

---

---

Arbetsrapport SGC A01

**FORDONSTANKSTATION  
NATURGAS**

**Parallellkoppling av 4 st Fuel Makers  
Kapacitet 10 Nm<sup>3</sup>/h**

Per Carlsson  
Göteborg Energi AB

Februari 1995





# FORDONSTANKSTATION NATURGAS

Parallellkoppling av 4 st Fuel Makers  
kapacitet 10 Nm<sup>3</sup>/h

Per Carlsson  
Göteborg Energi AB

Februari 1995



**Fordontanstankstation Naturgas**

=====

| Innehållsförteckning                           | <u>Sid</u> |
|------------------------------------------------|------------|
| Sammanfattning                                 | 2          |
| Summary                                        | 2          |
| 1 Inledning                                    | 3          |
| 1.1 Bakgrund                                   | 3          |
| 1.2 Målsättning                                | 3          |
| 1.3 Förutsättningar                            | 4          |
| 2 Teknisk Beskrivning                          | 4          |
| 2.1 Dimensionering                             | 5          |
| 2.2 Lågtryckssystem                            | 5          |
| 2.3 Kompressorer                               | 6          |
| 2.4 Rörsystem, Lager, Fyllningspanel, Högtryck | 7          |
| 2.5 Elsystem                                   | 7          |
| 2.6 Container                                  | 8          |
| 3 Drifterfarenheter                            | 8          |
| 4 Ekonomi                                      | 9          |
| 5 Slutsatser och förslag för framtiden         | 10         |

### SAMMANFATTNING

När Göteborgs Spårvägar AB införskaffade sin första naturgasdrivna buss för stadstrafik, föll det på Göteborg Energi AB:s lott att bygga upp en tankstation för denna buss. Tankstationen består av 4 st små hemmatankningsenheter av fabrikat "FuelMaker" kopplade parallellt och som via ett kaskadtanksystem försörjer bussen med komprimerad naturgas, (CNG). Sammanlagd kapacitet hos kompressorerna är 10 Nm<sup>3</sup>/h vid 200 bars leveranstryck. Stationen fyller sin uppgift väl, som är att tanka ett enstaka fordon, men större kapacitet vore önskvärt. Stationen har nu varit i drift ca 1 000 timmar och har flyttas till en ny placering för fortsatt tjänst.

### SUMMARY

When the public bus transport company "Göteborgs Spårvägar AB" converted one of their buses to be operated on compressed natural gas (CNG), Göteborg Energi AB started the installation of a CNG filling station. The station consists of 4 small homefuel units (FuelMaker). They operate in parallel and via a storage system these compressors supply the bus with gas. The total capacity of the station is limited to 10 Nm<sup>3</sup>/h at a pressure of 200 bar, but it fulfills the duty of serving one vehicle. The station has now been in operation during more than 1 000 hours and has been transferred to a new site for continued service.

## 1 INLEDNING

### 1.1 Bakgrund

Göteborgs kommunstyrelse beslutade 1991 att 20 st naturgasdrivna bussar skulle finnas i drift i Göteborg 1993. Göteborgs Spårvägar (GS) tog sig an problemet med anskaffning och drift av bussarna, medan Göteborg Energi AB (GE) åtog sig att få fram tillhörande tankstationer.

För att snabbt vinna erfarenheter av upphandling och drift av bussar och tankstationer började GS med att konvertera en buss av typ Scania till naturgasdrift samtidigt som GE åtog sig att så snabbt som möjligt få fram en kompressor och övrig tankningsutrustning lämplig för denna buss.

### 1.2 Målsättning

Projektets syfte var att ta fram underlag för design och upphandling av en tankstation samtidigt som en kompetensuppbyggnad skulle ske både inom det tekniska och fiskala området. Vidare skulle drifterfarenheter från parallellkopplade kompressorer samt kostnadserfarenheter ingå i projektet. Ett annat syfte var att stationen i framtiden skulle kunna användas av fordonsägare som önskar en mindre tankstation, lämplig för ett fordon, under en begränsad tid. Detta för att underlätta introduktionen av naturgasdrivna fordon (NGV) i Sverige.

