
Arbetsrapport SGC A17

**RESERVFÖRSÖRJNING MED
FORDONSTRANSPORTERAD LNG**

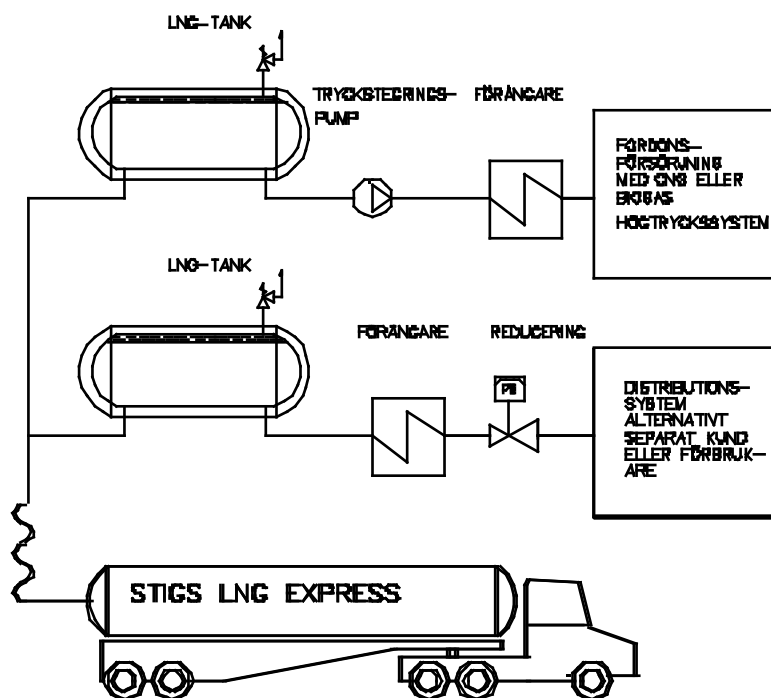
©Swedish Gas Center - December 1997

Stig Johansson, Elajo Mekanik

Arbetsrapport SGC A17

RESERVFÖRSÖRJNING MED FORDONSTRANSPORTERAD LNG

EMERGENCY / SPARE SUPPLY WITH
TRAILER TRANSPORTED LNG



Stig Johansen
Elajo Mekanik

December 1997

SGC - PROJEKT 96.14

**RESERVFÖRSÖRJNING MED FORDONS-
TRANSPORTERAD
LNG**

**Stig Johansen
Elajo Mekanik**

December 1997

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. SVENSK SAMMANFATTNING	sid 1
2. ENGLISH SUMMARY	sid 2
3. BAKGRUND OCH OMFATTNING	sid 3
4. LNG- LIQUIFIED NATURAL GAS	sid 4
5. RESULTAT	sid 7
6. LNG-ANLÄGGNING FÖR TEST AV MOTORER	sid 12
7. BUDGETPRISER PÅ UTRUSTNING	sid 14
8. REFERENSER	sid 16
9. BILAGOR	sid 17

1. SVENSK SAMMANFATTNING

Inledning

Utredningens resultat visar klart att det finns etablerad teknik för att använda LNG som back-up. Referenser finns i Europa, USA, Ryssland, Japan m fl länder.

Tänkbara kunder

- Kunder anslutna till naturgasnät.
- Naturgaskunder som inte är anslutna till naturgasnät och som inte kan använda LPG, biogas el. liknande.
- Biogas.- och CNG anläggningar för fordonsdrift.

Utrustning

Utgångspunkt för förfrågningar till tillverkare av utrustning har varit :

"Mobil LNG-utrustning för leverans av förångad LNG, monterad på ett transportfordon".

Olika alternativ har sedan identifierats :

1. Containermonterad LNG-tank och förångare som kan transporteras av ett "standardfordon" som lastar av enheterna med egen utrustning hos kunden. Utrustning av detta slag kan upphandlas av AGA CRYO i Göteborg samt bl.a. i Tyskland och USA.

2. Kompletta LNG trailer som kan leverera förångad LNG vid tryck upp till 250 bar. Kompletta etablerad utrustning finns i USA och Japan (eventuellt Tyskland).
3. Transporterbar "stationär/vertikal" LNG-tank i kombination med mobil förångare. En vertikal tank (transporteras tömd!) kostar ca 50 %/volymenhet av en mobil horisontal LNG-tank. Levereras av AGA CRYO m fl.
4. Andra kombinationer med kringutrustningar såsom tryckhöjningspump (LCNG-leveranser), reducerutrustning, odöriseringsutrustning och eventuell värmeväxlare.

Kostnader (utrustning se "Prisbild", bilaga 1)

LNG från ; Polen, KRIO	2:80/kg
Finland, Gasum OY	9:00/kg

LNG inkl. transport till Malmö ;

Från Finland: 12:-/kg LNG motsv.
ca 0.90 SEK/kWh

Från Polen: 6:-/kg LNG motsv.
ca 0.50 SEK/kWh

2. ENGLISH SUMMARY

Introduction

The purpose of this study has been to investigate the possibilities and advantages of using LNG to support pipeline or special clients with back-up from a mobile unit. The goal of the investigation was to define reference users of such equipment and to estimate required investment costs.

Equipment and suppliers

Required equipment is available with good references of users of similar equipment according to this application. Ref. users to be found in USA, Japan, Europe and Russia.

Equipment

The unit shall be transported (empty or filled-up) to the injection point and filled-up, or refilled, with trailer transported LNG on site. The client can be any industrial location, testing facilities of gas turbines and/or motors, NG-grids, bio-gas grids, NGV-station etc.

Main parts of unit:

- One (or several) mobile tanks (container), about 4500 gallons US (17 m³)
- One mobile vaporizer unit (dispenser), 2000-3000 Nm³/h capacity to be delivered in the injection point. The capacity can be doubled with electrically heated vaporizer.

Suppliers (examples)

AGA CRYO *Sweden*
 Cryenco Inc., Denver *USA*
 PCI Inc. *California* (storage or short delivery)
 Linde AG *Germany*

LNG suppliers

Trailer transported LNG can be delivered from:

Company	Price SEK (% Methane)
GASUM <i>Finland</i>	9 :-/kg 99

Statoil <i>Norway</i>	(start of delivery late 1997)
KRIO <i>Poland</i>	2:80/kg 95

Transport companies

Swedish HOYER
 Statoil in Norway (in co-operation with some transport company)

Economy

In all cases where LPG can be used as alternative to LNG, LPG is cheaper.

