

# Twée routes naar hetzelfde einddoel

*De techniek om de uitstoot van roet en stikstofoxiden te verlagen.*

De uitstoot van stikstofoxiden en roet moet uiteindelijk naar bijna nul bij de laatste emissiestap, Stage IV. De route erheen, via de komende Stage IIIB-tussenfase, loopt via twee wegen. Het probleem van de stikstofoxiden (NOx) in de motor oplossen en roet in de uitlaat via een roetfilter óf andersom: roet in de motor en NOx in de uitlaat via toevoeging van AdBlue. In het grondverzet kiezen bijna alle fabrikanten voor de eerste oplossing. Uiteindelijk zullen de motorfabrikanten beide systemen toepassen voor Stage IV. JCB haalt met deze Ecomax als enige IIIB zonder uitlaatgasbehandeling.



JCB verrast vriend en vijand door deze Dieselmax als Ecomax Stage IIIB te presenteren. Deze motor is schoon zonder uitlaatgasbehandeling, dus geen roetfilter en geen AdBlue. De fabrikant bereikt dit door een gecontroleerde verbranding dankzij Cooled EGR, een commonrailsysteem dat werkt met een druk van 2000 bar en een variabele turbo. JCB claimt zo ook nog eens een vijf tot tien procent lager verbruik. Volgens de Britse fabrikant is dit mogelijk omdat bij de Dieselmax bij de ontwikkeling van de motor al voorbereid was op Stage IV.

Dat het kan, wisten we al. De op de Bauma getoonde Stage IIIB-motoren zijn naar de beurs gebracht in dikke vrachtwagens met Euro 5- of zelfs EEV-motoren, krachtbronnen op het niveau van Stage IV (Final) voor offroad. De vrachtwagenwereld heeft dit proces al doorlopen. Er is daar kennis en ervaring genoeg voorhanden en er is bewezen dat het allemaal kan. Kijk maar naar bijvoorbeeld de XPI-motor die Scania op de Bauma tentoonstelde. De Zweedse fabrikant lost zowel NOx als roet in de motor op dankzij een

zeer gecontroleerd en geoptimaliseerd verbrandingsproces. De XPI-inspuittechniek gaat tot maximaal 2400 bar inspuitdruk. De inspuiting is per cilinder geregeld. In combinatie met EGR (uitlaatgasregeneratie) en een variabele turbo is deze motor zonder roetfilter en/of toevoeging van AdBlue klaar voor Stage IIIB. Scania levert voor de offroadsector echter wel een AdBlue-katalysator (SCR), omdat de omstandigheden en montage in offroadmachines niet altijd ideaal zijn. Scania geeft aan dat hiervoor alles moet kloppen, zelfs de lengtes van de koelslangen. Zo nauw komt dat dus. In de vrachtwagenwereld, met rijwindkoeling en constantere omstandigheden, gaat dat eenvoudiger.

### De problematiek

De emissie-eisen vergen van de motorenindustrie een enorme inspanning, omdat het reduceren van de NOx-uitstoot en het verlagen van de roetmissie moeilijk te combineren is. Het terugbrengen van de roetuitstoot vraagt een hoge verbrandingstemperatuur en veel zuurstof om het roet goed te verbranden. Een lagere NOx-uitstoot vraagt daarentegen juist om een zuurstofarmere omgeving en een lagere verbrandingstemperatuur. Dit is in de motor te combineren met een zeer goed vernevelde brandstof voor een explosieve, snelle verbranding, gevolgd door een zuurstofarmere, koelere verbranding om de vorming van NOx tegen te gaan. Het is beslist niet eenvoudig om dit verbrandingsproces helemaal onder controle te krijgen. Naast cilinderkop en zuigervorm spelen zaken als de manier van inspuiten, inspuitijdstippen (meestal meerdere), inspuitdrukken, de vorm van de inlaat, de kleptiming, de cilindervulling, wervelingen en lekverliezen een rol. En dat bij diverse belastingen en toerentallen.

De meeste fabrikanten redden dit hoogstandje niet en kiezen er dus voor om óf NOx, óf roet in de motor op te lossen en dan het andere via uitlaatgasnabehandeling te regelen. Daarom zijn er ruwweg twee systemen: EGR met roetfilter en SCR met AdBlue-toevoeging in de uitlaat.

