt att ske nattetid under en 6-8 timmars period. Gasflödena är under denna period ca dubbelt så stora som produktionsvolymerna från Filborna och VA-verket tillsammans. Distribution av biogas via nya ledningar kräver större lagringsvolym, vilket ökar investeringskostnaderna för detta alternativ.

Lägre investeringskostnader, främst på grund av kortare gasledningar, mindre gaslager kombinerat med jämn avsättning av biogasen över hela dygnet gynnar alternativet med anslutning till naturgasnätet. Anslutning till naturgasnätet ger också större flexibilitet vid förändringar i framtiden. En beslutande projektgrupp med intressenter för biogasen har bildats. Under tiden som denna rapport utarbetats har beslut tagits för att uppgraderad biogas ska anslutas till naturgasnätet.

Biogasen renas och uppgraderas till en kvalité som motsvarar krav för fordonsgas. Propan doseras till den reade biogasen så att produktgasen får ett värmevärde som är inom samma intervall som naturgasens. Anläggningar för propandosering och gasrening ska innehålla godkända kvalitetssäkringssystem.

Investeringsbehovet för en propandoseringsanläggning vid Filborna, en gasreningsanläggning med propandosering vid VA-verket och en tankningsstation vid en ny bussdepå har beräknats. Vidare har drift och underhållskostnaderna bedömts. Resultatet redovisas i följande tabell.

Anläggning	Investeringsbehov (kkr)	Drift- underhållskostnad (kkr)
Propandoseringsanläggning	2 100	1 082 *
Gasreningsanläggning med propandosering	10 100	1 425 *
Gastankningsstation för 60 bussar (Bussdepå)	15 300	633

*Drift- underhållskostnaderna avser produktion av produktgas med 11 GWh energiinnehåll under 8700 timmars drifttid.

Naturgasnätets kapacitet är tillräckligt för att distribuera gas till gastankningsstationen då 60 stycken bussar ska fyllas. Vid en eventuell utbyggnad med ytterligare 30 stycken bussar krävs smärre utbyggnader i nätet.

Summary

The town Helsingborg has decided that local buses shall use biogas as fuel. Biogas is produced in a sewage plant and at Filborna waste treatment plant. Biogas containing approximately 10 GWh is available for refining at each plant.

This report includes a description of a system where local buses are supplied with refined biogas. Two alternatives that distributes biogas from each source to a filling station, has been evaluated. The biogas can:

1. be distributed by new pipelines from the sewage plant and from the waste treatment plant
2. be distributed by the existing natural gas network.

The evaluation is based on economical factors, operation reliability and environmental effects.

Filling buses with gas is done in a 6 – 8 hours period at night. Gas flow rate is during this period twice the flow rate that both sources can produce together. To manage filling the buses in less than 8 hours, a system with biogas pipelines needs storage volumes. This will increase the investment cost for this alternative.

Lower investment costs, mostly because of shorter pipelines, less gas storage combined with continually sales 24 hours a day, makes a connection to natural gas net in favour. A system with a connection to the natural gas net is also more flexible for changes in the future. A deciding project group including participants for biogas has been created. During the time producing this report the group has decided that refined, upgraded biogas shall be distributed trough the natural gas net.

The biogas is refined to a quality matching demands for vehicle gas. Propane is dosed in to the refined biogas so that the energy content is in the same range as natural gas. The refining plant shall include an approved quality securing system.

The need of investment for a Propane dosage plant at Filborna, a biogas refining plant with Propane dosage at the sewage plant and a gas filling station has been calculated. An estimation regarding operation and service cost has been done. The result is shown in table below.

<i>Plant</i>	<i>Investment (K SEK)</i>	<i>Operation & service cost (K SEK)</i>
Propane dosage plant	2 100	1 082 *
Gas refining plant with propane dosage	10 100	1 425 *
Gas filling station for 60 buses (Bus depot)	15 300	633

*Operation and service cost is related to a production of 11 GWh upgraded biogas during 8700 hours operation.

The existing natural gas net has enough capacity to distribute gas for 60 buses. If an extension of the filling plant to 90 buses is desired, small extensions is needed in the gas net.