Equipment costs : (MSEK)

Container erected tank,
 20 feet, 17 m³ 1.5

Container erected vaporizer,
 40 feet, 2 500 Nm³/h 1.0

Vehicle for tank + trailer for
 vaporizer 1.5

LCNG mobile ERVING,
 Cryenco 3.0

Additional required equipment 0 -0.5

Transport costs SEK.
(one trailer): (SEK)

From Poland or Germany
 to Malmö 45 000 :-

From Finland to Malmö 35 000 :-

Conclusion

Minimum investment of one unit (transport vehicle excluded):

2 500 000:- SEK.

Cost of LNG/kg transported to the client :

From Poland : 6:- SEK/kg LNG
 (0:50 SEK/kWh)

From Finland : 12:- SEK/kg LNG
 (0:90 SEK/kWh)

3. BAKGRUND OCH OMFATTNING

BAKGRUND

Vid ingrepp på stamledningen för naturgas eller under nödförsörjningssituationer kan det bli nödvändigt att avbryta kunder som försörjs från aktuell ledningssträcka. Vissa kundkategorier kan emellertid inte avbrytas utan allvarliga eller kostsamma skadeverkningar.

En möjlighet är att försörja sådana kunder med propan/luft från fordon. Problemet kan dock vara att propan/luftblandningen måste tillföras via högtrycksledningen, vilket medför komplikationer när återgång till naturgasförsörjning sker. Därtill kan specifik kund få brännarproblem, eftersom propan/luftblandning i alla avseenden inte är likvärdig med naturgas. En annan möjlighet är att förse aktuella kundkategorier med LNG som levereras med fordon. LNG som back-up för Biogas- och CNG-anläggningar som försörjer fordon är också tänkbart

OMFATTNING

Projektet indelas i två delar.

Huvudsyftet med *del 1* är att bedöma om konceptet med fordonstransporterad LNG är tekniskt och transportmässigt realistiskt.

Del 2 ska innefatta en totalbedömning av konceptet innefattande även ekonomi, miljö och säkerhet.

I denna rapport för *del 1* redovisas information från LNG-leverantörer, transportföretag, tillverkare av erforderlig utrustning, referensanläggning "Wärtsilä Diesel" LNG-anläggning, kort om LNG från tillverkning till slutkund, ekonomi och kostnader.

4. LNG - Liquefied Natural Gas

VAD ÄR LNG ?

Naturgas är ett fossilt bränsle som i huvudsak består av metan samt andra kolväten såsom propan, etan, butan och inerta gaser såsom kväve.

Se tabell 1 nedan.

LNG tillverkas genom nedkylning av Naturgas (NG) till ca -160°C. Före nedkylning separeras vatten, koldioxid, svavel och en del andra tunga kolväten som annars skulle frysa. En typisk LNG innehåller ca 95 % metan.

Den största nackdelen med LNG är att transport, lagring och hantering måste göras med ett medium som är kylt till -160°C.

LNG ALTERNATIVT LPG

LPG står för "Liquified Propane Gas". För naturgasersättning blandas propan och luft med förhållandet ca 60 % propan och 40 % luft. Denna mix ger en gas med i stort sett samma wobbe-index som naturgas.

Är aktuella brännare designade för metan (naturgas) kan propan/luft blandningen användas utan ingrepp i utrustningen (samma dysor etc.). Är däremot brännaren designad för propan kan övergång till naturgas inte göras utan vissa modifikationer av dysor etc, med bibehållen effekt.

En Nm³ propan/luft motsvarar ca 15 kWh (ref. GASUM) och naturgas ca 10.8 kWh ("Svensk naturgas").

Propan lagras i tankar vid ett tryck av ca 7.5-10.5 bar för att erhålla vätskefas vid normal omgivningstemperatur.

Propan är i regel alltid ett billigare alternativ än LNG om båda alt. är acceptabla ur teknisk synpunkt för förbrukaren.

LNG ALTERNATIVT CNG

En fördel med LNG mot CNG, "Compressed Natural Gas", är att lagring kan göras vid lågt tryck, 1.5 - 10 bar, med 1/3 volym och 1/3

Tabell 1 Sammansättning av naturgas och olika typer av LNG

Beståndsdel	Naturgas	LNG	Renad LNG
Metan	81.3 - 97.5 %	95.3 %	97.5 - 99.5 %
Etan	2.0 - 7.0 %	4.1 %	< 1 %
Propan	27 - 3.0 %	0.43 %	< 0.1 %
Iso-butan	0.03 - 0.32 %	0.04 %	-
N-butan	0.01 - 0.25 %	0.04 %	-
N-pentan	0.01 - 0.90 %	0.01 %	-
Hexan+	0.02 - 0.17 %	0.05 %	-
Vatten	50 - 300 mg/Nm ³	-	-
Nitrogen	0.26 - 10 %	0.02 %	< 2.5 %
Syre	0 - 10ppm	-	-
Koldioxid	0.47 - 1.5	-	-
Svavel	0 - 20 mg/Nm ³	-	-

vikt jämfört med motsvarande CNG anläggning. Enkelt uttryckt motsvarar detta att en LNG-trailer kan transportera ca 2.4 ggr. mer energi än motsvarande CNG-trailer.

ANVÄNDNING AV LNG

Den största marknaderna finns i Asien, Europa/England och Nordamerika. En ökad användning av LNG som bränsle i elproducerande anläggningar kan konstateras på grund av dess renhet och att tillgången på producenter har ökat.

För motordrift är LNG också speciellt lämplig på grund av dess renhet jämfört med naturgas i ett distributionssystem.

Många LNG-producenter tillverkar LNG under varma perioder och förser sedan gasnätet med förångad LNG under kalla perioder (Peak shaving). Försörjning av lokala gasnät sker genom transport med trailers till lokala tankar. I England används LNG på många mindre orter som ersättning för kolgas från nerlagda kolgasverk.

Extremt ren LNG (high-purity methane, 97.5 - 99.5 %) användes för speciell industriell användning

SÄKERHET I ALLMÄNHET

Det största (vidaste) området för blandning mellan luft/LNG ur brännbarhetssynpunkt är vid en omgivningstemp. av 22° C.

LNG är ej antändbar .

Förångad LNG ("=metan") anses inte som giftig vid inandning. Notera dock eventuell kvävningsrisk då gasen ej är odöriserad. Vid hantering av LNG bör särskilda skyddskläder användas på grund av den låga temperaturen. För miljöpåverkan gäller i princip samma aspekter som för naturgas.

