

**Auto & Motor**  
**TECHNIEK**

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

## Thermische huishouding nauwkeuriger geregeld

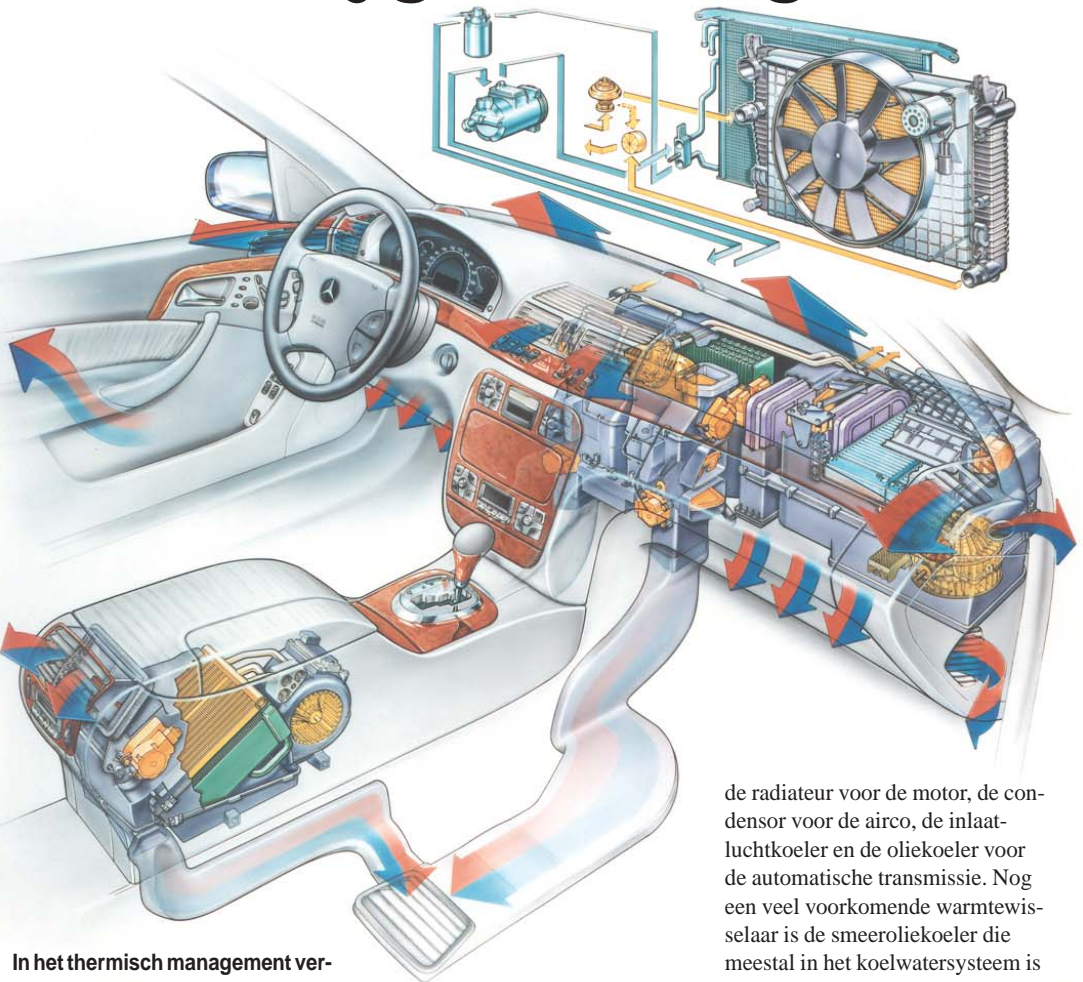
# Koelsysteem krijgt intelligentie

Het oude vertrouwde koelsysteem evolueert tot een complex thermo-management. Het doel is de koude motor zeer snel op te warmen en de bedrijfstemperatuur nauwkeuriger te regelen. Het brandstofverbruik vermindert, evenals de schadelijke emissies. Zelfs de motorkoeling blijkt niet meer zonder intelligente elektronica te kunnen.

De eerste watergekoelde automotoren hadden een thermosyphon koeling. Het water in de motor werd warm, dus lichter en stroomde naar een hoog geplaatste radiator. Daar koelde het warme water af en zakte omlaag terug naar de motor. Het systeem werkte zonder pomp en thermostaat.

Inmiddels heeft het koelsysteem een ware revolutie doorgemaakt. Binnenkort maken we kennis met motoren die voorzien zijn van drie elektrische waterpompen, elektronisch geregelde thermostaten en radiateurs met regelbare jaloezieën. Een energie management systeem controleert en stuurt de complete warmtehuishouding, zowel in mechanisch, thermisch als elektrisch opzicht.

