

Auto & Motor
TECHNIEK

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

Gecombineerde reiniging in Toyota's nieuwe diesel

Niet simpel, wel

Hoewel het in ons land minder is werd gemiddeld genomen in Europa de diesel net zo populair als de benzinemotor. Mede door het hoge prestatieniveau dat nu vaak mogelijk is, waar Toyota bij aansluit met een nieuwe 2.2 diesel van maximaal 130 kW. En ook nog unieke uitlaatgasreiniging, dat blijft bij diesels een veelbesproken punt. Een punt waarop de groei van de diesel-aanhang kan gaan stokken.

Het wordt voor diesels ernst met nieuwe uitlaatgaseisen, waarvoor zowel roetuitwerp als de productie van stikstofoxiden (NO_x) een stuk beperkt moeten worden. Insiders in de auto-wereld zien wel hoeveel techniek eraan te pas komt om nieuwe emissiewetten het hoofd te bieden, en beginnen zich af te vragen of die techniek de dieselmotor op den duur niet uit de markt zal prijzen.

Met het uitbrengen van de Avensis 2.2 D-Cat lijkt Toyota te tonen dat er best mogelijkheden liggen om diesels schoon te laten lopen tegen redelijke kosten. Deels dankzij subsidie, dat wel. Mede daardoor kost de heel schone maar ook technisch nogal verschillende D-Cat versie van de nieuwe diesel nog € 2000 meer dan de 2.2 D-4D met minder vermogen, eenvoudiger techniek en nog geen roetfilter. Dus haalt hij 'slechts' de nu ingaande EU4-eisen en krijgt geen subsidie van € 600, zoals de sterkere D-Cat versie. Met zijn DPNR-systeem stoot de 2.2 D-Cat zo enorm veel minder roet en NO_x uit, dat hij op zijn sloffen al het eiseniveau haalt waar momenteel voor EU5 aan gedacht wordt.

Opnieuw begonnen

Bijna twee jaar geleden kwam Toyota al in het nieuws met zijn DPNR, Diesel Particulate NO_x

Voor zijn tweede dieselmotor met DPNR filter/katalysator ging Toyota drastisch te werk. Niet alleen het D-Cat systeem is herzien, het gaat om een totaal nieuwe motor. Deze 2.2 heeft in tegenstelling tot de 2.0 een aluminium motorblok en kettingaandrijving voor de nokkenassen.

Reduction, voor de Avensis 2.0 D-4D. Die kwam echter (na eerst anderhalf jaar testen op Europese wegen) alleen in Duitsland en Engeland op de markt, omdat dit DPNR nogal gevoelig was voor zwavel in de brandstof. Dus alleen daar waar de pompen standaard laag-zwavelige diesel afleveren kwam de D-4D met gecombineerd roetfilter en NO_x -katalysator uit, hetgeen betekende: niet bij ons.

Het was kennelijk een heel probleem om het DPNR voldoende schoon te houden. Er zat een apart knopje op het dashboard om bij het tanken van diesel met meer zwavel te zorgen dat het motormanagement met kortere tussenpozen het DPNR regenereert. In de praktijk niet handig, want hoe ziet de rijder of de pomp diesel met meer dan 50 ppm zwavel biedt, en hoe



vast mag je erop rekenen dat hij dan op het knopje drukt. In het systeem voor recirculatie van uitlaatgas zat nog een extra mini katalysator ook.

Die eerste, beperkte levering van DPNR-diesels leverde veel waardevolle informatie uit de praktijk. Toyota gebruikte dat bij de ontwikkeling van een nieuwe diesel met DPNR. Deze keer niet door een bestaande motor aan te passen aan dat reinigingssysteem, maar van het begin af aan in het ontwerp rekening houdend met DPNR. Zelfs werd voor die grotere motor een nieuwe fabriek opgezet in Polen, waaruit de aggregaten geleverd worden aan de Britse

fabriek waar al jaren de Avensis voor Europa ontstaat.

Niet alleen wijkt de 2.2 zowel in boring als slaglengte af van de 2.0, tevens heeft hij een aluminium motorblok gekregen, met ingegoten ijzeren cilinderbussen. Daarnaast werd de noknasaandrijving omgezet van een tandriem naar een ketting, waarbij wel wederom de twee nokkassen onderling gekoppeld zijn met tandwielen. In het carter monteerde men twee balansassen, aangedreven door een tandwiel op een van de krukwangen.

