

Nationellt Samverkansprojekt Biogas i Fordon



Återkommande besiktning av högtryckstankar i lätta och tunga metangasdrivna fordon

610203

ISSN 1651-5501

Projektet delfinansieras av Energimyndigheten

Återkommande besiktning av högtryckstankar i lätta och tunga metangasdrivna fordon



Sammanfattning:

Rapporten har tagits fram inom ramen för Energimyndighetens forskningsprogram *Biogas till fordon*. Projektet som rapporten beskriver formulerades i syfte att tillsammans med olika branschaktörer ta fram en kostnadseffektiv och säker lösning för återkommande besiktning av högtryckstankar i metangasdrivna fordon. Projektet är ett samarbete mellan fordonsgas-branschen och myndigheter med Svenska Gasföreningen som projektledare. Arbetet har resulterat i ett antal slutsatser som kommer att ligga till grund för Vägverkets utformning av föreskrifter och Bilprovningens utformning av rutiner., Ikraftträdande av Vägverkets föreskrifter är planerat till den 1 mars 2007.

Summary:

This report has been compiled within the program “Biogas in Vehicles”, which is partly financed by the Swedish Energy Agency. The aim of the project described in the report was to hammer out, taking in account cost efficiency and safety, a suggestion for methods and regulations for periodic inspection of high-pressure cylinders in methane-run vehicles. The project is a collaboration between the industry and regulatory authorities, co-ordinated by The Swedish Gas Association. The project has resulted in a number of conclusions that will underlie the regulation proposal from The Swedish National Road Administration and the following design of inspection methods at Bilprovningen.

Slutrapport

SVENSKA GASFÖRENINGEN
Stockholm 2004-12-23

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	3
---------------	----------

BAKGRUND	4
-----------------	----------

SYFTE	4
--------------	----------

GÄLLANDE REGELVERK, RELEVANTA STANDARDER OCH BRANSCHNORMER	4
---	----------

REGELVERK	4
STANDARDER	5
BRANSCHNORMER / ANVISNINGAR	6

GENOMFÖRANDE	6
---------------------	----------

REFERENSGRUPP	6
UNDERSÖKNINGAR SOM GJORTS INOM PROJEKTET	6
DISKUSSION OM STÖRRE ÄNDRINGAR I REGELVERKET	7

SLUTSATS OCH FÖRSLAG	7
-----------------------------	----------

ÖVERLÄMNING AV PROJEKTET	8
---------------------------------	----------

BILAGOR:

SGCs litteraturstudie - Arbetsrapport A37 Provning av tryckbehållare för naturgas och biogas i fordon

DNVs tekniska rapport nr. 50000123-1: Förstudie för bedömningsgrunder av skador på CNG-tankar.

ASBs redovisning från besök i Göteborg

ASBs utkast till kontrollplan

Förord

Svenska Gasföreningen (SGF) är en branschorganisation för energigasintressenter. Medlemmar i föreningen är energibolag, gasdistributörer, tillverkare och leverantörer av gasutrustningar, konsultföretag m fl.

En central del i föreningens verksamhet är att verka för säkrare användning av energigaser (naturgas, stadsgas, gasol, biogas). Detta görs bl a genom att utarbeta branschgemensamma normer och anvisningar.

Rapporten har tagits fram inom ramen för Energimyndighetens forskningsprogram *Biogas till fordon*. I referensgruppen har BIL Sweden, Vägverket, Räddningsverket, Arbetsmiljöverket, Bilprovningen, Tekniska Verken i Linköping, Volvo Personvagnar, Svenska Volkswagen ingått.

SVENSKA GASFÖRENINGEN

Stockholm 2004-12-23

Bakgrund

Fordon drivna med gasformiga bränslen blir allt vanligare. I början av 2004 fanns det över 4000 metangasdrivna fordon och över 40 tankställen för metan, det vanligaste förekommande gasformiga bränslet för fordon. Det är avgörande för utvecklingen av detta alternativa bränsle att det finns föreskrifter för att säkert lagra gasformiga bränslen under högt tryck i fordon. Det bör dessutom finnas ett aktuellt och relevant regelverk som anger metoder och rutiner för regelbunden kontroll av dessa högtryckstankar, vilket saknas idag.

I Sverige gäller Vägverkets föreskrifter. Eftersom de skrevs då gasfordon inte fanns i samma utsträckning som idag, är gällande föreskrift inte helt aktuell beträffande återkommande kontroll. Vägverket har därför uttryckt ett önskemål om att gasindustrin och bilindustrin ska samordna sig och ta fram underlag till en revidering av föreskriften. Vägverkets förslag var att branschföreningen *BIL Sweden*, som företrädare för biltillverkare och importörer, och Svenska Gasföreningen, som företrädare för gasdistributörer, skulle arbeta fram ett sådant underlag.

Mot denna bakgrund beslutade Energimyndigheten att som del av Samverkansprojektet "Biogas för fordon" delfinansiera projektet "Återkommande besiktning av högtryckstankar i lätta och tunga fordon", som denna rapport beskriver.

Syfte

Syftet är att tillsammans med olika branschaktörer ta fram en kostnadseffektiv och säker lösning för återkommande besiktning av högtryckstankar i fordon. Underlaget ska nyttjas för Vägverkets utformning av föreskrifter. Under arbetets gång har det konstaterats att problemställningen gäller hela bränslesystemet.

Fokus i detta projekt ligger på metangastankar, men metodiken för återkommande besiktning av exempelvis tankar för vätgas skulle beaktas.

Gällande regelverk, relevanta standarder och branschnormer

Regelverk

Alla trycktankar för metangas, som installeras i fordon, måste vara godkända enligt det regelverk som gäller i respektive land. I och med att EU antagit ECE-reglemente 110 gäller detta på motsvarande sätt som ett EG-direktiv. Detta innebär att en fordonstillverkare som söker helfordonsgodkännande på ett metangasfordon måste uppfylla kraven i reglementet. Samtidigt

innebär det också att en enhetlig tillämpning kommer att göras på dessa fordon även vad avser gasinstallationen.

Ett fordon som godkänns i ett EU-land är därmed automatiskt godkänt för användande inom annat EU-land. Typgodkännanden inom fordonsområdet utfärdas i Sverige av Vägverket. Situationen är dock annorlunda avseende den återkommande besiktning av trycktankarna i fordonet och här finns det olika åsikter inom de europeiska länderna hur den återkommande besiktningen skall gå till. De ramar som anges i Annex 3 i ECE R110 är ett minimikrav på nivån av den återkommande besiktningen som EU kräver. Följande lydelse gäller:

4.1.4 Periodic Re-qualification

Recommendations for periodic re-qualification by visual inspection or testing during the service life shall be provided by the cylinder manufacturer on the basis of use under service conditions specified herein. Each cylinder shall be visually inspected at least every 36 months, and at the time of any re-installation, for external damage and deterioration, including under the support straps. The visual inspection shall be performed by a competent agency approved or recognised by the Regulatory Authority, in accordance with the manufacturers specifications:

Cylinders without label containing mandatory information, or with labels containing mandatory information that are illegible in any way shall be removed from service. If the cylinder can be positively identified by manufacturer and serial number, a replacement label may be applied, allowing the cylinder to remain in service.

Utöver detta krav bestäms idag nivån på den återkommande besiktningen nationellt.

I Sverige gäller Vägverkets föreskrifter: VVFS 2003:22 (*Vägverkets föreskrifter om bilar och släpvagnar som dras av bilar*) och VVFS 2002:64 (*Vägverkets föreskrifter om kontrollbesiktning*). VVFS 2003:22 ställer krav på återkommande kontroll av tankar i kapitel 6, 61-64 §§. Paragraferna kräver att driftprovning och en utvändig undersökning skall utföras vartannat år. Vid kontrollbesiktning vart fjärde år skall ett intyg medfölja fordonet som visar att minst en, slumpmässigt utvald, bränsletank undersökts invändigt och befunnits uppfylla ställda krav enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 1999:6). Föreskriften skrevs då det i princip inte fanns metangasdrivna personbilar i Sverige. Föreskrifterna var således anpassade efter metangasdrivna bussar och är svåra att följa med avseende på personbilar. Det fanns heller inte tillräckliga erfarenheter i landet för att stödja regelverket.

Räddningsverkets föreskrifter om tankstationer för metangasdrivna fordon, SÄIFS 1998:5, reglerar utformning av tankstationer, vilka kompletteras av SGFs anvisningar. Se vidare under avsnittet om standarder och branschnormer.

Standarder

Det har under den period som naturgas och biogas använts som metankällor för fordonsbränsle, förekommit störningar i gaskvaliteten vilket orsakat driftstörningar i fordonen. Baserat på dessa problem initierades arbetet med att utarbeta en svensk standard för biogas som fordonsbränsle (SS 15 54 38) samt utformades de myndighetskrav som nu gäller för utformning och drift av tankstationer för metangas till fordon. Se vidare under avsnittet *Regelverk* och avsnittet *Diskussion om större ändringar i regelverket*.

Ett pågående arbete inom International Standard Organisation (ISO) är ISO/DIS 19078 (*Gas cylinders - Inspection for requalification of high pressure cylinders and their installation, for the on board storage of natural gas as a fuel of automotive vehicles*). ISO besiktningsmetod ISO/DIS 19078 bygger på att gassystem och gastank är utformade i enlighet med ISO 11439 (*High Pressure Cylinders for the On-Board Storage of Natural Gas as Fuel for Automotive Vehicles*).

Branschnormer / Anvisningar

För att främja att nationella krav efterlevs på ett tillfredsställande sätt pågår det olika arbeten inom gasbranschen, som tillsammans syftar till att säkerställa att gas som ej uppfyller gällande krav inte kan nå fordonets tankar. Se vidare under avsnittet *Diskussion om större ändringar i regelverket*.

Anvisningar för tankstationer för metangasdrivna fordon togs fram 2001 av SGF. Den baseras på gällande regelverk och används vid upphandlingar av tankställen. Skriften är under revidering och är klar till 2006. I den nya versionen kommer krav på fuktmätning av metangas på tankställen att ingå.

SGC Rapport 138 (*System för kvalitetssäkring av uppgraderad biogas*) togs fram 2003 . Den ska fungera som ett underlag för uppbyggnad av ett kvalitetssäkringssystem eller implementeras direkt i en organisationen genom ett framtaget blankettpaket.

Genomförande

Referensgrupp

Under projektets gång bildades det en referensgrupp som bestod av aktörer inom branschen, men även berörda myndigheter. Vid projektets slut hade referensgruppen representanter från följande aktörer och myndigheter: Svenska Gasföreningen (SGF), BIL Sweden, Vägverket, Räddningsverket, Arbetsmiljöverket (delvis deltagit), Bilprovningen (ASB), Tekniska Verken i Linköping, Volvo Personvagnar, Svenska Volkswagen.

Under projektets gång har referensgruppen haft sju möten. Det har också tillkommit ett antal övriga möten vid behov.

Undersökningar som gjorts inom projektet

Som stöd för arbetet har följande utredningar genomförts vilka biläggs rapporten.

- SGCs litteraturstudie - Arbetsrapport A37 *Provning av tryckbehållare för naturgas och biogas i fordon*

Litteraturstudien innehåller en kartläggning av vilka regelverk som finns idag samt en sammanställning av både nationella och internationella erfarenheter och studier.

- DNVs tekniska rapport nr. 50000123-1: *Förstudie för bedömningsgrunder av skador på CNG-tankar.*

Studien ska göra det lättare för ASB att tolka ISO/DIS 19078

- ASBs redovisning från besök i Göteborg

Besöket i Göteborg syftade till att samla erfarenheter av gasfordon generellt.

- ASBs utkast till kontrollplan

Kontrollplanen ska visa på vilka delar av den återkommande besiktningen som kan göras inom ASBs verksamhet.

ASB har dessutom under arbetets gång sammanställt en jämförelse mellan europeiska länder, vilket också kommer att ligga till grund för det fortsatta arbetet.

Diskussion om större ändringar i regelverket

Referensgruppen har tagit hänsyn till att biogasen finns som metankälla på den svenska marknaden. Ett flertal diskussioner har förts angående möjligheten att biogasen skulle kunna innebära en risk för korrosionsskador i tanken. Diskussionen har därför också gällt om det är nödvändigt med en invändig besiktning och provtryckning av tanken, vilket krävs idag enligt VVFS 2003:22. I rekommendationen ISO/DIS 19078 ställs inga sådana krav. Med hänvisning till SGCs litteraturstudie samt övrig erfarenhet från fordonsgasbranschen är det referensgruppens mening att det inte finns belägg för att korrosionsskador kan uppstå. Denna typ av besiktning skulle innebära en demontering av bränslesystemet som i utgångsläget motsvarar ECE R110-kraven. Referensgruppens mening är att demonteringen i sig kan innebära en säkerhetsrisk då det kan uppkomma fel vid återmontering.