Minder gewicht, sneller warm. Er staat een geweldige druk op de autofabrikanten, zowel het verbruik als de emissies moeten om-



**In het thermisch management versmelten de motorkoeling en de klimaatregeling tot één geïntegreerd systeem. Alle componenten worden aangestuurd door één centrale computer op basis van een groot aantal parameters.**

TEKENING: BEHR

laag. Eén van de methodes om dat doel te bereiken, is het verlagen van het gewicht. Afhankelijk van de rij-omstandigheden scheelt elke 100 kg in gewicht tussen de 0,5 en 1 liter brandstof per 100 km.

Een tweede manier om tot besparing te komen, ontstaat door de motor sneller op bedrijfstemperatuur te brengen. Met behulp van de onderdelenleveranciers wordt er de

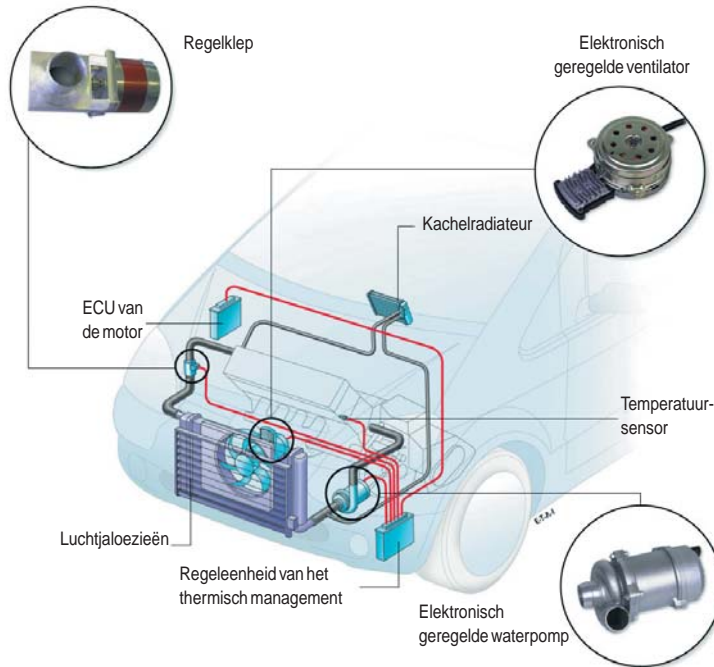
laatste tien jaar hard gewerkt aan beide methodes. Inmiddels leveren bedrijven zoals Valeo, Behr en Modine complete modules en verrichten ze zelfs grotendeels het ontwikkelingswerk voor de auto- en bedrijfswagenfabrikanten. Dat is een gigantische klus, want de assembleertijd moet ook nog eens fors omlaag.

Dankzij de toepassing van complete modules duurt samenbouwen van de voorkant van een auto nog maar 18 in plaats van 50 manuren. Het koelsysteem maakt deel uit van de zogenoemde 'Front-end' module. Dat is een complex onderdeel. Veel moderne auto's bezitten al drie of vier warmtewisselaars:

de radiator voor de motor, de condensor voor de airco, de inlaatluchtcooler en de oliecooler voor de automatische transmissie. Nog een veel voorkomende warmtewisselaar is de smeeroliecooler die meestal in het koelwatersysteem is opgenomen. We zullen steeds vaker combinaties van radiateurs tot een eenheid tegenkomen. Om te beginnen worden airco-condensator en de motorradiator samengevoegd in een zogenoemde 'combo-cooler'. Bij bedrijfswagens wordt er nog een inlaatluchtcooler tegenaan gebouwd. Een dergelijk koelpakket neemt minder ruimte in dan losse radiateurs, weegt minder en helpt mee om ruimte te maken voor de kreukel-zône. Er worden zelfs radiateurs gebruikt om een klap bij lage rijnsnelheden op te vangen. Er is namelijk veel energie nodig om een aluminium radiator te vervormen die aan de zijkanten vastzit.

Aluminium radiatorblokken worden al sinds 1980 toegepast, ze

## Veelomvattend thermisch management



zijn 50% lichter dan een koperen exemplaar. Dit type radiator is voorzien van een kunststof onder- en bovenbak. Sinds 1994 zijn er volledig aluminium radiatoren die nog eens 10% gewichtsbesparing opleveren, smaller zijn en bovendien goedkoper te fabriceren zijn. Deze radiatoren zijn zeer geschikt voor toepassing in de 'Front-end' modules die vanaf de beginjaren negentig worden toegepast.