Eftersom LNG är en mycket ren produkt orsakar den inte problem av korrosiv karaktär på tankar etc. Materialval för tankar, ventiler etc är ändå av stor betydelse för säkerheten ur hållfasthetssynpunkt. Amerikanska NFPA (National Fire Protection Association) har

gett ut speciella normer och standards för LNG-användning, t ex. :

NFPA 59A ; Produktion, lagring och hantering av LNG.

NFPA 57 (draft) ; Standard för LNG-system för användning som fordonsbränsle.

LNG kan på grund av den låga temperaturen inte odöriseras (forskning pågår). Odörisering, om nödvändigt, sker efter förångning med känd teknik. Vid handhavande av ej odöriserad LNG eller gas, kan personalen inte upptäcka läckage utan detektorer eller genom att frostbildning uppstår vid läckaget. Även med mycket välisolerade tankar sker en konstant tryckökning som måste observeras. Vid självförångning "kokas" metanet av först. Under längre lagring utan uttag kommer metanhalten i LNG därför att minska.

SÄKERHET VID TRANSPORT

LNG transporteras av trailer med standardkapacitet på 12 - 20 ton LNG.

Bilen är utrustad med erforderlig säkerhetsutrustning såsom säkerhetsventiler, sprängbleck, gasdetektorer och snabbstängnings ventiler på lossningsledningen.

Tanken är dubbelmantlad med vakuum och någon typ av isolering, t ex perlite.

På grund av dubbelmantlingen, som ger en mycket stark konstruktion jämfört med vanliga tankar för t.ex. propan, är riskerna att betrakta som "små". En olycka skulle med största sannolikhet endast förstöra vakuumisoleringen med ökad självförångning som resultat.

Att en LNG-tank ska explodera är en mycket osannolik händelse. För att detta ska ske måste samtliga säkerhetsventiler och sprängbleck vara ur funktion.

Någon sådan explosion (kallas BLEVE = Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) har aldrig rapporterats enligt befintligt referensmaterial.(ICGTI, GRI).

Om LNG av någon anledning läcker ut från en transporttank kommer vätska att förångas och ett gasmoln, tyngre än luft, att spridas med vinden och följa topografin. Om LNG ansamlas i en sänka sker förångning med avtagande tendens allt eftersom marken kyls av. En antändning av en sådan ansamling utvecklar ca 60 % högre värme än motsvarande för bensin.

SÄKERHET VID LOSSNING

Lossning är ett moment som måste vara uppstyrt av relevanta procedurer.

Bilen jordas för att undvika statisk elektricitet.

Med bilens inbyggda förångare skapas ett tryck på ca 1 bar som trycker LNG till lagringstanken via en flexibel slang. Bilen är utrustad med ett "interlock system" som kopplas till lossningsventiler, bromssystem etc. Detta förhindrar lossning om bilen inte är riktigt säkrad.

SÄKERHET VID LAGRING

Vid val av plats, utformning och invallning av området för lagringstanken måste "worst case" vara avgörande.

Tidigare angivna NFPA-standards ger anvisningar om utförande av lagringstankar upp till 265 m³. Även utrustning för spill och läckagekontroll samt övrig lossningsutrustning behandlas där.

I Sverige krävs granskning och godkännande av ASS/SÄI, Byggnadsnämnden och Räddningstjänsten

HÄLSORISKER

Som tidigare nämnts anses inte gaser såsom naturgas, metan, etan och propan giftiga. Risk för kvävande effekt med gas i ett slutet rum är speciellt påtaglig för LNG eftersom denna inte är odöriserad. Överallt där exponeringsrisk för personal finns ska därför detektorer för metan monteras.

Speciella skyddskläder ska användas. Naken hud och ögon/ansikte måste skyddas. Stänk i ögonen kan ge blindhet (på grund av låg temperatur).

MILJÖPÅVERKAN

I litteraturen om småskalig LNG-användning anges att ingen skadlig inverkan är känd.

5. RESULTAT

Den tekniska avgränsningen för utredningen har definierats som en komplett transporterbar "LNG leveransanläggning". Med på marknaden tillgänglig standardutrustning blir kapaciteten för en sådan enhet ca **2 400 Nm³/h eller 25 MW**. Genom parallellkoppling kan större kapacitet erhållas. Med endast en standardtank (20 fots container) som rymmer 18 000 l och uttag 1000 Nm³/h, räcker det som försörjning i ca 11 timmar.

LEVERANTÖRER AV LNG

Aktuella leverantörer finns i Polen, Tyskland, Finland och Norge (hösten -97). Vid förfrågan har priset/kg LNG angivits exkl frakt.

Gasum Finland

Tillverkningsprocessen baseras på nedkyllning med kväve. För att producera 1 kg LNG åtgår ca 3 kg kväve.

Gasum har en lagertank på 80 m³ som alltid hålls full. Kapaciteten är 1000 kg LNG/h med en metanhalt på 99 %.

Leveranser sker till bl a:

Wärtsilä Diesel i Finland och Trollhättan som utvecklar motorer för naturgasdrift Scanart Plasma Teknologi i Hovfors ABB Finspång, test av turbiner Trondheim lokaltrafik, bussar Drammen, test av turbiner

Marintek Trondheim, utveckling/förbränning.

Man är också intresserade av att konkurrera med metangas framställd som biogas för fordon (alt back-up).

GASUM kan leverera med kort varsel året runt.

Offererat pris är 9 SEK/kg LNG för enstaka leveranser.

KRIO Polen

Framställer LNG för peak shaving. En typisk

analys är ca 95 % metan. KRIO har i Sverige levererat till Wärtsilä Diesel. Leveranser från KRIO bör beställas med några veckors varsel. KRIO kan inte garantera leverans under hela året. Under höst/ vinter är tillgången liten, speciellt för en liten kund med enstaka beställningar.

Offererat pris är 2:80 SEK/kg LNG för enstaka leveranser.

Thyssen Gas Tyskland

Med ref. till Wärtsilä Diesel kan leverans ske med liknande villkor som från KRIO. Priset är emellertid i nivå med leverans från GASUM.

Statoil Norge

En LNG-anläggning är uppförd i anslutning till luftgasfabriken på Tjeldbergodden utanför Trondheim. AGA kommer att äga ca 34 % av anläggningen. Anläggningen driftsattes hösten 1997. Prisuppgift för LNG-leveranser har ej erhållits.

TRANSPORTBOLAG

Endast ett bolag som transporterar LNG har identifierats, HOYER.