### AdBlue-methode

SCR is wellicht het meest bekend, omdat de Europese truckindustrie hier vrij massaal voor heeft gekozen bij de generatie Euro 4-motoren. Het is verhoudingsgewijs ook de eenvoudigste methode. Je maakt de verbranding wat heter om zo de brandstof (dus ook het roet als onvolledig verbrande brandstof) in de motor te verbranden en accepteert een hoger NOx-gehalte in de uitlaatgassen. Die NOx pak je in de uitlaat aan door daar ureum (in de vorm van AdBlue) toe te voegen. Ureum zet in de SCR-katalysator NOx om in onschadelijk stikstof en water.

Deze methode heeft een aantal belangrijke (technische en marketingtechnische) voordelen. De motor hoeft niet of nauwelijks te worden aangepast, er is geen EGR (uitlaatgas-terugvoer) nodig en er is geen behoefte aan een grotere koelcapaciteit. Dat scheelt de machinefabrikanten heel wat denkwerk om de motor met alle toeters en bellen plus die grotere koelers kwijt te kunnen. Omdat de brandstof in de motor goed verbrandt, is dit ook gunstig voor het brandstofverbruik. Roet is immers onverbrande brandstof. Fabrikanten



◀ Volvo werkt met EGR volgens het V-ACT-principe. Tijdens de inlaatslag wordt de uitlaatklep een keer apart geopend, zodat wat uitlaatgassen direct via de uitlaatklep in de verbrandingskamer stromen.



◀ Cummins claimt dat de Stage III B-QSX-motoren (11,9 en 15,0 liter) een vijf procent lager brandstofverbruik hebben dan de Stage III A-motoren.



◀ Perkins en Cat kiezen als huisgenoten voor een dubbele turbo. Cat Acert-motoren krijgen nu een roetfilter en Cooled EGR.

claimen voor Stage IIIB circa vijf procent brandstofbesparing of nog iets meer dankzij die betere verbranding (vaak samen met motoraanpassingen) ten opzichte van Stage IIIA.

Een groot nadeel is dat er een apart systeem nodig is voor de AdBlue: een apart tankje, apart aftanken, leidingen, injectie en dergelijke. AdBlue kost ongeveer vijftig cent per liter en afhankelijk van de motorbelasting heb je ongeveer vier tot zes procent van de verbruikte liters dieselbrandstof nodig. Er wordt verwacht dat de prijs van ureum bij een grotere wereldvraag mogelijk sterk zal stijgen. Ureum is een agressief goedje en tast snel kwetsbare delen aan. Met verstand mee werken dus. Ook is het niet helemaal geurvrij. Lastiger is dat het vriespunt op min negen graden ligt. In koude

## Overzicht merken

Op de Bauma hebben de meeste motormerken voor het grondverzet hun Stage IIIB-oplossing laten zien. De grote lijn is dat de motorfabrikanten massaal kiezen voor EGR en een roetfilter. In detail verschillen de motoren uiteraard, maar de grote lijnen zijn zoals beschreven. De keuzes in vogelvlucht per merk voor Stage IIIB in de grondverzetsector.

Merk	SCR/AdBlue	EGR/roetfilter
Caterpillar	–	+
Cummins	–	+
Deutz	–	+
Doosan	–	+
Isuzu	–	+
Iveco NEF	+	–
JCB	–	+/-
John Deere	–	+
Komatsu	–	+
Liebherr	–	+
MTU (MB)	+	–
Volvo	–	+

Goed voorbeeld van de zware motoren is deze 310 kW (422 pk) 11,9-liter-Liebherr-zescilinder met daarop een groot roetfilter. Daar komt nog een nagenoeg net zo grote SCR-katalysator naast. ▶



Deutz gaat bij de zescilindermotoren naar inspuitdrukken van 2000 bar. Rechtsboven zit de injectie voor het periodiek schoonbranden van het roetfilter. ▶



MTU past voor Stage IIIB AdBlue toe, maar toonde ook deze Stage IV 15,6-liter-6R1500 motor met EGR, roetfilter en AdBlue-injectie. Als basis dient de Mercedes-Benz-vrachtwagenmotor. ▶



omstandigheden moeten er dus maatregelen worden getroffen om bevrozing tegen te gaan.

