

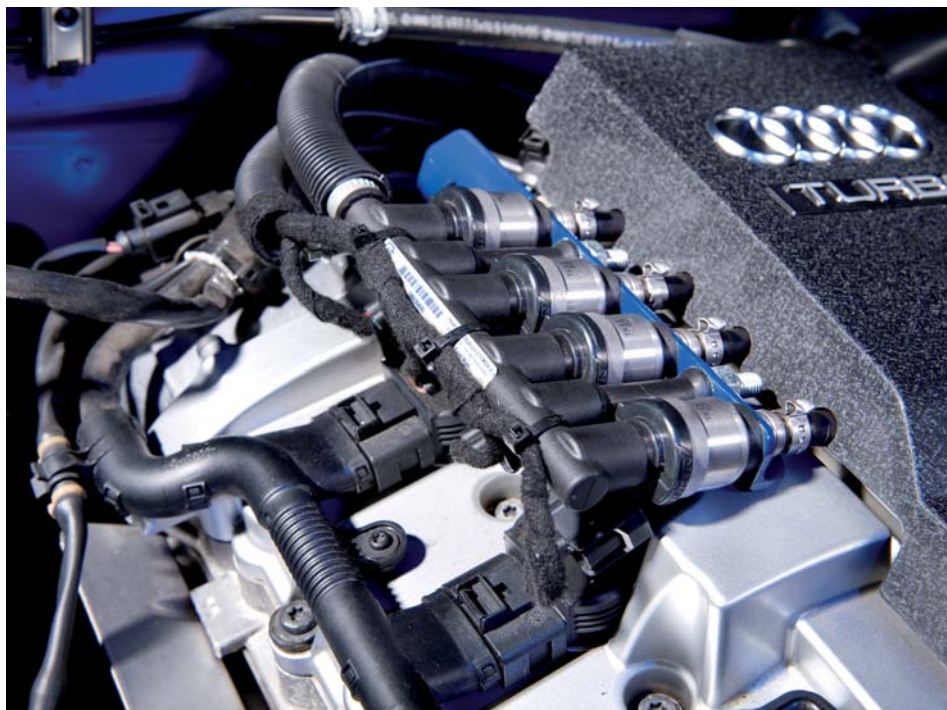
**Auto & Motor
TECHNIEK**

© **WWW.AMT.NL** - Dé internetsite voor de Automotive Professional

Vapour Sequential Injection DI-systeem

Vooruitgang in LPG-techniek

Direct ingespoten benzine-motoren zijn technische hoogstandjes. Dergelijke krachtbronnen geschikt maken voor LPG is technisch gezien een prestatie van formaat. Prins Autogassystemen uit Eindhoven is in deze missie geslaagd en introduceert het Vapour Sequential Injection DI-systeem voor verschillende DI-motoren uit de VAG-groep.



Prins heeft voor de direct ingespoten benzinemotoren uit de VAG-groep een passend retrofit LPG-systeem ontwikkeld. Dit VSI-DI-systeem vertoont veel overeenkomsten met het dampinjectiesysteem voor indirect ingespoten motoren.

Nederland was altijd een vooraanstaand LPG-afnemer. Die brandstof is in ruime mate voorhanden en bovendien bijzonder schoon en financieel aantrekkelijk om op te rijden. De afgelopen jaren is de concurrentiestrijd tussen de brandstoffen echter enorm toegenomen. Dieselmotoren werden steeds schoner en krachtiger en pikten een deel van het LPG-marktaandeel in. De benzinemotor onderging onder druk van de milieuwetgeving en de zoektocht naar efficiency een ware evolutie. De indirecte inspuiting in het spuitstuk maakte plaats voor directe inspuiting in de cilinderkop en de inspuitstrategieën werden steeds geavanceerder. Voor de ontwikkelaars van retrofit autogasin-

stallaties wordt het steeds moeilijker een betrouwbare installatie te ontwikkelen die compatibel is met alle regelelektronica van het voertuig. Desondanks heeft Prins Autogassystemen onlangs hun Vapour Sequential Injection DI-systeem (VSI-DI) vrijgegeven voor een aantal DI-motoren. Het is in grote mate gestoeld op het VSI-systeem dat in 2002 het levenslicht zag voor de moderne indirect ingespoten benzinemotor. Dit systeem is de afgelopen jaren sterk doorontwikkeld en heeft zich inmiddels voldoende bewezen.