Innehållsförteckning

	Sida
1. BAKGRUND	6
2. FÖRUTSÄTTNINGAR.....	6
2.1 Projektorganisation	6
2.2 Biogaskvantiteter i Helsingborg	6
2.3 Distributionssystem.....	7
2.3.1 Gasfordons flexibilitet avseende bränslekvalitéer naturgas/renad biogas.	7
2.3.2 Distributionsalternativ	7
2.3.3 Naturgasnätets kapacitet	8
2.4 Slutsatser avseende distributionssystem	8
2.5 Kvalitetskrav för biogas vid anslutning till NG-nätet	9
2.6 Resonemang kring anslutning av renad biogas till naturgasnätet	10
3. SYSTEMBESKRIVNINGAR.....	11
3.1 NSR, Filborna.....	11
3.1.1 Utformning av en propandoseringsanläggning	11
3.1.2 Avräkningssystem för leverans av uppgraderad biogas till naturgasnätet.....	11
3.2 Avloppsreningsverket.....	12
3.2.1 Utformning av en gasreningsanläggning	12
3.3 Tankningsstation för gasbussar (Bussdepå).....	13
3.3.1 Utformning av en naturgasansluten tankningsstation för gasbussar	13
4. EKONOMI	14
4.1 Investeringsbehov:	14
4.1.1 Propandoseringsanläggning (NSR).....	14
4.1.2 Gasreningsanläggning med propandoserings (VA-verket)	15
4.1.3 Gastankningsanläggning (Bussdepå).....	16
4.2 Drift och underhållskostnader:	18
4.2.1 Propandoserings (NSR och VA-verket)	18
4.2.2 Gasrening och propandoserings (VA-verket).....	18
4.2.3 Gastankningsanläggning (Bussdepå)	19

1. Bakgrund

Syftet med detta projekt har varit att utföra en analys av systemutformningen för att utvärdera bästa sätt att föra biogasen från olika produktionsenheter i Helsingborg till en ny bussdepå för tankning av stadens bussar. Därmed kan den stora biogaspotential som redan finns i Helsingborg nyttjas fullt ut till att försörja 60 – 90 bussar med drivmedel. Eftersom många parter är inblandade har även projektet syftat till att skapa en samordnad projektorganisation.

NSR (Nordvästra Skånes Renhållnings AB) som är den största biogasproducenten i Helsingborg har beviljats stöd ur ramprogrammet ”Biogas i fordon” från Statens Energimyndighet för ovanstående projekt. Övriga projektmedlemmar är Öresundskraft AB, Helsingborgs stad och Skånetrafiken. Ramprogrammet administreras av Svenska Biogasföreningen.

2. Förutsättningar

2.1 Projektorganisation

Tekniska förvaltningen (Kärnfastigheter) i Helsingborg tillsammans med Skånetrafiken har fått i uppdrag att projektera och bygga en ny bussdepå i staden. Bussdepån ska serva både den lokala och regionala bussflottan. Totalt beräknas 120 till 150 bussar vara anslutna till depån. Lokaltrafiken i Helsingborg ska drivas med biogas. Antalet gasdrivna bussar beräknas till 60 stycken men depån ska kunna byggas ut för ytterligare 30 gasbussar. Ett depåbolag som ägs av Helsingborg stad, Skånetrafiken och fyra bussbolag har bildats. Bolaget äger och driver bussdepån.

Biogasproducenterna i Helsingborg är NSR och VA-verket. NSR har redan produktion av renad biogas (fordonsbränsle) medan VA-verket producerar rågas (ej uppgraderad biogas). Öresundskraft AB äger naturgasnätet och levererar naturgas i Helsingborg.

Deltagare från ovanstående organisationer har bildat en projektgrupp kallad gasprojektet. Gruppen har hållit fyra protokollförda möten. Beslut har tagits att utnyttja gasinfrastrukturen i Helsingborg och därmed leverera biogasen via naturgasnätet. Naturgasen fungerar då naturligt som ”back up”. Öresundskraft köper biogasen som uppgraderas till naturgaskvalité och levererar den till bussdepån. Investeringen av gasinstallationerna på bussdepån bekostas av Öresundskraft.

2.2 Biogaskvantiteter i Helsingborg

NSR:s befintliga biogasanläggning med uppgradering till fordonsbränsle i norra delen av Helsingborg kan årligen producera ca 20 GWh. Idag levereras renad biogas till sopbilar och personbilar från den publika gasmacken i anslutning till uppgraderingsanläggningen. Som mest beräknas ca 10 GWh/år kunna förse kunderna vid NSR:s tankningsstation med gas. Den resterande kapaciteten räcker till drygt 30 bussar.

NSR utviner årligen ca 80 GWh deponigas. Gasen innehåller en del luftgaser vilket utgör ett hinder för att med beprövad teknik uppgradera gasen till drivmedel/naturgaskvalitet. Kvantiteterna

är dock så pass stora att ett försöksprojekt med utvecklad teknik kan vara av intresse för att även uppgradera delar av denna gasmängd i framtiden.