Slutsats och förslag

Under projektets gång har följande slutsatser och förslag förankrats i referensgruppen.

- Det internationella regelverket anger enbart ett minimikrav för återkommande besiktning. Ett nationellt förfaringssätt måste därför formuleras.
- En utvändig visuell kontroll bör ingå som del av besiktningen.
- En invändig kontroll av tanken bör ej ingå som del av besiktningen.
- Täthetskontroll av bränslesystemet bör ingå som en del av besiktningen.

- Provtryckning av tanken bör ej ingå som del av besiktningen.
- Demontering av bränslesystemet bör ej göras i samband med en besiktning. Däremot kan friläggning av skyddsplåt vara nödvändig inför en effektiv täthetskontroll och utvändigt visuell kontroll.
- Det krävs ändring i nu gällande föreskrifter .
- Metoder för besiktning bör utarbetas på VV i samarbete med ASB.
- Rutiner för besiktning utarbetas på ASB.

Överlämning av projektet

Med utgångspunkt från de slutsatser som har framkommit under projektets gång har Vägverket startat ett revideringsarbete av sina föreskrifter. Efter följande remittering och notifiering av föreskrifterna kommer ASB att göra en investering i ny utrustning efter en offentlig upphandling. Därefter planeras utbildning av ASBs personal för kontrollen av högtryckstankar och bränslesystem.

Ikraftträdande av Vägverkets föreskrifter är planerat till den 1 mars 2007.

Arbetet kommer även i fortsättningen att följas av den referensgrupp som varit verksam inom projektet.

Arbetsrapport SGC A37

**PROVNING AV TRYCKBEHÅLLARE
FÖR NATURGAS OCH BIOGAS I FORDON**

©Svenskt Gastekniskt Center - Januari 2003



Owe Jönsson
Svenskt Gastekniskt Center AB

SGC:s FÖRORD

FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat e dyl i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns på SGC's hemsida www.sgc.se.

Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare: Svenska Gasföreningen, Sydkraft Gas AB, Sydkraft AB, Lunds Energi AB, Göteborg Energi AB, och Öresundskraft AB.

Följande parter har gjort det möjligt att genomföra detta utvecklingsprojekt:

Sydkraft Gas AB
Öresundskraft AB
Lunds Energi AB
Nova Naturgas AB
Göteborg Energi AB
AB Fortum Värme samägt med Stockholm stad
Svenska Gasföreningen Service AB
Statens Energimyndighet

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Johan Rietz

FÖRFATTARENS FÖRORD

Antalet metangasdrivna fordon ökar hela tiden i Sverige. Både tunga och lätta fordon drivs med metangas. I samtliga dessa fordon förvaras bränslet under högt tryck i en eller fler trycktankar. Installation av tankar och tryckbehållare har genomgått en standardisering och detta har gjort att ett gasfordon som tillverkas i ett land nu ofta kan användas i ett annat land utan några modifieringar av tanksystemet. En likartat standardiserad testmetod för återkommande provning av fordons-tankar för metangas har dock ännu inte kunnat fastläggas utan här förekommer flera olika metoder.

Föreliggande rapport är utarbetad för att ge en översikt över vilka olika typer av tryckkärl som används för förvaring av bränsle i gasfordon, vilka de vanligaste typerna av skadorna är, vilka olika återkommande provningsmetoder som används samt dess för- och nackdelar. Rapporten kan tjäna som ett underlag för en bedömning av vilken eller vilka testmetoder som skall användas för återkommande provning av metangastankar i Sverige.

Rapporten är utarbetad av Svenskt Gastekniskt Center på uppdrag av Svenska Gasföreningen.

Malmö 2003-01-09

Owe Jönsson
Svenskt Gastekniskt Center

INNEHÅLL

1. BAKGRUND	1
2. INTERNATIONELLA ERFARENHETER AVSEENDE SKADOR PÅ CNG-TANKAR	1
2.1 Tanktyper	2
2.2 Exempel på olika skadetyper	3
2.3 Erfarenheter från nationella besiktningar av CNG-tankar	4
3. LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR AV INVÄNDIG KORROSION I STÅLTANKAR OCH KOMPOSITTANKAR	5
3.1 Life expectancy of Steel Fuel Cylinders for Natural Gas Vehicles	6
3.2 Condition assessment of glass fibre hoop-wrapped cylinders in NGV service	7
3.3 Jämförelse med svenska förhållanden	8
4. SVENSKA ERFARENHETER AVSEENDE SKADOR PÅ CNG-TANKAR	11
4.1 Svenska erfarenheter av störningar i gaskvalitén	11
4.2 Erfarenheter från besiktning av svenska tankar	12
5. REGLER FÖR ÅTERKOMMANDE PROVNING AV CNG-TANKAR	13
5.1 Amerikansk standard för återkommande kontroll av fordonstankar	14
5.2 ISO-standard för återkommande kontroll av fordonstankar	15
5.3 Australiensisk standard för återkommande kontroll av fordonstankar	15
5.4 UNECE	16
5.5 Provtryckning som metod för återkommande provning	16
6. SLUTSATSER	17

1 BAKGRUND

Alla trycktankar för metangas, som installeras i fordon, måste vara godkända enligt det regelverk som gäller i respektive land. I och med införandet av *helbilsgodkännandet (ECE R110)* inom EU så kommer reglerna för installation av CNG-tankar bli gemensamma inom EU och ett fordon som godkänns i ett EU-land är därmed automatiskt godkänt för användande inom vilket annat EU-land som helst.

Situationen är dock annorlunda avseende den återkommande provningen av trycktankarna i fordonet och här finns det olika åsikter inom de europeiska länderna hur den återkommande provningen skall gå till.

Det finns dokumenterat från ett stort antal länder vilka typer av skador som man har hittat på CNG-tankar. I de allra flesta fall handlar det om utvändiga skador som orsakats av felaktiga installationer eller yttre påverkan under fordonets drift. Skador som skrapmärken, bultar och muttrar som skadat ytterskiktet och bränn-skador från avgassystemet har rapporterats. Genom att få en översikt över vilka skador som har rapporterats internationellt så får man ett gott underlag för att kunna avgöra vilken typ av besiktning av tanksystemet som kan vara erforderlig.

Det pågår för närvarande arbete inom CEN, ISO och andra standardiseringsorganisationer för att få fram fungerande nationella och internationella standards för återkommande provning av CNG-tankar. Inom projektet har det gjorts en sammanställning av dessa standards och huvudkraven har jämförts och sammanfattas som underlag för diskussioner med berörda myndigheter rörande förändringar av de svenska rutinerna för återkommande provning av CNG-tankar.

Baserat på ovanstående har det tagits fram en rekommendation till handlingsplan för hur man skall gå till väga för att få fram fungerande svenska rutiner för återkommande provning av tankar.

2 INTERNATIONELLA ERFARENHETER AVSEENDE SKADOR PÅ CNG-TANKAR

Naturgasdrivna fordon används f.n. över hela världen och antalet fordon överstiger nu 2 miljoner. I de flesta länder där gasfordon används görs det kontinuerligt kontroller av tankar och förs någon form av statistik över vilka skador som uppträder på tankar och om dessa är orsak till några olyckor. De absolut vanligast förekommande skadorna på tankar är av utvändig art. Inte i något land finns det dokumenterat att invändig korrosion skulle ha orsakat skador på gastankar i sådan omfattning att det skulle kunna vålla någon olycka.

Nedan redovisas vilka olika typer av tankar som används för förvaring av CNG ombord på fordon samt görs en kortfattad beskrivning av de vanligaste skadorna som kan uppkomma på sådana tankar.

2.1 TANKTYPER

Det finns fyra olika typer av CNG-tankar och dessa redovisas i Tabell 1. I äldre gasfordon använde man sig normalt av Typ 1 tankar helt i stål. Dessa tankar liknar mycket de normala gastuber som används för andra gaser (vätgas, syrgas etc.) med den skillnaden att de alltid har en kupad nedre gavel. Ståltankar (typ 1) tillverkas normalt i relativt låglegerade stål. Haverier i ståltankar har rapporterats i ett litet antal fall från bl.a. Italien, Canada och Argentina och har oftast berott på bränder eller tillverkningsfel. Ståltankar kan skadas genom utvändigt korrosion och det är därför viktigt att de är väl ytbehandlade och inte utsätts för en korrosiv omgivning.

Tanktyp	Beskrivning	Tryck buret av metall	Tryck buret av komposit
Typ 1	Metalldcylinder i stål eller aluminium	100%	0%
Typ 2	Lindad metalldcylinder i stål eller aluminium	55%	45%
Typ 3	Metallkompositdcylinder med hel lindning, även runt gavlar	20%	80%
Typ 4	Plastkompositdcylinder	0%	100%

Tabell 1. Olika typer av CNG-tankar¹

Typ 2 tankar består av ett inre tryckkärl i stål eller aluminium och en yttre lindning av något kompositmaterial. Lindningen omfattar ej tryckkärls gavlar.

Det inre tryckkärl dimensioneras så att det ensamt kan bära maximalt fyllningstryck. Det inre tryckkärl tillverkas av samma material som Typ 1 tankar. Kompositskalet består av glasfiber- eller kolfiberarmerad epoxiplast. Några enstaka fall av haverier med denna typ av tankar har rapporterats och har orsakats av en kombination av yttre åverkan på kompositskiktet och överskridet fyllningstryck.

Typ 3 tankar består av ett tunt inre skal av aluminium eller stål och ett tryckbärande yttre skikt av kompositmaterial. Aluminiumskiktet är oftast tillverkat i en aluminiumlegering och kompositskiktet i glasfiber- eller kolfiberarmerad epoxi- eller polyesterplast. Till skillnad från Typ 2 tankar är det inre skiktet ej tryckbärande och det yttre kompositskiktet är därför lindat runt hela tanken, även dess gavlar. I en typ 2 tank är den inre linern dimensionerad för att kunna klara det dimensionerande trycket i tankens längdriktning medan linern i en typ 3 tank ej är dimensionerad för detta.

Typ 4 tankar består av ett inre plastkärl med en yttre kompositlindning. Plastskiktet har endast en tätande funktion och tar ej upp någon trycklast. Normalt används polyeten eller nylon som tätningsskikt innanför glasfiber/kolfiberarmerad polyester eller epoxi. Typ 4 tankar började användas 1991 och har drabbats av några enstaka haverier. I vissa fall har det förekommit att tankarna börjat läcka genom det inre plastskiktet.

¹ ISO 11439 High Pressure Cylinders for the On-Board Storage of Natural Gas as Fuel for Automotive Vehicles

Typ 2, 3 och 4 är speciellt känsliga för yttre kemisk och mekanisk åverkan och bör därför installeras på ett sätt så att de är skyddade och inte kommer i kontakt med batterisyra. Typ 2 och 3 tankar bör installeras så att aluminium inte kommer i kontakt med stål så att galvanisk korrosion kan uppstå.

2.2 EXEMPEL PÅ OLIKA SKADETYPER

Yttre korrosion på ståltankar

Stål är ett mycket motståndskraftigt material men är känsligt för utvändiga korrosionsangrepp som gör att godstjockleken hos tryckkärlet minskar. Lätta rostangrepp kan lösas genom förnyad ytbehandling men svårare korrosionsangrepp måste inspekteras och tanken kasseras om tanken fått för djupa skador.

Det är inte ovanligt att korrosionsangrepp orsakas av att tanken monteras stumt i metallfästen och att dessa nöter hål på ytbehandlingen när tanken expanderar vid fyllning. Det är därför viktigt att se till så att tanken monteras med distansmaterial mellan tryckkärl och fästen.

Skrapskador på komposittankar

Komposittankar kan skadas allvarligt om de är placerade på ett sätt så att de kan utsättas för skrapskador vid ovarsam körning. Detta gäller speciellt för fordon som används för terrängkörning eller på annat sätt kan skrapa emot fasta föremål.

Mekaniska skador på kolfiberkomposittankar

Kolfiberkomposittankar är känsligare för slag och stötar än andra typer av tankar och detta är speciellt viktigt att tänka på vid montage och hantering av lösa tankar. Skador på kolfiberkomposittankar kan ofta vara svårare att upptäcka då en liten skada på ytan kan dölja en mera omfattande underliggande sprickbildning. Speciell försiktighet skall iakttas avseende tankarnas gavlar.

Skärskador i kompositskal

Olämplig placering av tankarna t.ex. i kontakt med bromsslangar, vajrar eller balkar kan vålla djupare skärskador på komposittankar. Eftersom kompositskalet bär en stor del av trycket i tanken är det viktigt att sådana skador kan undvikas och man bör därför regelbundet kontrollera att tanken inte är i kontakt med några föremål som kan vålla skärskador.