Svenska HOYER anger att det finns för närvarande inte några andra transportbolag som erbjuder LNG transporter i Europa. Totalt finns 3 - 5 trailers i hela Europa. LNG transporter ska inte jämföras med transporter av andra kyllda gaser sk. "luftgastransporter".

Hoyer

Svenska HOYER (SH) har sitt kontor i Göteborg. SH var pionjärer för LNG- leveranser i Europa och Sverige.

För nordiska (leverage från Finland) marknaden har man två trailers med kapacitet av 33 m³ (ca 14 ton LNG).

Lossningstryck är 1-2 bar.

Svenska HOYER (SH) har levererat LNG till Sverige från Finland, Polen och Tyskland.

Statoil Norge

Statoil i Norge (ihop med något transportbolag) har upphandlat två trailers för LNG från AGA CRYO i Sverige. Dessa bilar ska betjäna den nya LNG-anläggningen på Tjeldbergodden.

Kapaciteten är ca 40 m³ (ca 19 ton LNG). Lossningstrycket är upp till 9 bar. Det höga lossningstrycket kan förenkla lossning till tank som är i drift mot 4 bars system.

LEVERANTÖRER AV UTRUSTNING

Antalet tänkbara leverantörer har begränsats geografiskt till Sverige, Tyskland och USA. I Sverige har AGA CRYO kontaktats. Gas Research Institute (GRI) i USA har via ICGTI kontakt etablerats med bl a Cryenco. Linde AG i Tyskland rekommenderades av Gasum i Finland. Dessa tre företag presenteras nedan.

Utgångspunkt på förfrågan om budgetpris har varit :

"En komplett mobil utrustning för leverans av LNG monterad på en bil med släp". Kapaciteten på en sådan utrustning blir beroende av om tanken placeras på bilen eller på släpet. En släptransporterad tank blir dubbelt så stor medan förångaren då får halva kapaciteten. Standardiserade containermått har eftersträvat. Lossning och lastning ska utföras med standardbil för containertransporter. Tanken transporteras tom eller fylld.

AGA CRYO Sverige

AGA CRYO (AC) tillverkar tankar för transport och förvaring av kylda gaser, luftgaser samt LNG. AC uppger att man har levererat de flesta LNG-tankar som British Gas har upphandlat. Tekniken är alltså känd med bra referenser.

Kompleta mobila enheter enligt förfrågan, har inte tidigare levererats. Den grundläggande tekniken är emellertid densamma som för andra kylda vätskor/gaser.

Luftförångare upphandlas av AC från Ungern.

AC har lämnat budgetpris på utrustning enligt nedan:

Containertank och förångarenhet med nödvändig utrustning för ihopkoppling.

Volym 18 m³ LNG och kapacitet 1200 Nm³/h NG. Budgetpris 2 MSEK.

Anm: Båda enheterna i 20 fots "containerutförande". Dessa lastas alltså tomma på en standardbil.

CRYENCO USA

Cryenco, Denver, Co. tillverkar semi-trailers, mobila tankar m m, samt mobila "refueling stations" som saluföres under namnet ERVING. Kapaciteten är 17 m³ LNG i en containertank samt förångarenhet på motsvarande upp mot 900 Nm³/h LCNG med max tryck 248 bar.

LINDE AG Tyskland

Linde AG är både tillverkare och engineering-företag. Linde har bl.a. samarbete med Statoil i Norge i syfte att utveckla processer för LNG-tillverkning. Gasum i Finland har haft samarbete med Linde för LNG-projekt.

TÄNKBARA ANVÄNDARE AV LNG

Följande kategorier har identifierats:

1. Kunder anslutna till naturgasnät.
2. Naturgaskunder som inte är anslutna till naturgasnät och inte kan använda LPG, biogas el. liknande.
3. Biogas- och CNG-anläggningar för fordonstrift.

Högtrycksnät

Anslutning till högtrycksnät kräver tryckhöjning med pump före förångning. På marknaden förekommande standardtankar erbjuder tryck upp till ca 17 bar. Kan aktuell del av högtrycksnätet (grenledning) tillfälligt drivas med tryck under 17 bar, kan en mobil LNG-anläggning anslutas utan tryckhöjningspump.

Om rörledningens volym är tillräckligt stor kan denna användas för mottagning (recipient). Det medför att bilen kan lossa direkt i röret via en förångare. Statoils bilar kommer att kunna lossa förångad LNG vid ca 9 bar.

Lågtrycksnät, 4 bar

Efter förångning av LNG (med luftförångarna) kan gasen ha en temperatur under 0° C (ca 10° C under omgivningstemp.). För vissa kunder, rörmaterial., komponenter etc, kan värmning av luftförångad LNG krävas.

En mobil LNG-anläggning med en tank på 40 m³ kan leverera ca 1000 Nm³/h gas i ca ett dygn.

LNG-leveranser kan ske i princip en gång/dygn som mest under kort period. Största tillgängliga trailer motsvarar 40 m³ LNG. Trailern bör tömmas helt vilket motsvarar en mobil enhet (40 m³ LNG + förångare 12 000 Nm³/h).

Identifiering av olika kundbehov i detta avseende bör göras för att avgöra om fallet med mer än en tank är aktuellt. Parallellkoppling av tankenheter och eventuellt även förångarenheter bör inte skapa några tekniska problem.

Lossning direkt i lågtrycksnätet från bil via förångare är också ett alternativ (obs! temperaturbegränsning för plaströr).

Naturgaskunder som inte är anslutna till naturgasnät och som inte kan använda LPG, biogas el. liknande.

Det gäller speciella kunder som använder LNG för motortest, test av gasturbiner, förbränningsteknisk utveckling, speciella processer. Endast tre sådana användare har identifierats i Sverige. Wärtsilä Diesel i Trollhättan testar motorer och har egen stationär LNG-anläggning som fylls från trailer.

ScanArc Plasma Technologies AB i Hovfors driver en försöksverksamhet för förädling av LNG. Detta sker ihop med Kvaerner Engineering AS. Man framställer "Carbon Black" och väte. Carbon Black ("kimrök") används för

t.ex. däcktillverkning och som legeringsämne i stålproduktion. Vätgas) är ett tänkbart drivmedel.

Företaget hyr en 20 m³ tank samt förångare av AGA CRYO. Företaget var först i Sverige som LNG-användare.

ABB i Finspång har enl. Gasum någon gång använt LNG för test av gasturbiner.