### 1.3 Förutsättningar

Vid introduktion av högtrycksteknik inom naturgasområdet finns flera hinder att övervinna. Brist på relevanta regler och erfarenhet av komprimerad naturgas (CNG) gör att introduktionen blir dyr och tar lång tid att genomföra. Göteborg Energi AB önskade ta fram en station som skulle kunna användas även efter det att en större tankstation för 20 bussar tagits i bruk, för att låta intresserade fordonsägare och/eller gasleverantörer få snabb tillgång till en enkel och flexibel tankanläggning. För att öka möjligheten till ett lyckat resultat togs kontakt med AGA Gas i Stockholm samtidigt som inköp och godkännande av kompressorerna samordnades med Vattenfall Energisystem AB. Kompressorerna som skulle användas var av typ FuelMaker vardera med en maximal kapacitet av 3 Nm<sup>3</sup>/h vid 200 bar.

## 2 TEKNISK BESKRIVNING

Anläggningens "hjärta" är fyra FuelMaker hemmatankningsenheter kopplade parallellt via ett högtryckslager till en fördelningspanel. Lager och kompressorer är placerade i en halvöppen 20' container, då kompressorerna ej får stå inomhus. Tankningstid blir 5 timmar med det tankningsbehov som bussen normalt har. Det har visat sig att det inte är några problem att hålla en buss i drift med denna anläggning.

Systemets uppbyggnad framgår av fig 1.

## 2.1 Dimensionering

Basuppgiften är bränsleförbrukningen hos fordonet. Vid en station avsedd enbart för ett eller några få fordon är även bränsletankens volym en parameter som behövs för dimensioneringen.

Då tankning sker nattetid är tillgänglig tanktid ca 8 timmar. Då bussens bränslekapacitet är ca  $140 \text{ Nm}^3$  och om tankning skall ske utan kaskadlager bör kompressorkapaciteten således vara  $140/8 = 18 \text{ Nm}^3/\text{h}$ .

Används ett kaskadlager vilket ger längre gångtider på kompressorerna kan kapaciteten hos dessa minska. Vid 24 timmars drift/dygn blir den nödvändiga kapaciteten  $140/24 = 6 \text{ Nm}^3/\text{h}$ . 24 timmars drift ger dock ingen marginal för service och underhåll. Utgående från de fyra FuelMaker-kompressorerna och under antagande att tre är i drift samtidigt kan de producera  $3 \times 3 = 9 \text{ Nm}^3/\text{h}$  dvs drygt  $140 \text{ Nm}^3$  på 16 timmar. Kompletteras kompressorerna med ett kaskadlager på  $120 \text{ Nm}^3$  kan tankningstiden reduceras till 7 timmar. Eftersom bussen i praktiken ej är tom blir den verkliga tankningstiden något kortare.

## 2.2 Lågtryckssystem ( < 4 bar )

FuelMaker kompressorn har en stor nackdel, nämligen att den tillåter max 140 mbar som inloppstryck på gasen. Detta för med sig att en abonnentcentral (AC) med regulator måste införas mellan kompressorerna och 4 bars-nätet. En standard AC användes, dock med utgående tryck 140 mbar. Då dimensionen är DN 25 utfördes rörsystem i koppar, vilket nu i efterhand visat sig vara mindre lämpligt. Det hade varit bättre om rörsystemet byggts i stål pga mekaniska förutsättningar. Mätning sker direkt efter AC med temperaturkompensering, men utan tryckkompensering eftersom trycket ligger stabilt på 140 m bar. Gasen leds via avstängningsventiler till kompressorerna.

### 2.3 Kompressorer

Tankningsenheten inkl kompressorerna tillverkas av kanadensiska FuelMaker i Toronto. Företaget är samägt av schweiziska kompressortillverkaren Sulzer, amerikanska gasbolaget Questar och kanadensiska gasbolaget BC Gas. Sulzer har stått för större delen av den tekniska utvecklingen av tankningsenheterna.

En enhet väger 48 kg och är mycket kompakt. Den består i huvudsak av en kompressor med styrenhet.