Spänningskorrosion i glasfiberkomposittankar

Spänningskorrosion uppträder enbart i glasfiberkomposittankar och ej i kolfiberkomposittankar. Spänningskorrosion kan uppträda om en tank har blivit utsatt för någon stark kemikalie. Fenomenet kan uppträda som en mindre skada på tanken eller över en större yta. Vanligaste orsaken till spänningskorrosion är batterisyra. Batterier skall därför aldrig monteras eller transporteras i närheten av en glasfiberkomposittank.

En annan vanlig orsak till spänningskorrosion är att tanken monteras i metallband utan något distansmaterial. Vilket kan göra att det bildas ett rostsikt under montagebanden som i sin tur vållar ett syrangrepp på tanken. Det är därför mycket viktigt att tanken alltid monteras med ett godkänt material mellan montagebanden och tanken.

Slitage orsakat av felaktigt montage

En vanlig orsak till skador på tankar av alla typer är ett felaktigt montage eller återmontage av tanken. Detta kan vara skador orsakade av felaktigt material eller typ av fästanordningar, felaktiga bultar, brickor eller muttrar.

Fästanordningar skall alltid monteras med rätt åtdragningsmoment. För lågt moment kan orsaka att tanken lossnar eller sitter och skakar i sina fästen. För högt moment kan orsaka direkta mekaniska skador på tanken och kan också göra att bultarna går av då tanken trycksätts och därmed expanderar.

I många moderna bilar skyddas tankarna av olika typer av skärmar och sköldar som skall skydda tanken mot stensprut, vägsalt och mekaniska skador vid påkörning etc. Det är viktigt att sådana skydd utformas på ett sätt så att det inte kan samlas sten eller annat skräp i skydden. De måste även monteras på ett sätt så att det inte finns någon risk att de kommer i kontakt med tanken. Vid en ev. skada på ett sådant skydd finns det en risk för att även tanken blivit skadad och denna bör omgående inspekteras.

2.3 ERFARENHETER FRÅN NATIONELLA BESIKTNINGAR AV CNG-TANKAR²

Sverige har varit förhållandevis sent med att använda metan som fordonsbränsle och det innebär att det finns begränsad erfarenhet av vilka skador som kan uppträda på fordonstankar. Några av de erfarenheter som finns redovisas senare i rapporten. Inom ramen för det standardiseringsarbete som pågår inom ISO, för att ta fram en internationell standard för återkommande kontroll av fordonstankar, har man gjort en grundlig undersökning av vilka erfarenheter som finns i de länder där man länge använt naturgas som fordonsbränsle. Denna undersökning har främst riktats mot erfarenheter av invändig korrosion för att kunna avgöra om provtryckning och invändig inspektion är önskvärt i ett förfarande för återkommande provning av CNG-tankar.

Argentina

I Argentina finns det f.n. över 1 000 000 tankar placerade i gasfordon. Tankarna är främst tillverkade i Italien, Brasilien, Ryssland och Argentina. Vid den nationella besiktningsorganisationen CereCil S.R.L. har man inte dokumenterat något fall av invändig korrosion som har lett till någon kassering av någon tank.

² Meddelande från C Webster, *Powertech Labs*, till ISO TC58/SC4/WG3

Italien

Inga fall av invändig korrosion på CNG-tankar har upptäckts sedan 1970. Tester på två italienska CNG-tankar som varit i drift 26 år uppvisar endast ytkorrosion på insidan.

Nya Zeeland

Inga tankar har underkänts p.g.a. invändig korrosion. På Nya Zeeland inträffade 1989 ett brott på en fordonstank (typ 1) under fyllning vid en tankstation. Tanken hade kort före olyckan tryckprovats och befunnits i sådant skick att den återinstallerades i fordonet. Efter olyckan upptäcktes att tanken hade genomgått en olämplig värmebehandling vid tillverkningen. Olyckan pekar på att trycktestning inte är en lämplig metod för att bedöma den återstående livslängden i CNG-tankar eftersom den inte är lämplig för att detektera sprickbildning i tankarna.

Tyskland

TÜV i Tyskland genomförde 2001 en undersökning av ca. 500 CNG-tankar från bussar. 12 av dessa kasserades p.g.a. skador som de hade fått vid demontering och transport. Inga tankar kasserade p.g.a. invändig korrosion.

Helkomposittankar

Erfarenheterna av invändig påverkan av CNG på helkomposittankar är även den relativt omfattande och sträcker sig tillbaka till slutet av 80-talet då Ullit (Frankrike) introducerade de första helkomposittankarna i bl.a. Frankrike. Sedan dess har helkomposittankar av flera olika fabrikat (Ullit, Lincoln Composites EDO Canada och ABB Plast) använts i ett flertal olika länder utan några rapporterade fall av invändig påverkan av naturgasen. I Canada har däremot rapporterats ett flertal fall där läckage uppstått mellan plast-linern och den metalliska anslutningen till avstängningsventilen.

3 LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR AV INVÄNDIG KORROSION I STÅLTANKAR OCH KOMPOSIT-TANKAR

Det har genomförts ett antal olika undersökningar avseende statusen hos tankar som varit i drift under ett antal år. De studier som har störst relevans för att kunna göra en bedömning om det finns risk för invändig korrosion i CNG-tankar har genomförts vid Powertech Labs i Canada och omfattar både ståltankar och komposit-tankar. Studierna redovisas kortfattat nedan.

3.1 ”LIFE EXPECTANCY OF STEEL FUEL CYLINDERS FOR NATURAL GAS VEHICLES³”

Powertech Labs, Canada, genomförde under 1997 en studie av ca. 350 ståltankar i Canada för att se vilka skador som kunde detekteras på tankarna och vilken återstående livslängd som man kan förvänta sig. Totalt räknar man med att det finns ca. 50 000 liknande tankar i Canada.

Tankarna som ingick i studien hade alla varit i drift mellan 5 och 13 år varav 77% varit i drift mer än 9 år. Hälften av tankarna togs från fordon som varit i drift i taxibilar eller liknande och därmed utsatts för ungefär 1 000 tankningar per år.

Tankarna undersöktes först visuellt och sedan med ultraljud för att hitta spår efter inre eller yttre påverkan på tankarna. De tankar som uppvisade sprickor djupare än 0,2 mm (2,5% av godstjockleken) utsattes för cykling av trycket mellan 2,4 och 24,1 Mpa tills de började läcka. Efter det att brott hade uppträtt på tanken undersöktes vissa av tankarna igen med ultraljudsteknik eftersom tankarna i flera fall inte sprack på det ställe där initial sprickbildning hade funnits.

75% av tankarna i studien har suttit i fordon som tankats med gas från tankstationer utan gastorkar. Detta innebär att fukthalten i gasen har varit upp till 115 mg/m³. Maximala svavelvätehalten är 15 ppm och maximala CO₂-halten är 3 vol%. Typiska koncentrationer är ca. 6 mg/m³ S, 16 - 32 mg H₂O/m³ (data för anläggning med gastork) och ca. 0,7 vol% CO₂. Det innebär att gasen som tankarna varit utsatt för har i princip samma korrosiva egenskaper som gas som används i Sverige (se 3.3). Den enda skillnaden är att den svenska standarden för biogas som fordonsbränsle tillåter högre halter av koldioxid men å andra sidan ställs hårdare krav på fukthalten vilket kompenserar för den högre tillåtna koldioxidhalten.

I stort sett alla tankarna i studien kom från fordon med tanken placerad inuti fordonet d.v.s. de hade inte varit utsatta för någon yttre korrosion i form av vägsalt eller nederbörd. Trots detta fanns för flera av ståltankarna spår av korrosion under monteringsbanden (trots distansmaterial i gummi). Denna korrosion orsakas troligen av temperaturväxlingar i tanken vid gasuttag som kan orsaka kondensation under fästbanden.

Intressant är även att notera att samtliga tankar hade mindre mängder olja invändigt, ibland upp till 50 ml.

Undersökningen av tankarna enligt ovan nämnda kriterier resulterade i att 8 tankar (3% av det totala antalet) med sprickor djupare än 2,5% av godstjockleken kunde detekteras. Den djupaste sprickan uppgick till ca. 8% av godstjockleken.

För att avgöra den återstående livslängden för tankarna, tryckcyklades de 8 utvalda tankarna tillsammans med 7 tankar som ej uppvisade några sprickor. Tankar med samma ålder valdes ut och som referens testades 4 tankar som var ett år äldre än den äldsta tanken med sprickor. Resultaten visade att de äldre tankarna utan sprickor hade en återstående livslängd på mellan 27 000 och 55 000 cykler. Dessa

³ C.T. Webster, N.P. White, Life expectancy of steel fuel cylinders for natural gas vehicles, Transport Canada report TP12910E, July 1997

hade en godstjocklek på ca. 7.4 mm (tillverkade 1981). Av de tankar som var tillverkade 1982 (godstjocklek 7,8 mm) hade tankarna utan sprickor en återstående livslängd på ca. 70 000 cykler medan tankarna med sprickor hade livslängder mellan 27 000 och 56 000 cykler. I 4 fall av 5 sprack tankarna på andra ställen än där den detekterbara sprickan hade påträffats.

För tankar tillverkade 1983 - 1990 (godstjocklek 8,1 mm) och i vilka sprickor detekterats, var den återstående livslängden mellan 27 000 och 51 000 cykler.

Inga fall av invändig korrosion i tankarna kunde konstateras.

3.2 "CONDITION ASSESSMENT OF GLASS FIBRE HOOP-WRAPPED CYLINDERS USED IN NGV SERVICE"⁴

Powertech Labs i Canada har, på uppdrag av GRI (Gas Research Institute), genomfört en undersökning av 83 olika CNG-tankar (glasfiberkomposit) som varit i drift upp till 8 år. 65 av dessa var aluminiumkomposit och 18 var stålkomposit. Undersökningen genomfördes med målet att kontrollera vilken typ av skador som kan uppkomma på komposittankar under en längre tids drift, skapa en förståelse för de mekanismer som orsakar skador på tankarna samt att verifiera vilka metoder som kan användas för att detektera skador och slitage på tankarna.

Samtliga tankar testades med olika typer av icke-förstörande provning (ultraljud etc.). 35 av tankarna utsattes för förstörande provning (bl.a. tryckcykling eller provtryckning till brott) för att kartlägga resterande livslängd hos tankarna.

Samtliga tankar var i synnerligen gott invändigt skick, speciellt de tankar som var utrustade med ett innerskikt av aluminium. I alla fall utom ett var omfattningen av de inre sprickorna i metallskiktet under 3% av godstjockleken. I ett fall upptäcktes sprickor som var 7% av godstjockleken. Denna tank tryckcyklades och uppvisade en återstående livslängd på nästan 33 000 cykler. Som tidigare nämnts så utsätts en tank maximalt för 1 000 - 1 500 tankningar/år vilket medför en återstående livslängd på >30 år.

Totalt 13 tankar (10 aluminiumkomposit och 3 stålkomposit) valdes ut för tryckcykling. Efter olika antal tryckcykler togs tankarna för tryckprovning för att avgöra om den permanenta expansionen av tanken kunde tas som ett mått på tankens återstående livslängd. Enligt amerikansk standard har tidigare ståltankar kasserats om den kvarstående expansionen överstiger 10% av den totala expansionen och för komposittankar har tidigare tanken kasserats om den kvarstående expansionen varit över 5% av den totala expansionen vid provtryckningen. Dessa gränsvärden har satts baserat på erfarenheter från industriella gastuber där inre korrosion har varit en källa till väggförtunning som enkelt kunnat detekteras med provtryckning. Den mekanism som begränsar en CNG-tanks livslängd är primärt utmattningskorrosion eller spänningskorrosion vilket ej kan detekteras med provtryckning. Tidigare studier⁵

⁴ Final report, *Condition assessment of glass fibre hoop-wrapped cylinders used in NGV service*, GRI report 97/0052, 1997

⁵ Akhtar A, Kung D, *An assessment of all steel cylinders currently in service for the storage of compressed natural gas fuel on vehicles*, Final report to Gas Technology Canada, 1996

har visat att ståltankar med utmattningssprickor genom 50% av cylinderväggen har godkänts efter provtryckning eftersom de ej uppvisat någon större permanent volymförändring efter provtryckning.

Denna studie visade mycket spridda resultat av provtryckningarna. Två tankar uppvisade 1,4 respektive 1,0% kvarvarande volymökning efter drygt 30 000 tryckcykler och skulle följaktligen ha godkänts för ytterligare en treårsperiod. Den ena av dessa cylindrar hade sprickor genom 70% av aluminiumlinern och sprack efter ytterligare 2 000 tryckcykler. Den andra hade sprickor genom 10% av linern men utvecklade efter ytterligare ca. 7 000 cykler sprickor genom 74% av linern.

På samma sätt förekom det att tankar uppvisade en permanent förstoring >5% trots att virvelströmsmätningar inte kunde detektera några som helst sprickor i tankarna. I ett fall visade tanken >5% kvarvarande förstoring efter ca. 40 000 tryckcykler men hade ändå en återstående livslängd på ca. 20 000 cykler.