Direct of indirect

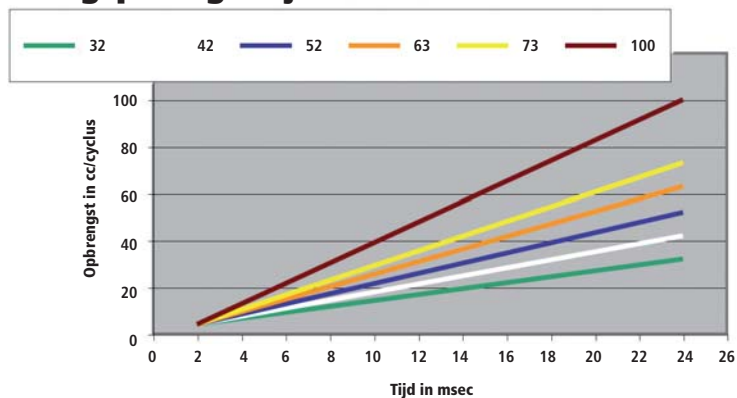
Om een direct ingespoten motor op LPG te laten draaien zijn er twee mogelijkheden. De eerste

en misschien meest voor de hand liggende is om via de bestaande benzine-injector het gas vloeibaar direct in de cilinder te spuiten. Je maakt dan gebruik van alle voordelen die de motorconstructeurs voor ogen hebben bij de directe injectie, maar dan met het schonere en klopvastere LPG. Een nog niet overwonnen probleem is dat het vloeibare gas over een gedeelte van het bestaande injectiesysteem zoals de hogedrukpomp en injectoren zou moeten gaan. Deze oplossing is wellicht te realiseren als een dedicated affabrieksysteem, maar nog niet als retrofitoplossing. Daarbij komt dat direct ingespoten motoren zonder uitzondering zijn uitgerust met een vierkleps kop, daarin is nauwelijks ruimte om een



Common rail voor een FSI? In ieder geval wel een rail die centraal de dampvormige LPG aanvoert en verdeelt over de inspuitnippels van de afzonderlijke cilinders. Geen inspuiting in de cilinderkop, maar in het spuitstuk vlak voor de inlaatkleppen.

Aangepaste gasinjectoren



Er zijn zes verschillende gasinjectoren leverbaar. Dit om in te kunnen spelen op het verschil in slagvolume of vermogen van de motor.

gasinjector toe te voegen. Tot op heden is deze aantrekkelijkste vorm dus lastig toepasbaar. De andere oplossing is om het gas indirect via het bestaande spuitstuk in te spuiten. We gaan dan terug naar 'oude' techniek of om het anders te formuleren: we maken van een direct ingespoten benzine motor een indirect ingespoten LPG-krachtbron waarbij het dampgas voor de inlaatkleppen in het inlaatspuitstuk wordt gespoten.

Dit is technisch mogelijk omdat de meeste autofabrikanten voorlopig nog hebben afgezien van een arm mengsel bedrijf. Dit in verband met de problemen met de benzine kwaliteit en deeltjes-emissie in combinatie met het EGR-systeem. Dit geldt ook voor de huidige DI-motoren van VAG.

Klopgrens verhogen

Een voordeel van DI-motoren is dat ze een hogere compressieverhouding hebben waardoor er meer efficiency en power wordt gegenereerd. Om detonatie van het zenuwachtige benzine-mengsel te voorkomen wordt de benzinepuls gesplitst in een pre-injectie in de aanzuigslag en

een tweede injectie in de compressieslag. Uit praktijkmetingen is echter gebleken dat in veel belastingssituaties nog met een 1-puls strategie wordt gewerkt en dat op moment dat wordt overgeschakeld naar een 2-puls inspuiting, de hogere klopvastheid van het homogene LPG-mengsel de 2-puls benzine strategie compenseert.

De DI-motoren zijn uitgerust met injectoren met een relatief lage weerstand van 2 Ohm. De bediening geschiedt via een zogenaamde peak en hold-regeling. Reden hiervan is dat men de injector snel wil openen en vervolgens deze met een relatief lagere stroom open houdt zodat de injector niet oververhit raakt. Deze stroomregeling wordt gestuurd vanuit het motormanagement van de auto.

