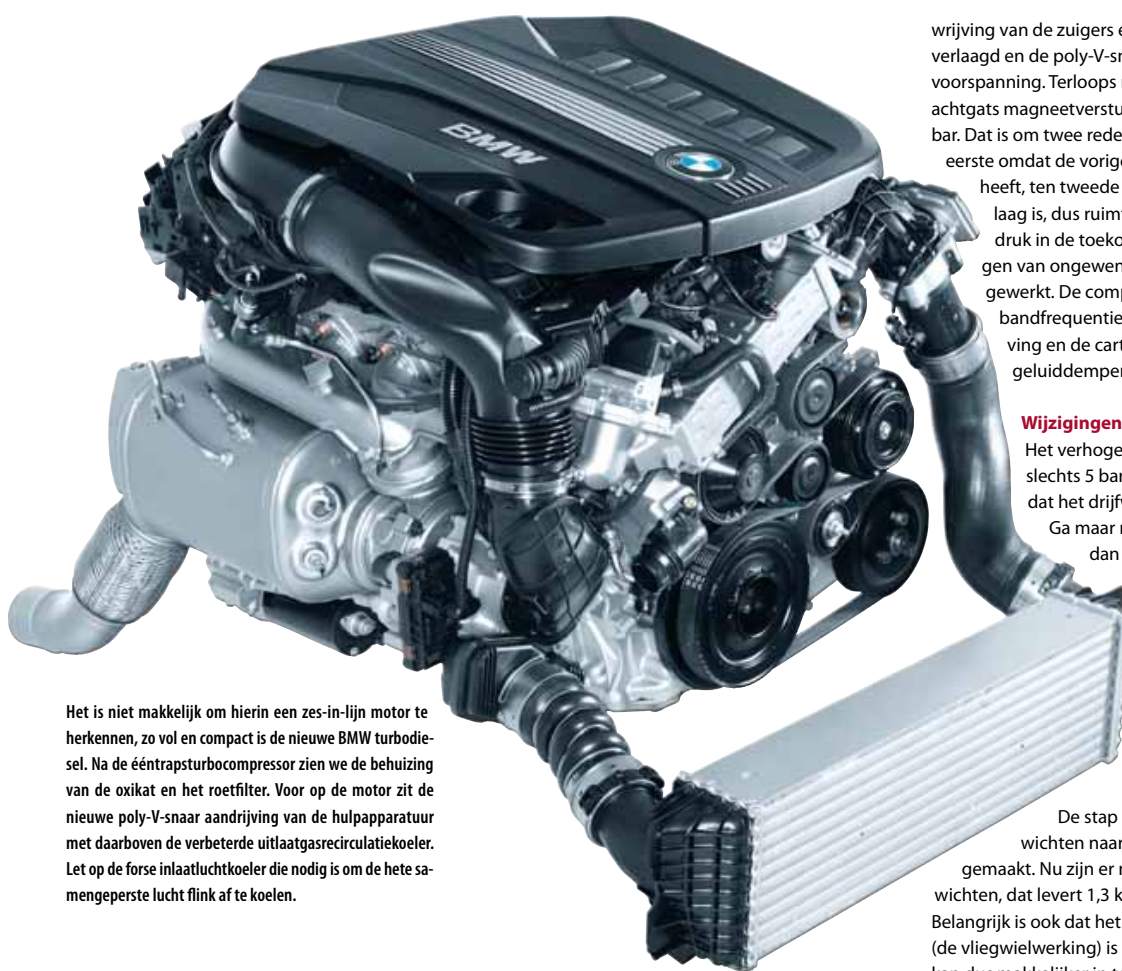


BMW 3.0 diesel zuiniger, sneller en schoner

Update BMW 3,0l turbodiesel

Dit verhaal gaat in feite over een update van een motor die pas twee jaar oud is. In AMT 6 van 2009 staat daarvan een uitgebreide beschrijving: distributie bij het vliegwiel, krukas met acht contragewichten en hergroeperen van de hulpapparatuur en uitlaatgasbehandeling.

De klus leek klaar, maar de nieuwe versie is toch in veel opzichten gewijzigd.



