

## Zahtjevi za aditivima nove generacije za dizelska goriva

### Zašto reducirati sumpor?

Dizelska goriva s niskim sadržajem sumpora (ULSD - ultra low sulphur diesel) su uvedena da bi se smanjila emisija iz ispušnih plinova i olakšao rad opreme za naknadnu obradu, čija je operabilnost najviše ugrožena sumporom. Ali, postoji dodatna dobit ovim činom. Naime, izgaranjem sumpora u dizelskom gorivu nastaje sumporni oksid koji s vodom stvara sulfatne čestice u ispuhu motora.

Niskoj razini emisije čestica (2007.- znatno smanjenje) značajno doprinosi emisija sulfata. Sulfatne čestice se tretiraju kao iritanti disanja i one se ne mogu uhvatiti sustavom naknadne obrade. Zato je smanjenje razine sumpora u gorivu najbolji način i direktna metoda za njihovu kontrolu.

Suvremeni injektorski sustavi i filtri čestica dizelovog motora «izazivaju» kompoziciju goriva.

Neprestani pritisci zakonodavstva za smanjenjem emisija iz dizelovih vozila dovela su do, između ostalog, uvođenja unaprijedne opreme ubrizgavanja goriva i **filtra čestica dizela** DPFs (Diesel Particle Filters). Ovi inovativni sustavi opreme zahtijevaju visoku kvalitetu dizelskog goriva i unaprijedne sustave aditiva za osiguranje održavanja njegovih osobina. Postojani talozi koji nastaju oko vrha injektora zahtijevaju povećanu osobinu detergentnost, a čađa koja blokira DPFs može biti uklonjena korištenjem najnovije tehnologije aditiva.

Dizelovi motori vozila podvrgnuti su značajnom razvoju u zadnjih dvadesetak godina. Danas, vozila s benzinskim ili dizelovim motorima sličnih volumena, također imaju sličnu izlaznu snagu. Međutim, dizelska verzija daje visoki moment vrtnje koji ga čine mirnijim i uživajućim u vožnji. Drugo poboljšanje u tehnologiji dizelovih motora je značajno smanjenje štetnih emisija uključujući krute čestice, uočljivi dim i okside dušika (NOx). Budućom širokom uporabom sustava naknadne obrade (aftertreatment system), kao što su filtri čestica dizela i sustavi NOx kontrole, očekuje se i daljnje smanjenje emisije iz dizelovih motora. Sve ovo je postignuto održavajući, a ponekad čak i poboljšavajući specifičnu potrošnju goriva.

Ovaj začuđujući napredak može se povezati s uvođenjem različitih naprednih tehnika. Na primjer, novi pristup ubrizgavanju, «common rail» i injektori malih otvora raspršivanja bili su iskorišteni u transformiranju dima, sporohodnog dizela u prošlosti u sportski, iskorištenja goriva, te prometovanju čistijih vozila na našim cestama danas.

### Revolucija ubrizgavanja

Široka uporaba **common rail** sustava dopustila je osobnim vozilima s dizelovim motorom takmičenje u snazi s njihovim glavnim takmacem: benzinskim motorom. To je postignuto održavajući, a u najviše slučajeva povećavajući njegove visoke sposobnosti i vrijednost okretnog momenta. Razvojni napori bili su usmjereni gotovo

na čitav dizelov motor, uključujući komoru izgaranja, ugradbeni materijal i sustav za ubrizgavanje. U kasnijim slučajevima poboljšanja su nastala uvođenjem injektora gdje je dodavanje goriva kontrolirano elektronički preko solenoida ili piezo sustava, tlak ubrizgavanja je povećan od približno 350 bara do, u nekim slučajevima, i preko 2000 bara, broj ubrizgavanja po ciklusu izgaranja povećan je pet puta, a značajno je porasla i temperatura vrha injektora. Ne samo da su se izmijenili uvjeti, nego su se dogodile i fizičke promjene injektora. Broj rupica injektora je povećan i povećat će se ubuduće, a njihov promjer je značajno smanjen na manje od 0.1 mm; približnog promjera dvije vlasi ljudski kose. Sve su te promjene dramatično povećale kinetičku energiju raspršenog goriva, stvarajući manje kapljice u komori za izgaranje, pomažući atomizaciji goriva, što rezultira većim iskorištenjem i potpunim izgaranjem.