Bi-fuel zonder problemen

Voor de LPG-regeling moeten de benzine-injectoren worden uitgeschakeld zonder dat het motormanagement dit merkt. Bij de normale hoogohmige injectoren (indirect ingespoten motoren) gebeurt dit met een serieweerstand in

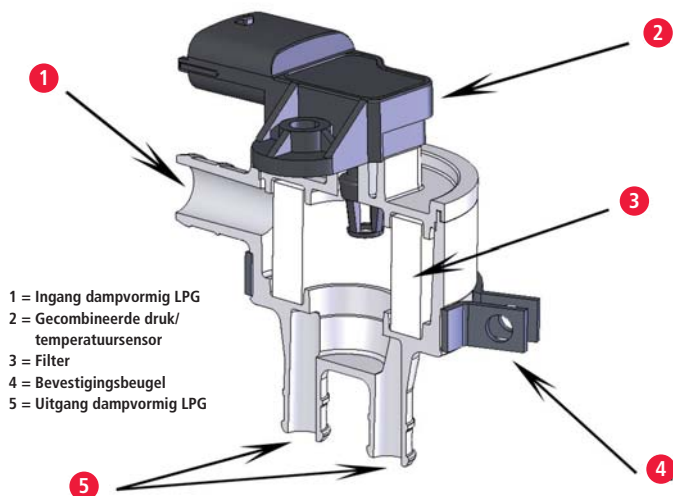
het benzinecircuit die de stroom zover reduceert dat deze niet meer opengetrokken kunnen worden.

Bij de laagohmige DI-injectoren is daar een intelligentere regeling voor nodig. Welke wil Prins niet uit de doeken doen, maar het is ze in ieder geval gelukt om de benzine-injectoren op een zodanige wijze te onderbreken dat het benzinesysteem geen foutcodes genereert. De regeling is digitaal en zodanig dat door deze sequentiële uit/aanschakeling probleemloos bij iedere last omgeschakeld kan worden in brandstofsoort.

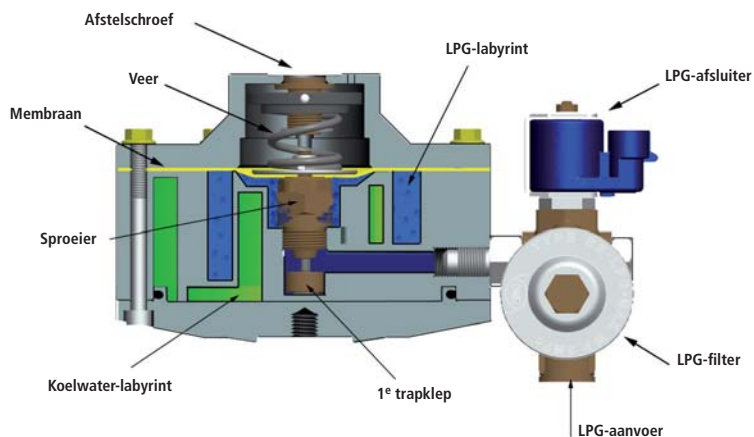
Verder heeft Prins de VSI-DI ECU nog aangevuld met de functie om de originele benzineinjector regelmatig aan te kunnen sturen. Hiermee wordt voorkomen dat deze oververhit raakt en de benzine in de injector 'kraakt'. Het heeft wel een minimaal benzineverbruik tot gevolg.

Motormanagement slaat de toon

Net zoals bij de standaard VSI-installatie wordt bij DI-motoren gebruik gemaakt van de origi-



De gecombineerde druk/temperatuursensor is opgenomen in de filterunit.



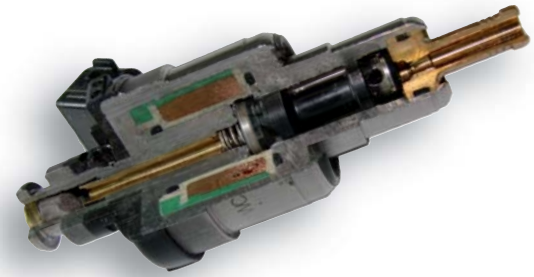
Omdat Prins het LPG in dampvorm inspuit is een verdamper noodzakelijk. Ouderwets? Nee hoor, men haalt met gemak de Euro 5-norm en één verdamper kan vermogens aan tot wel 400 pk. Het is een ééntrapsverdamer en de druk wordt ingesteld met de instelschroef aan de bovenzijde. Puur mechanisch dus allemaal.