Het is niet makkelijk om hierin een zes-in-lijn motor te herkennen, zo vol en compact is de nieuwe BMW turbodiesel. Na de ééntrapsturbocompressor zien we de behuizing van de oxikat en het roetfilter. Voor op de motor zit de nieuwe poly-V-snaar aandrijving van de hulpapparatuur met daarboven de verbeterde uitlaatgasrecirculatiekoeler. Let op de forse inlaatlufterkoeler die nodig is om de hete samengeperste lucht flink af te koelen.

De wijzigingen waren nodig om de emissies en het verbruik (CO₂-uitstoot) te verlagen en het prestatieniveau te verhogen. Gebleven is het aluminium motorblok met ingegoten voeringen, de nokkenasaandrijving bij het vliegwiel, de verbrandingskamer met centrale verstuiver, de olie- en vacuümpomp in het carter, de plaatsing van de hulpapparatuur en de uitlaatgasbehandeling inclusief de enkele turbocompressor.

Ten opzichte van de vier-in-lijnmotor zitten de verschillen in het aantal cilinders, de krukas, het inspuitsysteem en de wijze waarop de drukvulling is uitgevoerd. De krukas is slechts 710 mm lang. Dat is kort voor een 3,0l zes-in-lijn, maar die van de Audi V6 turbodiesel is slechts 437 mm, zie het artikel in AMT maart 2011.

De nieuwe uitvoering maakt gebruik van een hogere topdruk terwijl het drijfwerk lichter is. De

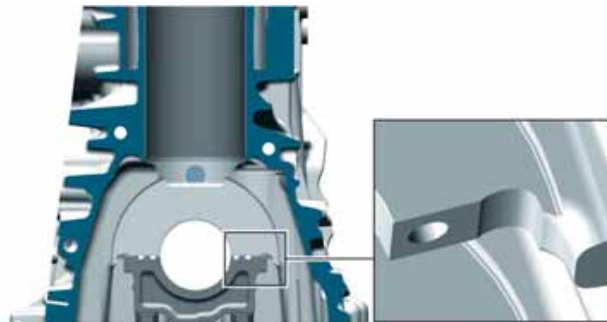
wrijving van de zuigers en de zuigerveren is verlaagd en de poly-V-snaar heeft een lagere voorspanning. Terloops meldt BMW dat de achtgats magneetverstuivers werken met 1800 bar. Dat is om twee redenen opmerkelijk. Ten eerste omdat de vorige motor piezoverstuivers heeft, ten tweede omdat 1800 bar relatief laag is, dus ruimte biedt voor een hogere druk in de toekomst. Aan het terugdringen van ongewenste geluiden is ook gewerkt. De compressor heeft een breedbandfrequentiedemper, de riemaandrijving en de carterpan hebben een geluiddempende afscherming.

Wijzigingen in detail

Het verhogen van de topdruk met slechts 5 bar tot 185 bar toont aan dat het drijfwerk zwaar wordt belast.

Ga maar na: op alle zuigers komt dan het gewicht te staan van zes auto's, elk van 1700 kg. Dat is niet niks, vandaar dat de hoogbelaste hoofdlagerkappen ook aangepast zijn. De voorspanning van de bouten is verhoogd om de hogere druk op te vangen.

De stap van 6 x 2 = 12 contragewichten naar 8 is bij de vorige motor al gemaakt. Nu zijn er nog maar vier contragewichten, dat levert 1,3 kg gewichtsbesparing op. Belangrijk is ook dat het massastraagheidsmoment (de vliegwielwerking) is afgenomen. De motor kan dus makkelijker in toerental variëren. De torsietrillingsdemper heeft wel een hoger traagheidsmoment om de hoekverdraaiing van de krukas binnen de perken te houden. De drijfstanlaglagers zijn vervangen door exemplaren die minder gevoelig zijn voor vuildeeltjes. De stevige zuigers hebben een ander slijpbeeld op het hemd, ze zijn voorzien van zuigerveren met een lagere voorspanning. Ook de cilindervoeringen zijn aangepast. BMW zegt niet wat er



Als de topdruk stijgt, buigt de hoofdagerkap verder door. Daarbij ontstaan hoge spanningen in het materiaal die voor scheuren kunnen zorgen. Een zorgvuldige afronding voorkomt problemen.