Twee soorten

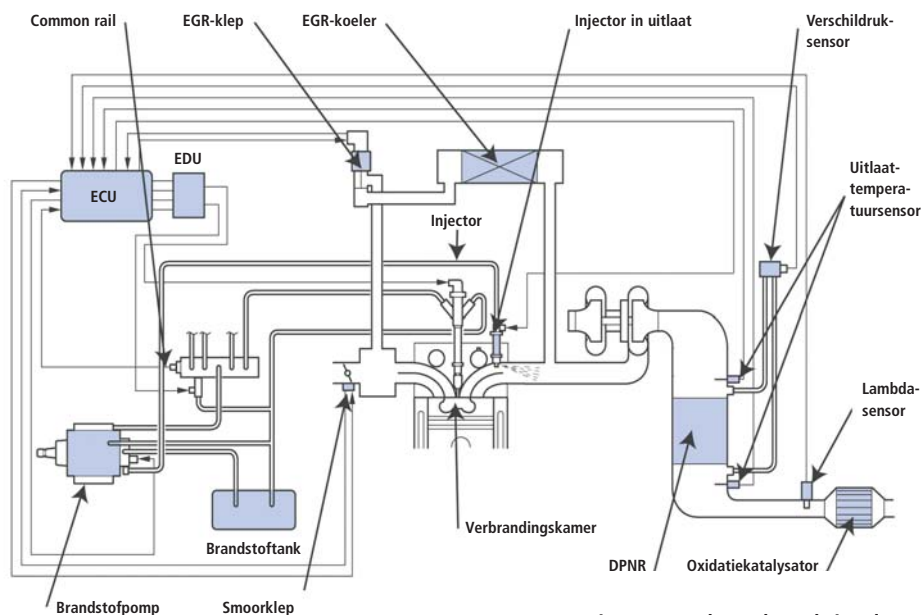
Als voorheen dient de aanduiding 'D-Cat' om de motorversie met DPNR te onderscheiden, wat bij de 2.0 diesel al inhield dat dertig componenten toegevoegd of gewijzigd waren ten opzichte van de D-4D zonder filter/katalysator. Dat maakte voor de prestaties niets uit, behalve dan wat betreft het uitlaatgas. Bij de 2.2 is dat anders. Er is een D-4D zonder DPNR, die dan ook geen piezo injectoren heeft, geen keramische gloei-bougies, een andere turbo en een hogere compressie. Volgens Toyota is bij de 110 kW sterke 2.2 D-4D 15 % van de onderdelen anders dan bij de 130 kW leverende 2.2 D-Cat.

Zelfs een roetfilter moet de D-4D voorlopig nog ontberen, toch haalt hij de EU4-eisen. Toyota had namelijk al een tweede generatie common rail insputing die 1800 bar druk kan leveren, goed voor fijne diesilverstuiving en minder roetuitstoot. Daarbij worden nu injectoren met negen gaatjes gebruikt, drie meer dan bij de injectoren van de 2.0 diesel. Er is net als bij de D-Cat gekoelde uitlaatgasrecirculatie, die de NO_x -productie verlaagt. Dat gebeurt ook nog eens door een zo laag mogelijke compressieverhouding te kiezen, hier 16,8:1.