### Regelbare jaloezieën

Om de koelwatertemperatuur te kunnen regelen, werd er voor de tweede wereldoorlog een jaloezie of rol gordijn voor de radiator geplaatst. Thermostaten waren niet betrouwbaar en belemmerden de koelwatercirculatie. Gelukkig is dat vandaag de dag anders.

In 1992 kreeg de BMW 525 tds dezelfde 'ouderwetse' jaloezieën voor de radiator, als de auto's van zestig jaar geleden. De reden zat meer in de beperking van het geluid dan de beheersing van de koel-luchtstroom onder de motorkap. Het is om deze laatste reden dat de jaloezieën steeds meer zullen worden toegepast. Bij de BMW werd bediening van de jaloezieën door een onderdrukstelsel verricht, een elektromagnetische klep zorgde voor het in- of uitschakelen van de onderdruk. De moderne systemen werken met kleine elektromotoren die vanuit het thermisch managementsysteem worden aangestuurd.

Kenveldgeregelde thermostaat  
Sinds vijf jaar past BMW een elektronisch geregelde thermostaat toe, die ervoor zorgt dat de openingstemperatuur bij deellast 110°C bedraagt en 90°C bij vollast. Daarmee is de motor tijdens de emissie- en verbruikscyclus sneller op temperatuur en dat scheelt 2% in brandstofverbruik. Volgens Ford zijn de besparingen bij de nieuwe Focus groter: in de stadscyclus 3 tot 4%. Dat komt volgens Ford niet alleen omdat de smookklep verder open gaat tijdens de cyclus omdat de inlaatlucht opwarmt, maar ook omdat de wrijving in de oliepomp en de lagers afneemt. Overigens opent Ford de thermostaat bij deellast bij 100°C en bij 80°C onder

## Het Thermal Management Intelligent System (Themis) van Valeo regelt het koel- en verwarmingssysteem volledig elektronisch.

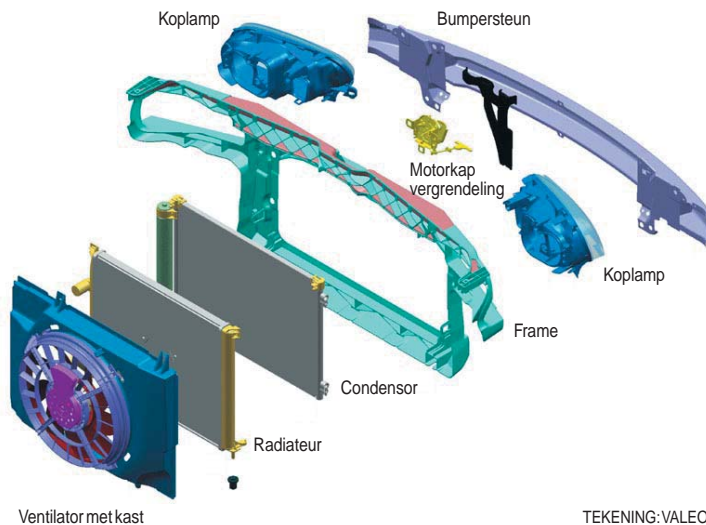
TEKENING: VALEO



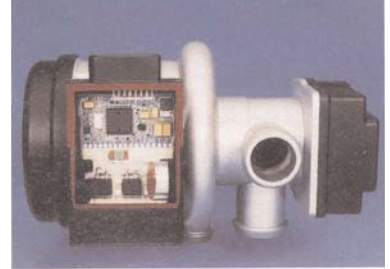
## Een complete 'Front-end' module bevat alle onderdelen die aan de voorzijde van een auto zitten, inclusief de radiatoren. De inbouwtijd wordt enorm door verkort.

FOTO: VALEO

### 'Front-end' module in onderdelen



TEKENING: VALEO



## Elektrisch aangedreven, toerentalgeregelde waterpomp van VDO met geïntegreerde elektronische thermostaat.

FOTO: VDO



## De elektrisch aangedreven waterpomp met een elektronische besturing maakt een nauwkeurige regeling van de koeling mogelijk.

FOTO: VALEO

vollast. Uit tal van metingen, onder andere in Amerika, is gebleken dat het beste resultaat wordt bereikt bij een openingstemperatuur van 140°C. Dan is er een brandstofbesparing van 4% haalbaar over de Amerikaanse rijcyclus. Ook de CO en HC uitwerp nemen af, met respectievelijk 5% en 15%.