Er is een verzwaarde uitvoering van de torsietrillingsdemper ontwikkeld omdat de krukas, door het weglaten van vier van de acht contragewichten, een lager massastraagheidsmoment (vliegwielerwerking) heeft.



veranderd is, maar het zal wel gaan om de wijze van honen. Al met al zijn dit toch behoorlijke wijzigingen voor een zo jonge motor. Kennelijk is de druk om te ontwikkelen hoog, want BMW is niet de enige die een hoog tempo aanhoudt.

Nieuw inlaatsysteem

De aanzuigelluiddemper is nu aan de motor bevestigd. Dat betekent dat alleen de aanzuigbuis per automodel hoeft te worden aangepast. De luchtmassameter is zodanig gewijzigd dat de vuildeeltjes in de luchtstroming de meting niet nadelig beïnvloeden. De plaatsing van de aanzuigelluiddemper aan de zijkant van de motor heeft een gunstig effect op het geluid dat de uitlaatgasrecirculatie veroorzaakt. Dat geluid omschrijft BMW als dreunen of bulderen als van

een kanon. Kennelijk zorgt het plotseling openen van de omloopregelklep voor zo'n geluid.

Hulpapparatuur

Meer dan woorden vertellen de afbeeldingen over de verschillen in de aandrijving van de hulpapparatuur. Er is nu een poly-V-snaar met het profiel aan één kant, bij de vorige motor zat het profiel ook aan de rugzijde. De aircocompressor wordt daarom anders aangedreven. Ook de viercilinders hebben nu dezelfde aandrijving. Er is maar één verschil: de pomp voor de hydraulische stuurberkrichting is bij de zescilinder iets groter.

Gaswisseling

De in- en uitlaatkanalen zijn vrijwel gelijk aan die van de vorige motor, ook de klep in het tangenti-

eel geplaatste inlaatkanaal is er nog. Dankzij deze traploos verstelbare regelklep is de wervelintensiteit zodanig in te stellen dat de ruwe emissies van stikstofoxiden en roetdeeltjes laag genoeg zijn om 'eenvoudig' aan Euro5 en zelfs 6 te voldoen. Het wervelkanaal blijft altijd volledig geopend. De nieuwe turbocompressor verandert de drukverschillen zowel aan de uitlaat- als aan de inlaatzijde. Dat betekent dat de kleplichtkrommen moesten worden aangepast. De turbocompressor heeft compressor- en turbinielens met een kleinere diameter. Die zijn sneller op en van toeren, daardoor reageert de motor sneller op gaspedaalbewegingen. Vooral bij wegrijden met lage toerentallen pakt de motor beter op. Door de aanpassing van de klepentijden en het inlaatsysteem kan er meer lucht in de motor



Door zoveel mogelijk onderdelen van het luchttoevoersysteem star met de motor te verbinden hoeft er voor alle automodellen maar één systeem te worden gebruikt. Alleen de aanzuigleiding naar het inlaatluchtfilter wordt aan het model aangepast.

- Maatregelen aan de turbocompressor
- Compressor- en turbowiel met kleinere diameter
- Toegenomen rendement
- Lagers met minder wrijving
- Variabele leidschoepen, die sneller regelbaar zijn
- Geluiddemper



De compactere en lichtere turbocompressor heeft lagers met minder wrijving, daardoor komt de inlaatdruk sneller tot stand. Dat zorgt voor een verbetering van het dynamisch rijgedrag. De meerkamer geluiddemper heeft een breed frequentiebereik om de akoestiek zo aangenaam mogelijk te maken.

