

Auto & Motor
TECHNIEK

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

Veel lof voor nieuwe dieselgeneratie

Stille kracht

De nieuwe generatie dieselmotoren van Mercedes-Benz heet CDI. Deze vierkleps diesels met Common-Rail directe hogedruk inspuiting geven de zelfontbrander een hoopvolle toekomst. AMT maakte kennis met de OM 611 viercilinder CDI motor voor de C-klasse. De diesel krijgt benzine-kenmerken!

In 1993 begon Mercedes-Benz met een onderzoek naar het beste inspuitsysteem voor de personenauto dieselmotor van de toekomst, uiteraard voorzien van vier kleppen per cilinder en directe inspuiting. De uitkomst was een duidelijke keuze voor het veelbelovende Common-Rail inspuitsysteem, zoals toen al werd toegepast op sommige zware dieselmotoren. Een logische uitkomst in feite, want dit systeem beschikt over verreweg het grootste ontwikkelingspotentieel. Dit dankzij de volledige vrijheid in het kiezen van de optimale aanpassing van inspuitedruk en inspuitemoment aan alle draaiomstandigheden van de motor. Bijkomend voordeel is de eveneens volledige vrijheid in de toepassing van een voorinspuiting, die wordt gezien als een absolute voorwaarde om tot drastische beperking van motorge-

Kritisch bij C-R is, dat op veel plaatsen zeer hoge drukken van de brandstof tot nagenoeg de atmosferische waarde worden verlaagd, waarbij veel warmte vrijkomt en dus de brandstof-temperatuur in de retourleidingen en de tank hoog kan oplopen. Dit vooral bij heet zomerweer, bijna lege tank en hoge motorbelasting. Daar moet dus bij het gebruik van kunststof onderdelen rekening mee worden gehouden

luid en schadelijke emissies te kunnen komen.