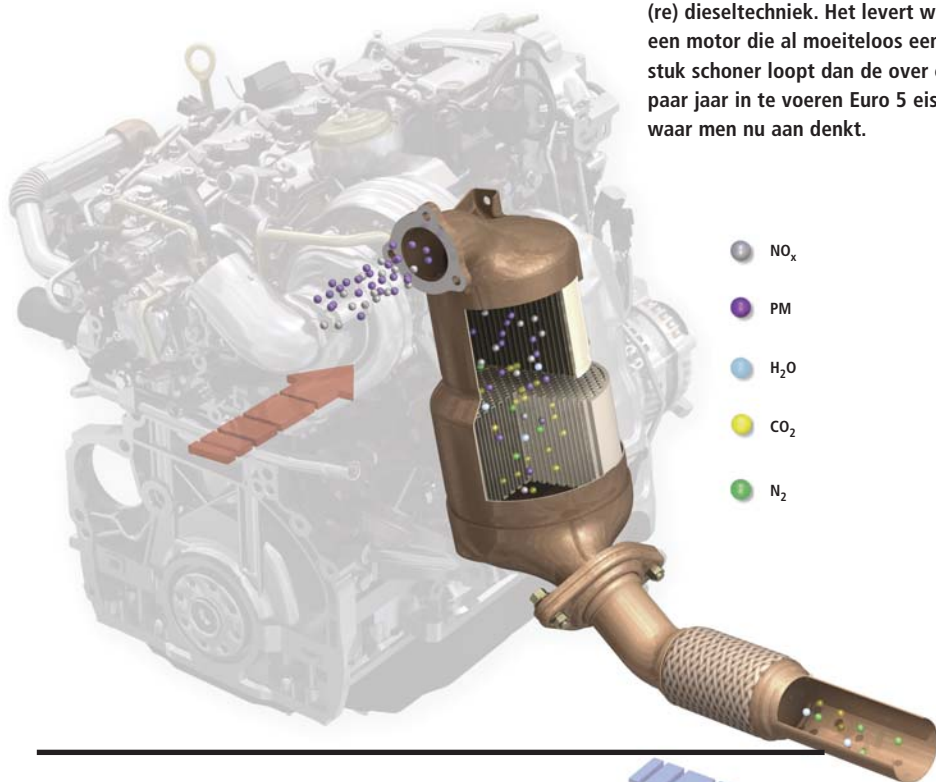
De verschillen met de 2.2 D-Cat kunnen gelden als illustratief voor de problemen waar diesels nu voor staan. Op zich voldoet de D-4D momenteel aan alle eisen, toch moet er nog een roetfilter op komen. Vooral omdat het publiek daar-naar vraagt, en omdat het filter betaald kan worden uit subsidies, zoals bij ons de BPM-korting als de motor in voldoende mate de eisen overtreft. Het gaat echter niet alleen om roet, ook om NO_x , en bij een toekomstgerichte grondige aanpak daarvan komt veel meer kijken. Dat zien we bij de 2.2 D-Cat, die ook wel meer vermogen en koppel levert. Dat zal vooral een kwestie zijn van een andere turbo, met variabele geometrie. Een hele reeks andere verschillen met de D-4D hangen samen met het DPNR, vandaar dat de D-Cat toch wel een stuk duurder uitkomt. En zo zal dat ook uitpakken bij andere

Centraal in het D-Cat system staat deze grote ketel direct achter de turbo. De getekende weergave laat zien dat er twee elementen in zitten, bovenin de NO_x -katalysator en eronder het roetfilter. Verderop zit nog een oxikat.

D-Cat systeem



Dit systeemschema laat al zien dat er heel wat komt kijken bij schone(re) dieseltechniek. Het levert wel een motor die al moeiteloos een stuk schoner loopt dan de over een paar jaar in te voeren Euro 5 eisen waar men nu aan denkt.



- NO_x
- PM
- H_2O
- CO_2
- N_2

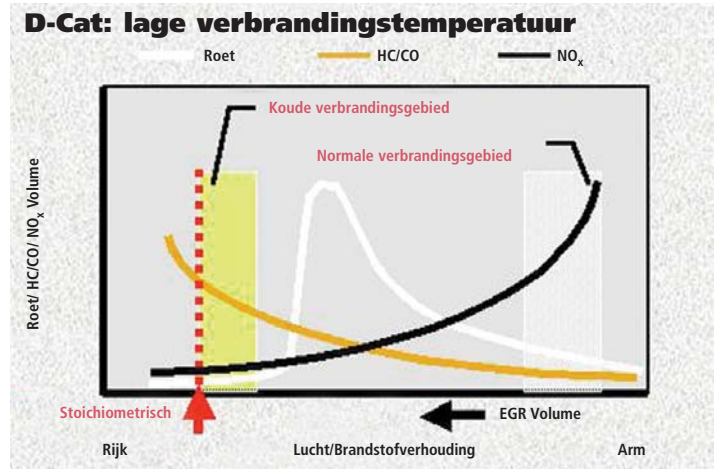
diesels die de na EU4 komende eisen moeten halen.

