

Auto & Motor
TECHNIEK

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

Motortechneek voor de toekomst

Hoe gaan de Europese truckfabrikanten vanaf 2005 voldoen aan de Euro4 en later de Euro5 emissie-eisen? Wordt het uitlaatgasrecirculatie of ureum? "Dat laatste!", zegt Jan Kruithof, motorenontwikkelaar bij DAF. Voor een gezelschap van studenten en ATC-leden legt hij uit waarom.

De studenten van de nieuwe HBO auto-opleiding in Rotterdam zijn uitgenodigd bij zes Rotterdamse ATC-lezingen. Bij deze eerste zijn ze in groten getale opgekomen. Logisch, wie de lezingen bijwoont scoort een studiepunt. Toch hoopt ATC-afdelingsvoorzitter Konijnendijk dat dat niet de enige motivatie is: "Heel lastig, mensen in het bedrijfsleven die niks weten. Gelukkig gaat dat jullie niet overkomen." Als DAF-motorenontwikkelaar Kruithof het woord krijgt wordt duidelijk dat Konijnendijk niet te veel beloofd heeft.

"Motorenontwikkeling", legt Kruithof uit, "is aan emissies gebonden. Motorenontwikkelaars zien graag een hoge verbrandings-temperatuur want dat geeft een hoog rendement. Maar een hoge temperatuur leidt tot een hoge NO_x -uitstoot. Dat stelt grenzen aan de hoogte van de compressie en de vuldruk. Aan de andere kant heb je de roet- of beter deeltjesuitstoot (Particulate Matter, PM). Door de korte tijd tussen brandstofinjectie en verbranding zijn er altijd gebieden in de verbrandingskamer waar waterstof en koolstof loskomen maar waar geen zuurstof is. Dat betekent roet. Minder vuldruk of compressie betekent minder zuur-

stof en geeft dus meer deeltjesuitstoot. Zie daar, de trade-off tussen NO_x en roet."

Technologiesprongen

Kruithof toont een grafiek met 'boxen' en 'curves'. Op de verticale as staat de deeltjesuitstoot, op de horizontale as de NO_x -uitstoot. De boxen geven de grenswaarden aan van de Euro2 tot en met de Euro5-norm. Kruithof: "De curves staan voor een bepaald technologienivo. Maak je gebruik van een bepaald technologienivo en je verhoogt de verbrandingstemperatuur dan ver-

schuif je op de curve naar rechts- onder (meer NO_x). Verlaag je de temperatuur dan ga je naar links- boven (meer roet). Om van de ene curve naar de volgende te komen kun je daar niet mee volstaan. Je moet dan een technologiesprong maken. Voor de stap van Euro2 naar de Euro3-curve hebben we de verbranding verbeterd. We zijn van de mechanische lijnpomp naar de Unit Pump (UPEC) voor iedere cilinder gegaan en we maken nu gebruik van een 4-klepskop met een uitgaande luchtaanstro- ming. Bovendien hebben we het olieverbriuk beperkt. Olie komt als zware koolwaterstoffen in het uit- laatgas terecht en slaat bij lage temperatuur neer. Daarom wordt het meegerekend bij de deeltjesuit- stoot. Ten slotte zit er minder zwavel in de brandstof en ook dat be- tekent een vermindering van de deeltjesuitstoot. Daarmee zaten we op de Euro3-curve maar nog bui- ten de Euro3-box. Door de tempe- ratuur te verlagen (meer roet, min- der NO_x) kwamen we op het punt waar de technologiecurve door de Euro3-box loopt."



Geslaagde combinatie in Rotterdam: ATC-lezing, ATC-leden en studenten. Of wel huidige en aankomende autotechnici samen voor een passend onder- werp: truckdiesels van de toekomst.

Gekoelde EGR

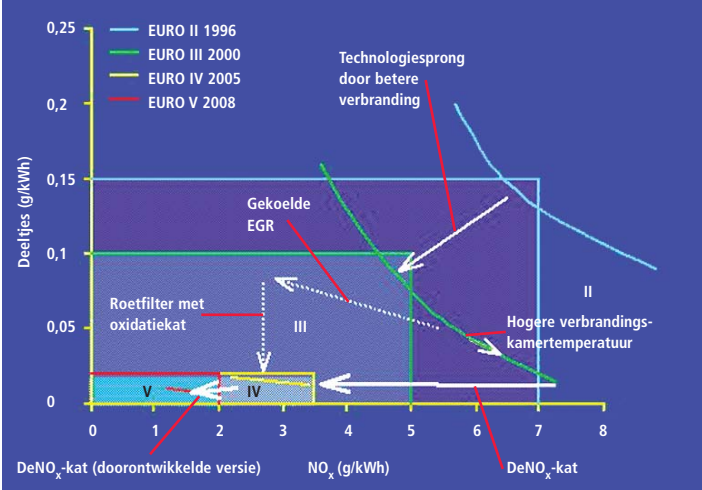
En dus staat DAF, op weg naar Euro4, aan de vooravond van een nieuwe technologiesprong. "Eigenlijk hebben we die al ge- maakt", corrigeert Kruithof. "In Amerika is de 2004 emissiewetge- ving indertijd vrij plotseling naar voren getrokken, zodat onze Paccar-collega's daar al in 2002 ongeveer op het Euro4-niveau moesten presteren, althans wat de NO_x -uitstoot betreft."