CNG / NGV-stationer

Natural Gas Vehicle (NGV) stationer finns i Malmö, Lund och Göteborg. Bussar, lastbilar och taxi samt gasleverantörens egna bilar är huvudsakliga kunder. Tankning sker vid ca 200 - 250 bar. Vid avbrott på NG-försörjning till dessa anläggningar kan en mobil LNG-anläggning enkelt kopplas in. Förångning sker då vid aktuellt fyllnadstryck vilket erhålls med en tryckupptagningspump före förångaren. Komprimering av förångad NG blir då inte nödvändig och medför en energisnål process.

Biogas för fordon

De senaste åren har ett femtiotal kommuner byggt biogasanläggningar.

Med biogas menas en naturlig nedbrytningsprodukt som erhålls då biologiskt material bryts ned i syrefri miljö.

Biogas räknas som förnyelsebart bränsle med låga emissioner, såsom SO_x och NO_x, vid förbränning.

Den beräknade totala potentialen i Sverige är ca 10 TWh och i dagsläget produceras ca 1 TWh. I Linköping, Uppsala och Stockholm finns biogasanläggningar för bl.a. fordonsdrift. Biogasen innehåller, efter rening av rågasen, ca 95 % metan. LNG är idealiskt tekniskt sett som back-up.

Linköping

Biogasanläggningen kommer fullt utbyggd att producera 400 Nm³/h biogas med 95 % Metan. En mobil LNG-enhet (40 m³ LNG)

kan leverera motsvarande kapacitet i ca två dygn på en fyllning.

Uppsala Energi

Uppsala har idag en Biogasanläggning som försörjer 20 bussar, någon lastbil och en del personbilar. Utbyggnad till ca 40 bussar är planerad.

Nuvarande produktion är 3500 Nm³/dygn. En mobil LNG-enhet (40 m³ LNG) kan leverera motsvarande kapacitet i mer än 6 dygn.

Stockholm Vatten

Stockholm Vatten (SV) producerar ca 11 milj. m³ biogas/år (65 % metan) vid en anläggning på Södertörns renhållningsverk.

Man försörjer idag ca 200 fordon med biogas. Man räknar med en kraftig ökning de kommande åren.

Anm: Stockholms Vatten var intresserad att få mer information om ett alternativ med en mobil LNG-enhet, typ Cryenco "Portable LNG/LCNG fueling station, ERVING". Denna enhet har kapacitet enligt nedan :

Tankvolym;	16.8 m ³ (ca 7.5 ton)	Förångarkapacitet:	5.67 m ³ /h (ca 3290 Nm ³ /h)
CNG-kapacitet:	425-858 m ³ /h		vid 248-207 bar.

Vid leverans av 425 m³/h vid 248 bar, räcker tanken i ca 22 timmar i fallet "Stockholm Vatten".

I första hand kan dessa tre anläggningar (Linköping, Uppsala och Stockholm) vara back-up för varandra.

Uppsala har två biogasreaktorer (rågasanläggningar) varav en i princip kan vara back-up. Mindre lastbilar och personbilar har i regel egen back-up i form av bränsletank för bensin/diesel.

Bussar har ej denna möjlighet.

Nästa alternativ som diskuterats är CNG från Göteborg eller Malmö m fl.

Den diskuterade CNG utrustningen bygger på "hydrauliska ackumulatorer". Enkelt uttryckt håller en hydrauliskolva trycket i varje tryckkärl. Kompressorer kan då undvaras.

Tekniken är ny och utvecklad i USA och bl.a. Gazprom (Ryssland) har satsat på detta. Tekniken är fördelaktig vid små avstånd och mindre (2000 - 3000 m³ gas) volymer. LNG har diskuterats som ett lämpligt alt. för större volymer än vad som är lämpligt för CNG.

Kalmar Vatten/Renhållning (KVR)

KVR producerar i befintlig biogasanläggning ca 1 miljon m³ biogas/år. En ny är under uppbyggnad med motsvarande produktionskapacitet och är avsedd för fordonsdrift. Kalmar kan representera ett stort antal kommande biogasanläggningar där man försörjer 5 - 10 bussar och ett litet antal mindre fordon. En investering i LNG-back-up kan knappast bäras av så små anläggningar. I längre perspektiv, med flera liknande anläggningar inom ett begränsat område kan LNG vara ett alternativ.

FÖRSLAG PÅ OLIKA TYPER AV UTRUSTNING

Tre olika varianter på att leverera LNG med mobil utrustning har identifierats :

Komplett mobil enhet i containerutförande. Transport med LNG är tänkbar i detta alternativ.

"Flyttbar" tank + mobil förångarenhet. Tanken transporteras alltid tom.

Enbart mobil förångare.

Komplett mobil enhet

Den minsta och minst kostnadskrävande enheten består av två 20 fots enheter som transporteras tomma. Denna enhet kan leverera ca 1200 Nm³/h (AGA CRYO). Om tanken placeras på bilen kan förångarenheten ökas till 40 fot vilket ger den dubbla förångarkapaciteten.

Transport sker med standardbil + släp.

Ett annat alternativ är att enheten utrustas för transport av fylld tank. Budgetpriset från AGA Cryo är baserat på en tank för luftgaser (oxygen, nitrogen, argon) samt koldioxid (CO₂). För LNG kan viss merkostnad antas

men inte av avgörande betydelse. Transport kräver ADR-kompetens för chauffören (samma som för bensin etc). Transporten måste gå på vissa godkända vägar etc.

Cryencos mobila enhet, "ERVING", användes under OS i Atlanta för att försörja bussarna som transporterade idrottsdeltagare etc. Enheten har därefter blivit en produkt som används för back-up och "förtida inkoppling" innan en permanent CNG station kan färdigställas.

Flyttbar tank + mobil förångare

Tanken kan vara delvis i standardutförande och byggas större än en mobil containervariant, ca 50 m³. Utförandet blir billigare och kan vara aktuellt vid behov av uppställning under en längre tid. Tanken måste givetvis transporteras tom och reses på plats på ett enkelt temporärt fundament. En vertikal tank är konstruktionsmässigt enklare. Kostnaden blir ca 50 % billigare/volym jämfört med en horisontell mobil tank.

Enbart mobil förångare

Vid lossning till rörsystem som kan användas som recipient, kan LNG-leverantörens bil lossa direkt i rörsystemet. Med en 40 fots container kan upp emot 2500 - 3000 Nm³/h lossas.

Vid luftförångning erhålls en gastemperatur som är ca 10° C lägre än omgivande lufttemperatur. I inledningsskedet av lossningen, då förångaren inte är nedisad, kan upp mot dubbla kapaciteten erhållas.