I södra delen av Helsingborg finns stadens reningsverk. Här produceras ca 10 GWh rötgas. En stor del av denna gasmängd facklas. Även denna gasmängd kan uppgraderas till drivmedelskvalité åt gasfordon.

2.3 Distributionssystem

2.3.1 Gasfordons flexibilitet avseende bränslekvalitéer naturgas/renad biogas.

Macken vid Filborna levererar renad biogas och den nya tankningsstationen för busstrafiken kommer att leverera biogas med naturgaskvalitet. Skillnaden i energitätheten mellan de båda bränslena är 10-11%. Skillnaden mellan bränslena är så pass liten att den inte påverkar drift av fordonen. Nya bussar och lastbilar från Volvo, Scania och Man som säljs idag är utrustade med lambdasonder. Systemet reglerar blandningen mellan luft/bränsle så att låga emissioner erhålles även när bränslet varierar. Gasdrivna personbilar har från början haft lambdasonder och är okänsliga för variationer inom intervallet naturgas – renad biogas.

Om äldre tunga gasfordon placeras på depån bör dessa justeras för aktuell gaskvalité.

2.3.2 Distributionsalternativ

Två distributionsalternativ har studerats:

1. Distribution av renad biogas i ny gasledning från NSR respektive avloppsreningsverket till den nya tankningsanläggningen för gasbussar.
2. Distribution av uppgraderad biogas till naturgaskvalitet via naturgasnätet.

Avloppsreningsverket finns på ca 20 km avstånd från den planerade bussdepån. För att distribuera uppgraderad gas krävs antingen en ny gasledning eller att via Öresundskrafts naturgasnät i Helsingborg transitera gasen till bussdepån. Detta är möjligt då naturgasnät finns i närheten av reningsverket och nära bussdepån i norra Helsingborg. Naturgas har ett ca 10 % högre energiinnehåll per volymenhet än renad biogas. För att få ansluta den renade biogasen till naturgasnätet behövs ytterligare utrustning för uppgradering till naturgaskvalitet.

Följande fördelar finns för de båda alternativen

Fördelar med ny biogasledning (ingen anslutning till naturgasnätet)

- Ingen risk för kvalitetsförändringar i naturgasnätet
- Mindre omfattning av funktioner för en uppgraderingsanläggning
- Ingen inblandning av Propangas behövs
- Undviker diskussion huruvida bussar drivs med biogas eller ej.

Fördelar med anslutning till naturgasnätet

- Befintligt gasnät nyttjas, vilket blir ekonomiskt fördelaktigare
- Högre leveranssäkerhet. Denna lösning innebär också att naturgas kan fungera som ”back up” vid eventuella driftstörningar. (Leveranssäkerheten kan bli lika god för de båda alternativen genom att tankningsanläggningen ansluts till både renad biogas och naturgas i alternativ 1. Naturgas kopplas in då leveransproblem för renad biogas uppstår.)
- 100 % avsättning av all uppgraderad gas som kan produceras. Behovet i naturgasnätet är mycket större alla tider på dygnet än den biogas som kan produceras.
- Endast en gaskvalitet distribueras till stadsbussarna. Lägre krav på flexibilitet avseende drivmedel. Äldre bussar har ingen automatik för anpassning av olika bränslekvaliteter, se kap. 2.3.1 ovan.
- Vid eventuella framtida produktionstillskott kan nya kunder erhållas, vilket ger en ökad spridning av biogasanvändningen.

2.3.3 Naturgasnätets kapacitet

Det befintliga naturgasnätet i Helsingborg är tillräckligt dimensionerat för att tillföra biogaskvantiteterna från VA-verket och NSR. Ledningsutbyggnad på ca 500 meter från vardera biogasanslutning måste dock ske. Naturgasnätet har idag inte kapacitet i alla driftssituationer för att klara att försörja en fullt utbyggd bussdepå (90 gasbussar). Planering sker för att bygga ut naturgasnätet för att klara denna kapacitet.

2.4 Slutsatser avseende distributionssystem

Tankning av bussar är tänkt att ske nattetid under en 6-8 timmars period. Gasflödena är under denna period ca dubbelt så stora som produktionsvolymerna från Filborna och VA-verket tillsammans. Distribution av biogas via nya ledningar kräver större lagringsvolym, vilket ökar investeringskostnaderna för detta alternativ.

Utnyttjande graden blir högre då det finns en kontinuerlig avsättning för gasen, vilket är fallet då biogasen ansluts till naturgasnätet. Renad biogas levereras kontinuerligt, 24 timmar om dygnet, vilket medför mindre förluster i form av fackling (främst vid avloppsreningsverket). Högre utnyttjande ger en större positiv miljöeffekt.