Maar, zoals altijd, gaat de wet van behoud van ellende ook hier op: er is geen voordeel zonder een nadeel. De NO<sub>x</sub> uitwerp neemt namelijk met 10% toe. Vandaar dat de fabrikanten voorzichtig zijn met het verhogen van de koelvloeistof-temperatuur, mede omdat dan ook de druk in het koelsysteem omhoog moet. Dat stelt weer hoge eisen aan afdichtingen en flexibele slangen.

In de VS levert Windfall Products een elektronisch geregelde klep die de plaats van de thermostaat inneemt. Daarmee wordt de olietemperatuur op 120°C gehouden bij deellast en bij een koelvloeistof-temperatuur van 107 tot 115°C, bij vollast worden deze waarden 110°C en 79 tot 93°C. Sneller opwarmen, een betere kachelwerking en langere olieversingsstermijnen zijn hierdoor mogelijk.

### Elektrische waterpomp

Om de opwarmtijd tot de bedrijfstemperatuur nog verder te verkorten, moet de waterpomp elektrisch

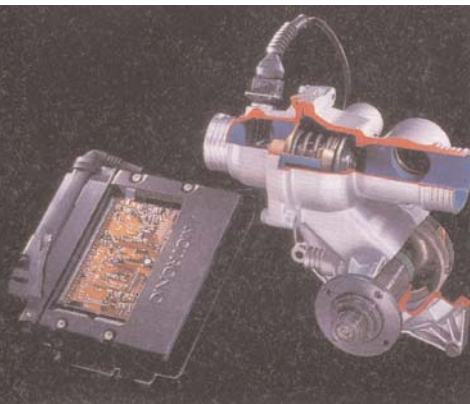
# ONDERDELEN

Actuele ontwikkelingen bij koelsystemen en koelmiddelen



De koelventilator met elektronische regeling bepaalt de hoeveelheid koellucht aan de hand van tal van parameters.

FOTO: VALEO



BMW was de eerste autofabrikant die de elektronisch geregelde koelwaterthermostaat toepaste. Bij deellast wordt de temperatuur op 110 graden Celsius gehouden, bij vollast op 90 graden.

FOTO: BMW



Condensator en radiator zijn tot een eenheid verenigd in dit Monoblok.

FOTO: BEHR

worden aangedreven. Dan wordt de opwarmtijd in de Europese rijcyclus 50% korter. Net als het kenveldgestuurde thermostaat reageert de pomp op de motorbelasting, het toerental, de rijnsnelheid, de inlaattemperatuur en de koelvloeistof-temperatuur. Voegen we daar de jaloezieën en een elektrisch aangedreven ventilator of een elektromagnetisch bediende visco-koppeling (bij bedrijfswagens) nog aan toe, dan is er sprake van een intelligent koelsysteem. Het is dan mogelijk de volgende onderdelen op een hoge koelvloeistof-temperatuur te houden: de motor, de retarder bij bedrijfswagens en de automatische transmissie. Op een lage koelvloeistof-temperatuur werken de inlaatluchtkoeler en de oliewarmtewisselaar die de hete motorolie moet koelen.

Tijdens het opwarmen en bij deellast draaien de waterpomp en de ventilator zo langzaam mogelijk. De jaloezieën zijn dicht, evenals de thermostaat. Daardoor warmt de motor inclusief de smeerolie sneller op dan gebruikelijk. De kachelradiator werkt sneller en bereikt een hogere temperatuur. De automaat en de retarder



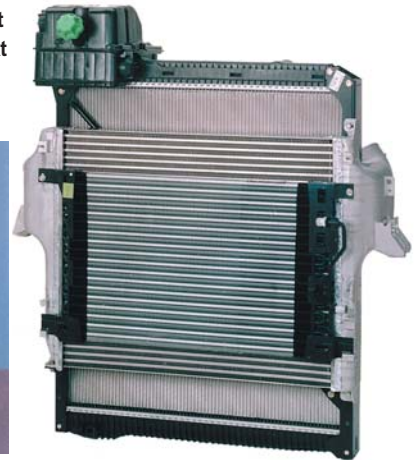
Moderne radiateurs zijn geheel uit aluminium vervaardigd. Dat maakt ze compact en licht van gewicht.