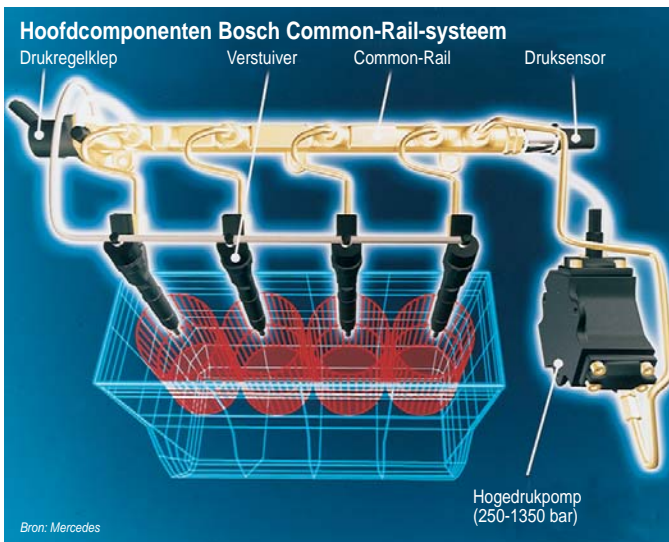
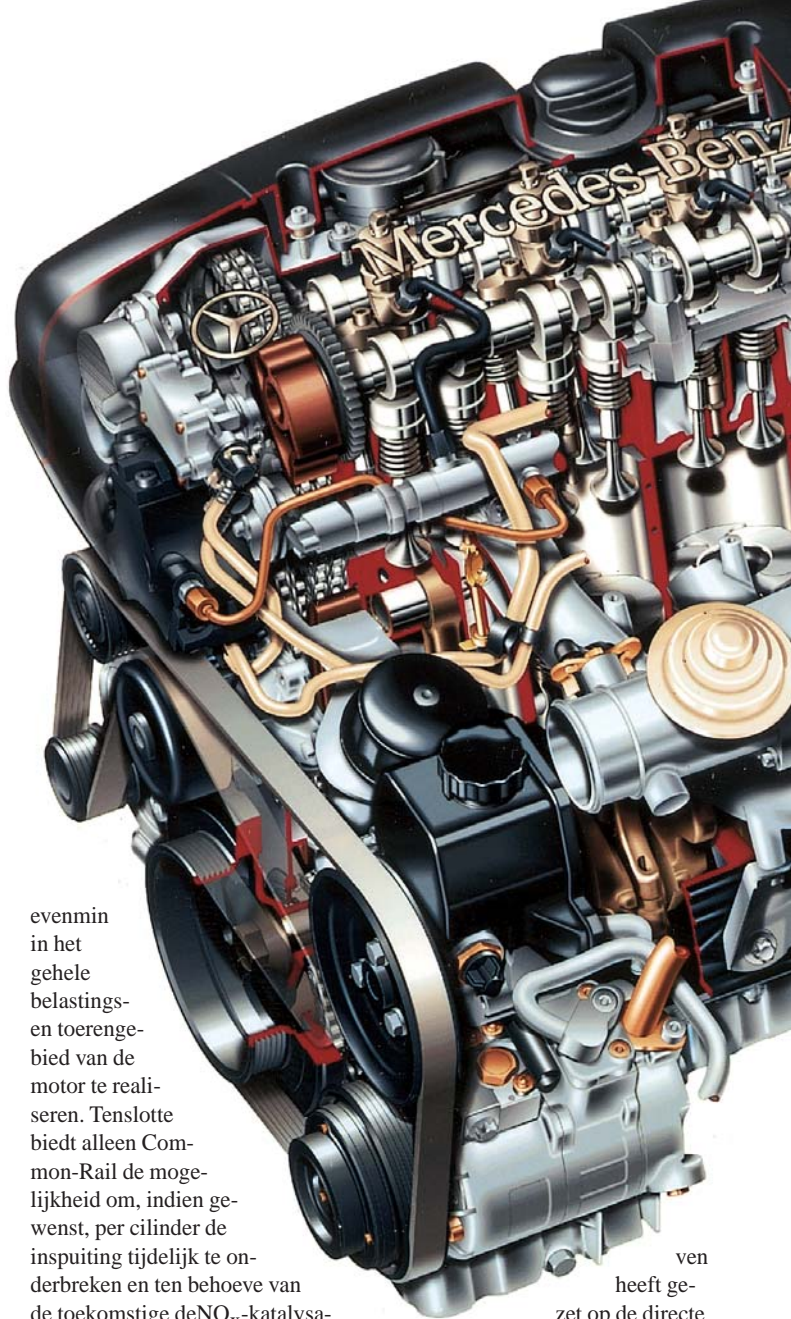
Juist die voorinspuiting zou problematisch zijn bevonden bij andere geavanceerde inspuitsystemen, die werden onderzocht. Dat waren de systemen die met pompverstuivers of verdelerpomp werken, beide geregeld door een magneetklep. Van de eerste laat, volgens Mercedes, de nauwkeurigheid van zowel tijdstip als dosering van de voorinspuiting te wensen over (dit vanwege de altijd iets schoksgewijs draaiende nokkenas), terwijl boven 3000 t/min voorinspuiting al helemaal niet meer mogelijk zou zijn. Van de tweede was voorinspuiting

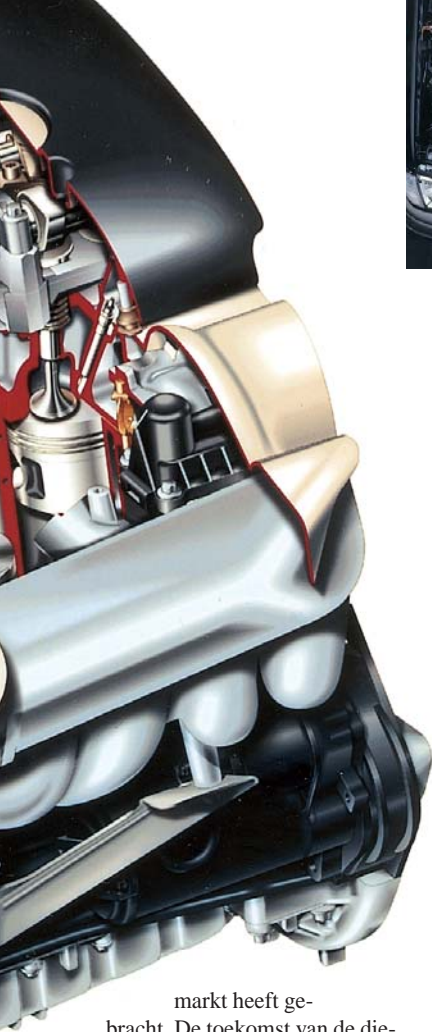
evenmin in het gehele belastings- en toerengebied van de motor te realiseren. Tenslotte biedt alleen Common-Rail de mogelijkheid om, indien gewenst, per cilinder de inspuiting tijdelijk te onderbreken en ten behoeve van de toekomstige deNO_x-katalysator ook een na-inspuiting toe te kunnen passen. Overigens is bekend dat Volkswagen al haar troe-

ven heeft gezet op de directe inspuiting met pompverstuivers. Blijkbaar wordt daar aan genoemde bezwaren niet zo zwaar getild. De tijd zal leren hoe dit uitpakt!