Investeringskostnaden för en separat biogasledning från VA-verket till bussdepån blir hög beroende på att ledningen måste dras genom stadsbebyggelse, samt på grund av att den blir ca 10 km lång. En preciserad bedömning kräver en projektering av ledningen med kartläggning av stäckningen. Erfarenheter från byggnationer i stadsbebyggelse av kortare ledningsdragningar tyder på att kostnaden blir mellan 12-18 miljoner kronor. Det är inte möjligt att i dagsläget få lönsamhet med ett system baserat på ett separat biogasnät.

En separat biogasledning från Filborna till bussdepån blir ca 500 meter lång och dras i ett industriområde. Investeringskostnaderna för en sådan ledning bedöms till 400 000-700 000 kr, vilket är väsentligt lägre än vad en propandoseringsanläggning kostar. Med alternativet separat

biogasledning behövs ingen propandoserinsanläggning. För att kunna använda naturgasen som ”back up” i ett biogasnät krävs istället utrustning för en anslutning.

Gasreningsanläggningen i Laholm har levererat uppgraderad biogas till naturgasnätet i över tre år utan problematiska kvalitetsstörningar. Osäkerheten gällande kvalitén för den uppgraderade biogasen minimeras genom kontinuerlig mätning. Mätutrustningen ska kalibreras regelbundet. Gasprover tas och analyseras av oberoende part, även detta regelbundet. Funktioner som att anläggningarna förhindrar (stoppa) gas med oönskad kvalitet, så att den inte levereras in på naturgasnätet, kontrolleras rutinmässigt.

Ekonomi och miljönytta ger entydigt stora fördelar för en anslutning av uppgraderad biogas till naturgasnätet. Om producenter och nätägare kan utforma en kvalitetssäkring för den uppgraderade biogasen är detta alternativ att föredra.

2.5 Kvalitetskrav för biogas vid anslutning till NG-nätet

Uppgraderad biogas får inte åstadkomma kvalitetsförändringar i naturgasnätet. Anslutna kunder ska få samma energimängd per volymenhet gas som innan en biogasanslutning.

För att uppgradera biogas till en kvalitet som medger anslutning till naturgasnätet krävs följande:

1. Avskiljning av skadliga spårämnen som svavelväte, ammoniak och vatten.
2. Höjning av värmevärdet och energitätheten. Detta erhålls genom avskiljning av koldioxid och tillsättning av gasol (Propan).
3. Kvalitetssäkring av den uppgraderade biogasen.

Förutom Wobbeindexkrav bör krav på gränsvärden ställas för de ämnen som kan förorsaka skada eller funktionsproblem i för höga koncentrationer. Det har utvecklats en svensk standard, SS 15 54 38, med krav på biogas för fordonsdrift. Kvalitetskraven vad gäller gränsvärden i standarden kan appliceras på renad biogas med inblandning av propan för anslutning av biogas till naturgasnätet.

Tabell 1: Förslag på specifikation av de väsentligaste gränsvärdena

Egenskap	Krav	Enhet
Wobbeindex _{undre} , min	49,0	MJ/Nm ³ (efter inblandning, motsvarande naturgas)
Wobbeindex _{undre} , max	54,0	MJ/Nm ³ (efter inblandning, motsvarande naturgas)
Tryckvattendaggpunkt	5	°C under lägsta månadsvisa dygnstemperaturen vid högsta lagringstrycket.
Vattenhalt, max	32	mg/Nm ³
Koldioxid+syrgas+kvävgas max	3	vol-%
Svavelväte	23	mg/Nm ³
Partiklar eller andra fasta föroreningar	5	µm
Odorant		I enighet med krav för naturgas dock max 10 ppm

Uppgraderad biogas, innehållande ca 97% metan, har ett Wobbeindex som är ca 10% lägre än naturgasens. För att erhålla en gasblandning med ett Wobbeindex och värmevärde motsvarande

naturgasen kan därtill 7-9% gasol (~propan) tillsättas den uppgraderade biogasen. Andelen gasol är så pass liten att risk för återkondenserig ej bedöms vara större än med naturgas.

Slutgiltig och detaljerad utformning fastläggs i samband med upphandling av respektive entreprenad. För att säkerställa att kvalitetskraven uppfylls krävs frekventa kontroller av installerad mätutrustning.

Följande åtgärder föreslås före och efter en anslutning av uppgraderad biogas till naturgasnätet.