FOTO: BEHR



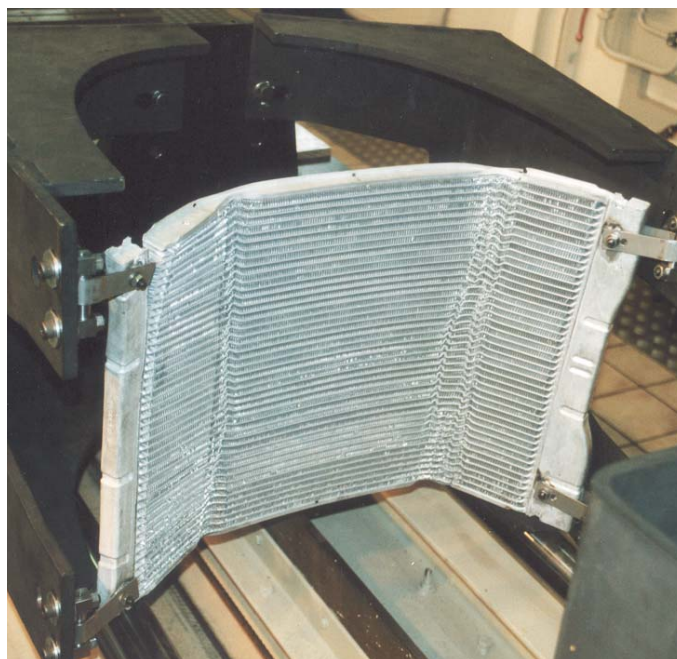
Een kenveldthermostaat heeft een elektronisch geregeld verwarmingselement dat de openingstemperatuur beïnvloedt.

FOTO: BEHR



Bij bedrijfswagens worden de condensator, de inlaatluchtkoeler, de radiator en het expansievatje tot een eenheid gecombineerd.

FOTO: BEHR



Bij botsproeven tot 11,5 km/h neemt een aluminium radiator een kracht van 630 kg op. Daarmee helpen ze verdere schade te voorkomen.

FOTO: BEHR

der kunnen meer warmte afvoeren omdat de koelvloeistof-temperatuur hoger is dan gebruikelijk en omdat in heel korte tijd een sterk verhoogde koelcapaciteit kan worden ingeschakeld. Omdat het pomptoeerental, het ventilatortoeerental en de jaloezieën elektronisch geregeld worden, kunnen deze bij een constant motorvermogen voor extra koelcapaciteit zorgen.

Het is ook mogelijk de uitlaatgaswarmte te benutten om de motor op te warmen, bijvoorbeeld via het EGR-systeem. Ook wordt er getest met elektrische voorverwarming, zoals in Scandinavië 's winters al wordt toegepast, en met een voorverwarming met een brander. Het doel is de emissies van schadelijke stoffen en het brandstofverbruik nog verder te verlagen. Vanzelfsprekend worden dan ook de inlaatluchttemperatuur en de katalysator-temperatuur bij de zaak betrokken. Daarmee laten zich de

# Koelvloeistof heeft veelomvattende taak

**Hoe modern het koelsysteem ook mag worden: zonder koelvloeistof functioneert het niet. Ook de koelvloeistof maakt een enorme ontwikkeling door. De nieuwste producten zijn volledig afgestemd op de motoren waarin ze hun koelende taak moeten verrichten. Pas daarom op met het gebruik van universele koelmiddelen!**

Pas in 1929 slaagt BASF erin om een geschikt product te vinden dat het bevriezen van water voorkomt en het kookpunt ervan verhoogt: mono-ethyleen-glycol (MEG) of 1,2 ethaan-diol. Ethyleenglycol (EG), zoals het meestal wordt genoemd, maakt het nu al meer dan 70 jaar mogelijk dat we motoren met water kunnen koelen. Water kan per kilogram de meeste warmte opslaan, neemt de warmte snel op en voert de warmte snel af. Kortom, het is een ideaal koelmiddel. Maar water brengt ook specifieke problemen met zich mee. Als het bevriest, zet het zo'n 9 procent uit en drukt daardoor zelfs een motorblok stuk. Bovendien kookt water bij 100°C en er is een grote radiator nodig om het koken te voorkomen als het systeem drukloos is.

Ethyleenglycol wordt in ongeveer gelijke delen met water gemengd en de ontstane vloeistof heeft bijna alle gewenste eigenschappen. Het blijft vloeibaar tot -38°C en kookt pas boven de 150°C. Als we het koelsysteem onder druk zetten, worden dampbelletjes op de heetste plaatsen voorkomen en kan deze vorm van cavitatie dus niet ontstaan. Cavitatie veroorzaakt putjes in het metaal. Die ontstaan door implosies, dat wil zeggen dat de druk op de hete plek plotseling wegvalt door het samenklappen van het dampbelletje.