De distributie van AdBlue kan een probleem zijn. Zeker in het grondverzet zullen bij het werken op locatie IBC's en dergelijke moeten worden voorzien van een AdBlue-tank. Er bestaat de kans dat je tussen het vullen van de dieseltank door een keer extra AdBlue moet tanken. Doorrijden zonder AdBlue betekent vaak een automatische ingreep in het motormanagement (veel minder vermogen) en kan bovendien schade aan de (dure) katalysator opleveren.

## Uitlaatgasregeneratie

De distributie van AdBlue wordt in het grondverzet genoemd als de belangrijkste (internationale) reden om te kiezen voor de andere route: het NOx-probleem in de motor oplossen. Het grote voordeel daarvan is dat je puur op dieselolie kunt rijden. Deze methode is wel de meest ingrijpende voor de fabrikanten. Het beheersen van de verbrandingstemperatuur en de verbranding zuurstofarmer laten verlopen, zodat er geen NOx ontstaat, gaat niet zonder uitlaatgasregeneratie (het terugvoeren van uitlaatgassen), EGR genaamd. Uitlaatgassen verlagen hier het zuurstofgehalte van de inlaatlucht en geven de mogelijkheid de temperatuur goed te beheersen. Deze uitlaatgassen moeten hiervoor worden gekoeld. Dit wordt Cooled EGR genoemd. Hiervoor is meer koelcapaciteit nodig en dat is de hoofdreden dat er grotere koelers moeten worden toegepast. Koelcapaciteit wordt gezien als extra brandstofverbruik. Ook hiermee is (bij een aantal merken al bij Stage IIIA) al veel ervaring opgedaan. Verder hebben deze motoren een variabele turbo of in sommige gevallen een dubbele turbo (een grote en een kleine) om over het hele toerenbereik een goede cilinder-vulling te krijgen. De inspuitdrukken liggen niet extreem hoog. Met circa 1600 bar is bij veel van deze motoren Stage IIIB te bereiken. Een nadeel is het hogere roetgehalte in de uitlaatgassen. Roet is onverbrande dieselolie en dus is dit de methode met een (gevoelsmatig) hoger brandstofverbruik. Fabrikanten spreken dit voor de komende Stage IIIB-motoren echter massaal tegen door aan te geven dat het brandstofverbruik dankzij een goed EGR-systeem in combinatie met het optimaliseren van de verbranding drie tot vijf procent lager is geworden. Na verrekening van de AdBlue-kosten zouden de brandstofkosten in verhouding tot de geleverde prestatie bij beide systemen ongeveer gelijk zijn. Een ander nadeel van EGR is dat dit systeem (vieze) uitlaatgassen weer de motor in stuurt. Deze kunnen wat zuur zijn en het inlaatsysteem, inclusief de EGR-regelklep, vervuilen. Er is intussen al wel zoveel ervaring met dergelijke EGR-motoren dat je toch mag aannemen dat het werkt.

Het roet wordt met een roetfilter aangepakt. Dat zijn flinke units, die je toch ergens kwijt moet. In onze sector wordt veel

onder deellast gewerkt. De temperatuur in de uitlaat kan dan te laag zijn om het roetfilter schoon te branden, ook al is er altijd een CRT-systeem gemonteerd, dat de verbrandings-temperatuur van roet verlaagt van 600 naar 250 graden. Als dit schoonbranden van het roetfilter niet gebeurt, zit het zo dicht. Even wat extra brandstof toevoegen om het filter schoon te branden is een oplossing die ook wordt toegepast, maar ook dat betekent extra brandstof. Fabrikanten geven aan dat ze roetfilterunits hebben die in de offroadsector goed en nagenoeg zonder omkijken werken. Wel moeten die filters periodiek worden schoongemaakt, omdat ze anders dichtslibben.

### De finale

De nieuwe generatie IIIB-motoren is gevoeliger. Er moeten Low-SAPS-oliën (met minder zwavel, fosfor en asgevende componenten) worden gebruikt om te voorkomen dat SCR-filters wordt aangetast en dat roetfilters sneller dichtslibben. Ook mag in de brandstof geen zwavel zitten. In ons land is dat geen probleem, omdat EN590-dieselolie al ontzwaveld is. Ongenormeerde gasolie (HBO) gebruiken is uit den boze.