ONDERDELEN

Prins LPG-systeem voor direct ingespoten motoren

nele benzine inspuitsstrategie. Daarbij wordt de brandstofbehoefte gevolgd die is berekend door de regelenheid van het benzinesysteem. De wisselende benzinedruk, variërend van 20 tot 200 bar, wordt teruggekoppeld naar de VSI-ECU om een correcte gastoediening te bepalen. Ook gegevens over de eventuele laaddruk worden door de VSI-ECU teruggekoppeld om de systeemdruk van het dampgas daarop af te stemmen.

In de praktijk komt het erop neer dat de VSI-ECU de benzine-injectoraanstuurtijd vertaalt naar een overeenkomstige LPG-injectoraanstuurtijd door er een geprogrammeerde correctie op toe te passen. Het omschakelen gebeurt sequentieel. Cilinder per cilinder worden de benzine-injectoren uitgezet en de gasinjector ingeschakeld voor een gelijkmatige overgang. Dat alles betekent dat tijdens LPG-bedrijf alle



De gasinjectoren zijn samen met Keihin ontwikkeld en moeten minimaal 240.000 km meegaan.

Werking Vapour Sequential Injection-systeem

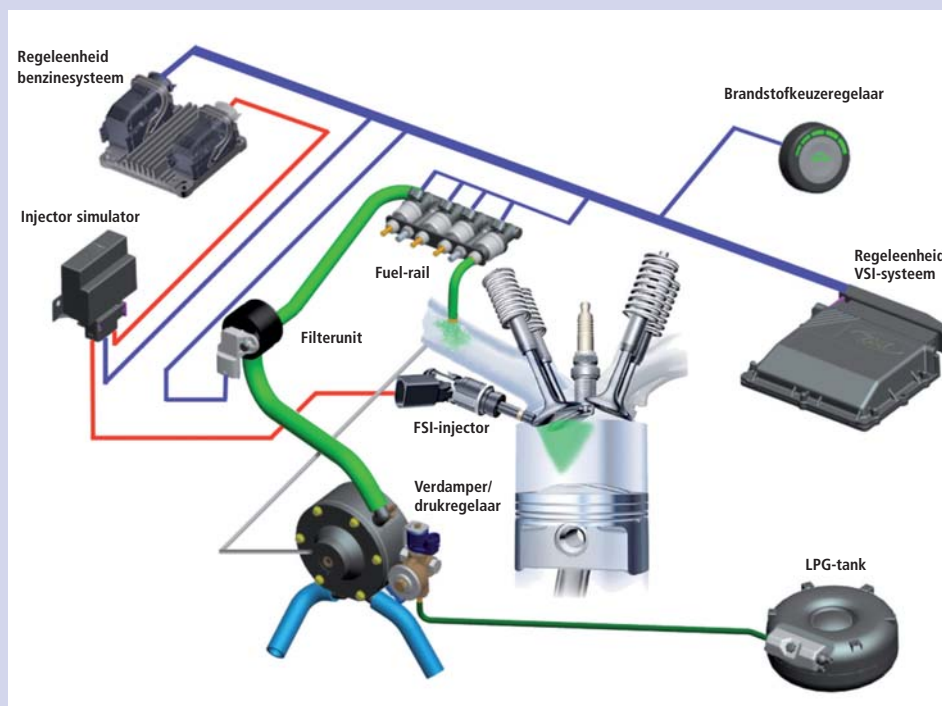
Het LPG wordt onder druk, vloeibaar opgeslagen in de tank. De tankdruk is afhankelijk van de samenstelling van het LPG en de buitentemperatuur. Belangrijk is dat de dampdruk voldoende blijft zodat bij geopende tankafsluiter de brandstof automatisch naar de verdamper/drukregelaar stroomt. De dampdruk wordt in dit onderdeel afgeregeld naar de gewenste constante systeem/raildruk. De druk wordt in één keer afgeregeld (ééntraps systeem) naar de gewenste druk die mechanisch wordt afgesteld tussen de 1,7 en 2,6 bar.

Voor turbomotoren gebruikt men een zogenaamde MAP-verdamper, hierbij stijgt de systeemdruk evenredig met de turbodruk.