#### Promjene na sustavima za ubrizgavanje goriva

	do 1995.	do 2000.	2005.-2010.
Maks. tlak ubrizgavanja, bar	350	1000+	2000+
Ubrizgavanje/min, 1000 o/min	1500	1500	500-7500+
Temp. goriva@vrh injektora, °C	<230	<250	<250
Broj rupica za ubrizgavanje	1	1-4	4-8+
Promjer rupice injektora, mm	<0.5	>0.25	<0.1

#### Što je common-rail?

Common-rail sustav obilježava zajednički spremnik goriva pod stalnim tlakom, iz kojeg se gorivo ubrizgava u cilindar elektronički kontroliranim brizgaljkama. Dobava goriva je neovisna od vrtnje motora. Osnovni dijelovi suvremenog common-rail sustava su:

- visokotlačna pumpa
- rail s brizgaljkama i senzorom tlaka s ventilom ograničavanja najvišeg tlaka (1500-1800 bara i više)
- brizgaljke
- ECU (Electronic Control Unit), elektronička kontrolna jedinica

Ovaj sustav ima funkciju: proizvoditi tlak i ubrizgavati tako da prvo stvara visoki tlak u pumpi, common-railu, cijevima i brizgaljkama, a brizgaljke otvara po potrebi. Visoki tlakovi su raspoloživi u svako vrijeme i kod niske brzine vrtnje motora.

U jednom radnom ciklusu obavi se do pet ubrizgavanja.

Postoji pilot i glavno ubrizgavanje. Prvo se obavlja s malom količinom goriva prije glavnog i smanjuje buku motora.

**Ubrizgavanje** se odvija u tri koraka:

- predubrizgavanjem se malo povećava tlak kompresije, skraćuje se kašnjenje paljenja glavne količine goriva, porast tlaka u cilindru je umjeren, niži su maksimalni tlakovi, a izgaranje je «mekano»,

- glavnim ubrizgavanjem postiže se dobar okretni moment,
- postubrizgavanjem se smanjuje NOx u ispušnim plinovima.

Kao pozitivan rezultat su smanjena potrošnja goriva, manja buka i čišći ispušni plinovi.



**Common rail sustav:** brizgaljke, rail, visokotlačna pumpa s regulacijom i dobavom goriva kroz filtre

### Postojani talozi

Visoki tlakovi ubrizgavanja omogućavaju ubrizgavanje kroz manje rupice injektora, stvarajući finije raspršivanje goriva koje se lakše miješa sa zrakom i bolje izgara. Međutim, ovi visoki tlakovi i uski otvori mlaznica injektora uzrokuju povećanje temperature u području vrha injektora. Podvrgavanje goriva visokim temperaturama može prouzročiti degradaciju goriva i stvoriti talog kod i oko vrha injektora, što smanjuje protok goriva, rezultirajući:

- većom bukom motora,
- hrapavošću igle,
- lošijom vozivošću,
- gubitkom snage,
- povećanom potrošnjom goriva,
- povećanom emisijom ispuha.

Čini se da je ove taloge teže ukloniti nego one nađene kod prijašnjih sustava ubrizgavanja. Tradicionalni detergentski aditivi koji su uspješno otklanjali ovaj problem u prošlosti sada se pokazuju manje efikasni. Provedena su laboratorijska i primjenska ispitivanja za razumijevanje ovog fenomena, čiji se rezultati uskoro očekuju.

### Emisija krutih čestica

Emisija iz ispuha vozila je štetna za zdravlje ljudi i okoliš. Kao njezin regulator u cijelom se svijetu koristi sniženje razine emisije **štetnih sastojaka**. Sadašnja emisija

ispuha iz vozila u Europi regulirana je Europskom normom za ispušne plinove 1996.-2008., a trenutno je na snazi EURO 4, čiji je početak primjene 1. siječnja 2005. Ovom normom su regulirane dopuštene količine dušikovih oksida (NO<sub>x</sub>), ugljikovodika (HC), ugljičnog monoksida (CO) i krutih čestica (PM).

Tablica 1. Europski standardi ispušnih plinova. 1996. – 2008.