Technische gegevens

	Vorige motor	Nieuwe motor		Vorige motor	Nieuwe motor
Basisgegevens			Zuigers		
Cilinderinhoud (cm ³)	2993	2993	Compressiehoogte (mm)	47	47
Boring (mm)	84	84	Vuurdamhoogte (mm)	9.12	9.12
Slag (mm)	90	90	Zuigerpenen		
Slag-Boring verhouding	1.07	1.07	Diameter (mm)	32	32
Slagvolume (cm ³)	499	499	Lengte (mm)	64	64
Drijfstanglengte (mm)	138	138	Kleppen		
Kruk-drijfstangverhouding	0,326	0,326	Diameter inlaat/uitlaat (mm)	27,2/24,6	27,2/24,6
Blokhoogte (mm)	289	289	Klepopening inlaat/uitlaat (mm)	7,5/8	7,5/8
Cilinderhartafstand (mm)	91	91	Steeldiameter (mm)	5	5
Hoofdlagers			Compressieverhouding	16,5:1	16,5:1
Diameter (mm)	55	55	Prestaties		
Breedte (mm)	25	25	Vermogen (kW)	180	190
Drijfstanglagers			Toerental (t/min)	4000	4000
Diameter (mm)	50	50	Koppel (Nm)	540	560
Tapbreedte (mm)	24	24	Toerental (t/min)	1750-3000	1500-3000

Het gaat om een langeslagmotor met een niet te grote boring om het motorblok kort te houden. Toch is er tussen de cilinders een stevige 7 mm brede dam die steun biedt aan de koppakking. Typend voor een turbodiesel is de hoge zuiger, gerekend vanaf het hart van de zuigerpen. De zuigerpen heeft een forse diameter en is kort, daardoor blijft de vervorming door afplating en doorbuiging ook bij 185 bar topdruk aanvaardbaar. Hoewel de inlaatkleppen iets groter zijn dan de uitlaatkleppen is de lichte hoogte iets kleiner.

komen hoewel de turbocompressor kleiner is. Vandaar een hoger topvermogen. Wat duidelijk meehelpt, is de wijziging aan de lagers van de turbine-as. Wat er gewijzigd is, meldt BMW niet, ook niet of er wentellagers zijn toegepast zoals bij de Mercedes-Benz V6 turbodiesel, zie AMT oktober 2011. Zeker zolang de motorolie nog stroperig is, komt een turbine-as op glijlagers moeilijk op toeren. Dat gaat bij de nieuwe motor veel beter. De meerkamer Helmholtz-resonantie

geluiddemper dempt over een breed frequentiegebied ongewenste geluiden in het inlaatsysteem na de compressor.

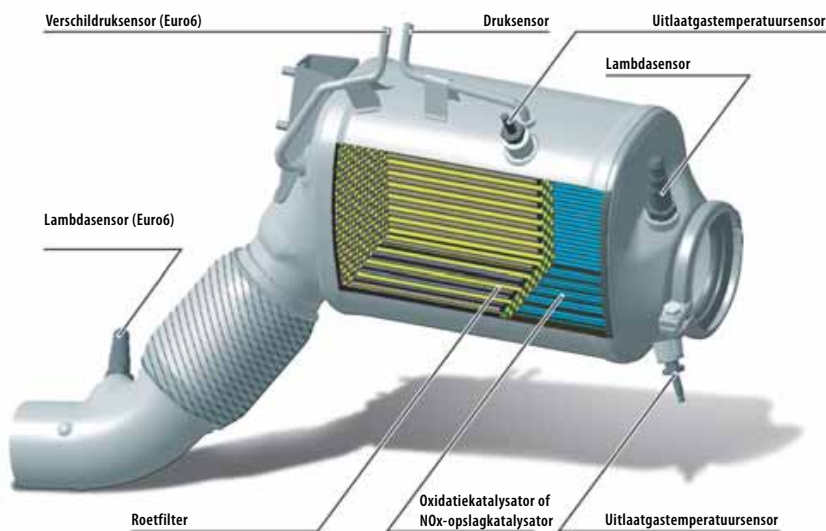
Uitlaatgasrecirculatie

Het verlagen van de ruwe stikstofemissie stond hoog op de eisen- en wensenlijst, want de Euro6 emissie-eisen zijn zwaarder dan die van de huidige Euro5. De vorming van NOx vindt alleen plaats bij een hoge temperatuur die voldoende