Koude verbranding en kat

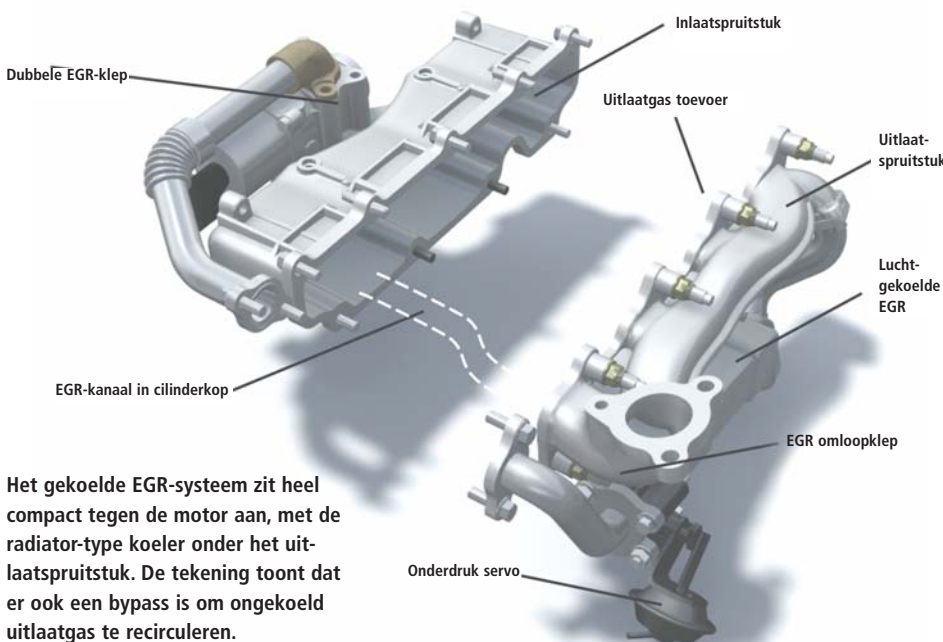
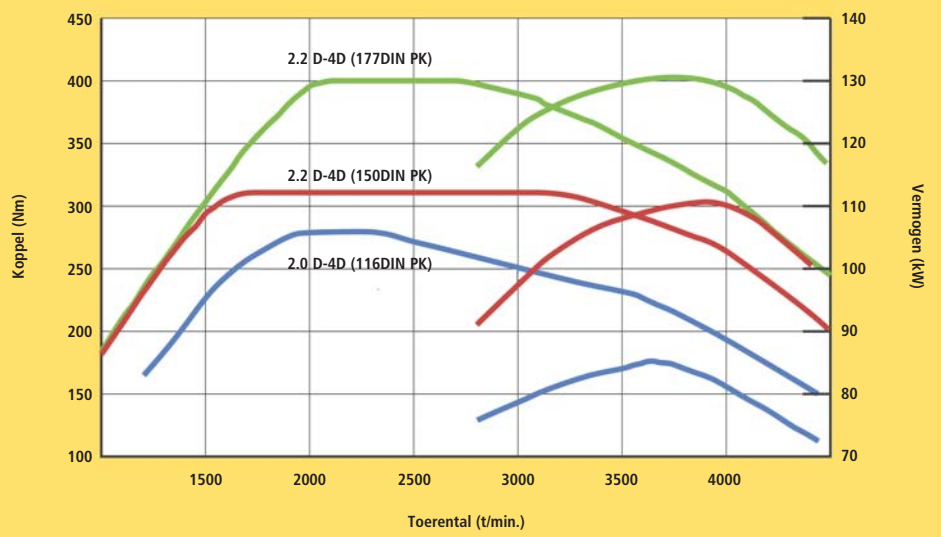
Hoewel het DPNR zorgt voor een NO_x -omzetting, die daarna gebruikt wordt om het roetfilter schoon te branden, begint Toyota de bestrijding van NO_x en roet toch eerst aan de bron. Heel elementair is de keus voor een niet al te grote motor die dankzij een turbo toch hoge prestaties kan leveren. Zeker voor een diesel is 130 kW uit 2,2 liter inhoud veel.