**Problemen met corrosie**  
Het probleem met deze koelvloeistof is dat er allerlei vormen van corrosie optreden. Aanvankelijk bestonden de motoren uit gietijzer, tegenwoordig uit aluminium. Zelfs de radiateurs zijn uit aluminiumlegeringen vervaardigd en niet meer uit koper. Met de komst van steeds meer verschillende metalen trad de elektro-chemische corrosie meer en meer op de voorgrond. Daarbij werken twee materialen in een vloeistof als een soort batterij, één van de materialen verliest daarbij steeds meer gewicht omdat hij chemisch oplost.

Aan de koelvloeistof worden daarom, naast antivries, anti-corrosie middelen toegevoegd. Dat werd een heel pakket aan chemische verbindingen: nitrieten, nitraten, fosfaten, boraten, amines en dergelijke. Vanwege de aluminium cilinderkoppen werden daar later nog silicaten aan toegevoegd. Door milieu-eisen en om technische redenen, zoals het ondoorzichtig worden van kunststof expansievatjes en peilslangetjes, werden amines, boraten en fosfaten uit het pakket gehaald, de nitrieten bleven. Koelvloeistoffen met dit type additievenpakket worden traditioneel genoemd.

Vervolgens verdwenen ook de nitrieten, de silicaten bleven. Dat zijn de in Europa nog veel gebruikte additievenpakketten. Vervelend is dat de silicaten niet stabiel genoeg zijn. Ze vormen onder kritische combinaties van druk, temperatuur en koelvloeistofsnelheid schurende poeders of veranderen de vloeistof in een gel. De Japanse motorbouwers gingen een eigen weg, zij kozen voor fosfaten en een organisch zout. Om aan deze problematiek een eind te maken ontwikkelde Texaco een geheel ander anti-corrosiesysteem op basis van twee organische zouten. Deze vormen een dunne bescherm laag op het oppervlak, in plaats van dikke chemische lagen. Koelvloeistoffen met dit nieuwe addi-

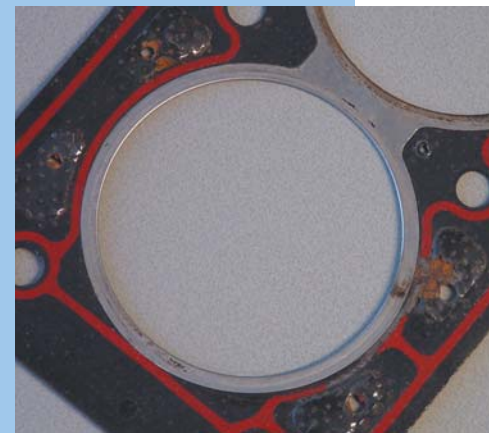
tievensysteem worden met Organic-Acid Technology, OAT, aangeduid.

**Grote voordelen**  
Inmiddels, na zes jaar, zijn de OAT koelvloeistoffen ingeburgerd. Het was vooral de toepassing bij VW/Audi die de erkenning met zich meebracht. Ook in AMT heeft de VW G12 koelvloeistof de aandacht gekregen die het verdient. Het gaat immers om een koelvloeistof die de levensduur (14 jaar) blijft zitten. Andere fabrikanten volgen, maar geven soms een kortere vervangingstermijn op. Tot hen behoren Ford, Seat, MTU, MAN, Skoda, Porsche, Peugeot, Citroën, Renault en sinds kort Opel. Naar het zich laat aanzien zullen andere fabrikanten volgen, waaronder zelfs Toyota. Het bijkomende voordeel van het OAT principe is dat de warmte-overdracht beter is, want de bescherm laag is maar enkele moleculen dik. Bij de andere vloeistoffen vormen de chemische reacties vrij dikke isolerende lagen. Er treedt ook geen slijtage op van de waterpomp door een schurende werking zoals bij silicaat houdende koelvloeistoffen.

**Lange levensduur**  
Wat de levensduur betreft, geeft Texaco ongeveer 250.000 km op in aluminium automotoren, 650.000 km in gietijzeren bedrijfswagenmotoren en 32.000 uur of 6 jaar in gietijzeren



**Om het verschil in koelvloeistoftype duidelijk naar voren te brengen, heeft VW gekozen voor een rode kleur voor de G12 (OAT Longlife) vloeistof. De voorheen gebruikte G11 silicaathoudende koelvloeistof is groen gekleurd. Worden deze koelvloeistoffen toch gemengd, dan ontstaat er een roestbruine kleur.**



**Dat het met een verkeerde koelvloeistof tot zeer kostbare schades komen kan, toont deze kop-pakking. Ook als de koelvloeistof niet tijdig wordt ververs, wordt het materiaal aangetast. Een moderne OAT koelvloeistof voorkomt dit soort problemen.**



**Silicaten die als anti-corrosie middelen in de koelvloeistof zitten, kunnen een waterpomp ernstig beschadigen door een schurende werking. Een moderne OAT koelvloeistof houdt de waterpomp in staat van nieuw.**

stationaire motoren. Texaco Havoline XLC mag 5 jaar blijven zitten in automotoren, BASF G30 of G33 4 jaar. En dat is heel wat langer dan de 2 of 3 jaar die als vervangingstermijn wordt opgegeven voor de traditionele koelvloeistoffen.