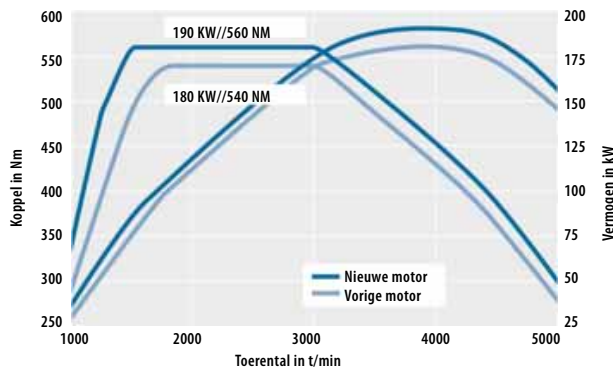
lang wordt aangehouden. Het terugvoeren van gekoelde uitlaatgassen verlaagt de gastemperatuur in de verbrandingskamer aanzienlijk. Maar het toegevoerde gas mag niet zo koud zijn dat er condensvorming optreedt. Er is dus een by-pass omloopklep nodig. Die wordt elektrisch bediend en kan bij alle druk- en temperatuurverschillen snel worden geopend en gesloten. Tijdens het opwarmen gaat er geen uitlaatgas retour (EGR ofwel Exhaust Gas Recirculation) om de verbrandingstemperatuur snel op te voeren. Mede omdat er dan voldoende zuurstof is nemen daardoor de HC- en CO-emissiewaarden af. De genoemde maatregelen betekenen dat nu ook de zwaardere automodellen met deze motor de Euro5-eisen halen zonder nabehandeling met AdBlue.

Uitlaatgasnabehandeling

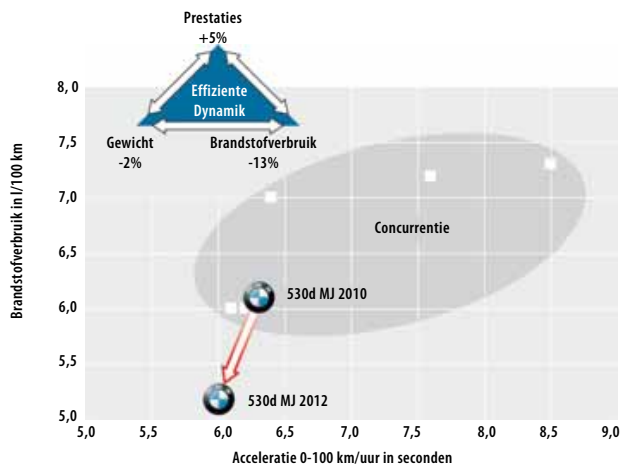
Het systeem moet zo dicht bij de motor zitten als haalbaar is. Dan komt het snel op temperatuur en blijven de uitlaatgassen niet te lang te koud om terug te worden gevoerd. De Euro5-motoren hebben een oxikatalysator en een roetfilter die in één huis verpakt zijn, 'canning' wordt dat genoemd. Het geheel zit pal achter de turbine en die zit weer dicht op het uitlaatspruitstuk. Het DPF, Diesel Particulate Filter, ofwel (roet)deeltjesfilter, heeft een dwarsoppervlak van 243 cm² om de tegendruk niet te hoog te laten oplopen. De Euro6-eisen, die in 2014 van kracht worden, stellen zodanig hogere eisen aan de NOx-uitworp dat de oxikat moet worden vervangen door een opslagkat. Deze past in hetzelfde huis als die van het Euro5-systeem. Aan de hand van een rekenmodel wordt berekend hoeveel roet en uitlaatgas-massa er wordt gevormd. Extra sensoren, voor



Voor de Euro6-uitvoeringen gebruikt BMW een opslagkatalysator om de NOx-uitworp te beperken. Bij de Euro5-motoren zit op dezelfde plaats een oxikatalysator. Naast een rekenmodel om de hoeveelheid uitlaatgas en roet te bepalen, zijn er extra sensoren nodig om het verloop van het regeneratieproces te controleren.



Over het hele toerengebied is winst in vermogen en koppel geboekt, zelfs al bij 1000 t/min. Bovendien worden het hoogste koppel en vermogen over een breder toerengebied geleverd dan voorheen. Dat maakt de rijeigenschappen nog aangenamer. Of het nodig is om de motor 5000 t/min te laten draaien, hangt af van de sprongen tussen de versnellingen.