Om aan een zo hoog prestatiepeil te komen heeft de Toyota viercilinder een forse turbo nodig. Bij lage belasting blaast de motor die grote turbo niet zo vlot op gang, gebruikelijk is nu om dat op te vangen door verstelbare leid-schoepen in de turbo te zetten. Die laat zich dan effectiever aanblazen, wat Toyota nog verder verbeterde door een elektromotor te kiezen voor traploze instelling van die leidschoepen. Dat werkt sneller en nauwkeuriger dan een meer gebruikelijke elektrische stappenmotor, zodat over een nog groter last- en motortoeren-bereik turbodruk beschikbaar komt. Traditioneel loopt een diesel op een overmaat aan lucht, wat bij hete verbranding een forse dosis NO_x oplevert. De verbranding is in een diesel heet, door de hoge compressie en te meer door de huidige efficiënt regelbare insputting met steeds hogere drukken. De eerste mogelijkheden om minder NO_x uit een motor te krijgen zijn dus minder lucht toevoeren en de verbrandingstemperatuur laag houden. Minder verse lucht toevoeren realiseert men door recirculatie van uitlaatgas, dat bij een tweede verbranding bovendien ontgaan wordt van resterende

Deze grafiek laat zien dat Toyota bij het D-Cat systeem kiest voor een fundamenteel ander werkgebied van de diesel. Namelijk het hier in geel aangegeven gebied waar bij de verbranding weinig NO_x wordt gevormd, dat vervolgens door de DPNR katalysator verder geneutraliseerd wordt. In wit het gebruikelijke werkgebied van een diesel.



Motorprestatie



Het gekoelde EGR-systeem zit heel compact tegen de motor aan, met de radiator-type koeler onder het uitlaatspruitstuk. De tekening toont dat er ook een bypass is om ongekoeld uitlaatgas te recirculeren.

Deze vermogen- koppelkrommen laten al zien dat de zwakste 2.2 het mooiste trekkrachtverloop heeft en al stukken sterker is dan de reeds lang bekende 2.0 diesel.

brandbare delen. Tevens zien we dat ook diesels een smookklep in de inlaat krijgen, die greep geeft op de aangezogen luchtvermaat. Een grafiek bij dit artikel laat zien dat Toyota met de D-Cat motor welbewust kiest om hem niet meer op luchtvermaat te laten lopen, maar op een min of meer stoichiometrische, theoretisch ideale lucht-brandstofverhouding. Dat belast het DPNR met relatief weinig roet en NO_x . Wel ontstaan meer onverbrande resten en koolmonoxide. Maar daartegen hebben diesels al lang een oxidatiekatalysator, zo ook de D-Cat.

Lage compressie, hoge insputdruk

Recirculatie van uitlaatgas wordt al de standaard bij diesels om de EU4-eisen te halen.

Avensis krijgt vleugels

Als je het even niet meer trekt kun je bijvoorbeeld een energiedrankje nemen voor wat extra pep. Je krijgt er volgens de reclame vleugels van. Dat smaakt kennelijk naar meer, er is blijkbaar zoveel vraag naar dat je van de opbrengst het voormalig Jaguar Formule 1 team kunt kopen. Maar hoeveel extra energie is nuttig, waar ligt het punt dat 'meer' niet langer 'beter' is?

We reden de Toyota Avensis met nieuwe 2.2 diesels, een 110 kW versie en een op veel punten verschillende 130 kW uitvoering. De eerste zonder de hier geschetste D-Cat techniek, daardoor minder schoon uitlaatgas, en dus geen stimuleringskorting op de BPM. Maar eigenlijk vonden we die 110 kW diesel-Avensis het meest harmonieus. Niettemin verwacht de importeur dat 60% van de 2.2 diesels in de sterkste versie verkocht zal worden. In het eerste volle verkoopjaar 2006 zou bovendien voor 60% van de Avensis



Diesels een 2.2 gekozen worden in plaats van de bekende 2.0 D-4D. En met meer keus in diesels krijgt het toch al sterk gestegen succes van de Avensis op de zakelijke markt nog een oppepper. Beide nieuwe diesels zijn gekoppeld aan een eveneens nieuwe zeskak, die uitstekend bevalt. Hij schakelt makkelijk en heel nauwkeurig, ook van 5 naar 6 wat bij veel zeskakken even opletten is, dat je niet per abuis in 4 uitkomt. Bij de Avensis voel je precies waar je heen moet. Hooguit is het opletten dat je de '6' niet vergeet, omdat de 2.2 toch al op vrij lage toerentallen draait en keurig rustig loopt. De sterkste D-Cat versie leek ons even minder stil bij optrekken en

stationair draaien dan de 'gewone' 2.2 D-4D. Een scherper geluid bleek echter alleen bij koude motor waarneembaar.