Före anslutning

1. Befintlig analysutrustning kontrolleras och kalibreras.
2. Gränsvärden testas så att anläggningen stoppar gasleverans då kvaliteten ej uppfylls (Test av mjukvara mm).
3. Riskanalys utarbetas avseende anslutning till naturgasnätet.
4. Identifierade händelser testas med hjälp av simulerad anslutning.

Efter anslutning

5. Rutiner utformas för frekvent regelbunden kontroll av att gaskvalitén uppfylls.

2.6 Resonemang kring anslutning av renad biogas till naturgasnätet

Biogasen framställs genom en bakteriologisk forcerad process. Den obehandlade biogasen, rågasen, innehåller en del bakterier. Biogasen processas så att dess fysikaliska egenskaper ska bli så lik naturgasen som praktisk är möjligt. I reningsprocessen komprimeras rågasen så att dess temperatur överstiger 120 °C, vilket dödar de flesta bakterier. Den renade biogasen är dock ej bakteriefri, men det är ej heller naturgasen eller naturgasnätet.

Naturgas används som bränsle vid förbränning. Temperaturerna vid förbränning är så höga att inga bakterier överlever. Risken för spridning av bakterier från gasen till produkter som värms, torkas eller rostas är därför obefintlig.

3. Systembeskrivningar

3.1 NSR, Filborna

Anläggning som ska dosera propan till 50-500 Nm³ renad biogas per timme. Biogasen tas efter gasreningen och före högtryckskompressor. En överströmningventil säkerställer att högtryckskompressorn blir prioriterad och att det är överskottsgas som levereras till propandoseringsanläggningen.

3.1.1 Utformning av en propandoseringsanläggning

För att uppnå hög precision ska propanet doseras i gasform vid ett så konstant tryck som möjligt. Propanet (gasolen) lagras i en tank som rymmer minst 10 dygns förbrukning vid maximal last. Propanet kan antingen förgasas direkt i tanken och tas ut i gasfas via uppvärmd ledning eller pumpas till en förgasare.

Naturgasnätets tryckvariationer är mycket små, vilket nyttjas vid utformningen så att trycket vid doseringspunkten är ungefär samma som naturgasnätets tryck. Systemet utformas så att propanet förgasas och tryckreduceras till ett tryck ca 0,5 bar högre än den renade biogasen vid doseringspunkten. Propanflödet regleras med en reglerventil utifrån sammansättningen i produktgasen. Sammansättningen kan antingen mätas med en propanmätare eller beräknas genom mätning av biogasflödet och propangasflödet.

Systemet ska innehålla skydd som förhindrar att högt tryck skapas i nätet och att gasens kvalitet ej utgör någon säkerhetsrisk enligt EnergiGasNormen, EGN 01.

3.1.2 Avräkningssystem för leverans av uppgraderad biogas till naturgasnätet

Kunderna betalar för energiinnehållet i gasen. Levererad energimängd kan mätas genom volymflödesmätning förutsatt att gasens energitäthet är konstant.

Avräkningssystemet ska vara tillförlitligt och noggrant. Det ska vara lätt att avläsa.

Naturgasen mäts idag huvudsakligen med volymflödesmätare. Då uppgraderad biogas förutsätts hålla en jämn sammansättning med en liten fluktuation av energiinnehållet kan samma mätprincip användas för denna gas.

Andelen propan i produktgasen ska vara ca 8,5 vol-%. Prover tas i samband med driftsättning av propandoseringsanläggningen för att verifiera produktgasens sammansättning. Kontroller bör även utföras rutinmässigt för att säkerställa den uppgraderade gasens kvalitet och energiinnehåll.

Någon form av kontinuerlig kontroll av propanmätningen bör installeras, så att den inte fallerar och olämpligt höga halter propan doseras in på nätet.

3.2 Avloppsreningsverket

En gasreningsanläggning som ska behandla ca 190 Nm³ rågas per timme, bör med hänsyn taget till periodiska fluktuationer dimensioneras för en kapacitet på 230 Nm³/timme. Biogasen ska renas från koldioxid, svavelväte och vatten för att uppfylla kvalitetskraven för fordonsgas enligt ovan.

Biogasen komprimeras, renas, odöras, mäts och analyseras i en ny anläggning som lokaliserar vid biogasanläggningen. Till den renade biogasen doseras propan så att naturgasekvivalent gas erhålls som därefter distribueras via en gasledningen till naturgasnätet.