Flera av tankarna som uppvisade allvarliga yttre skador som direkt skulle medföra kassering, uppvisade vid provtryckning godkända värden avseende kvarvarande förstoring.

Ca. 15% av de kontrollerade tankarna hade så stora yttre skador att de skulle kasseras. De flesta av dessa skador hade orsakats av fastspänningsanordningen i fordonet. Samtliga dessa tankar hade en återstående livslängd >12 000 cykler och ett brottryck över 5 000 psi (345 bar).

Resultat från studien visar att de undersökta tankarna under gällande driftbetingelser inte påverkats invändigt av gasen på något sätt som har negativ påverkan på tankarnas livslängd. En yttre skada kan dock sänka livslängden men upptäcks enbart genom yttre inspektion.

Studien visar även att tryckprovning inte är någon tillförlitlig metod för att bedöma CNG-tankars återstående livslängd. Tvärtom kan en användning av provtryckning som testmetod skapa en risk för att skadade tankar godkänns och ej tas ur drift.

3.3 JÄMFÖRELSE MED SVENSKA FÖRHÅLLANDEN

Flera av de utredningar som genomförts avseende naturgas invändiga påverkan på fordonstankar har genomförts i Canada och i USA och det är därför viktigt att utvärdera om det finns skillnader i den gas som tankas i fordonen i dessa länder och den gas som används som fordonsbränsle i Sverige. Några av de rekommendationer avseende gaskvalitet som finns i Nordamerika finns redovisade i Tabell 2.

Komponent	Nordamerikansk naturgas	SAE J16116	OEM-krav	CARB ⁶
Metan	93%	>88%	>87%	>88%
Etan	3,5%	<6%	<8%	<6%
Propan	0,99%	a)	<3%	<3%
>C ₃	0,31%	a)	<2,3%	<0,2%
Vätgas	-	-	<2%	<0,1%
Kolmonoxid	-	<3 vol%	<0,1%	<0,1%
Syre	0	Ej brandfarlig blandning	<1%	<1%
Vatten	-	b)	-	b)
Partiklar	-	<5 µm	-	-
Totalt svavel-innehåll	-	<22,9 mg/nm ³	-	<16 ppm

Tabell 2. Jämförelse mellan nordamerikansk naturgas och olika rekommendationer.

- a) Gränsvärden för högre kolväten sätts så att kolvätedaggpunkten alltid är lägre än omgivningstemperaturen
- b) Gränsvärden för vatten sätts så att daggpunkten för vatten alltid är lägre än omgivningstemperaturen

Gaskvaliteten vid svenska tankningsstationer för naturgas och biogas regleras i SÄIFS 1998:5 för såväl biogas och naturgas som fordonsbränsle. Utöver denna tillämpas SS 15 54 38 för biogas som används som fordonsbränsle. Huvudkraven avseende föroreningar i naturgas och biogas som skall användas som fordonsbränsle återges i Tabell 3.

Förorening	Typvärde/gränsvärde naturgas	Typvärde/gränsvärde biogas
Svavel	7 mg/nm ³ /23 ⁷ mg/nm ³	1 - 10 mg/nm ³ /23 mg/nm ³
Vatten ⁸	Daggpunkt <-3 vid 80 bar ⁹ / 32 mg/nm ³	<0,5ppm/32 mg/nm ³
O ₂	-/1 vol%	0 - 0,3 vol%/1 vol%
CO ₂	1,2 vol%/ -	1- 4 vol%/5 vol% ¹⁰

Tabell 3. Typvärden och gränsvärden för föroreningar i naturgas och uppgraderad biogas.

⁶ California Air Resources Board

⁷ SÄIFS 1998:5, Tankstationer för metangasdrivna fordon, januari 2000

⁸ 32 mg/nm³ eller en daggpunkt 5°C under lägsta dygnsmedeltemperatur

⁹ Varuinformation, NOVA Naturgas, 2001-12-20

¹⁰ SS 15 54 38

Sammansättningarna för dansk naturgas, biogas som fordonsbränsle och kanadensisk naturgas jämförs i Tabell 4. Det skall observeras att värdena för svavel även inkluderar odorant som tillsätts i en mängd av ca. 5 mg/m³.

Komponent	Dansk naturgas [vol%]	Uppgraderad biogas [vol%]	Kanadensisk naturgas [vol%]
Metan	87,6	95 - 99	95
Etan	6,7	-	2,5
Propan	3,0	-	0,2
Butan	1,0	-	0,06
Pentan	0,18	-	0,02
Hexan +	0,03	-	0,01
Koldioxid	1,2	1 - 5	0,7
Syre	i.u. ¹¹	Max 1 vol%	0,02
Svavel	6 - 10 mg/m ³	5 - 10 ppm	5,5 mg/m ³

Tabell 4. Data för olika typer av metangaser.

Kommentarer

Gasens korrosiva egenskaper beror till mycket stor del på dess vatteninnehåll och om det finns risk för fuktutfällning inuti tankarna.

De komponenter som främst har betydelse för den invändiga påverkan av tankarna är således syre, koldioxid, svavel och vatten. Några definitiva slutsatser rörande samspelet mellan dessa parametrar finns dock inte redovisade¹² men av försiktighet har man i flera länder valt att begränsa fukthalten i gasen. Studier med fuktig gas innehållande koldioxid och svavelväte¹³ pekar dock på att det är viktigare med en fullständig kvalitetskontroll vid tillverkningen av tanken än att hålla tanken torr. 15 års livslängd är inget problem även om inte torr gas används. Icke desto mindre rekommenderar man i SAE Recommended Practice J1616 att daggpunkten vid maximalt arbetstryck skall vara minst 10°F (5,56°C) under gällande lägsta dygns-temperatur, vilket är i princip identiska krav med svensk standard. Kravet på koldioxid är enligt SAE 3 vol% vilket är likartat de svenska kraven och kraven på maximalt svavelinnehåll är 1 gr/100 scf (22.9 mg/nm³) vilket i princip är identiskt med kraven enligt svensk standard och huvudsakligen satt för att undvika svavel-förgiftning av katalysatorn i fordon utrustade med oxidationskatalysatorer.

¹¹ ingen uppgift

¹² Stokes B T, *Compressed natural gas fuel composition issues, A G A Distribution/Transmission Conference 1993*

¹³ Connolly M P, Hudak S J, Roy S, *Fracture mechanics analysis of NGV fuel cylinders, Part 1: Steel cylinders, GRI-report 92/0285, 1993*

Generellt är de förhållanden under vilka de nordamerikanska studierna är genomförda i mycket hög grad likartade med svenska förhållanden. I några fall har dock de tankar som ingått i de nordamerikanska studierna varit utsatta för gas som innehållit så höga fukthalter att risk för vattenutfällning i tankarna förelåg.

4 SVENSKA ERFARENHETER AVSEENDE SKADOR PÅ CNG-TANKAR

I Sverige introducerades de första naturgasdrivna fordonen i mitten av 80-talet. Det rörde sig då om efterkonverterade fordon som ursprungligen var byggda för bensindrift och som hade försetts med gastank och system för försörjning av motorn med naturgas. Dessa fordon registrerades ofta med någon form av dispensförfarande. Under 90-talet kom de första fordonen som tillverkades med gassystemet monterat direkt från fabrik. Idag finns det ca. 1 800 gasfordon i Sverige. De äldsta fordonen har ofta tagits ur trafik och de fordon som är i drift är ofta yngre än 10 år.

Inom föreliggande arbete har SGC kontaktat ett flertal av de organisationer som äger fordon, levererar fordon eller säljer gas till naturgasfordon och inte vid något tillfälle har det visat sig att man kunnat rapportera några problem med CNG-tankar som skadats av invändig korrosion. Svenska Gasföreningen, som är den organisation i Sverige som handlägger incidentrapportering, har inte heller i något fall fått in rapporter om skadade tankar.

De erfarenheter som finns i Sverige pekar på att någon invändig korrosion ej har förekommit och detta är samma resultat som alla övriga internationella studier pekar på.

4.1 SVENSKA ERFARENHETER AV STÖRNINGAR I GASKVALITÉN

Det har under den period som naturgas och biogas använts som fordonsbränsle, förekommit störningar i gaskvalitén vilket orsakat driftstörningar i fordonen. Baserat på dessa problem initierades arbetet med att utarbeta en svensk standard för biogas som fordonsbränsle (SS 15 54 38) samt utformades de myndighetskrav som nu gäller för utformning och drift av tankstationer för metangas till fordon. För att säkerställa att dessa krav efterlevs på ett tillfredsställande sätt pågår f.n. ett arbete inom gasbranschen som syftar till att utforma ett branschgemensamt kvalitetssystem som skall säkerställa att gas som ej uppfyller gällande krav inte kan nå fordonets tankar.

Ett vanligt fel i början av verksamheten var fukt i gasen vilket ofta orsakades av att vatten användes som medium vid provtryckning av utrustning och att detta vatten ej till fullo avlägsnades ur anläggningen innan den togs i drift. Den vanligaste typen av driftstörning som uppträtt i samband med fukt i gasen är att det bildats isproppar i tankningsutrustningen vilket gjort att fordonen ej gått att tanka. I vissa fall har det bildats isproppar i fordonens gasregulator men detta har avhjälpits genom att montera värmda regulatorer och genom att ändra provtryckningsrutinerna så att något vatten ej stannar kvar i systemen efter provtryckning.

I Stockholm hade man under en tid 1999 problem med att fukt samlades i trycktankarna på ett av de fordon som används för att transportera biogas från produktionsanläggningen i Bromma¹⁴. Orsaken till fukten var troligen en felfunktion i avfuktningssystemet. Fukthalterna i gasen översteg de värden som anges i SS 15 54 38 och orsakade korrosionsskador i det högtryckslager där gasen förvaras innan den distribueras till de olika tankstationerna i Stockholm. Även i det fordon som används för transport av gas ut till de olika tankstationerna upptäcktes invändig korrosion. Ingen av dessa korrosionsskador hade dock en sådan omfattning att de medförde kassering av tryckkärlen. Vidare kunde, genom invändig besiktning av fordonstankar på några av de fordon som hade använt gasen, konstateras att även om fuktavskiljningen inte hade fungerat tillfredsställande så hade inte några som helst korrosionsskador uppkommit i tankarna på de fordon som hade använt gasen.



Figur 1. Invändigt foto av CNG-tank.

I flera fall har det förekommit att olja från tankstationernas kompressor följt med in i fordonets tankar. Denna typ av förorening kan orsaka störningar i fordonets gasregulator men har i inget fall kunnat påvisas ge några inre skador på fordonets tank.

Den standard för biogas, som fordonsbränsle, som infördes 1999 och det arbete som genomförts av de enskilda gasdistributörerna och branschorganisationerna, för att införa kvalitetssäkrings-system för uppgraderings-anläggningarna, har medfört att den biogas som nu levereras till fordon alltid håller en kvalitet som gör att korrosionsskador kan

undvikas i fordonstankarna. Avseende naturgasen har man genom långsiktiga avtal med en och samma gasleverantör kunnat säkerställa en jämn och hög gaskvalitet. Vid en eventuell utbyggnad av naturgasnätet i Sverige och nya inmatningspunkter från t.ex. Ryssland, kan det bli aktuellt att se över det svenska regelverk som reglerar gaskvaliteten på det svenska nätet.

4.2 ERFARENHETER FRÅN BESIKTNING AV SVENSKA TANKAR

Det finns ytterst sparsamt med dokumentation från besiktning av tankar i svenska gasfordon. Detta hänger till viss del ihop med att det inte finns något fungerande heltäckande system som innebär att fordonsägarna med regelbundna intervall kallas in till besiktning av tankarna. Bränslesystemet skall enligt Vägverket¹⁵ genomgå en

¹⁴ Stockholm MFO, MFO Skadeutredning gastrailer, Stockholm 2000-01-12

¹⁵ VVFS 1997:3

driftkontroll i samband med kontrollbesiktning vart annat år och genomgå en invändig kontroll vart annat år enligt Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter¹⁶.

I ett fall har man i Malmö genomfört en inre undersökning av en defekt komposit-tank med fiberoptik och därefter delat tanken. Tanken inspekterades¹⁷ 2000-10-27 efter att varit i drift sedan 1993, totalt 7 år. Ett invändigt foto av tanken visas i Figur 1. Vid itu-sågningen av tanken kunde inte några tecken på invändig påverkan hittas. Ett antal mindre porer (<0,5 mm) upptäcktes i aluminiumgodset men dessa bedömdes härröra från tillverkningen av kärlet. Vidare återfanns en mindre skyddshylsa i plast som suttit fast i ena gaveln av kärlet och som lossnat.