Ograničenja emisije malih dizelovih motora (g/km)

	Pm	NO <sub>x</sub>	HC	CO	HC+NO <sub>x</sub>
Euro 2-1996	0.080	-	-	1.06	0.71
Euro 3-2000	0.050	0.50	-	0.64	0.56
Euro 4-2005	0.025	0.25	-	0.50	0.30

Ograničenja emisije velikih dizelovih motora (g/kWh)

	Pm	NO <sub>x</sub>	HC	CH <sub>4</sub>	CO	dim
Euro 2-1996	0.15	7.0	1.1	-	4.0	-
Euro 3-2000 konvenc.+n od.	0.10	5.0	0.66	-	2.1	0.8
Euro 4-2005 svi	0.03	3.5	0.55	1.10	4.00	-
Euro 5-2008 svi	0.03	2.0	0.55	1.10	4.00	-

Uzimajući krute čestice PM (particulate matter) kao primjer, od 1992. progresivnom revizijom europskih standarda od EURO 1 do EURO 4 razina krutih čestica za dizelove putničke automobile je snižena za gotovo šest puta do 0.025 g/km, a za »teška« dizelovka vozila njihova razina će biti snižena za oko četiri puta na 0.06 g/km do 2006. Slična je situacija sa PM i u SAD-u.

Za zadovoljenje sve strožih zahtjeva za emisijom iz motora vozila, proizvođači moraju optimizirati performanse i razviti nove tehnologije opreme.

Trostruki katalizator u benzinskim motorima je upotrijebljen za smanjenje CO, NO<sub>x</sub> i HC, a filtri čestica koriste se u nekim lakim vozilima s dizelovim motorom s direktnim ubrizgavanjem za smanjenje njihovih relativno visokih emisija čestica. U teškim dizelovim motorima sustav za povrat ispušnih plinova **EGR** (Exhaust Gas Recirculation) i selektivnu katalitičku redukciju **SCR** (Selective Catalytic Reduction) koristi se za smanjenje NO<sub>x</sub>, a filtri čestica smanjuju količinu krutih čestica. Najvjerojatnije će isti put proći i ostala transportna sredstva.

### Što je EGR?

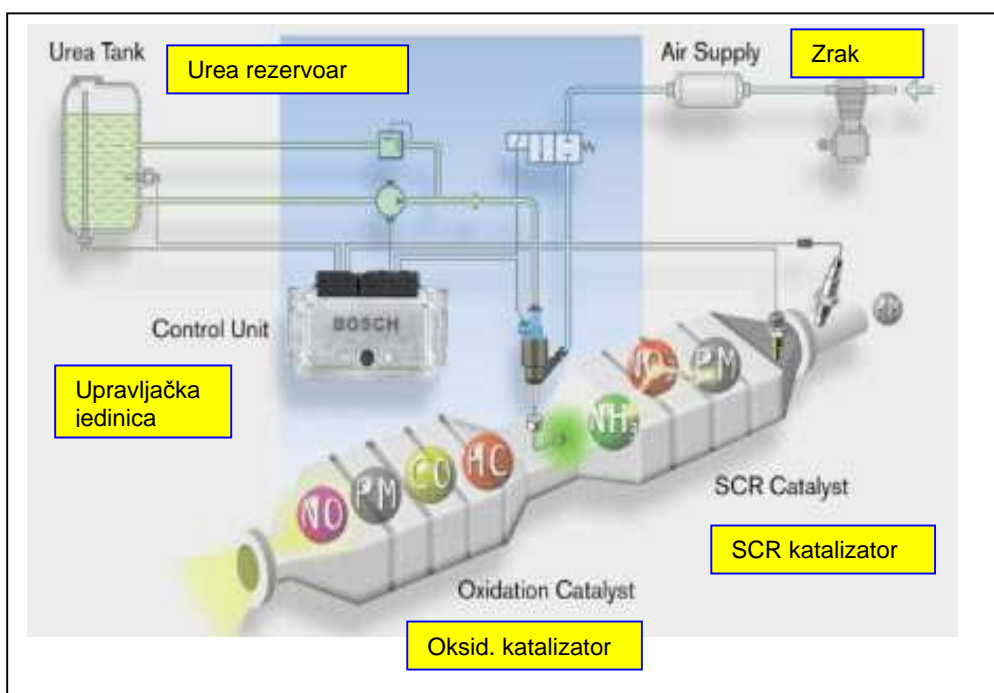
Povrat ispušnih plinova EGR (Exhaust Gas Recirculation) je sustav koji vraća ispušne plinove kroz motor. Plinovi se uvode u ulazni otvor zraka kod motora normalnog usisa, ili u ulaz kompresora motora s turbopunjenjem. Ovim se snižava vršna temperatura izgaranja i posljedično stvaranje emisije NO<sub>x</sub>. Kada se koristi u sprezi s hvatačem čestica, ukupno smanjenje emisije krutih čestica, ugljičnog monoksida (CO) i ugljikovodika (HC) može biti i preko 95 %, a smanjenje NO<sub>x</sub> oko 45 %.