3.2.1 Utformning av en gasreningsanläggning

För att kunna göra en investeringsbedömning och för att få klarhet i vilka funktioner som krävs har en utformning av en gasreningsanläggning utförts. Gasreningsanläggningen består av en kombination av två metoder, så att avskiljning av svavelväte/koldioxid och fukt sker i separata steg.

Eftersom anläggningen ska placeras vid reningsverket där det finns god tillgång på renat avloppsvatten, är en reningsteknik med vatten den mest lämpliga, s.k. skrubberteknik.

Principen för skrubbertekniken med genomströmmande vatten är följande, vattnet filtreras, pumpas upp i en kolonn och får rinna genom en bädd med fyllkroppar. Gasen komprimeras, kyls och ansluts i botten på kolonnen. Gasen får strömma upp, motströms mot vattnet, och tas ut i toppen av kolonnen. Fyllkropparnas uppgift är att skapa en stor kontaktyta mellan gas och vatten. Koldioxid och svavelväte löses i vattnet medan mestadels av metanet stannar i gasfasen. Använt vatten återförs till källan.

Skrubberprocessen avskiljer koldioxid och svavelväte simultant. Processen är relativt okänslig för höga halter svavelväte. Fukten elimineras i en adsorptionstork efter skrubbern.

Gasreningsanläggningen bör innehålla även andra funktioner som krävs för att uppfylla kvalitetskraven, så som gasanalysutrustning, odöring och kylsystem. Renat avloppsvatten dras i ledning från slutsedimenteringen till anläggningen. Ett delflöde används i kylsystemet.

Gasreningsutrustningen placeras i en byggnad delad i tre rum, processhall, elrum och ett pumprum.

3.3 Tankningsstation för gasbussar (Bussdepå)

Tankningsstationen ska innehålla:

- en kompressoranläggning
- en tankningsramp för långsamtankning av 60 st. bussar med utbyggnadsmöjlighet för ytterligare 30 st. bussar.
- ett gaslager som används som buffert

Tankningen ska mestadels ske inom en 8-timmars period. Erforderlig kompressorkapacitet blir ca 750 Nm³/h: Genom att använda ett gaslager som buffert erhålls följande fördelar:

1. Busstankningen startar från gaslager, vilket medför kompressorkapaciteten ej behöver vara så stor, 600 Nm³/h är tillräckligt. Drifttiden för kompressorn förlängs från ca 8 till 10 timmar, d.v.s. ca 2-3 timmar för att fylla gaslager.
2. Tankning för delvis fyllning av bussar kan ske från lager även om kompressorer havererar.
3. Tankning till enstaka fordon dagtid kan ske från gaslager, vilket minskar antalet starter för kompressorerna och därigenom slitage, service och underhåll.
4. Vid en utbyggnad kan gaslagret ökas så att drifttiden för kompressorerna förlängs ytterligare. Detta är en lägre investeringskostnad än utökning av kompressorkapacitet.

Vid ett alternativ med nya biogasledningar blir gaskapaciteterna ca 130 Nm³ renad biogas per timme från respektive källa, d.v.s. ca 260 Nm³/h totalt. Gaslagret behöver vid det alternativet vara ca 3 gånger större för att tankningen ska kunna ske inom 8 timmar.

3.3.1 Utformning av en naturgasansluten tankningsstation för gasbussar

Kompressor­anläggningen kan utformas på olika sätt med olika antal kompressorer och steg. Gas från naturgasnätet komprimeras till gaslagret upp till 260-300 bar, beroende på val av kompressorfabrikat. Antalet kompressorer ska vara minst två för att en redundans ska erhållas så att leveranssäkerheten blir hög.

Gaslagret rymmer gas för att försörja gasfordon som tankar dagtid, vilket minimera antalet starter för kompressorerna. En rimlig gaslagervolym är ca 8 m³ eller ca 2000 Nm³ komprimerad gas. Högtryckskompressorerna placeras i en byggnad med två rum, kompressorhall och elrum. Gaslagret placeras i en enklare byggnad med minst 12½ meters avstånd till andra byggnader.

Rampen dimensioneras så tryckfall för gasen är låga till samtliga bussanslutningar. Varje anslutning består av högtrycksslanger med munstycke, rörbrottsventil (break away valve), upphängningsanordning med munstyckshållare och en avstängningsventil. Rörledningarna skyddas mot påkörning och förankras så att de står emot krafter när en slang dras med en buss och en rörbrottsventil bryter.