Stamledningen i Sverige är byggd i X70-material. godkänt för -5° C.

Grenledningarna är byggda i SS 1430, godkänt för -40° C.

Vid lossning i grenledning kan gastemperaturen kontrolleras i den efterföljande värmeväxlaren i MR-stationen. 4-barsnätets plastledningar är ej konstruerade för låga temperaturer. Lossning av LNG bör därför alltid göras före MR-station.

Lossning till enskild förbrukare måste penetreras från fall till fall.

Kombinationer

Beroende på kundens behov kan flera olika kombinationer av ovan beskriven utrustning göras.

Exempel 1 :

Med ERVING kan 20 bussar hållas i drift i ca 4 dygn på en fyllning. I kombination med en flyttbar tank på 50 m³ kan ca 20 bussar hållas i drift i 15 -20 dygn på en fyllning.

Man kan förutsätta att CNG och biogas för fordonsdrift kommer att öka betydligt i Sverige. En mobil "fueling station" typ ERVING kan då vara ett bra back-up alternativ för båda dessa bränslen.

SVENSK LAGSTIFTNING

Den Svenska lagstiftningen är uppbyggd enligt följande :

Arbetarskyddsstyrelsen, ASS

Ställer kraven för tryckkärl betr. material., godstjocklek, svetsning etc. Kontroll utförs av ackrediterade organ såsom ÅF Kontroll, SAQ och STK, oavsett typ av tryckkärl eller innehåll.

Räddningsverket

Ställer kraven på fordon för transport inklusive tryckkärl. Detta gäller transporter med farligt innehåll. I vissa fall hänvisar Räddningsverket till ASS.

Transporterna är ställda under krav som redovisas i ADR (European Agreement concerning the international carriage of Dangerous goods by Roads). Kraven på transporten av tryckkärlen betr. vägval, märkning etc ställs också av Räddningsverket.

Sprängämnesinspektionen, SÄI

Ställer kraven på hantering av tryckkärlen när transporten är avslutad! Detta gäller för brandfarligt innehåll. Att kraven på skyddsavstånd, märkning, klassning etc uppfylls kontrolleras av kommunens Räddningsnämnd (i praktiken Brandförsvaret). I särskilda fall kan SÄI delta i kontrollen i samordning med Räddningsnämnden. Så skedde t.ex. i fallet med LNG-anläggningen i Trollhättan.

6. LNG-ANLÄGGNING FÖR TEST AV MOTORER

WÄRTSILÄ DIESEL, TROLLHÄTTAN

Inledning

Wärtsilä Diesel (WD) har byggt upp en testanläggning för naturgasdrivna motorer i Trollhättan. Anläggningen togs i drift 1993. LNG-anläggningen består av :

Vakuumisolerad LNG-tank
Luftförångare
Tryckreducering 16 / 4 bar
Tryckreducering 4 bar - till aktuellt tryck för motorer.

LNG-transport

WD erhåller leverans med trailer från Finland. GASUM Oy tillverkar LNG som sedan transporteras av Svenska Hoyer med specialbyggda fordon. Temperaturen på LNG är ca -165° C vid leverans.

Lossning

Vid lossning trycksätts transporttanken på bilen och vätskan strömmar över till lagringstanken som ska vara trycklös inför lossningen. Tryckhöjningen sker med bilens interna förångare till ett tryck av 1.5 - 2 bar. Vätska förångas och återleds till transporttanken. Lossning av 12 ton LNG tar ca två timmar.

Lagringstank

Tanken är dubbelmantlad med vakuum samt perlite-isolering mellan mantlarna. Trycksättning av tanken sker med hjälp av två luftförångare. Förångad LNG återleds till tanken och tryckreglering sker med reglerventil.

Låg utnyttjandegrad och/eller hög utetemperatur kan leda till oönskad tryckökning i tanken. Eventuell överskottsgas avleds till en "kallfackla".

Uttag från tank

Vid uttag från tanken leds LNG till 4 x 4 parallellkopplade luftförångare. En fjärrma-

növrerad ventil kan stängas (manuellt alt. automatiskt) och stoppa uttaget vid t.ex. motorstopp eller för låg gastemp. före tryckreduceringen.

Värmare

På grund av gasens låga temperatur efter förångarna och temperaturfall vid tryckreduceringen, förvärms gasen. Detta sker med självbegränsande värmekabel på en sträcka av ca 100 m. Traditionell värmning med värmväxlare hade i detta fall krävt en större investering.

Tryckreducering 10 - 4 bar

Två reducerlinjer med mediastyrda regulatorer och slum-shuts reducerar trycket till ca 3.7 bar. En linje är automatiskt stand-by för den andra. Utrustningen är byggd i enlighet med kraven i NGSN 87 för installationer över 4 bar.

Tryckreducering 4 bar - aktuellt motortryck

Utrustningen är placerad i resp. testutrymme. En komplett reducerlinje försörjer varje motor.

Rörsystem

Alla rör, rördelar och komponenter är levererade i rostfritt material alternativt lågtemperaturmaterial.

Undantag är tryckreduceringsutrustningen vid motorerna. Alla vätskefyllda rörledningar är försedda med säkerhetsventiler (termisk avsäkring) mellan varje möjlig avstängning (ventil). Vid värmeförsel från omgivningen stiger trycket snabbt om vätskan stängs in.

Utblåsningsledningar är anslutna till ett gemensamt avblåsningsrör som mynnar 13 m över marken ("kall-fackla").

Kapacitet

Anläggningen är projekterad för att, klara ca 3 200 - 5 000N m³/h.

Tankens normala drifttryck är 0.55 Mpa. Med max. 83 % fyllnadsgrad kan ca 45 m³ LNG lagras i tanken. Volymförhållandet Nm³ gas/m³ LNG är 580:1. 45 m³ LNG motsvarar då

26 100 Nm³ gas. Detta räcker till ca 5.2 timmars drift vid fullt uttag från befintlig. tank. Planer att komplettera med ytterligare en tank finns. Förbrukningen av LNG är mycket intermittant med längre och kortare stillestånd.

Vid intensiva provningsperioder har det hänt att man behövt fylla LNG var tredje dag

Drifterfarenheter

Från 1993 har anläggningen varit i drift i stort sett året runt. Inga olyckor eller tillbud har rapporterats. Gasleveranserna har fungerat bra. Inga driftstörningar av betydelse har uppstått. Tillgängligheten på anläggningen har varit 100 % under hela tidsperioden.