Begin 1994 werd contact gezocht met Bosch over de ontwikkeling en productie van een Common-Rail dieselinjectiesysteem. Beide ondernemingen kwamen bij Elasis terecht, een dochteronderneming van Fiat, waar reeds een werkend Common-Rail dieselinjectiesysteem was ontwikkeld. De kennismaking verliep zo overtuigend, dat dit C-R systeem, zoals bekend, na verwerving van de rechten door Bosch verder is ontwikkeld en in productie is genomen.

Na Alfa Romeo is Mercedes-Benz dus de tweede autofabrikant, die deze veelbelovende nieuwe dieselinjectietechnologie op de





De viercilinder OM611 voor de Mercedes C 220 CDI is goed voor 92 kW. Al vanaf 1800 t/min is 300 Nm voorhanden. Het brandstofverbruik is opmerkelijk laag voor zo'n krachtige diesel en qua geluid benadert hij een multikleps benzinemotor

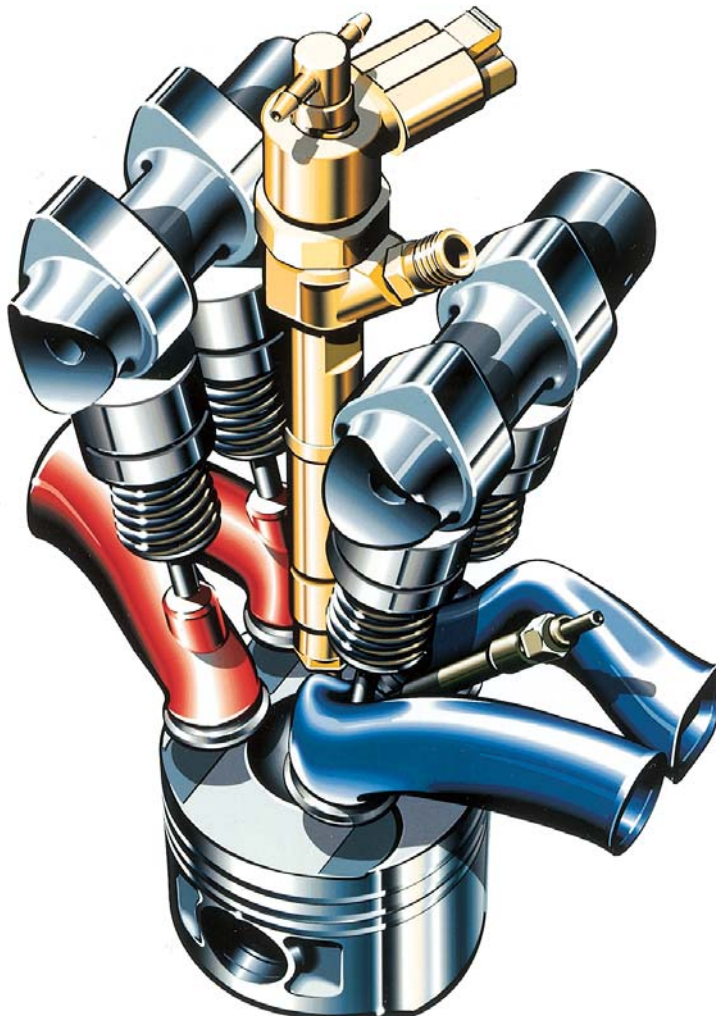
en afkoeling van dat deel van de uitlaatgassen (max. 50 procent), dat naar de cilinders wordt teruggevoerd (EGR) om de vorming van stikstofoxiden tegen te gaan.

Voor de afkoeling van de voor EGR gebruikte uitlaatgassen wordt, behalve de koelvloeistof, ook de gecompriëerde en in de interkoeler afgekoelde inlaatlucht gebruikt. Hiertoe is ook het inlaatspruitstuk als warmtewisselaar uitgevoerd en moest dit bijgevolg van aluminium worden gegoten (kunststof is niet mogelijk). Voor een optimale omzettingsgraad van CO en HC's is direct achter de turbocom-

pressor een oxidatiekatalysator aangebracht, die dus zeer snel op temperatuur komt. Variabele kleptiming wordt (nog) niet toegepast.