4. Ekonomi

4.1 Investeringsbehov:

4.1.1 Propandoseringsanläggning (NSR)

Propandoseringsanläggningen är tänkt att anslutas direkt efter befintlig gasreningsanläggning. Följande kostnader har uppskattats avseende utrustning.

	kkkr
Propantank, 8-10 ton inkl tillbehörsutrustning (renoverad begagnad)	30
Gasledning (ca 40 m), isolering, värmekabel	55
Tryckluftsystem	35
Förgasare	42
Reglerventiler, pneumatiska avstängningsventiler och kulventiler	110
Gasolpump	30
Mätinstrument, tryck-, flöde, nivåer, temperaturer	90
Mätinstrument, gaskvalitet	155
Styr, regler och elsystem	110
SUMMA UTRUSTNING PROPANDOSERING	657

Byggnader, ledningar och markarbeten

Propandoseringsutrustningen kan installeras i en enkel byggnad, modell container. Propantanken monteras minst 25 m från närmaste byggnad. Kostnader för markarbeten och elmatning till byggnaden är inkluderat.

<i>Byggnader, markarbeten och ledningar</i>	<i>kkkr</i>
Byggnad, Propandoserings med värme och ventilation	140
Anläggning av hård yta för tankbil, 10 m ² , markarbete byggnad	110
Gasledningar, 4 bar, 60 meter, anslutning och förbikopplingar	130
SUMMA	380

Entreprenadkostnader

Kostnader för projektering, montering, elinstallation, projektledning, driftsättning, utbildning och övriga entreprenörskostnader uppskattas för denna process till 1,4 ggr utrustningskostnaderna. Faktorn för markarbeten och byggnad i denna storlek är ca 0,4.

Summa investering propandosering.

<i>Kostnad, kkr</i>	<i>Utrustning</i>	<i>Entreprenad</i>	<i>Summa</i>
Propandoseringsutrustning	657	920	1 577
Byggnad, ledningar och markarbeten	380	152	532
			2 109 kkr

4.1.2 Gasreningsanläggning med propandosering (VA-verket).

Nedan angivna kostnader är baserade på offerter från leverantörer i pågående projekt. De stora komponenterna är namngivna medan mindre ingår i de olika systemkostnaderna. Inga nya offerter har inhämtats för detta projekt.

Utrustning, gasrening

	<i>kkkr</i>
Lågtryckskompressor, 1 st 45 kW	560
Frekvensomformare, 1 st 45 kW	48
Tryckstegringspump, 1 st 30 kW	45
Frekvensomformare, 1 st 15 kW	18
Kolonner, inredning och kondensavskiljare, samt bufferttank	390
Gastork, gasvärmare.	280
Isolering, kolonner, gastork och rör	55
Kylsystem	75
Tvättsystem	125
Reglerventiler, pneumatiska avstängningsventiler och kulventiler	155
Tryckluftsystem	35
Gasanalyssystem, CH ₄ , CO ₂ , H ₂ O och H ₂ S	210
Odöriseringsutrustning	65
Propandoseringsutrustning inkl. tank (se nedan kap. 4.1.1)	657
Mätinstrument, tryck-, flöde, nivåer, temperaturer	95
Styr, regler och elsystem	490
SUMMA UTRUSTNING GASRENING	3 303

Byggnader, ledningar och markarbeten

Gasreningsanläggningen och propandosering kan installeras i en byggnad. Propantanken monteras minst 25 m från närmaste byggnad. Kostnader för markarbeten, dricksvatten, avlopp och elmatning till byggnaden är inkluderat.

Vattenledningar mellan gasreningsanläggningen och slutsedimenteringssteget beräknas bli mindre än 100 meter. Gasledning mellan befintlig naturgasledning och gasreningsbyggnad uppskattas bli ca 500 meter.

<i>Byggnader, markarbeten och ledningar</i>	<i>kk</i>
Byggnad, gasrening	1 150
Vattenledning, ca 100 m	150
Gasledningar, 4 bar, plastledningar, 300 meter	220
SUMMA	1 520

Entreprenadkostnader

Kostnader för projektering, montering, elinstallation, projektledning, driftsättning, utbildning och övriga entreprenörskostnader kan uppskattas för kemiska processer till 1,4 ggr utrustningskostnaderna. Faktorn för maskininstallationer i denna storlek och byggnader är ca 0,4.

Summa investering gasrening och propandoseriing.

<i>Kostnad, kk</i>	<i>Utrustning</i>	<i>Entreprenad</i>	<i>Summa</i>
Gasrening	3 303	4 624	7 927
Byggnader, ledningar och	1 520	608	2 128
			10 055 kk

Övriga kostnader

Uppskattning av kostnader som beställaren har i samband med upphandling och upprättande av anläggningarna är ej gjorda. I det arbetet ingår förfrågningsunderlag, systemhandlingar, handlingar till myndigheter för tillstånd och bygglov, m.m.