Lager verbruik over de Europese rijcyclus en betere prestaties zijn voor BMW en zijn klanten belangrijk. Er was slechts twee jaar nodig om op deze punten duidelijke verbeteringen aan te brengen. Het onderscheid in acceleratie met de vorige uitvoering (modeljaar 2010) komt ook door het geringere gewicht.

drukverschil over het filter en een extra lambda-sensor, bepalen de mate van 'volzitten' van het filter en de lucht/brandstofverhouding tijdens het regenereren. Er mag niet zo'n hoge temperatuur optreden dat het roetfiltermateriaal smelt, dus geen 'schoorsteenbrand', en er mogen geen ongewenste emissies ontstaan. Een probleem daarbij is dat de lucht van rotte eieren, door zwavelwaterstof H₂S, moet worden vermeden. Deze nare geur ontstaat tijdens het ontzwellen van de opslagkat. Er is een cyclische wisseling nodig van de lambda-waarden om toch voldoende zuurstof in de kat te houden om de H₂S-vorming te voorkomen. Dit wordt pendelen, geen zuurstof, wel zuurstof enzovoort, genoemd.

Vermogen en koppel

Met 63,4 kW/dm³, 86,2 pk/l, is de nieuwe BMW motor weer bij de koplopers, zie de genoemde Audi en Mercedes-Benz motoren, bij de zescilinder turbodieselmotoren met ééntraps

drukruiling. Het maximum koppel komt tot stand dankzij een gemiddelde effectieve druk van 23,5 bar, dat is nog meer dan de 22,7 bar van de vorige motor. Over het hele toerengebied, van 1000 tot 5000 t/min, is de effectieve druk toegenomen en daardoor zijn ook het koppel en het vermogen gestegen. Vooral de toename van 300 tot 350 Nm bij 1000 t/min is opvallend.

Verbruik en prestaties

De CO₂-uitwerp van de BMW 530d over de Europese rijcyclus bedraagt 139 g/km, dat is 13% lager dan die van de vorige motor. Niet alleen de genoemde maatregelen aan de motor zorgen voor dit fraaie resultaat, ook het start-stopsysteem draagt er aan bij. Vooral dankzij de kleinere turbocompressor en de verbeterde gaswisseling

Op deze tekening is de vorige motor afgebeeld. Een vergelijk met de nieuwe uitvoering toont de overeenkomsten, namelijk de opbouw met distributie aan de vliegwielszijde, en de verschillen. Kijk bijvoorbeeld naar de aandrijving van de hulpapparatuur met een eenzijdige poly-V-snaar en andere poelieopstelling dan bij de vorige motor. Ook de EGR-koeler met elektrische omloopklep is gewijzigd. Let op de compacte klep-opstelling en de aandrijving van de uitlaatnokkenas door middel van tandwielen.

ligt de nieuwe 530d na 4 seconden vanaf start al 4 meter voor op de vorige 530d.

Emissies

Standaard worden de nieuwe motoren geleverd in Euro5-uitvoering, de Euro6-uitvoering is optioneel. De ruwe emissies zijn voornamelijk verlaagd door wijzigingen aan de EGR, het inspuitstelsel en de gaswisseling inclusief de kleinere turbocompressor. Er is volgens BMW voldoende reserve op alle fronten. Met andere woorden: er kan met niet al te veel moeite, lees kosten, aan nog strengere emissie-eisen worden voldaan. Of dat ook zo is als er een nieuwe, dynamischer rijcyclus komt, wordt niet vermeld.

Conclusie

De nieuwe uitvoering van de zescilinder turbodieselmotor heeft meer vermogen en meer koppel dan de vorige motor. Het verbruik, de emissies en het gewicht zijn lager. De kleinere viercilinder heeft nog meer onderdelen gemeenschappelijk met de grotere zespijper. Deze resultaten zijn bereikt door een hogere belasting van het drijfwerk, een geoptimaliseerde drukruiling, een verbeterd inspuitstelsel, een sterkere luchtcooling van de verbrandingskamers door een betere gaswisseling met aangepast verbrandingsverloop. Zelfs de akoestiek is verbeterd.



WWW.AMT.NL

Duitse zescilinder diesels vergeleken

In dit artikel, vergelijken we de nieuwe zes-in-lijn diesel met zijn voorganger en met de V6 motoren van Audi en Mercedes. Bekijk het maandossier op www.AMT.nl/februari2012 voor de uitgebreide analyse van die motoren in eerder AMT-artikelen.