Verder is de techniek verfijnder, met brandstofsysteemen die werken met hogere inspuitsdrukken (1600 tot 2000 bar). Dat stelt hoge eisen aan de brandstof en aan de filtersystemen (water en verontreinigingen). Dat zal ongetwijfeld terugkomen in de prijs van brandstof, olie en luchtfilters. Met de enquêteresultaten ten aanzien van de brandstofkwaliteit (Grondig 4/2010) nog vers in het geheugen moet daar niet te licht over worden gedacht.

Als je het verhaal zo leest, heeft SCR een streep voor, omdat machines amper hoeven worden aangepast en deze techniek gevoelsmatig het laagste verbruik moet kunnen opleveren. Toch kiezen fabrikanten massaal voor EGR in combinatie met een roetfilter. Naast de distributie van AdBlue speelt daarin ook de wens van de machinefabrikanten een rol. Die willen voor de nieuwe generaties Stage IIIB en Stage IV (Final) de machine het liefst maar één keer aanpassen. De overgang van IIIB naar Stage IV (Final) is bij dan een kwestie van een AdBlue-unit in een daarvoor vaak al voorbereide ruimte plaatsen. SCR-kandidaten hebben de motoren deels nog niet doorontwikkeld en zullen deze stap dan nog moeten maken voor Stage IV (Final).

Voor Stage IV (Final) moet de NOx-uitstoot nog eens flink naar beneden. Fabrikanten geven massaal aan dat we dan een combinatie van EGR (met roetfilter) en SCR (AdBlue) te zien gaan krijgen. Uiteindelijk komen alle fabrikanten dus uit op gelijkwaardige oplossingen terecht, maar dat duurt nog wel even.

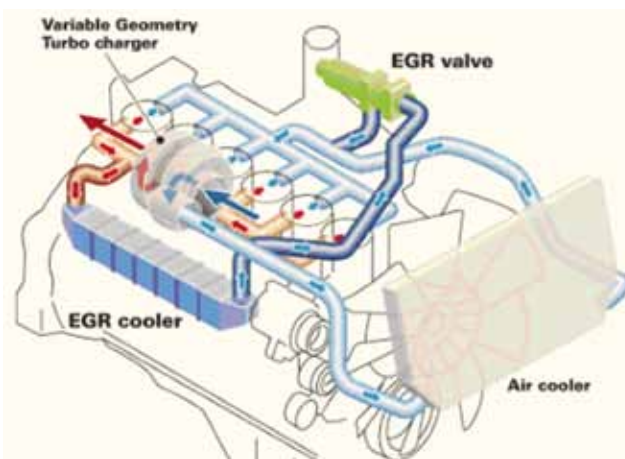
Tekst & foto's: **Gert Vreemann**



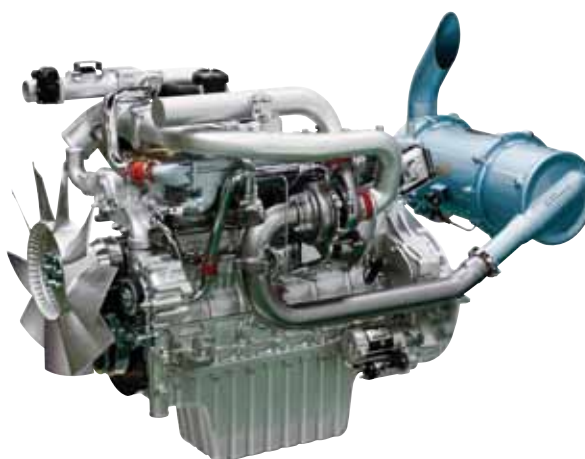
◀ John Deere toonde de complete motor met roetfilter. Je ziet dan goed hoeveel er om zo'n motor wordt gebouwd.



◀ New Holland kiest met de Iveco NEF-motoren voor SCR (AdBlue). Dat betekent dezelfde motor met zelfde inbouwmaten en als extra de toevoeging van een AdBlue-eenheid.



◀ Een schematische weergave van het Cooled EGR-systeem van Komatsu. De inlaatlucht wordt gekoeld, maar ook de hete uitlaatlucht wordt nog eens apart gekoeld.



◀ Aan deze Doosan-zescilinder is te zien wat bij EGR met roetfilter om de motor komt te hangen. Doosan en Isuzu melden de motor bij Stage IIIB al te hebben voorbereid op Stage IV (Final).