Noterade störningar:

Två, av 7 säkerhetsventiler på tanken har läckt. Dessa har metalliska säten. Erfarenheten visar att mjuktätande säten är att föredra.

Impulsledningar till nivåinstrument har satts igen, vilket har medfört en överfyllning. Renblåsning sker nu en gång/år, sedan dess inga problem.

Daglig översyn sker med rondering morgon och kväll. Om trycket i tanken är för högt reduceras detta genom manuellt utsläpp genom "kall-facklan".

Utrustning, Investering

Några exakta uppgifter på investeringen har ej erhållits.

Lagringstanken upphandlades "begagnad" från en nedlagd anläggning i England. Inköp förmedlades genom AGA i Sverige.

Luftförångarna, tillverkas i Ungern, upphandlades från AGA CRYO i GBG.

Tryckreducering (10 - 4 bar), filter och turbinmätare upphandlades från Rombach. Projektering och konstruktion utfördes av Sydkraft Konsult. Montage och svetsarbete av Elajo Mekanik.

Myndighetskrav

Tillstånd att uppföra och driftsätta LNG-anläggningen har erhållits genom prövning och godkännande av bl.a. ASS, SÄI, Byggnadsnämnden samt Räddningstjänsten. Klassningsritningar på explosionsfarligt område har upprättats och el./instrumentutrustningar har anpassats därefter. Själva motortestutrymmena är ej klassade (betraktas i princip som pannrum).

Vid årlig återkommande besiktning provas säkerhetsventiler samt förångarna.

LNG- Leveranser, avtal

WD har nu ett internt avtal om LNG leveranser från WD i Wasa, Finland. WD betalar ett fast pris/kg fritt levererat till lagringstanken i Trollhättan.

Första leveransen kom från Thyssen Gas i Tyskland. Prisnivån på gasen från Thyssen Gas var förhållandevis hög.

Därefter levererades LNG från KRIO i Polen med Svenska Hoyer som transportföretag. Till KRIO betalade man 0.6 DM/kg LNG + trp. och hyra av LNG tank , totalt ca 40 000:-.

För 12 ton LNG levererad i lagringstanken blir detta ca 72 400 :- SEK.

Detta motsvarar ca 0:50 SEK/kWh. Nuvarande avtal med Gasum om LNG leveranser är inte offentligt.

Referenser : Wärtsilä Diesel Trollhättan, Stig Gustavsson

Bilaga : Förenklat schema över LNG anläggning i Trollhättan, bilaga 2

7. BUDGETPRISER PÅ UTRUSTNING FÖR LNG (MSEK)

AGA CRYO

	MSEK
Containerbyggd LNG-tank, 20 fot, 18 m ³ .	1.5
Containerbyggd förångare, 20 fot, 1 200 Nm ³ /h	0.5
Containerbyggd förångare, 40 fot, 2 400 Nm ³ /h	1.0
Flyttbar LNG-tank, 50 m ³	1.8
Transportbil + släp till 20 + 40 fots enhet (Begagnad bil + släp enl. ovan)	1.5 0.8)

Anm: Bilen är utrustad för att lossa och lasta enheterna med egen utrustning.

LINDE AG Tyskland

	MSEK
Containerbyggd LNG-tank, 20 fot, 18 m ³ .	1.5
Containerbyggd förångare, 20 fot, 1 200 Nm ³ /h	0.5
Containerbyggd förångare, 40 fot, 2 400 Nm ³ /h	1.0

CRYENCO USA

	MSEK
Mobil "fueling station" typ ERVING : - LCNG 425 - 860 Sm ³ /h vid 207-248 bar, 16 m ³ LNG	3.0

BUDGETPRISER LNG, SEK (exkl. transport)

(engångsleveranser utan särskilt avtal)

GASUM Finland 9 :-/kg, 99 % metan

KRIO Polen 2:80/kg, 95 % metan

JÄMFÖRANDE PRISER AV OLIKA BRÄNSLEN

LNG pris (enl. budgetpris från leverantörer) inkl. transport till kund i Sverige, exkl. investering och driftkostnad för mobil enhet.

Bensin och biogas: Pris inkl. moms till kund.

Bensin	8 :-/liter	0:80/ kWh
Biogas	6:20/Nm ³	0:65/kWh
LNG/LCNG	6-12 :-/kg	0:50 - 0:90/kWh

BUDGETPRISER FÖR TRANSPORT, Svenska HOYER

I priset ingår transport och hyra av utrustning (tank + bil)

Lossning i södra Sverige till tank (35 - 40 m³ LNG)

Från KRIO i Polen : **45 000:-**

Från GASUM i Finland : **35 000:-**

SE ÄVEN "PRISBILD", Bilaga 1

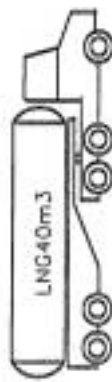
8. REFERENSER

<i>Sydgas AB</i>	<i>Olle Johansson</i>
	<i>Nils Widing</i>
	<i>Philip Östberg</i>
<i>Sydkraft Konsult AB</i>	<i>Ola Hall</i>
<i>ÅF Kontroll</i>	<i>Gunnar Sandström</i>
<i>SÄI</i>	<i>Lars Synnerholm</i>
<i>Scanarc Plasma</i>	<i>Karl Henrik Lindgren</i>
<i>Stockholms Vatten</i>	<i>Lars Rahm</i>
<i>Uppsala</i>	<i>Magnus Kjellman, Tomas Kollm</i>
<i>Linköping T.V</i>	<i>Bertil Karlsson</i>
<i>Kalmar Energi/Miljö</i>	<i>Håkan Eriksson</i>
<i>AGA CRYO</i>	<i>Ragnar Strömberg</i>
<i>HOYER</i>	<i>Bengt Johansson</i>
<i>Wärtsilä Diesel</i>	<i>Stig Gustavsson (Trollhättan)</i>
<i>Wärtsilä Diesel</i>	<i>Elisabeth Norrmén (Vaasa, Finland)</i>
<i>GASUM OY</i>	<i>Arto Riikonen (Finland)</i>
<i>KRIO</i>	<i>Kate Cholast (Polen)</i>
<i>Linde AG</i>	<i>XXXX (Tyskland)</i>
<i>Cryenco Inc.</i>	<i>Bill Jones (USA)</i>
<i>Tokyo Gas Eng.</i>	<i>Yoshitaro Arai (Japan)</i>
<i>ICGTI</i>	<i>Michael Rutherford (USA)</i>
<i>ICGTI</i>	<i>GRI-rapporter m.m. (USA)</i>
<i>PCI Inc.</i>	<i>Joe English (USA)</i>
<i>Transgas</i>	<i>Taylor Warton (USA)</i>