### Što je SCR?

Selektivno katalitičko smanjenje SCR (Selective Catalytic Reduction) je univerzalna tehnologija smanjenja emisije, koja ima mogućnost smanjenja NO<sub>x</sub> emisije između 50 i 70 %, iako to ovisi o opterećenju kao što je i sustav izrazito ovisan o temperaturi. SCR je prihvatljiviji za veća vozila, budući da je potreban poseban rezervoar za reaktant.

Katalizator je upotrijebljen za pretvaranje NO u NO<sub>x</sub> i uklanjanje ugljikovodika. Amonijak generiran iz uree je injektiran u ispušni plin preko katalizatora zbog reduciranja NO<sub>x</sub> u vodu i dušik. Za daljnje poboljšanje emisije neki sustavi također koriste hvatač čestica.

### Shematski prikaz rada SCR katalizatora spojenog u niz s oksidacijskim katalizatorom



### Filtri krutih čestica DPF (Diesel Particle Filters) sve važniji

Potpuno je sigurno da će buduće zakonodavstvo postaviti uže granice emisije krutih čestica iz ispuha dizelovih motora. Kao što današnje zakonodavstvo jednostavno ograničava količinu čestica, buduće će zakonodavstvo regulirati broj čestica. A DPF

podržava ne samo opciju emisije količine čestica već i veliki broj čestica čija je veličina manja od 0.1 mikrona.

Proizvođači automobila se intenzivno bave poboljšanjem dizajniranja ove opreme, da mogu njom zadovoljiti unapređenje standardne emisije; ali DPF nije bez svojih problema.

Nagomilavanje čađe stvara povećanje povratnog tlaka u DPF koji može ugroziti performance motora, a rezultat je povećana potrošnja goriva. Da se savlada ovaj problem, čađa mora biti spaljena regeneracijom DPF-a. Proizvođači originalne opreme imaju mogućnost izbora dva različita sustava oksidacije: katalitičke filtre koji koriste NO<sub>2</sub> i nekatalitičke sustave filtra koji koriste kisik.

### **Smjer regeneracije**

Katalitički sustavi zasnovani na NO u NO<sub>x</sub> oksidaciju bili su uspješno komercijalizirani za naknadnu ugradnju u velike dizelove motore. Regeneracija se dešava kod temperature između 250-400 °C, što je tipična radna temperatura za takva vozila, ali proces regeneracije je spor i osjetljiv na sumpor. To znači da vozilo mora koristiti gorivo manje od 50 ppm sumpora.

Za osobna vozila koja rade kroz mnogo šire područje temperature za stani - kreni prirodu njegovog načina korištenja, pouzdanost ovoga tipa oksidacije je neprikladna. Proizvođači opreme u ovom području imaju na izbor dva sustava koji koriste kisik za oksidaciju ugljika u CO<sub>2</sub>. Međutim, da se postigne potpuna temperatura regeneracije čađe, ona prelazi 600 °C i teško ju je postići čak pod uvjetima potpunog opterećenja. Ova se temperatura kod DPF može postići opremom motora kroz prigušenje i naknadno ubrizgavanje, ali ovo ima neke daljnje reperkusije na gorivo. Razvijen je novi sustav koji koristi aditiv u gorivu koji smanjuje temperaturu paljenja čađe do razine koja može biti postignuta pod krajnjim uvjetima gradske vožnje. Aditiv je automatski ubrizgan u gorivo, te kada je potrebna regeneracija, gorivo se ubrizgava u cilindar za vrijeme faze ispuha (post-injection) i ono izgara u kontaktu s katalizatorom oksidacije, povećavajući temperaturu do oko 450-500 °C. Temperatura izgaranja čađe je snižena aditivom do približno one razine koja dopušta česticama u filtru da izgore u vrlo kratkom vremenu.

### **Buduća goriva**

Da bi se zadovoljilo sve strože specifikacije, vjerojatno je da će se složenost opreme nastaviti povećavati i da će biti potrebne nove napredne tehnologije goriva i aditiva za osiguranje funkcioniranja bez problema. Nova generacija niskosumpornog goriva s manje čađe i poboljšanim detergentnim osobinama smanjuje taloge na brizgaljkama i učestalost regeneracije DPF, rezultirajući manjom količinom potrebnog goriva i poboljšanom trajnošću sustava opreme.

Zlatko Posavec