5 REGLER FÖR ÅTERKOMMANDE PROVNING AV CNG-TANKAR

I de flesta länder där metangasfordon förekommer föreskrivs någon form av återkommande kontroll av fordonstankarna för att minimera risken för en olycka. Den strategi som de flesta länder nu ansluter sig till är att ha en relativt omfattande tillverkningskontroll av tanken och gassystemet vid installationen, en regelbunden visuell kontroll av tank och gassystem under fordonets livslängd och därefter skrota fordon och tank tillsammans. Detta innebär att tankarna dimensioneras för samma livslängd som fordonet (15 - 25 år). I ett antal länder, främst Italien, har man haft en annan strategi; i samband med återkommande kontroll av fordonet har där helt enkelt tanken bytts ut med jämna mellanrum mot en kontrollerad tank. I takt med att kraven på fullt utrymme i fordonen ökar och därmed fordonstillverkarna bygger fordon med integrerade tankar, blir dock detta system omodernt.

CNG-tankar kan inspekteras med tre olika metoder. Först och främst används visuell inspektion för att upptäcka yttre skador på tankar. Vidare kan man använda sig av provtryckning med vatten och slutligen kan olika akustiska metoder eller andra typer av oförstörande provning som t.ex. virvelströmsmätningar användas.

En yttre visuell inspektion genomförs normalt alltid när en tank skall undersökas. En generell visuell inspektion kan göras relativt ofta, t.ex. i samband med service på fordonet och omfattar t.ex. fastsättning av tanken samt kontroll av skador på tank eller fastsättningsanordning. Upptäcks några defekter så bör tanken genomgå en mera detaljerad inspektion av en expert med utbildning inom området. En detaljerad inspektion genomförs alltid av en utbildad tekniker som kan göra en bedömning av hur allvarliga skadorna på tanken är och därefter besluta om tanken skall kasseras, om den skall rekvalificeras eller om den kan vara kvar i fordonet utan någon åtgärd.

Som komplement till visuell inspektion kan det genomföras en provtryckning av tanken. En provtryckning ger endast en indikation på om tanken har några skador som medför en förtunning i tankens vägg. Några sådana skador har ej kunnat påvisas i någon av de tusentals stål- och aluminiumkomposittankar som undersökts under de år som NGV-marknaden har utvecklats i världen. Andra skador (t.ex.

¹⁶ AFS 1986:9, AFS 1994:39

¹⁷ ÅF Kontrollrapport 2000-11-01, uppdragsnummer: 600088

utmattningssprickor) än en mera omfattande förtunning av tryckkärlet har visat sig mycket svåra att detektera med hjälp av provtryckning.

Standardiserade metoder för återkommande inspektion av tankar finns i flera länder och f.n. är även en internationell standard under utarbetande¹⁸. Denna standard bygger i stor utsträckning på amerikansk standard¹⁹ vilken i sin tur bygger på erfarenheter och undersökningar under en serie år allt sedan naturgasfordon introducerades i USA under 80-talet. Vidare bygger föreslagen ISO besiktningsmetod på att gassystem och gastank är utformade i enlighet med ISO 11439 och 15501:1,2.

Inom Europa (CEN) har man tagit fram en generell rekommendation²⁰ i vilken det framgår att gastank och gassystem skall uppfylla ovanstående ISO-standards samt skall kontrolleras i enlighet med lokala föreskrifter. Hur denna återkommande kontroll skall genomföras är ännu inte klarställt i någon europanorm. F.n. pågår det inte något arbete inom CEN TC326 rörande standardisering av besiktningsförfarande på ett europeiskt plan.

Nedan redovisas tre exempel på standards och rutiner för återkommande inspektion av CNG-tankar.

5.1 AMERIKANSK STANDARD FÖR ÅTERKOMMANDE KONTROLL AV FORDONSTANKAR

Den standard som används vid återkommande kontroll av fordonstankar har utarbetats av CGA (Compressed Gas Association), se ovan. Dokumentet är inte någon myndighetsföreskrift utan en frivillig överenskommelse som reglerar hur kontroll av fordonstankar skall genomföras i USA. För de tankar som godkänts enligt amerikansk standard ANSI/IAS NGV2 föreskrivs dock att besiktning skall göras enligt CGA C6-4. Vidare föreskrivs att tanken ej skall demonteras om ej några yttre skador kan detekteras på tanken. Man avråder från användning av provtryckning som testmetod.

Fordonstankar fordrar en regelbunden kontroll vart tredje år eller efter 36 000 miles. Tanken skall dessutom kontrolleras när fordonet varit utsatt för en kollision eller annan allvarlig åverkan. Besiktningen skall utföras av en person som har nödvändig kompetens d.v.s.

- Minst två års erfarenhet av tankbesiktning
- Genomgått en utbildning som ger tillräcklig kunskap om vilka regelverk som gäller, vilka skador som kan uppkomma på olika typer av tankar, vilka testmetoder som finns och hur de tillämpas etc.

¹⁸ ISO/CD 19078 Gas cylinders - Inspection for requalification of high pressure cylinders and their installation, for the on board storage of natural gas as a fuel of automotive vehicles.

¹⁹ CGA C-6.4--1998 Methods for external visual inspection of natural gas vehicle fuel containers and their installations

²⁰ EN 13423 Compressed natural gas vehicle operations

Tankar kan i USA inspekteras av alla som har genomgått nödvändig utbildning och som har tillräcklig kompetens och nationella utbildningsprogram för inspektion och certifiering av tankar genomförs av företag med utbildningsplaner som godkänts av NGVC (Natural Gas Vehicle Coalition). Detta innebär att t.ex. importörer och märkesverkstäder kan, efter utbildning av personal, genomföra återkommande provning av fordonstankar.

5.2 ISO-STANDARD FÖR ÅTERKOMMANDE KONTROLL AV FORDONSTANKAR

En ISO-standard för återkommande provning är under utarbetande i ISO TC58/SC4. Denna standard bygger till stora delar på CGA C6-4 och på de erfarenheter man haft, framförallt i Nordamerika, av skador på tankar och vilka testmetoder som kan vara lämpliga att använda för att detektera dessa skador. Standarden är uppdelad i 9 kapitel enligt nedan:

- Standardens omfattning
- Referenser
- Definitioner
- Bakgrundsinformation (tanktyper, märkning etc.)
- Inspekterande organs och inspektörs kvalifikationer
- Utrustning för inspektion
- Utförande av inspektion av tank
- Utförande av inspektion av montage
- Hantering av kasserade cylindrar

Standarden är utarbetad för att användas vid inspektion av tankar som är godkända enligt ISO 11439 men kan även tillämpas på andra typer av tankar under förutsättning att detta godkänns av de lokala myndigheterna.

ISO-standardens föreslår, förutom en yttre inspektion av tanken, även en läckprovning av tanken vilket kan utföras med metaninstrument eller med hjälp av en läcktestvätska som penslas över tanken.

ISO-standardens är under utarbetande och används ännu inte i praktisk tillämpning.

5.3 AUSTRALIENSISK STANDARD FÖR ÅTERKOMMANDE KONTROLL AV FORDONSTANKAR

Tankar i Australien måste vara godkända enligt AS2030.1-1999 eller AS2337.1-1999. Australiensisk lagstiftning ålägger fordonsägaren att få tanken inspekterad vart femte år (ståltankar) eller vart tredje år (komposittankar). Australien har hittills haft regler som inneburit att tankarna vid inspektion tagits ut ur fordonet, inspekterats och provtryckts och sedan återmonterats i fordonet. En ny tankstandard är nu under utarbetande (AS4838-2002) som i princip kommer att innebära att Australien ansluter sig till ISO 11439 och i förlängningen överger kravet på

tryckprovning av tankarna och i stället använder sig av ISO 19078 (eller annat av tillverkaren rekommenderat besiktningsförfarande) för den återkommande kontrollen av tankar²¹. I det förslag till standard som nu ligger för beslut anges att *"cylinders manufactured to and used in accordance with CSA B51 Part 2, ANSI/IAS NGV2 and ISO 11439, storing compressed natural gas for automotive use, may only be subjected to an external examination"*.

5.4 UNECE

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) har utarbetat den standard R110²² som idag gäller i Europa för godkännande av fordon med CNG-drift. I denna refereras ej till någon annan standard (ISO, ANSI etc.) avseende bränslesystemet utformning, endast avseende provning av systemkomponenter. Likaså finns ingen föreskrift utarbetad inom UNECE avseende återkommande provning av tankar.

Skillnaderna mellan kraven enligt ECE R110 och ISO 11439 är dock så pass små att den inspektionsrutin som är under utformande inom ISO även skulle kunna användas för tankar som är tillverkade enligt ECE R110.

Inom UNECE slöts 1997 ett avtal²³ där parterna kom överens om att sträva efter att harmonisera reglerna för återkommande provning av fordon, för att inte missgynna transportföretag i sådana länder där man ställer hårdare krav på frekvens och omfattning av återkommande provning. Det är därför en logisk konsekvens av detta om man inom UNECE även driver vidare framtagandet av en harmoniserad standard för frekvens, omfattning och utförande av den återkommande provningen av CNG-tankar.

5.5 PROVTRYCKNING SOM METOD FÖR ÅTER-KOMMANDE PROVNING

De studier som sammanfattas i denna rapport har visat att provtryckning är en mycket osäker metod för att fastställa en CNG-tanks återstående livslängd, speciellt för komposittankar. Det finns ytterligare ett antal argument som talar mot att provtryckning skall användas som metod för återkommande provning:

- Provtryckning erfordrar en demontering av tanken. De studier som är genomförda i bl.a. USA pekar tydligt på riskerna med att demontera och montera tanken. Tankens montering är kritisk eftersom en stor del av de skador som upptäckts på tankar just orsakats av felaktig montering.
- En provtryckning innebär att tanken vattenfylls, vilket är mycket olämpligt med tanke på att vatten är en av de komponenter som gasleverantörerna vidtar mest åtgärder för att undvika att få in i tankarna. Det är mycket svårt att garantera att en tank blir helt torr efter en provtryckning vilket är en potentiell källa till korrosion.

²¹ Personlig kommunikation Alan Moore, Standards Australia, 020906

²² www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs/110e.pdf

²³ Agreement concerning the adoption of uniform conditions for periodical technical inspection of wheeled vehicles and the reciprocal recognition of such inspections, 13th of Nov 1997

- Det finns inget fall då man med hjälp av en provtryckning har kunnat påvisa en skada på en CNG-tank som inte har kunnat påvisas genom en visuell inspektion. Tvärtom visar flera studier att tankar som klarat en provtryckning har haft sådana skador att de i flera fall borde kasserats.
- Tankarna på ett gasfordon är i flera fall numera placerade så att de skall vara skyddade för påverkan vid en krock eller från påverkan då annat material placeras i närheten av fordonets tank. Detta innebär en säkerhetsmässig förbättring samtidigt som funktionen hos fordonet förbättras. Det innebär dock att det är ännu känsligare hur tankarna monteras och återmonteras. I nyare fordon är det således större risk för läckage om tankarna måste monteras ur i samband med en återkommande provning.

I ingen av de nationella standards som finns eller är under utarbetande för återkommande inspektion av CNG-tankar föreskrivs det eller ens rekommenderas provtryckning som inspektionsmetod.

6 SLUTSATSER

En genomgång av det material som finns tillgängligt avseende erfarenheter av skador på CNG-tankar och metoder för att kunna upptäcka skador på CNG-tankar har genomförts. Huvudslutsatserna från detta arbete är

- Huvuddelen av alla skador som uppträder på CNG-tankar är av utvändig art. Inte i något fall har invändiga korrosionsskador av sådan omfattning upptäckts att detta skulle kunnat vålla någon olycka.
- De få invändiga skador som kunnat konstateras är av typen utmattningsprickor som inte har kunnat detekterats med provtryckning. Tvärtom har det i flera fall visat sig att tankar med omfattande sprickor godkänts vid provtryckning vilket visar att metoden inte är tillförlitlig för att kunna bedöma en CNG-tanks återstående livslängd.
- Tryckprovning är en testmetod som medför att man ökar risken för läckage och driftstörningar i fordonet genom att tanken skall demonteras och återmonteras i fordonet. I många studier har man kunnat konstatera att dessa moment är svåra att kontrollera att de blir utförda på ett korrekt sätt och därmed medför ökade risker för olyckor.
- Tryckprovning är en testmetod som man i alla kontaktade länder tar avstånd från p.g.a. av ovanstående, även länder som tidigare använt metoden t.ex. Australien.



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

TEKNISK RAPPORT

SVENSKA GASFÖRENINGEN

FÖRSTUDIE FÖR BEDÖMNINGSGRUNDER AV SKADOR PÅ CNG-TANKAR

RAPPORT NR. 50000123-1

REVISION NR 1

DET NORSKE VERITAS

TEKNISK RAPPORT

Första utgåvans datum: 2004-05-12	Projektnummer: 50000123-1
Godkänd av: Peder Andersson <i>Manager</i>	Avdelning: Technical Investigation
Kund, Uppdragsgivare: Svenska Gasföreningen	Kundens ref.: Michelle Ekman

DET NORSKE VERITAS AB
DNV Technology Sweden

Box 30234
104 25 STOCKHOLM, Sweden
Tel: 08 - 587 940 00
Fax: 08 - 651 70 43
<http://www.dnv.com>
Momsreg.nr: SE556537340301

Sammanfattning:

Under detta arbete har det inte framkommit några omständigheter som talar mot att gå vidare i ett fullskaligt projekt syftande till inspektion av CNG tankar installerade i fordon.