De nieuwe dieselmotor levert een maximum vermogen van 92 kW bij 4200 t/min en een maximum koppel van 300 Nm tussen 1800 en 2600 t/min. Vooral dat laatste is de grote praktische winst: veel trekkracht bij weinig toeren en ook nog een laag brandstofverbruik. Dat blijft, gemeten volgens de nieuwe verbruiksnorm, beperkt

Indertijd onderkennen de ingenieurs van Fiat's raceafdeling als eersten het belang van de centrale positie van de bougie in de halbolvormige verbrandingskamer. Met directe inspuiting gaat dat bij de dieselmotor ook op voor de positie van de verstuiver: precies in het midden dus. Voorgloeien is alleen nog nodig bij temperaturen onder nul



markt heeft gebracht. De toekomst van de diesel lijkt daarmee weer voor de nodige jaren te zijn verzekerd. Met Common-Rail beschikt de constructeur immers over veel betere mogelijkheden om de elkaar tegenwerkende doelstellingen ter vermindering van brandstofverbruik, schadelijke emissies en geluidsontwikkeling te realiseren.

Voorlopig wordt de nieuwe dieselmotor nog als aanvulling op de bestaande C-klasse modellen met voorkamerdieselmotor (220 D en 250 TD) uitgebracht, zowel in de sedan-uitvoering als in de T-serie (ook met automaat). Qua prestaties en prijs komt de nieuwe 220 CDI tussen beide genoemde dieseltypen in te liggen. De verkoop start in december.

Laatste snuffjes

De nieuwe dieselmotor is natuurlijk voorzien van de laatste constructieve snuffjes, zoals directe brandstofinspuiting met Common-Rail, vier kleppen per cilinder met centraal geplaatste verstuiver, primaire en secundaire inlaatkanalen (laatste met smoorklep) voor respectievelijk optimale werveling bij deellast en optimale vulling bij hoge belastingen en toerentallen, turbodrukvering met interkoeler

FOTOS: MERCEDES-BENZ

tot 6,1 liter op 100 km en de emissies blijven onder de strenge D3/EU3-limieten (nog zonder katalytische reductie van NO_x).

In tegenstelling tot de cilinderkop is het cilinderblok nog van gietijzer. Om de productiecosten te beperken is zoveel mogelijk gelijkgeschakeld met de viercilinder benzinemotoren, zowel met betrekking tot bepaalde bewegingshandelingen als tot het gemeenschappelijk gebruik van onderdelen.

High-tech verstuivers

Aangezien ook met Common-Rail de brandstofverstuivers als de meest delicate onderdelen daarvan worden beschouwd, zullen we die eens nader aan u voorstellen. Het feit dat ze de brandstof tijdgestuurd inspuiten, zal wel bekend zijn maar niet hoe dit precies in zijn werk gaat. Nu ligt het voor de hand te veronderstellen, dat voor het inspuiten de verstuivernaald door de elektromagneet gelicht wordt, net zoals dat bij de elektronisch gestuurde benzine-injectiesystemen gebeurt. Mis! Dit wordt aan de brandstofdruk overgelaten, die zowel van boven als van beneden op de verstuivernaald werkt. Doordat het aan de brandstofdruk blootgestelde oppervlak boven groter is dan beneden, wordt in rust de naald stevig omlaag gedrukt en is de verstuiver gesloten. Om de naald te kunnen lichten, wordt de elektromagneet bekrachtigd. Hierdoor wordt een kogel niet langer door de veerbelaste kern van de magneet op een gekalibreerde doorlaat gedrukt, zodat brandstof boven de naald kan wegstromen en de druk ter plaatse daalt. Het drukverschil boven en onder de naald keert om en de naald schiet omhoog, waarop de inspuiting begint. Zodra de bekrachtiging van de magneet door de elektronische regelenheid wordt beëindigd, sluit de kogel de doorlaat af en krijgt de volledige brandstofdruk weer toegang tot de bovenzijde van de naald, zodat deze weer omlaaggedrukt wordt. Einde inspuiting. Een op de naald werkende veer speelt geen rol bij de werking van de verstuiver; hij

MOTOREN

Mercedes kiest voor Common-Rail dieselinjectie

dient alleen om bij afwezigheid van brandstofdruk te voorkomen dat de naald door de compressiedruk gelicht wordt.