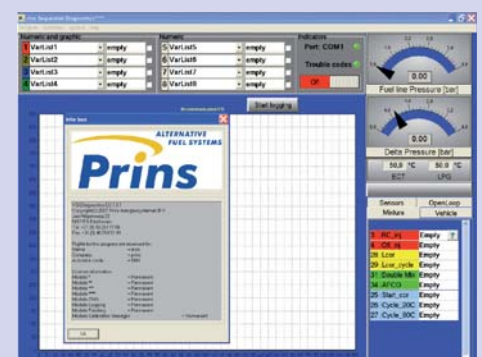
Door het veranderen van aggregatietoestand van het LPG (vloeibaar naar damp) wordt er veel warmte aan de omgeving onttrokken. Om bevrozing tegen te gaan is de verdamper aangesloten op het koelcircuit van het voertuig en onttrekt daar zijn warmte aan. De capaciteit van de Prins-verdamper is groot genoeg om voertuigen tot 400 pk te bedienen. Tussen de verdamper en de injector is de filterunit geplaatst. Deze voorkomt vervuiling van de gasinjectoren. De filterunit is tevens uitgerust met een sensor die de actuele gastemperatuur en de systeemdruk meet en vervolgens doorgeeft aan de VSI-DI ECU voor een correcte mengselvorming. De VSI-DI ECU gebruikt voor de mengselvorming als basis de

benzine-injectoraanstuurtijd die door de voertuig-ECU is berekend op basis van alle actuele parameters.

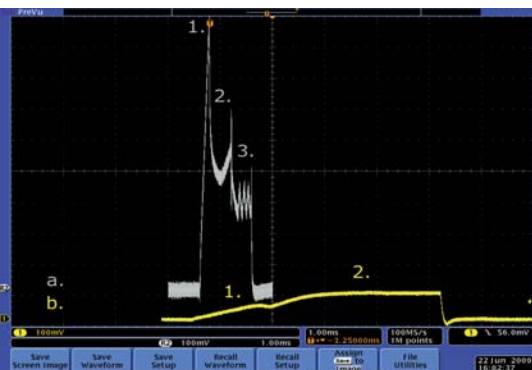
Tijdens het rijden op LPG moeten de benzine-injectoren gedeactiveerd worden. Dit gebeurt door de injectormodule. Deze wordt aangestuurd door de regelenheid van het VSI-systeem die de gasinjectoren aanstuurt. Het geïnjecteerde gas wordt via gaslangen naar de spuitstukknippels in het inlaatspruitstuk gevoerd. Omdat het LPG dampvormig is hoeft er geen rekening te worden gehouden met de uitstroombuiging van de nippels. Dat heeft als voordeel dat er geen ijsvorming in het spuitstuk kan optreden wat normaliter driveabilityproblemen veroorzaakt. De plaatsing van de injectoren en nippels is niet kritisch omdat de LPG via gaslangen naar het spuitstuk wordt geleid en zo dus niet afhankelijk is van de vorm en het materiaal van het spuitstuk.



Schematisch overzicht van de opbouw van het VSI-DI LPG-systeem.



De inbouwspecialist heeft een professioneel VSI-diagnoseprogramma waarmee diagnose gesteld kan worden en foutcodes gelezen en gewist kunnen worden. De inregeling (calibratie) van het VSI-programma gebeurt ook met deze tool. Er bestaat ook een lichtere versie voor een eerste oppervlakkige diagnose in de dealerwerkplaats.



Verschil in stroomopbouw tussen een DI- en een standaard benzine-injector.

regelingen waaronder de lambda-regeling door het originele motormanagement worden verzorgd en ook het EOBD-systeem actief blijft. Door deze master-slave volgstrategie wordt een driveability gegarandeerd die overeenkomt met het rijden op benzine.

Acceptatie bij dealerorganisatie?

Een groot probleem bij retrofit autogasinstallaties is de acceptatie van het systeem door de dealerorganisaties. Het is algemeen bekend dat dealers hun handen al vol hebben aan de complexe autotechniek. Als daar nog een systeem bijkomt dat bepalend kan zijn voor de driveability van de auto, dan dreigt bij problemen het bekende 'van het kastje naar de muur sturen'. Iedereen is erbij gebaat dat dit niet gebeurt.

In Nederland zijn er inmiddels 13 automerken die LPG/CNG-systemen leveren. Inbouw, ondersteuning en service van dergelijke installaties zijn een specialisme. Prins heeft daarom in Nederland en 52 andere landen een omvangrijk dealernetwerk opgezet. Ook werkt Prins nauw samen met een aantal importeurs om via hun dealernetwerk de juiste inbouw, ondersteuning en service aan te bieden aan de eindconsument. Daarvoor heeft Prins een eigen opleiding opgezet.

Bij enkele autofabrikanten worden de Prins VSI-systemen zelfs fabriek ingebouwd en dus ook ondersteund. Dit heeft als voordeel dat bepaalde constructieve beperkingen door de fabrikant kunnen worden aangepast.