In de VS kozen motorenontwikke- laars overwegend voor EGR. In ver- band met motorvervuiling wilde men geen uitlaatgas door compres- sor en inlaatkoeler laten stromen. Dat maakte een aparte uitlaatgas- koeler nodig. Ook al omdat het uitlaatgas niet kouder mag wor- den dan 110°C , terwijl een inter- koeler tot 50°C terugkoelt. Derhalve viel de keuze op koeling met een waterkoeler door de motorkoelvloeistof. Vervelende bij- komstigheid is dat het terugkoelen van 30 à 35 kuub uitlaatgas per minuut tot 110°C wel zo'n 40 kW aan warmte vrijmaakt die in het koelsysteem moet worden afge- voerd. Dat maakt aanpassing van de koelinstallatie noodzakelijk. De EGR-route komt verder ook het brandstofverbruik niet ten goede, hoewel door vervroeging van het inspuittijdstip het meerverbruik beperkt blijft. Daarnaast vraagt de motorolie aandacht. Daar komt meer roet in terecht met oliever- dikking tot gevolg. Dat maakt het gebruik van een olie met grotere roetopvangcapaciteit noodzakelijk.

Reductie met ammonia

Voor de eigen trucks in Europa zat DAF lang op het EGR-spoor. Totdat alle Europese truckfabrikanten besloten gezamenlijk te kiezen voor het alternatief: de DeNO_x -kat, een driewegkatalysator voor diesels. Kruithof: "Een driewegkataly- sator in een benzineauto oxideert CO en CH en reduceert NO_x . Het oxyderen gaat ook prima bij een diesel maar het reduceren lukt alleen als er geen zuurstof in het uitlaatgas zit. En ja, bij dieselmotoren zit de λ tussen $1,3$ en $1,6$." De oplossing is een reductiereag- ens, een stof die de reductiereac- tie toch in gang zet. Ammonia (NH_3) is zo'n stof maar is een ge-

Motortechnologie en Euro-eisen



De trade-off tussen deeltjes- en NO_x -uitstoot. De curves geven de stand van de motortechniek weer. Door aanpassing van de verbrandingstemperatuur is ieder punt op de curve te bereiken. Om naar een volgende curve te komen is een technologiesprong nodig. De 'boxen' geven de opeenvolgende Euro-emissie-eisen weer.

meen goede. Vandaar dat de truckindustrie bij ureum ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) uitkwam. Dat is een grondstof voor kunstmest die, in de hete uitlaat geïnjecteerd (als 32,5% wateroplossing), uiteenvalt in CO_2 , water en... ammonia. In de DeNO_x -katalysator reduceert het ammonia de stikstofoxiden volgens: $\text{NO}_x + \text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Het resultaat is fantastisch. De DeNO_x -kat verwijdert 70% van het NO_x uit het uitlaatgas. "En dus", legt Kruithof uit, "kan je de verbrandingstemperatuur van je Euro3-motor fors verhogen. Daarmee beweeg je langs de Euro3-

technologiecurve naar rechts- onder, net zo lang tot je onder het maximum deeltjesnivo van Euro4 zit. De NO_x -uitstoot loopt dan op tot bijna 10 g/kWh. Geen punt, immers, de DeNO_x -kat brengt dat cijfer met 70% terug tot ongeveer 3 g/kWh. En dan zit je keurig in de Euro4-box. En het mooie is, in potentie is met deze technologie de Euro5-norm ook te halen."

Schoon en zuinig

Uiteraard zijn er ook nadelen aan dit systeem. Allereerst moet de ureumoplossing mee in een aparte tank. Kruithof: "Het ureumverbruik is ongeveer 4 à 6% van het brandstofverbruik. Een langeafstandstruck die 1200 liter brandstof meeneemt, heeft een 60 liter ureumtank nodig." Maar ja, die krijg je niet vol zonder ureuminfrastructuur. "Klopt, dat is ook de

reden waarom de fabrikanten gezamenlijk voor deze oplossing hebben gekozen. Zo weten investeerders dat ze hun ureuminvesteringen terugverdienen. En over geld gesproken, we gaan ervan uit dat de ureumoplossing bij grootschalig gebruik ongeveer de helft kost van diesel. De DeNO_x -motor is zo'n 5% zuiniger dan de Euro3-motor en dus dalen je brandstofkosten met 2,5%. Bovendien komt er een korting van 2 cent per km op de Duitse Maut-regeling." Een slimme student ruikt nog een extra besparing: "Als de ureum op is, rijdt de truck gewoon door en bespaar je nog eens 2,5%." "Dat is een punt van grote zorg voor de overheid", weet Kruithof: "Als de ureum op is haalt de auto Euro2 niet eens."

Diesel met bougie?

Welke technologiesprong gaat DAF maken om aan de Euro6-eisen van na 2010 te voldoen? Een kanshebber lijkt de HCCL, een dieselmotor waarbij het mengsel al voor de compressieslag homogeen is, net als bij een benzinemotor. Kruithof: "Dat biedt twee voordelen. Allereerst heb je niet meer die plaatselijk hoge temperaturen zodat de vorming van NO_x met 95 à 98% verminderd wordt. Ten tweede is er altijd zuurstof in de buurt en worden er dus geen deeltjes gevormd. Het grote probleem is: Hoe regel je in zo'n motor dat de brandstof op het juiste moment ontsteekt? Op dit moment kunnen we dat alleen nog maar in een heel beperkt toereengebied bij steady state." "Dus we krijgen een diesel met een bougie", concludeert een vragensteller. "Wie weet", antwoord Kruithof geheimzinnig. ●

Erwin den Hoed

Prototype van een 2005-DAF met links: de verwarmde ureumtank (ureum bevriest bij -11°C), rechts voor de uitlaat: de katalysator en boven het reservewiel: het doseersysteem.