De frågor som ligger i bedömning av kvarvarande livslängd för komposittankar är visserligen inte utredda, men den stora mängden installerade system bör ur statistisk synpunkt kunna användas för att verifiera systemens säkerhet i ett livslängdsperspektiv. Den provning som görs i samband med tillverkning av komposittankar visar också på att skadetåligheten är hög ställt mot de acceptanskriterier som är formulerade i denna förstudie.

Bedömning av funna skador vid återkommande kontroll kräver tillgång till ett omfattande referensmaterial. Framtagning av provbitar och eller typfotografier kräver medverkan från de som tillverkar bränsletankar eller deras representanter.

Om inte en bränsletank kan godkännas utan vidare undersökning bör det finnas tillgång till specialiserade verkstäder som kan reparera och bedöma skador av allvarligare art. Ett organiserat samspel mellan besiktningsorganet och verkstad/ tillverkare är sannolikt den effektivaste vägen att gå fram på.

Återbesök till bilprovningen eller annan form av återförsäkran efter åtgärdande skall alltid avsluta ärendet. Ett unikt nummer på bränsletank är sannolikt nödvändigt för att säkra spårbarhet.

Information innehållande tillverkarens förväntningar på den som brukar bränsletanken skall alltid finnas tillgänglig i fordonet.

Rapportnr.: 50000123-1	Ämnesgrupp:
Rapporttitel: Förstudie för bedömningsgrunder av skador på CNG-tankar	
Utfört av: Bertil Ek	
Granskat av:	
Datum för denna rev.: 2004-11-22	Rev. Nr.: 1
	Antal sidor: 1

Indexord

☒ Ingen distribution utan tillåtelse från Kunden eller ansvarig avdelning inom DNV

☐ Begränsad distribution inom Det Norske Veritas

☐ Fri distribution

<i>Innehållsförteckning</i>	<i>Sida</i>
UPPDRAGETS OMFATTNING.....	1
ANVÄNDA BEGREPP UR ISO/DIS 19078.....	1
OLIKA UPPBYGGNADER AV BRÄNSLETANKAR.	2
CNG -1 metall	2
CNG -2 metall och komposit.....	2
CNG -3 liner av metall	2
CNG-4 helkomposit.....	2
SKADEMEKANISMER.....	2
Mekanisk påverkan.....	3
Övriga skademekanismer	3
Kortfattade fakta om korrosionssannolikhet hos stål och aluminium.	4
ACCEPTANSKRITERIER OCH DETEKTERBARHET.....	5
INSPEKTION	5
VAD BÖR KONTROLLERAS	5
VAD DRIVER SKADOR OCH HUR SKALL KONTROLLEN GENOMFÖRAS.....	6
ACCEPTANSKRITERIER.....	6
Generellt	6
CNG-2, -3 och -4.....	7
CNG-1 och detaljer i metall generellt.....	8
KOMBINATIONSEFFEKTER	9
UTBILDNING OCH KOMPETENS.....	9
HJÄLPMEDEL	9
DOKUMENTATION - ERFARENHETSÅTERFÖRING.....	9
SLUTSATSER	10
FÖRSLAG TILL FORTSATTA INSATSER.....	10
REFERENSER.....	11
REVISIONSFÖRTECKNING.....	11

UPPDRAGETS OMFATTNING

Förstudien skall mynna ut i en struktur för hur ett kontrollkoncept som tillgodoser acceptabla kvalitetskrav kan se ut. Synpunkter på hur kontrollkonceptet bör utformas för att vara riskbaserat kommer också att ingå i förstudien. I förstudien ingår, förutom en genomgång av relevant dokumentation, också att upprätta en struktur för hur vidare arbete kan bedrivas. Följande problemområden kommer att beröras/behandlas.

- Omfattning, vad bör ingå i kontrollen.
- Möjliga skademekanismer, vad driver skada.
- Framtagning och värdering av acceptanskriterier, är kriteriet kontrollerbart.
- Metodiker kopplade till acceptanskriterier, vilka hjälpmedel krävs.
- Modell för effektiv erfarenhetsåterföring, rapportering, förstörande provning.
- Utbildning av personal.

ANVÄNDA BEGREPP UR ISO/DIS 19078

CNG =Komprimerad naturgas.

Domes = Gavlar på cylinder

External coating = Ytbehandling av bränsletank (yttre skikt)

Liner = Ett inre tätskikt som förhindrar att gasen läcker ut genom mantel och gavel av komposit.

Overwrap = Lindning av armeringsfiber.

Armeringsfiber = De huvudsakliga lastbärarna i kompositen.

Resin = Polymeren eller matrisen håller armeringsfibrerna på plats och fördelar lasten emellan dem. Samtidigt skyddas armeringsfibrerna mot yttre påverkan

Helical = Lindning av armeringsfibrer orienterade i cylinders längdriktning inkluderande gavel.

Hoop direction = Lindning av armeringsfiber orienterade vinkelrät mot cylinderns längdriktning.

Abrasion = Nötning

Crazing = Krackelering i matrisen som ger ytan ett frostigt utseende.

Cut = Skärskada orsakad av ett vasst föremål

Delamination = Delaminering eller separation mellan lager i cylinder och gavelväggar.

Impact = Slag mot bränsletank som orsakar en icke reversibel skada.

SCC = Sprickor som är relaterade till spänningarna i materialet och en aggressiv miljö.

OLIKA UPPBYGGNADER AV BRÄNSLETANKAR.

Gemensamt för bränsletankar för naturgasfordon är att de måste möta ett antal krav beskrivna i olika standarder. ISO 11439 är ett exempel på en sådan standard. Vidare skall det tydligt framgå vilka standarder som ligger till grund för dimensionering och tillverkning men också vilken typ av bränsletank det är fråga om i varje enskilt fall.

CNG -1 metall

En bränsletank helt av metall, stål eller aluminium

CNG -2 metall och komposit

Har en liner av metall som dessutom tar hand om den längsgående krafterna men är förstärkt med en lindning som tar hand om krafterna i ringled. (hoop- wrapped)

CNG -3 liner av metall

Har en liner av metall som varken klarar av att ta hand om de längsgående krafterna eller krafterna i ringled. Bränsletanken är därför förstärkt med lindningar tvärs och längs cylinder inklusive gavlar (fully wrapped)

CNG-4 helkomposit

Har en liner av termoplast och är dessutom uppbyggd av längs och tvärgående lindningar, den kan även kallas helkomposittank.

SKADEMEKANISMER.

Vissa typer av skador är mer sannolika än andra i gränssnittet mellan en bränsletanks inneslutning och det inneslutna mediet eller mellan yttre miljö och tankens utsida. Genom att identifiera de kombinationer av material och miljö/mediet som är närvarande i en process går det också att förutse vilken typ av skador som kan förväntas uppstå. Genom att identifiera vilka typer av mekanisk påverkan som är tänkbara i ett specifikt sammanhang går det att på motsvarande sätt förutse vilken typ av skador som kan förväntas uppstå.

Skademekanism är ett samlingsbegrepp för den bakomliggande orsakskedjan som slutligen leder till en specifik skada.

Utmaningen vid allt riskbaserat kontrollarbete är att bedöma vilka skademekanismer som behöver beaktas och vilken degraderingshastighet som kan förväntas. Ju snabbare skadan kan förväntas utvecklas desto kortare kontrollintervall.

De skademekanismer som finns redovisade i ISO/DIS 19078 är följande

TEKNISK RAPPORT

Mekanisk påverkan

Typ av skada	Orsakad av	Påverkan initialt	Leder till
Skada med skarpa kanter	Yttre åverkan av vasst eller kantigt föremål	Spänningskoncentration uppstår vid skada	I första hand kortare livslängd men även sänkt bärförmåga*
Nötning	Åverkan under en längre tid. Kan till exempel orsakas av dålig fastsättning av tank	Minskar godstjocklek	Sänkt bärförmåga
Intryckning, lokalt	Yttre åverkan av trubbigt föremål	Spänningsfält störs vid skada	I första hand kortare livslängd men även sänkt bärförmåga

*) Sänkt bärförmåga minskar marginalen till läckage och brott.

Övriga skademekanismer

Typ av skada	Orsakas av	Påverkan initialt	Leder till
Krackelering	Ultraviolett ljus eller kemikalier	Ytan eller matrisen	Sänkt bärförmåga om lastbärande fiber skadas
Delaminering kan uppstå som en följd av mekanisk påverkan	Kraftig intryckning eller sprickor i matris	Skjuvspänningsflöden samt blottläggning av lastbärande fibrer.	Sänkt bärförmåga men även kortare livslängd
Spänningskorrosion i plast	Olämpliga kemikalier kommer i kontakt med lastbärande fibrer	Lastbärande fibrer	Sänkt bärförmåga

Bränsletankar av metall CNG- 1 och metall ingående i CNG-

Typ av skada	Orsakas av	Påverkan initialt	Leder till
Utbuktningar	Delaminering		
Gropkorrosion	Kemikalier	Lokal förtunning	Läckage och sänkt bärförmåga
Linjekorrosion	Kemikalier	Lokal förtunning	Sänkt bärförmåga och läckage.
Generell korrosion	Kemikalier	Förtunning	Sänkt bärförmåga

TEKNISK RAPPORT

Korrosion under komposit	Kemikalier	Lokal förtunning	Sänkt bärförmåga och läckage.
Galvanisk corrosion	T.ex. kontakt mellan kolfibrer och stål eller mellan aluminium och rostfritt stål	Lokal förtunning	Sänkt bärförmåga och läckage.
Spänningskorrosion	Kemikalier i kombination med uppbyggda spänningar i materialet	Sprickor, ofta med grenstruktur	Läckage och sänkt bärförmåga.
Intryckning	Yttre påverkan av trubbigt föremål	Spänningsfält störs vid skada	I första hand kortare livslängd.

Kortfattade fakta om korrosionssannolikhet hos stål och aluminium.

Kritiska parametrar är kemisk sammansättning på mediet, temperatur och material. Hos vätskor är pH-värde, konduktivitet, syrehalt och enskilda föroreningar, som klorider, hydroxider etc mest kritiska. Temperaturen är högst +50°C och aktuella material är stål (olegerade eller låglegerade) aluminium. I tabell 1 har en enkel sammanställning gjorts över media kontra stål och aluminium.

Tabell 1, Enskilda faktorer/joner i vattenlösning som gynnar korrosion

Material	Allmän korrosion	Lokal korrosion	Spänningskorrosion
Olegerade stål	pH < 4	Klorider Lågt pH	Klorider Svavelväte Nitrater Hydroxider Karbonater Ammoniak
Aluminium	pH < 4 pH > 9	Klorider Vätekarbonat Kopparjoner	Klorider + fukt Känsligheten är kraftigt material/ strukturberoende*

- Spänningskorrosion uppträder huvudsakligen i utskiljningshärdade legeringar, men kan även förekomma i lösningshärdade. Olegerad aluminium är inte känsligt men bör samtidigt inte vara något intressant konstruktionsmaterial pga. den låga hållfastheten. Den vanligaste aluminiumlegeringen i konventionella transporttankar är AlMg4,5 Mn, som normalt inte är känsligt.

TEKNISK RAPPORT

ACCEPTANSKRITERIER OCH DETEKTERBARHET.

En skada påverkar alltid bärförmågan på ett negativt sätt och sänker på så sätt de ursprungliga säkerhetsmarginalerna. Säkerhetsmarginalerna är till för att med god sannolikhet ta hand om de variationer i last och bärförmåga som kan uppstå under tillverkning och användning av tankarna. Acceptanskriterier skall i sin tur ange vilka skador som kan accepteras utan att resterande marginaler blir alltför små sett fram till nästa inspektion.

Skador måste vara detekterbara i god tid innan de kan leda till att en farlig situation uppstår, i annat fall är inspektionen inte effektiv. Sannolikheten för att en skada upptäcks vid en inspektion kallas med fackspråk probability of detection (POD).

En bränsletank som tål stora synliga skador utan att brista och där tillväxten är låg är ett exempel på ett objekt där säkerheten kan styras med inspektion.

En bränsletank där skador är svåra att upptäcka och där skadetillväxten är hög är exempel på ett objekt där säkerheten inte kan styras med rimliga inspektionsinsatser.

CNG- tankar är provade enligt en specificerad procedur med avseende på skadetålighet och tål signifikanta skador utan att läcka eller brista. ISO/FDIS 11439.