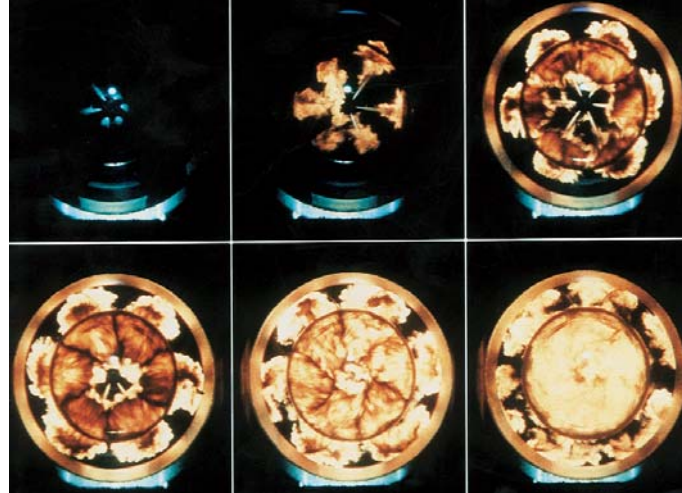
Nauwkeurig doseren

Aangezien het bij de voorinspuiting om brandstofhoeveelheden van slechts 1,5 mm³ gaat en de brandstof ook nog onder hoge tot zeer hoge druk staat (afhankelijk van motorbelasting en -toerental), hangt de doseernauwkeurigheid in hoge mate af van de snelheid van de elektromagneet.

Concreet: de bewegende kern van de magneet moet binnen ongeveer 200/ms worden aangetrokken, gerekend vanaf het begin van de stuurimpuls tot de aanslag van de magneetkern. Om die snelheid te bereiken, is tijdelijk een hogere spanning nodig dan de boordspanning. Die wordt verkregen door een condensator op het gewenste moment te laten ontladen. Eenmaal aangetrokken is de boordspanning toereikend om de magneetkern zolang als nodig is tegen de aanslag gedrukt te houden.

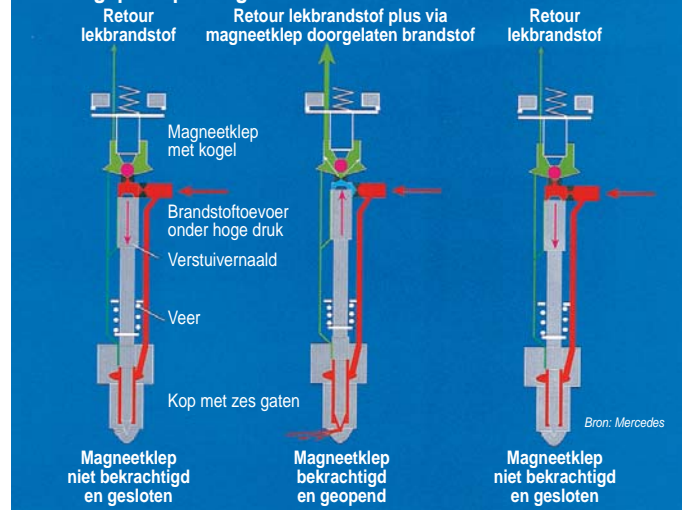
Verder moet de doorsnede van de zes verstuivergaten zijn afgestemd op de inhoud van de betrokken cilinder. De doorsnede dient klein genoeg te zijn om ook bij lage toerentallen nog voor een optimale brandstofverdeling te kunnen zorgen. Om nu te voorkomen dat bij hoge toerentallen en belastingen de inspuiting en daarmee de verbranding te lang zou duren, met als gevolg vermogensverlies en gevaarlijk oplopende inwendige temperaturen, wordt de brandstofdruk onder die omstandigheden verhoogd tot maximaal 1350 bar. Verder waren er aanpassingen aan de naaldzitting en de steel van de verstuivernaald (slijtvlaste coating) noodzakelijk, om de slijtage te beperken en de opbrengst van de voorinspuiting, gedurende de levensduur van de verstuiver, constant te kunnen houden. Een extra geleiding van de naald moet een gelijkmatige brandstofkegel aan de zes verstuivergaten zekerstellen.