9. BILAGOR

Bilaga 1:	Prisbild
Bilaga 2:	Förenklat schema över LNG-anläggning i Trollhättan

PRISBILD LNG UTRUSTNING



LNG TRAILER, KOMPLETT
- 40m³, lossningstryck 9 bar (pris erhålles på offertförfrågan = ca. 4 .0)

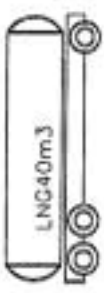
Pris MSEK



"MOBILE FUELING STATION" TYP ERVING, CRYENCO

Tankvolym : 16.8 m³ LNG
Kapacitet : LNG : 5.67 m³/h
LCNG : 450 - 900 Nm³/h vid 248 - 207 bar

3.0



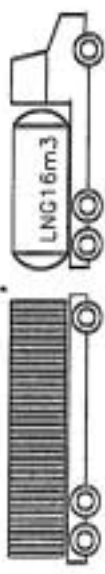
MOBIL ENHET FÖR LNG LEVERANS

Tankvolym : 40 m³, 40 fots container
Förångare : 1200 Nm³/h, 20 fots container
(Transportfordon : Bil + släp

2.5

0.5

1.5)



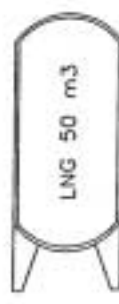
SOM OVAN

Tankvolym : 18 m³, 20 fots container
Förångare : 2400 Nm³/h, 40 fots container
(Transportfordon : Bil + släp

1.5

1.0

1.5)

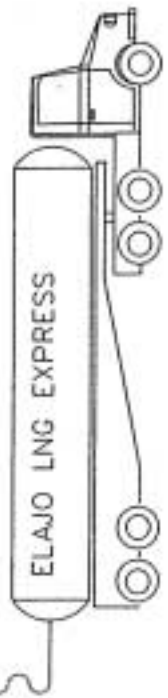
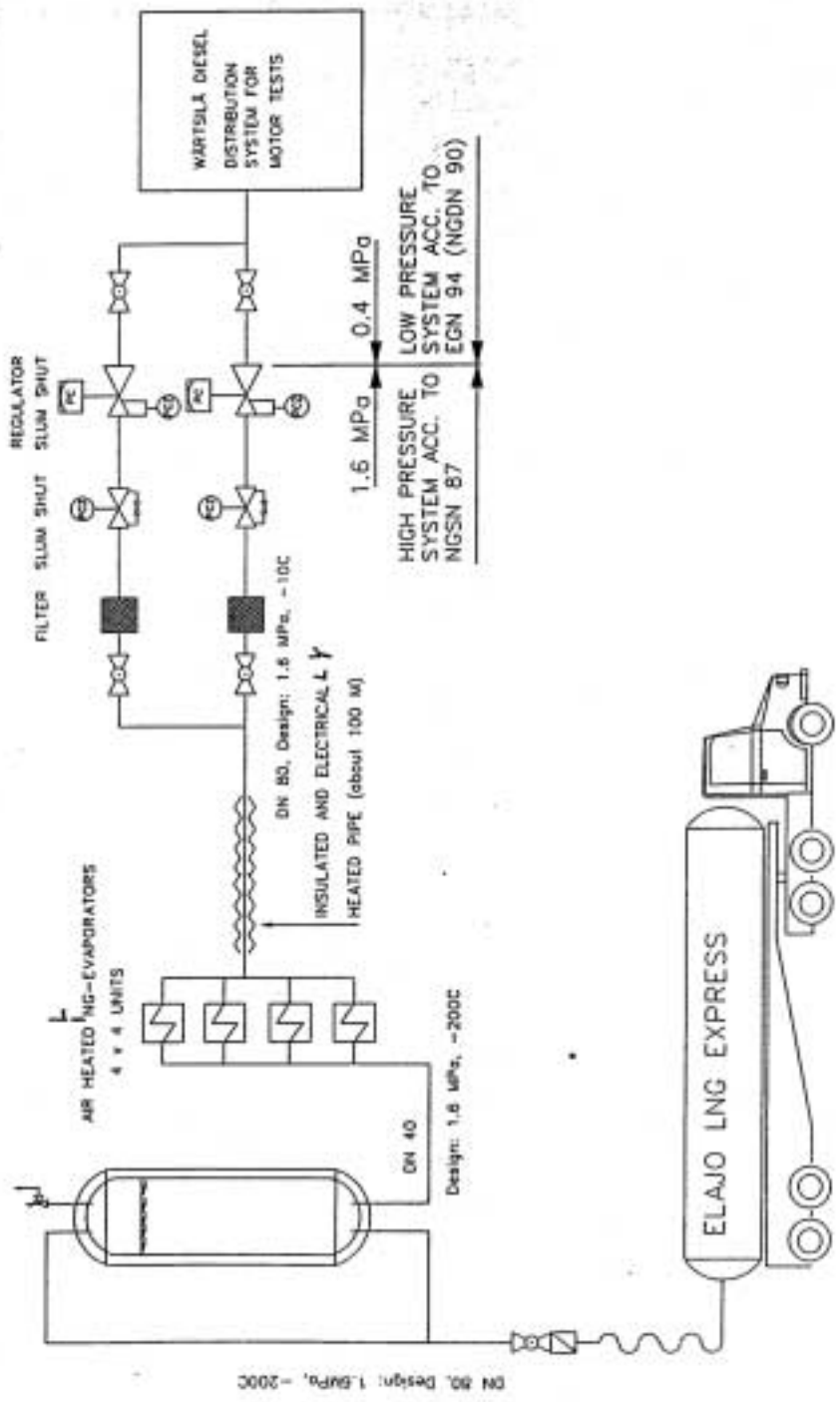



TRANSPORTERBAR TANK (transp. tömdl)

Tankvolym : 50 m³

1.5

TANK:
 Poperation: 5-5 MPa



REV. NO.	DATE	BY	CHKD.	NO.
51				0
				
LNG PLANT WARTSILA DIESEL MOTOR TEST PRINCIPAL FLOW SHEET				
PW				

Revise/Revision made	Date	Signature/Checked



SE-205 09 MALMÖ ● TEL 040-24 43 10 ● FAX 040-24 43 14
www.sgc.se ● info@sgc.se