INSPEKTION

Vid all kontroll måste normalt såväl omfattning av kontroll som acceptanskriterier för upptäckta skador vara kända och väldefinierade. Acceptanskriterier bör i sin tur vara kopplade till de konsekvenser en skada kan leda till och sannolikheten för ett sådant scenario.

Kontrollmetodiken bör vara anpassad till de defekter som kan förväntas på kort och lång sikt. En kartläggning av tänkbara skademekanismer är därför väsentlig för att kontrollarbetet skall kunna bedrivas kostnadseffektivt. Önskad spridning i beslut måste mötas med bra hjälpmedel och utbildning. Eftersom teknikområdet är nytt, åtminstone för kompositer är det extra viktigt med ett effektivt system för erfarenhetsåterföring. Erfarenhetsåterföring bidrar positivt till att minska spridning i beslut men också till en ökad kunskapsmassa i organisationen. Kontrollens syfte är att minska den osäkerhet som ligger i det okända och ökad kunskap leder därför till att besluten som måste fattas blir inte bara lika utan också bättre underbyggda.

VAD BÖR KONTROLLERAS

Hela bränslesystemet bör kontrolleras med avseende på skador och täthet. I systemet ingår normalt bränsletank, anslutningar, ledningar, ventiler samt utrustning för att begränsa det högsta tryck i systemet. Vidare bör kontrolleras att utrustningen är fixerad på avsett sätt.

När det förekommer rörbrottsventiler bör de vara kontrollerbara.

TEKNISK RAPPORT

VAD DRIVER SKADOR OCH HUR SKALL KONTROLLEN GENOMFÖRAS

Om delar av utrustningen inte sitter fast i enlighet med tillverkarens anvisning kan nötskador uppstå. Om klammer som håller bränsleledning har lossnat kan det leda till materialutmattning i bränsleledning och så småningom läckage. Kontrollmetoden är att genom handpåläggning fysiskt förvissa sig om att utrustningen sitter fast. De trycksatta delarna av utrustningen är fastsatta på sådant sätt att nötning inte skall uppstå d.v.s. någon form av mjukt material ofta gummi ligger i direkt kontakt med de trycksatta delarna. Konditionen hos dessa detaljer bör bedömas. Miljöeffekter kan leda till att gummit blir sprött och spricker. För bränsletank skall eventuella skyddsplåtar avlägsnas och den synliga delen alltid kontrolleras med avseende på skador. Inre inspektion rekommenderas inte av tillverkarna och det finns inte några kända skadetyper som talar för att inre inspektion skulle vara motiverad i ett kostnad/nytta perspektiv. Bränslets innehåll är kopplat till vilka skador som kan uppstå och hur fort de utvecklas, men den osäkerheten kan hanteras med specifikationer och uppföljning.

En mer detaljerad riskbedömning är sannolikt nödvändig att göra innan beslut fattas i fråga om kravet på inre inspektion.

ACCEPTANSKRITERIER

Följande beslutsnivåer är hämtade ur ISO/DIS 19078 och indelningen är medför att skador som bedöms vara mellan nivå 1 och 2 medger fortsatt användning av bränsletank. Mellan nivå 2 och 3 är krävs ytterligare undersökning eller reparation innan bränsletank får användas.

SKADETYP	BESLUTSNIVÅER			Noteringar
	1=ok	2=förbehåll	3=skrotas	
Generellt				
Skada med skarpa kanter	Djup mindre än 0.25 mm och inga kapade eller brustna fibrer. (Komposite)	Djup större än 0.25 mm men går att reparera enligt tillverkares anvisning	Djup större än 1.25 mm.	Reparation gäller endast för komposit där fibrer är hela och inte separerade
Nötning	Djup mindre än 0.25 mm	Djup större än 0.25 mm men går att reparera enligt tillverkares anvisning		Reparation gäller endast för komposit där fibrer är hela och inte separerade
Svärtning	Går att tvätta bort	Mindre kvarvarande missfärgning.	Permanent svärtning, missfärgning	Förtydligande erfordras
Gasläckage	Inget detekterbart läckage	För kompositer kan inestängd luft pressas ut och felaktigt indikera läckage av naturgas Se 7.4.8 i Standard	Läckage	Bubblor i test-vätskan visar på läckage men det behöver inte vara naturgas utan kan vara luft som

TEKNISK RAPPORT

		xxx		finns innesluten i kompositen.
Kemiskt angrepp	Inga kvarvarande defekter efter rengöring. Känd kemikalie som inte är skadlig för tanken	Okänd kemikalie	Permanent missfärgning eller förlust av material	Förtydligande erfordras
Ultraviolet strålning	Ytan har förlorat delvis glansen och eller vitnat	Inga strukturella skador	Skador i lastbärande struktur d.v.s. fibrer	Förtydligande erfordras
CNG-2, -3 och -4				
Inblandad i kollision eller utsatt för brand	Särskild kontroll erfordras	Särskild kontroll erfordras	Tanken har skador som kan kopplas till hög temperature och eller mekanisk åverkan.	

TEKNISK RAPPORT

SKADETYP	BESLUTSNIVÅER			Noteringar
	1=ok	2=förbehåll	3=skrotas	
CNG-2, -3 och -4 forts.				
Stöt/ slag	Skadad yta är mindre än 1cm2 och inga andra tecken på skador är synliga	Största skada mindre än 1cm2	Skada större än 1 cm2 eller permanent skada	Förtydligande erfordras
Spänningskorrosion	Tank har varit i kontakt med kemikalier men inga synliga skador	Tank har varit i kontakt med kemikalier synliga skador på fibrer	Skador kan kopplas till spänningskorrosion	Förtydligande erfordras
CNG-1 och detaljer i metall generellt				
Bula	Ingen indication	Se 7.5.3 I standard xxx	Synlig och eller detekterbar	Förtydligande erfordras
Gropkorrosion	Djupet är mindre än 25% av godstjocklek	Om djupet inte går att fastställa med enkla metoder	Djupet är större än 25% av godstjocklek	Förtydligande erfordras
Gropkorrosion sammanhängande	Djupet mindre än 10% av godstjocklek och längden mindre än halva yttre diametern	Om djupet inte går att fastställa med enkla metoder	Djupet är10% eller mer av godstjocklek och eller längden mer än halva yttre diametern	Förtydligande erfordras
Generell korrosion	Djupet mindre än 15% av vägg-tjockleken omfattningen mindre än 25% av yttre tankarea	Om djupet eller omfattningen inte går att fastställa med enkla metoder	Djupet är 15% ellermer av väggtjockleken och eller omfattningen 25% eller mer av yttre tankarea	Förtydligande erfordras
Intryckning	En intryckning som är mindre än 1.6mm samt en längd på minst 50mm	Om djupet eller omfattningen inte går att fastställa med enkla metoder	En intryckning som är mer än 1.6mm och eller en längd på mindre än 50mm	Förtydligande erfordras

TEKNISK RAPPORT

SKADETYP	BESLUTSNIVÅER			Noteringar
	1=ok	2=förbehåll	3=skrotas	
CNG-1 och detaljer i metall generellt				
Korrosion under komposi-site	Inga synliga tecken som indikerar corrosion	Synliga korro-sionsprodukter som kan här-ledas till metall-skikt	Djupet är10% eller mer av godstjocklek och eller längden mer än halva yttre diametern	Förtydligande erfordras

KOMBINATIONSEFFEKTER

Varje skada leder till ökad risk och tillräckligt många skador på nivå 1 leder till en risknivå som motsvaras av risknivå 2. En kvantifiering kan vara svår att göra men ett 10-tal skador på nivå 1 kan kanske motivera att förbehåll utfärdas för fortsatt användning.

UTBILDNING OCH KOMPETENS

Den som skall utföra återkommande kontroll av CNG-tankar skall genomgå en utbildning och dessutom avlägga prov med godkänt resultat.

I utbildningen skall ingå hur de olika tankarna är uppbyggda och deras funktion.

Vidare skall bränslesystemets uppbyggnad och funktion behandlas.

Träning i användning av referensbitar och bilder är en annan viktig aktivitet som skall ingå.

Och slutligen provbesiktning med checklista som hjälpmedel.

Ytterligare moment kan tillkomma

HJÄLPMEDEL

Grundbelysning + punktbelysning

Lupp/ förstöringsglas

Inspektionsspegel

Mätverktyg för gropdjupsmätning

Referensplattor/ bilder för alla skadetyper och nivåer.

Riktlinjal och skjutmått

Methangas detektor och testvätska för läckage.

Kamera.

Tillverkarens acceptanskriterier och instruktioner.

DOKUMENTATION - ERFARENHETSÅTERFÖRING

Alla nivå 2 skador bör dokumenteras och samlas upp i ett register som sedan kan användas för kompetens utveckling. För nivå 3 skador gäller samma sak men dessutom bör i varje fall en bedömning göras om ytterligare information kan finnas att hämta genom förstörande provning.

TEKNISK RAPPORT

SLUTSATSER

Under detta arbete har det inte framkommit några omständigheter som talar mot att gå vidare i ett fullskaligt projekt syftande till inspektion av CNG tankar installerade i fordon.

De frågor som ligger i bedömning av kvarvarande livslängd för komposittankar är visserligen inte utredda, men den stora mängden installerade system bör ur statistisk synpunkt kunna användas för att verifiera systemens säkerhet i ett livslängdsperspektiv. Den provning som görs i samband med tillverkning av komposittankar visar också på att skadetåligheten är hög.

Framtagning av provbitar och eller typfotografier kräver medverkan från de som tillverkar bränsletankar. Bedömning av skador som medför återbesök efter åtgärdande kräver också tydliga anvisningar från tillverkarna.

FÖRSLAG TILL FORTSATTA INSATSER

Vi rekommenderar att ISO 19078 får ligga till grund för det fortsatta arbetet. Standarden är inte formulerad för att passa in i våra regelverk direkt men mycket av innehållet kan användas direkt efter översättning.

En kvantifiering av återstående insatser kan göras enligt följande.

1. Teknisk instruktion som beskriver besikningsomfattning och bedömningsgrunder.
150 timmar.
2. Kartläggning av kända skademekanismer och deras påverkan av bärförmågan i ett tidsperspektiv. Värdering av detekterbarhet kopplat till varje skademekanism
100 timmar
3. Framtagning av besiktningshjälpmedel för bedömning av beslutsnivåer mm.
250 timmar (intern tid)*
4. Framtagning av utbildningsmaterial för inspektörerna inklusive examinering.
150 timmar (2-dags kurs)
5. Upprätta ett system för erfarenhetsåterföring som klarar bildhantering.
150 timmar (exklusive eventuell programmering)
6. Finna vägar för kommunikation med tillverkarna eller deras representanter
100 timmar (intern tid)*

*) Med intern tid avses den tid som den egna organisationen lägger ner.

TOT: 900 timmar

REFERENSER

- /1/ ISO/DIS 19078 Gas cylinders- Inspection and requalification of high pressure cylinders for the on.board storage of natural gas as a fuel for automotive vehicles
- /2/ ISO 11439 Gas cylinders-High Pressure cylinders for the on.board storage of natural gas as fuel for automotive vehicles
- /3/

REVISIONSFÖRTECKNING

- o0o -

Kort redovisning från besöket i Göteborg den 29-30 juni 2004

Deltagare: Tomas Carlsson, Lars Kruse och Ensio Andersson
Vi besökte;

- Göteborgs stads verkstad för gasbilar som har en flotta av drygt 700 "lätta" bilar av varierande fabrikat. Vi tittade på 6 olika typer av bilar.
- Renova – Västsveriges "ledande" avfalls- och återvinningsföretag. Visning av en toppmodern Elhybridsopbil.
- Göteborgs Spårvägar. Besökte en ny depå (parkering och tankning) och Kvilledepå (verkstad för bussar) samt huvudkontoret. Tittade på tre bussar och fick del av mycket erfarenhet.

1

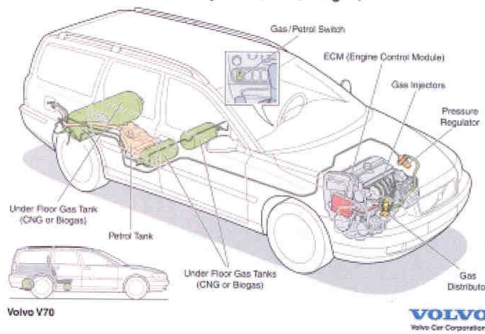
Volvo 850 1997 med eftermonterad utrustning för gasdrift

- Utfört av Gasteknik i Tagene.
- Komponenter från Necam i Holland (störst på eftermonteringsmarknaden)
- En stor tank invändigt bakom baksätet.
- Dränering via grova slangar
- Ett helt "paket" med komponenter sitter på främre mellanvägg (Oljeavskiljningsventil, elektrisk avstängning, bränslemätare, hög- och lågtrycksreducering).