Het verloop van het inspuitingproces wordt in hoofdzaak bepaald door de doorsnede van de verstuivergaten en die van de twee gekalibreerde doorlaten boven de verstuivernaald, waarvan de ene de brandstof tot de ruimte boven de naald toelaat en de andere, reeds genoemde, doorlaat de brandstof daaruit laat ontsnappen als de magneet van de verstuiver wordt bekrachtigd. De duur van de voorinspuiting en de daarvan afhankende brandstofhoeveelheid, zijn voor een direct ingespoten dieselmotor bepalend voor diens gedrag op de punten geluid en emissies. De relatief geringe brandstofhoeveelheid mag nooit teveel worden, anders neemt de emissie van vaste deeltjes sterk toe. Het effect van de voorinspuiting is dat de condities, waaronder daarna de hoofdverbranding plaatsvindt, verbeterd worden. Zo treedt een voorverwarmingseffect op en worden radicalen gevormd, die als een katalysator de hoofdverbranding bevorderen. Gevolg: de ingespoten brandstof komt met minder vertraging en dus minder geweld (geluid!) tot ontbranding. Daar de ontbranding van de vooraf ingespoten brandstof een drukgolf veroor-



Het verloop van de verbranding, gefotografeerd met een hogesnelheids-camera. Goed is te zien hoe de verbranding begint in de centrale uitsparing in de zuigerbodem en zich vervolgens gelijkmatig tot in de gehele verbrandingskamer uitbreidt

Werkingsprincipe zesgats verstuiver



De verstuivernaald wordt door de brandstofdruk bewogen, en wel door het teweegbrengen van drukverschillen onder en boven de naald. Wanneer en hoelang dit gebeurt, wordt door de elektromagneetklep geregeld, op commando van de elektronische regelenheid

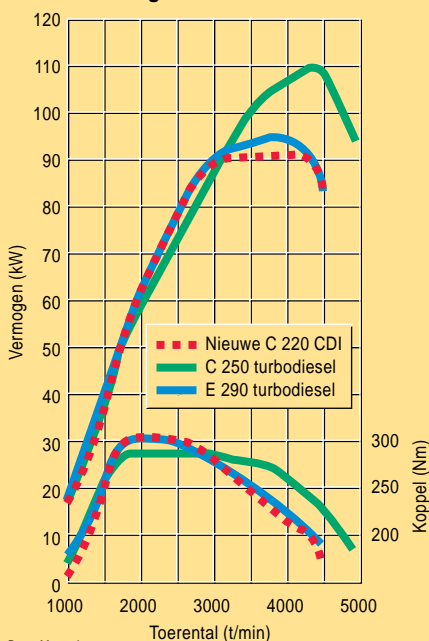
zaakt, die nog niet tot rust is gekomen als de hoofd dosis brandstof wordt ingespoten, maakt het verschil in de opbrengst van de verstuiver, of de inspuiting precies tijdens een top of tijdens een dal van die drukgolf begint. Daar moet dus bij de keuze van het tijdstip van de hoofdinjectie terdege rekening mee worden gehouden.

Overtuigende rijndruk
De goede indruk die de nieuwe Common-Rail diesels al eerder bij Alfa hebben gemaakt, werd nu bij Mercedes nog eens bevestigd. De motoren gedragen zich qua geluid, trillingen en prestaties vrijwel als een benzine motor. Vlot accelereert de C 220 CDI naar de 200 km/h. En dat met vier cilinders en 2.2 liter inhoud! Gewoon lichtjaren verschil met wat we vroeger van de

lichtste Mercedes diesels gewend waren! Daarbij laat de C-R dieselmotor zich ook nauwelijks horen en voelen en ook bij stationair draaien blijft het typische getokkel van de diesel achterwege. Althans in de uitvoering met handbak, want met automaat bleek die tokkel bij het wachten voor een verkeerslicht ineens wél duidelijk hoorbaar. Vreemd is dat! Maar voor het overige niets dan lof voor de stille, soepele kracht van de nieuwe Mercedes dieselmotor. Nu deze nieuwe dieseltrend doorzet, zal de concurrentiekracht van de diesel ten opzichte van LPG zeker toenemen. Dat is niet alleen jammer voor de Nederlandse gasbranche, maar ook voor het milieu.

D.J. Boosman

Prestaties vergeleken



De vermogens- en koppelgrafieken van de 220 CDI en die van de 250TD (twee-kleps voorkamer) en 290TD (twee-kleps DI) ter vergelijking