Om elk technisch probleem te vermijden dat het gevolg is van een onjuiste koelvloeistof is het raadzaam om uitsluitend het originele product te gebruiken en op tijd te verversen. Als de traditionele koelvloeistof op de juiste wijze wordt ververs, kan zonder bezwaar op de OAT koelvloeistoffen worden overgeschakeld. Deze zijn maar weinig (hooguit 20%) duurder, dus economischer in gebruik.

verbranding en de emissies in gunstige zin beïnvloeden.

### Energie management

De efficiënte DI dieselmotoren bezorgen de inzittenden tijdens de winter koude voeten, het duurt namelijk lang voor het interieur is opgewarmd. Een DI dieselmotor levert 2 tot 3 kW om het interieur

van een personenauto op te warmen. Maar er is 7 tot 9 kW nodig en dus moet er met 4 tot 7 kW worden 'bijverwarmd'.

Het zal duidelijk zijn dat er dan feitelijk sprake is van een energie-management. De balans tussen vraag en aanbod van energie in de vorm van warmte is moeilijk te treffen. Gaat het comfort, dat betekent dus een snel opgewarmd interieur, voor boven het milieu in de vorm van lage emissies?

In de nabije toekomst (2004 of 2005) zullen we de invoering zien van het energie management dat ook wel thermo-management genoemd wordt. Alle hiervoor reeds genoemde maatregelen om de motor snel op te warmen en emissies en het verbruik terug te dringen worden dan getroffen.

Een 'on-board-diagnose' van alle onderdelen zorgt er voor dat een te hoge of te lage werktemperatuur van elk onderdeel wordt vermeden. Een 'fail-safe' plus 'limp-home' systeem houdt het voertuig rijdbaar. Als de elektrische waterpomp uitvalt, kan de ventilator op vol vermogen draaien met de jaloezieën open.

Na ongeveer het jaar 2005 gaan ook de oliekoeler, de EGR, inlaat-luchtkoeler en de uitlaatgassen deel uit maken van het energie-management. Alle componenten zullen dan actief bij het systeem worden betrokken, niet passief zoals dat nu het geval is. De verwachting is overigens dat de trucks voorop zullen lopen omdat met name het lagere brandstofverbruik daar heel erg belangrijk is.

Vele componenten zullen er heel anders gaan uitzien dan we gewend zijn en niet langer door de motor worden aangedreven. Met de (op)komst van de brandstofcel levert het energie-management de mogelijkheden om ook bij deze 'krachtbron' het thermisch evenwicht te bewaren. Het kan gebeuren dat er ook nog een nieuwe koelvloeistof wordt ontwikkeld die dunnere leidingen en nog hogere temperaturen mogelijk maakt. Kortom: het koelsysteem evolueert in razend tempo.

Paul Klaver

## Zo moet u verversen

Bij de meeste motoren kunt u voor het verversen van de koelvloeistof de volgende methode hanteren:

- Tap de koelvloeistof af, vergeet de kachelradiateur niet.
- Blaas met perslucht via het expansievatje de motor leeg.
- Sluit het koelsysteem af.
- Vul het systeem met schoon leidingwater.
- Laat de motor minimaal twee minuten draaien.
- Tap het systeem af.
- Blaas de motor leeg.
- Vul het systeem met de nieuwe koelvloeistof van het type dat de autofabrikant voorschrijft.
- Sluit het systeem af en gebruik originele slangklemmen.
- Draai de motor rustig warm.
- Vul het systeem bij geopende thermostaat bij tot het maximum peil op het expansievatje.