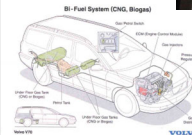


Volvo V70 Bifuel 2002 (fabriksutrustad)

Bi-Fuel System (CNG, Biogas)



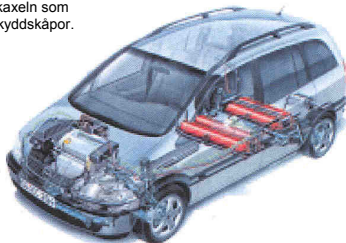
Tre tankar bak (utvändigt) under bilen. Skyddskåpor täcker samtliga tankar.



4

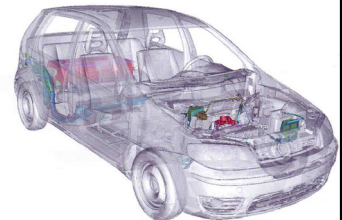
Opel Zafira 2003 (Fabriksmonterat)

Två tankar framför resp bakom bakaxeln som täcks av skyddskåpor.



5

Fiat Punto Bipower -04 Helfordonsgodkänd



6

VW Kombi 2001 och även en VW Pick Up 2001 (Eftermonterat)



7

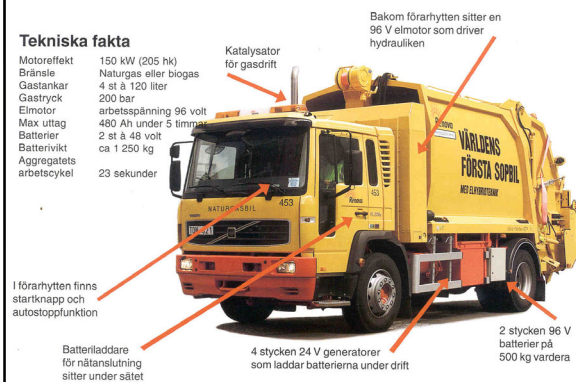
MB 314 2004 Lastbil
Tankar placerade på ramens utsidor



8

Tekniska fakta

Motoreffekt	150 kW (205 hk)
Bränsle	Naturgas eller biogas
Gastankar	4 st à 120 liter
Gasttryck	200 bar
Elmotor	480 Ah under 5 timmar
Max uttag	2 st à 48 volt
Batterier	ca 1 250 kg
Aggregatets arbetscykel	23 sekunder



I förarhytten finns startknapp och autosloppfunktion

Batteriladdare för nätanslutning sitter under sätet

4 stycken 24 V generatorer som laddar batterierna under drift

2 stycken 96 V batterier på 500 kg vardera

Bakom förarhytten sitter en 96 V elmotor som driver hydrauliken

Katalysator för gasdrift



Ny buss med gastankar på taket



11

Vi har fått värdefulla kontakter som var och en hade mer än 10 års praktiska erfarenheter från utvecklingen och handhavandet av gasdrivna fordon.

- Göteborgs stads (gatubolags) verkstad;
Lars Stjern, Verkstadschef
- Renova; Lars Thulin, Verkstadschef
- Göteborgs Spårvägar; (14 år med gasbussar)
Martin Skommargård, Riskmanager VD Stab
Leif Engström, Verkstadschef Kvilledepån

12

Sammanfattning från besöket i Göteborg

- Gasalternativet fungerar mycket väl, med få tillbud och incidenter (inkluderar även säkerhetssystemen)
- Inga invändiga skador på tankar har upptäckts (nordsjögasen ger enligt uppgift en fet hinna)
- Inga utvändiga skador på tankar har upptäckts
- Vissa problem har funnits med tankfastsättningar
- Undvika att "skruva i det slutna systemet"
- Gas är svårantändligt? Brinner endast med 5-15 % luftinblandning
- Samstämmigheten var stor: "bensin är farligare än gas"
- Personalen engagerad och utbildad för uppgiften
- Serviceprogram för rutinmässig kontroll användes inte

13

Kontrollbesiktning - Förutsättning

- att fordon inte har försämrats i otillåten grad som är av betydelse från miljö- och trafiksäkerhetssynpunkt
- utifrån risk, frekvens, enkelhet samt rationellt och ekonomiskt
- i en kontrollbesiktning ingår kontroll av 10 - 11 system
- många olika fordonstyper att hålla reda på. Viss utrustning dold eller helt otillgänglig
- kontrollen bör omfatta; tung/lätt bil, tung/lätt buss
- tillverkare har inte skapat några långtgående program för underhållsservice

Slutsats

Den kontroll som ska göras på bilar med gasdrift måste begränsas för att passa in i den löpande kontrollen. (Hur omfattande är kontrollen i andra länder.)

14

Handbøksikon

Startside

Ange søkeord

Byt sorteringsordning

- Grundregler-Riddinger
- Storme
- Hjelpsystem
- Dislystsystem
- 1.1 Innholdsliste
 - 2.1.1 Masse
 - 2.1.2 Brånselensystem
 - 2.1.3 Anordninger
 - 2.1.4 Beskrivelse
 - 2.1.5 Anordningsanvisninger
- 1.2 Drivning
- Komplett metode & installasjoner
- Kontrollmateriale
- Brennstoffsystem
- Styringsystem
- Karossell
- Kommunikasjon
- Instrumentering
- Ovingt
- Brånseldydskontroll
- Miljøkontroll
- Traktor

3.1.2 Brånselensystem

kontrollmateriale 2002-06-10
Informasjonskatalog

Dagens kontrollplan for Brånselensystem

Ovingt dokumentinformasjon

[Expandere](#) | [Anerstat](#)

Komponentdel

3.1.2.1	Brånselstank	3.1.2.4	Brånselslang	3.1.2.6	Brånselfilter
3.1.2.2	Tankband	3.1.2.5	Brånselpump	3.1.2.7	Tanklokk
3.1.2.3	Brånselrør				

Kontroll

Fastsattinn, tåthet, skade

Metode

Kontroll i motorrom og underfor å tank, ledninger, pump, filter m.m. i brånselensystem.

Bedømming

Grund for bedømming	tol	slap
Komponenter i brånselensystem:		
☐ uløst lårage	2	2
☐ påtaglig betydelig fastsattinn	2	2
☐ påtaglig skade	2	2
☐ tanklokk saknas	2x	2x
Brånselstank:		
☐ risik att losna	3	3
Brånselensystem:		
☐ risik for brand	3	3

Komponent	Søkeord	Kategori ID:
Brånselensystem	R.S.Y	Id-kategori 2

(lårage - brånselstank 1)

➤ **Bränslesystem**

☐ Startsladd ☐ Avsläppsladd

☐ Ångse skörd =

☐ Byt sorteringsordning =

➤ Grundgrej-Rättigheter

➤ Stomme

➤ Hjulsystem

➤ Discsystem

➤ 1.1 [Förbruk](#)

➤ 1.2 [Bränslesystem](#)

➤ 1.3 [Avsläppsladd](#)

➤ 1.4 [Bränsler](#)

➤ 1.5 [Cyklingsordning](#)

➤ 2.2 Drining

➤ Kompl. metoder & installationer

➤ Kompletter

➤ Bränslesystem

➤ Hjulsystem

➤ Karssele

➤ Kommunikation

➤ Instrumentering

➤ Övrigt

➤ Bränsldiagnostik

➤ Hjulskontroll

➤ Traktör

➤ **Metod**

Oulakontroll i motorrum och underifrån på tank, ledningar, pump, filter m.m. i bränslesystem.

➤ **Bedömning**

Grund för bedömning	bil	slip
Komponenter i bränslesystem:		
inögt läckage	2	2
påtagligt bränslefyll fastsättning	2	2
påtagligt skada	2	2
tanntlock värmas	2x	2x
Bränsletank:		
risk att lossna	3	3
Bränslesystem:		
risk för brand	3	3

Component	Sälvag	Färdyter i HD:
Bränslesystem	B-SY	läckage 2 läckage - brandrisk 3
Bränsletank	TA	läckage 2 fastsättning bränsletång 2 skadad 2 läckage - brandrisk 3 risk att lossna 3
Tankband	T	fastsättning bränsletång 2
Bränslerör	B-O	läckage 2 skadad 2 läckage - brandrisk 3
Bränsleslang	SL	läckage 2 skadad 2 fastsättning bränsletång 2 läckage - brandrisk 3
Bränslepump	PU	fastsättning bränsletång 2 läckage 2 läckage - brandrisk 3
Bränslefilter	FI	läckage 2 läckage - brandrisk 3 fastsättning bränsletång 2
Tanntlock	TA	värmas x

Utkast till kontrollplan

Identifying

<i>kontroll</i>	drivmedel
<i>metod</i>	okulärkontroll uppgifter via QASB (QT)
<i>åtgärd</i>	rätta felaktiga uppgifter

17

[illegible]

Följande drivmedel hanteras i Trafikregistret (QFB5);

FUEL	FUELTEXT	EXHAUSTFUELTYPE
1	Bensin	1
2	Diesel	2
3	El	3
4	Fotogen	1
5	Gasol	1
6	Gengas	1
7	Etanol	1
8	Metanol	1
9	Motorgas	1
10	Rapsolja	1
11	Paraffinolja	1
12	Naturgas	1
13	Biogas	1

19

Bränslepåfyllning

<i>kontroll</i>	täthet, skador, O-ring
<i>metod</i>	okulärkontroll
<i>alternativ?</i>	"sniffningsutrustning"



20

Tank

<i>kontroll</i>	täthet, skador, fastsättning, dränering
<i>metod</i>	okulärkontroll
<i>alternativ?</i>	- krav att tankar friläggs inför besiktningen - kontroll av skyltar - tankens ålder = bilens ålder - kräva intyg vid skadad tank

21



Ledningar

<i>kontroll</i>	täthet, skador, fastsättning
<i>metod</i>	okulärkontroll
<i>alternativ?</i>	kontroll med "sniffningsutrustning"



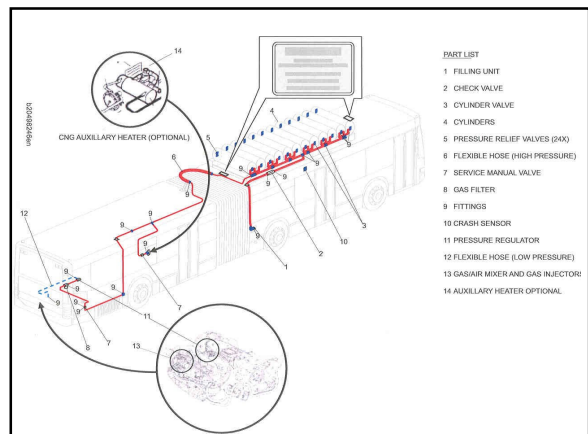
23

Komponenter

<i>kontroll</i>	täthet, skador, fastsättning
<i>metod</i>	okulärkontroll
<i>alternativ?</i>	eventuella skyddskåpor demonteras vid besiktningen "sniffningsutrustning"



24



Miljökontroll

<i>kontroll</i>	kontroll enligt VVFS på gas och ev. alternativt bränsle (krav på att det finns både gas och bensin i tankarna)
<i>metod</i>	mätning
<i>alternativ?</i>	kontroll endast på ett bränslealternativ

26

Underhållsservice? (ett par axplock)

Från Volvo: Vid varje servicetillfälle (20 000 km intervall)

- Gasfiltersats byte LPG mellan regulator och gasfördelare
- Gastryck kontroll/justering CNG/LPG

Intervalltillägg:

- Gasfiltersats, byte CNG (80 000, 16000 km osv.)
- Gasfiltersats, byte LPG i avstängningsventil (80 000, 16 000 km osv.)
- Gasledning, kontroll/läckagesökning (vart 3:e år)
- Gasfilter CNG, dränering (20 000, 60 000, 100 000 km osv.)

27

Från VW: Tilläggsarbeten på gassystemet

- Kontrollera de elektromagnetiska spärrventilernas funktion
- Kontrollera skicket på ventilationsledningen och manschetterna på gastanken
- Kontrollera att gastanken och gasledningarna sitter fast ordentligt, att de inte är skadade eller läcker
- Tanklock och gaspåfyllning; Kontrollera skick, rengör vid behov och kontrollera O-ringarna
- Tändstift byta; gasbilar med motorbokstäverna BEH (var 30 000 km eller vart annat år beroende på vad som först inträffar)
- Lagstadgad säkerhetskontroll (gäller Tyskland) (vart 3:e år)
 - anmärkning; byta gasbehållaren. Datumet står på en dekal på tankluckan.

28

Frågor att lösa?

- "sniffningsutrustning"?
- krav att tankar friläggs inför besiktningen?
- eventuella skyddskåpor demonteras vid besiktningen?
- kontroll av skyltar på tankar?
- tankens ålder = bilens ålder?
- kräva intyg vid skadad tank?
- miljökontroll på ett/båda bränslealternativen?

29