Gasens inloppstryck får vara högst 140 mbar. Komprimeringen av gasen sker i fyra steg till 200 bar (vid 20° C yttertemperatur). Genom avancerad användning av plast och keramer samt ett noggrant tillverkningsförfarande har man fått fram en kompressor som är helt smörjningsfri. Någon risk för olja i den komprimerade gasen finns således ej. Kapaciteten vid 50 Hz 220 V är 2,5 - 3 Nm<sup>3</sup>/h.

Någon yttre rördragning mellan de olika kompressorstegen finns ej utan rören är ingjutna i cylindergodset. Läckagerisken är därmed eliminerad redan vid konstruktionsbordet.

Kompressorn, som är luftkyld, drivs av en elmotor på 1,8 kW. Styrenheten stoppar automatiskt tankningen då rätt tryck uppnåtts. Detta tryck är beroende av omgivningstemperaturen. Vid +20° C är stängningstrycket 200 bar och vid exempelvis -30° C 125 bar.

Under tankning övervakar styrenheten förloppet. Är inloppstrycket för lågt stoppas kompressorn. Om den normala tryckökningen uteblir, eller markant ändras, kan det tyda på läckage och kompressorn stoppas.

Övervakning sker även av motorns och kompressorns temperatur.



Antal drifttimmar loggas och enheten talar om när det är dags för översyn.

Kompressorn är granskad och godkänd av sprängämnesinspektionen.

#### 2.4 Rörsystem, lager och fyllningspanel.

Rörsystem, lager och fyllningspanel med tillhörande komponenter är konstruerade och levererade av AGA-Gas AB. Rörsystemet är utfört i rostfritt stål SS 2352-24. Ventiler och rördelar är i rostfritt stål av fabrikat Swagelock. Via fyllningspanelen leds den komprimerade gasen från kompressorerna antingen direkt till fordonet (långsamtankning) eller till kaskadtankarna (lagret). Lagret består av 10 st typgodkända 50 liters metanflaskor. Totalt rymmer lagret ca 120 Nm<sup>3</sup> av vilka ca 50 är effektivt tillgängliga. En pneumatisk avstängnings- och manövreringsventil är inbyggd i systemet där även en slangbrottsindikation finns. Fyllningspanelens uppbyggnad framgår av fig 2.

Fyllnadsslangen är en veckad och mantlad rostfri slang med en Sherex SC 250 koppling mot fordonet. Denna koppling är ej avluftningsbar utan tryckutjämning sker via fyllningspanelen. Nackdelen med detta system är att den i slangen stående gasvolymen töms till atmosfär vid avluftning. Rörsystemets konstruktion är granskad och godkänd av sprängämnesinspektionen samt provtryckt av SA.

#### 2.5 Elsystemet

En enkel elcentral har installerats där en 32 A 3-fasanslutning finns, d v s det är mycket lätt att ansluta anläggningen även vid en provisorisk uppställningsplats.

Förutom kompressorer och belysning är det endast slangbrottsindikatorn och ventilstyrningen som förbrukar elström i anläggningen.

Belysningsarmaturer har i EX-skyddat utförande trots att containerutrymmena ej har klassats som EX-område.

## 2.6 Container

Kompressorerna är av en typ som endast får användas utomhus. Eftersom det var önskvärt att placera kompressorer och all övrig utrustning i ett gemensamt utrymme innebar det att all utrustning måste dimensioneras för  $-30^{\circ}\text{C}$ . Det gemensamma utrymmet utgöres av en 20 fots container som försetts med ventilation enligt Svensk standard för att bli betraktad som en öppen konstruktion. I containern finns en skiljevägg till ett separat brandisolerat utrymme där kaskadtankarna placerats. Ingen mekanisk ventilation eller uppvärmning har installerats.

## 3 DRIFTERFARENHETER EFTER 1 000 H GÅNGTID.

Kompressorerna skall in till fabrik för översyn efter 1 000 timmars drift och de är förprogrammerade att stänga av sig efter denna drifttid. Detta är naturligtvis en stor nackdel när det gäller industriapplikationer.