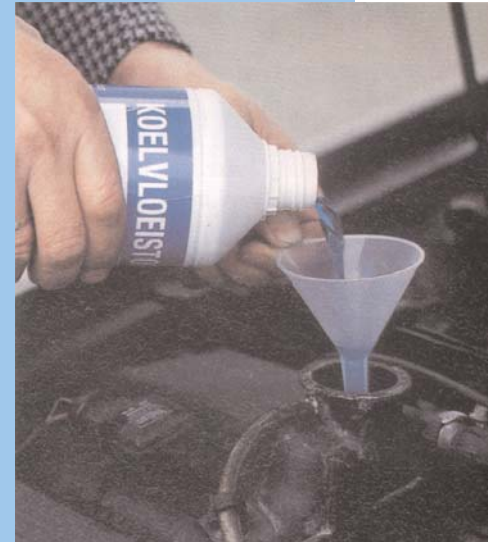


**Gebruik bij het vullen van het koelsysteem altijd koelvloeistof van het type dat de autofabrikant voorschrijft. U bent dan in ieder geval (ook) zeker van een optimale anti-corrosie werking.**

FOTO: BASF

## Praktische adviezen

- Een antivriesweger bepaalt alleen het percentage antivries, niet de anti-corrosie eigenschappen van de koelvloeistof.
- Koelvloeistof is chemisch afval en moet dan ook als zodanig worden afgevoerd.
- Voeg geen middelen toe aan een moderne koelvloeistof om lekkage te verhelpen. De kans op verstopping en ongewenste chemische reacties is groot.
- Let erop dat de koelvloeistof of de antivries met het anticorrosiepakket voldoet aan de BS 6580 of ASTM 3306 kwaliteitseisen.
- Een goedkope antivries (ethyleenglycol) kan schuimvorming veroorzaken.
- Gebruik uitsluitend schoon leidingwater met een hardheid van minder dan 3,6 mmol/l (20°dH) voor het bijvullen of maken van een koelvloeistof.
- Meet het koelvloeistofpeil volgens de opgave van de autofabrikant. Bij warme motor staat het peil soms aanzienlijk hoger dan bij koude motor.
- Vermeng koelvloeistoffen niet met elkaar. Vul desnoods bij met leidingwater of ververs het systeem. In beide gevallen is hooguit 10% vermenging aanvaardbaar.



**Pas op met het mengen van verschillende soorten koelvloeistof. Ververs in het geval van twijfel het complete systeem!**

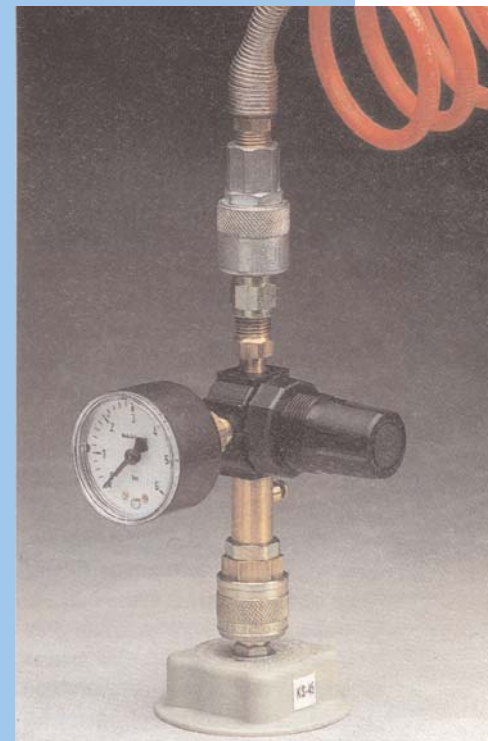
## Afpersen van het koelsysteem

Zet een koelsysteem nooit onder een hogere druk dan de overdrukop aangeeft, bij veel van de systemen is dat 1,3 bar.

Er zijn verschillende manieren om vast te stellen of het koelsysteem dicht is, afpersen is slechts één mogelijkheid.

De druk in het koelsysteem wordt bij moderne motoren steeds hoger omdat de bedrijfstemperatuur toeneemt. Deze kan bij elektronisch geregelde thermostaten tot 110°C oplopen. De hogere werkdruk van wel 3 tot 4 bar vraagt om speciaal testgereedschap, want het is ondoenlijk om met een handpompje zo'n druk te bereiken.

Door het meten van de eindcompressiedruk of het lekverlies lukt het vaak om een lekke koppakking te lokaliseren, vooral als de pakking tussen twee cilinders doorgeslagen is. Verder zijn er CO/CO<sub>2</sub> testers die met een reagerende vloeistof werken of lekkagegas elektronisch detecteren. Het spreekt bijna vanzelf dat de motor op werktemperatuur moet zijn (en blijven) als er gezocht wordt naar koelvloeistofverlies.



**Voor de allernieuwste hoge druk koelsystemen levert Midlock een speciale tester met een perslucht-aansluiting.**