Vidare tillkommer kostnader för åtgärder på reningsverket för ökning av gasflöden och driftsäkerhet som ej är uppskattade i denna rapport.

4.1.3 Gastankningsanläggning (Bussdepå)

Utrustning, tankningsstation

	<i>kk</i>
Högtryckskompressor, 4 st. 4 x 75 kW	5 600
Gaslager, 6 m ³ inklusive ventiler och rörsystem, 260 bar	320
Långsamtankning, 60 anslutningar	2 800
Kylsystem	85
Prioritetspanel med temp. kompensering	65
Tryckluftsystem	25
Mätinstrument, tryck-, flöde, nivåer, temperaturer	90
Styr, regler och elsystem	290
SUMMA UTRUSTNING TANKNINGSSATIONER	9 275

Byggnader, ledningar och markarbeten

Kompressorerna installeras i en byggnad med två rum, kompressorhall och elrum. Gaslagret utformas som ett kraftigt vindskydd alternativt i en enkel byggnad och monteras minst 12 m från närmaste byggnad och minst 8 meter från närmast parkeringsplats. Kostnader för markarbeten och elmatning till byggnaden är inkluderat.

<i>Byggnader, markarbeten och ledningar</i>	<i>kk</i>
Kompressor byggnad med värme och ventilation, 10 x 4,5 m	340
Byggnad för gaslager, 8 x 2,8 m (utbyggbart till 12 m)	90
Anläggning av hård yta för 60 st bussar, ca 2000 m ² , markarbete byggnad	120
Gasledningar, 4 bar, 1,4 kilometer	1050
SUMMA	1 600

Summa investering tankningsstation.

<i>Kostnad, kkr</i>	<i>Utrustning</i>	<i>Entreprenad</i>	<i>Summa</i>
Tankningsutrustning	9275	3 710	12 985
Byggnader, ledningar	1600	640	2 240
			15 225 kkr

4.2 Drift och underhållskostnader:

4.2.1 Propandosering (NSR och VA-verket)

Nedanstående avser kostnader för 8700 timmars drifttid, produktion 11 GWh

Benämning	Typ	Pris/enh	Kvantitet	Sort	Kostnad [kr] 8 700 drifttim.
Reservdelar	Hela anläggning		1	omg.	20 000
Elenergiförbrukning*	SEK/MWh	350	78	MWh	27 400
Propan	kr / ton	4 200	220	ton	924 000
Arbete underhåll	kr / h	450	120	h	54 000
Arbete drift (tillsyn)	kr / h	300	104	h	31 200
Konsumtionsmaterial	Hela anläggning	-	-		10 000
Kostnad kvalitetsäkring	analysinstrument		15 000	kr	15 000
SUMMA					1 081 600

(*elförbrukningen kan minskas om spillvärme används)

4.2.2 Gasrening och propandosering (VA-verket).

Nedanstående avser kostnader för 8700 timmars drifttid, produktion 11 GWh

Benämning	Typ	Pris/enh	Kvantitet	Sort	Kostnad [kr] 8 700 drifttim.
Reservdelar	Hela anläggning		1	omg.	50 000
Elenergiförbrukning	SEK/MWh	350	520	MWh	182 000
Propan	kr / ton	4 200	220	ton	924 000
Slitagedelar, olja	kr / ton	-	-		20 000
Arbete underhåll	kr / h	450	280	h	126 000
Arbete drift (tillsyn)	kr / h	300	260	h	78 000
Övrigt konsumtionsmaterial	Hela anläggning	-	-		30 000
Kostnad kvalitetsäkring	analysinstrument		15 000	kr	15 000
SUMMA					1 425 000

4.2.3 Gastankningsanläggning (Bussdepå)

Kostnaderna baseras på fyllning av 60 st. bussar, vilket tar ca 10 timmar per dygn.

Nedanstående avser kostnader för 3650 timmars drifttid 75% kapacitet

Benämning	Typ	Pris/enh	Kvantitet	Sort	Kostnad [kr] 3650 drifttim.
Reservdelar	Hela anläggning		1	omg.	120 000
Elenergiförbrukning	SEK/MWh	350	770	MWh	270 000
Slitagedelar, olja	kr / ton	-	-		30 000
Arbete underhåll	kr / h	450	210	h	95 000
Arbete drift (tillsyn)	kr / h	300	260	h	78 000
Övrigt konsumtionsmaterial	Hela anläggning	-	-		40 000
SUMMA					633 000