De beer is los

Warm of koud, heel goed waarneembaar is dat de D-Cat motor met zijn maximum van 400 Nm nog harder sleurt aan de voorwielen dan de D-4D die maar tot 310 Nm komt. Je hebt echt de antislip aandrijfregeling nodig, een beetje te enthousiast op het gas en je voelt ook nog de besturing flink verstrakken. Niet omdat de Avensis een beroerd onderstel heeft, maar omdat deze diesel zo snel héél veel trekkracht opbouwt. Dat gaat bij de 110 kW versie geleidelijker.

Terwijl ook die een Avensis al heel moeiteloos en vlot op gang brengt. Oké, bij 170 km/h in zes zet hij niet meer zo hard aan als het gas op de plank gaat, waar de 130 kW motor er wel meteen weer onvermoeibaar vandoor gaat.

Dat kost € 2000,- meer, echt veel praktisch nu heb je er niet van. Maar ja, er zit ook die speciale DPNR uitlaatinjectie bij, als argument om toch maar de niet al te bonte meerprijs te betalen. Pas volgend jaar komt een roetfilter voor de 110 kW motor. Die overigens ook nu al aan EU 4 eisen voldoet, daar niet van. Een Avensis 2.2 diesel is er vanaf € 31.100,-.

Daarbij wordt vaak koeling toegepast, net zoals bij de inlaatlucht die via een turbo komt, om de cilindervulling te verbeteren. Van belang is om niet teveel uitlaatgas te recirculeren bij lage en hoge motorlast, maar wel veel bij middelmatige motorlast en verandering in de belasting. Daarom ontwikkelde Toyota een erg snel schakelende dubbele EGR-klep, specifiek om die veranderingen in de motorlast goed te volgen. Er is ook een omloopklep zodat ongekoeld uitlaatgas gerecirculeerd kan worden, gunstig wanneer de motor niet op temperatuur is en recirculerend gas de cilinder kan voorverwarmen.

Dat laatste is wel nuttig omdat Toyota zoals we zagen streeft naar een koude verbranding. Een probaat middel daartoe is verlaging van de compressie, bij de D-Cat motor maar 15,8:1. Net genoeg om nog een betrouwbare zelfontbranding te garanderen. Mits een mooi mengsel wordt gevormd, waartoe de D-Cat het best haalbare inspuitsysteem kreeg. Tiengats verstuivers,

en piëzo bediening die snel genoeg werkt om twee variabel getimedede voorinspuitingen te leveren, plus hoofd- en na-inspuiting, vanuit een common rail op 1800 bar inspuitdruk. Daar vooral de koudloop erg belangrijk is in de uitlaatgastest kreeg de D-Cat nog keramische gloei-bougies aangemeten, die heter worden dan de stalen bougies in de D-4D en dus de ontsteking verbeteren.

DPNR met uitlaatinjectie

Maar uiteindelijk moet er toch gefilterd worden, ook de geoptimaliseerde verbranding levert nog roet en NO_x. Nu komt het DPNR in beeld. Daarin treft het uitlaatgas eerst een opslagkatalysator die NO_x bindt, en daarna een roetfilter. Die raken op enig moment vol, een extra inspuitsysteem in de uitlaat verzorgt dan een brandstofverrijking, de opslagkatalysator kan nu het verzamelde NO_x omzetten in stikstof en zuurstof, die zuurstof helpt weer om de

roetvoorraad in het filter weg te branden. Ook afzettingen van zwavel in de diesel branden weg door de uitlaatinjectie, die met circa 7 bar gebeurt. De hele regeneratie gaat nu automatisch, zodat ook zwavelhoudende diesel geen problemen meer geeft. Er zijn temperatuur- en druksensoren voor en na het DPNR, om vervuilinggraad en werking van het DPNR te controleren, ook is er een lambdasensor waarmee de uitlaatinjectie aangestuurd wordt.

Een mooi systeem, alleen zijn we benieuwd naar verbruikscijfers uit de praktijk. Theoretisch zijn lage compressie en uitlaatinjectie daarvoor ongunstig, al blijkt daarvan niets in de nu beschikbare officiële verbruikscijfers. Het hele verhaal geeft wel aan dat DPNR geen wondermiddel is dat je zo aan een diesel schroeft om hem drastisch schoner te maken. Nee, het vereist een geheel aangepast motorconcept.

Peter Fokker