Voor Volkswagen Nederland bouwt Prins onder andere de Transporter om naar CNG-bedrijf. Ook heeft Prins een test lopen met een FSI-auto die geschikt is gemaakt voor CNG-dampinjectie. Het systeem kent grote overeenkomsten met het VSI-DI-systeem. Omdat CNG-trager verbrandt heeft Prins een ontstekingsmodule ontwikkeld waarmee het ontstekingstijdstip kan worden aangepast. Hiermee weet Prins het vermogensverlies te reduceren van ongeveer 20% naar 10%. ●

Hans Doornbos

Tips voor onderhoud en storingzoekten

Een moderne LPG-installatie is opgebouwd uit technisch hoogwaardige onderdelen die bij regelmatig onderhoud een autoleven lang meegaan. Eis is wel dat tijdens het reguliere onderhoud de installatie ook aandacht krijgt. Allereerst is de inbouw voorbehouden aan een erkende Prins VSI-dealer. Hij heeft de noodzakelijke bagage in huis om de installatie gegarandeerd probleemloos in te bouwen.

Na inbouw volgt na 25.000 km de eerste noodzakelijke onderhoudsbeurt. Hierbij wordt de filterunit samen met het filter in de gasafsluiter vervangen. De volgende vervangingstermijn van deze onderdelen bedraagt 75.000 km of twee jaar. Om een schoon systeem te kunnen garanderen is in het garantieboekje voor de gebruiker een filtervervangingsregistratie opgenomen. Verder moet u tijdens iedere beurt de installatie controleren op dichtheid. Loop de gas- en vulslang na op beschadigingen en uitdroging.

Datzelfde geldt voor alle bevestigingen, elektrische aansluitingen en bedrading. Vergeet hierbij de tanks niet, speciale aandacht vragen de onderbouwexemplaren.

Voor het ontsteken van een LPG-luchtmengsel is een krachtige vonk nodig, de benodigde ontsteekspanning is 15 tot 20% hoger. Het is dus van belang dat de compressie-einddruk op orde is en de ontsteking in optimale conditie verkeert. Let dus op de bougies, mocht de benodigde ontsteekspanning voor problemen zorgen dan kan de elektrode-afstand tot maximaal 0,6 mm worden verkleind.

Wees beducht op een te nauwe klepspeling.

Bij bepaalde motoren met te zachte klepzittingen treedt er een overmatige klepslijtage op tijdens LPG-bedrijf. LPG bevat namelijk geen additieven voor de smering van de kleppen. Prins heeft hiervoor een additieve doseerunit, ValveCare, ontwikkeld. De dosering is per cilinder computergestuurd. De berijder krijgt via de schakelaar van het VSI-systeem bericht als de voorraad op is. Hierna is het nog mogelijk om één uur door te rijden op LPG, daarna schakelt het systeem automatisch over op benzine om slijtage te voorkomen. Het verwisselen van de fles ValveCare is simpel.

Foutcodes uitlezen

Lees het benzinesysteem uit op foutcodes, deze kunnen uiteindelijk ook fouten in het gassysteem opleveren. Voor diagnosedoeleinden zijn een systeem-led en een pieper in de brandstofschaakelaar geïntegreerd. Deze geven echter alleen maar aan dat er iets aan de hand is en dat de installatie wel of niet is uitgeschakeld.

Hebt u de beschikking over een VSI-diagnosekit dan kunt u de foutcodes in het gassysteem uitlezen. Met deze 'oppervlakkige' tool is een eerste diagnose te stellen. Een erkende dealer zal vervolgens in het systeem moeten 'duiken' om de oorzaak van de foutcodes boven water te krijgen.

Tot slot nog een tip, niet alleen voor de werkplaats maar ook voor de eigenaar: Het komt soms voor dat bij LPG-bedrijf de motor 'meer' olie lijkt te verbruiken. In werkelijkheid is dat niet zo, er vindt namelijk geen smeeroelieverdunning plaats. Wijs de klant erop dat oliepeilen wenselijk is! ●



Controleer iedere beurt de conditie van de slangen en verbindingen en loop ze na op lekdichtheid.



De LPG-installatie heeft tijdens een onderhoudsbeurt ook aandacht nodig. Vervang om de 2 jaar de filterunit en het filter in de gasafsluiter op de verdampert.

Foto's: Jan Liefstink