Ett annat problem som har upptäckts är att temperaturkompenseringen av tryckströmbrytaren bör vara av högre kvalitet än i det nuvarande utförandet. Vid ca  $0^{\circ}\text{C}$  är det stor spridning av de olika enheterna stopptryck. Detta betyder i sin tur att kompressorernas säkerhetssystem aktiveras då en kompressor ej klarar av att fylla tankarna fort nog. Se kap 2.3.

Vidare får man vara mycket uppmärksam på fukthalten i gasen. En PEM - ledning har en viss diffusion och längre sträckningar med "blindtarm" till kompressorstationer bör utföras i stål. Torkare har fått sättas in på högtrycksdelen av systemet för att komma tillrätta med fuktproblemet. Vid användning av biogas är det än viktigare att vara uppmärksam på detta problem.

#### 4 EKONOMI

Då anläggningen byggts som demonstration och försöksanläggning uppfyller den ej krav på kommersialitet. Anläggningen är dessutom alldeles för liten för att bli intressant ur denna synvinkel.

Totalkostnaden för tankstationen blir om man undantar markarbeten och gasledningsarbeten.

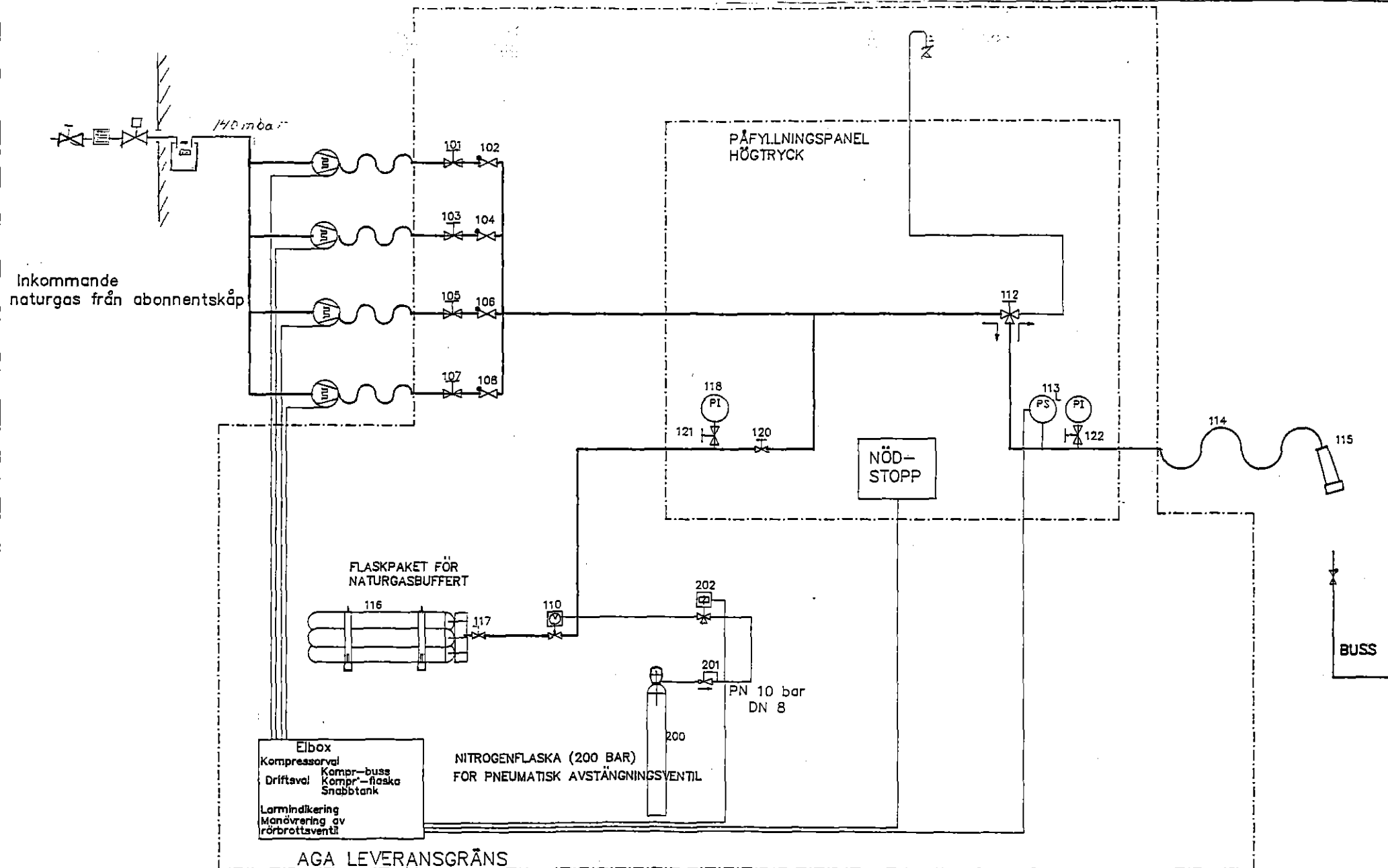
|                         | <u>KKR</u> |
|-------------------------|------------|
| Kompressorer, 4 st      | 110        |
| Högtrycksanläggning AGA | 115        |
| Begagnad container      | 65         |
| Elarbete inkl servis    | 20         |
| Projektering            | 25         |
| Högtrycksfilter         | 15         |
| <b>TOTALT</b>           | <b>350</b> |
| =====                   |            |

Markarbetena uppgick till 400 000 kr. Denna kostnad är dock ej representativ utan schablonmässigt bör man kunna utgå från ca 50 000 kr vilket ger en totalkostnad för stationen på ca 400 000 kr.

## 5 SLUTSATSER OCH FÖRSLAG FÖR FRAMTIDEN

Stationen har uppfyllt kravet att klara av att hålla en buss igång med CNG. Tekniskt har den fungerat väl och den är tänkt att fortsätta vara i drift hos olika kunder. Dock är inte dessa hemmatankningsenheter lämpliga att parallellkoppla, främst av styr- och reglertekniska skäl. Det är bättre att i framtiden satsa på lite större kompressorer med separat övervakning om liknande anläggningar skall byggas. Även kapacitetsmässigt bör stationen dimensioneras så att långsamtankning kan ske utan stöd från kaskadlager.

En viktig slutsats man kan dra av anläggningen gäller kapacitetsbehovet hos kompressorerna. Vid ett större antal bussar räcker det med 10 - 15 Nm<sup>3</sup>/h kapacitet per buss. Denna slutsats bör utnyttjas vid dimensionering av nya tankstationer, vilka annars lätt överdimensioneras.



Tryckklass : PN 200.  
 Maxflöde från kompressorer (4 st Fuel Maker): 18 Nm<sup>3</sup>/h.  
 Temperaturområde: -30--+50 Celsius.  
 Zonindelning för naturgas: Zon C.  
 Tryckprovning: 1.5X200 bar. Ej flaskpaket, har redan provtryckts.  
 Rormaterial: SS-2353-24, dim 12X2.  
 Armatur: PN 200 eller högre. Typintyg 5939 för naturgas eller annat godkännande.  
 Flaskpaket med avstängningsventil: Godkänt enligt normala flaskrutiner.  
 Kopplingar: Gånganslutningar eller svagelockkopplingar med typintyg 5939 för naturgas.

| POS                      | ANT        | BENÄMNING | ART.NR | DIMENSION | MATERIAL    | ANMÄRKNING |
|--------------------------|------------|-----------|--------|-----------|-------------|------------|
| ENERGIVERK GÖTEBORG      |            |           |        |           |             |            |
| NATURGASFÖRSÖRJNING BUSS |            |           |        |           |             |            |
| FYLNINGSTATION           |            |           |        |           |             |            |
| RITN TYP                 | DATUM      | RITAD     | GODK.  | SKALA     | RITN.-NR    | RE...      |
| PROCESSFLÖDESSCHEMA      | 1991-05-27 | DG        | DG     | 1:1       | 500006832-5 |            |

**AGA**  
 AGA Gas AB