



MERVIK d.o.o. - Sarajevo

*Privredno društvo za posredništvo i usluge*

# EDUKACIJA ZA OSOBLJE NA STP

---

**FORMIRANJE SMJESE I PREČIŠĆAVANJE IZDUVNIH GASOVA  
KOD OTO I DIZEL MOTORA**

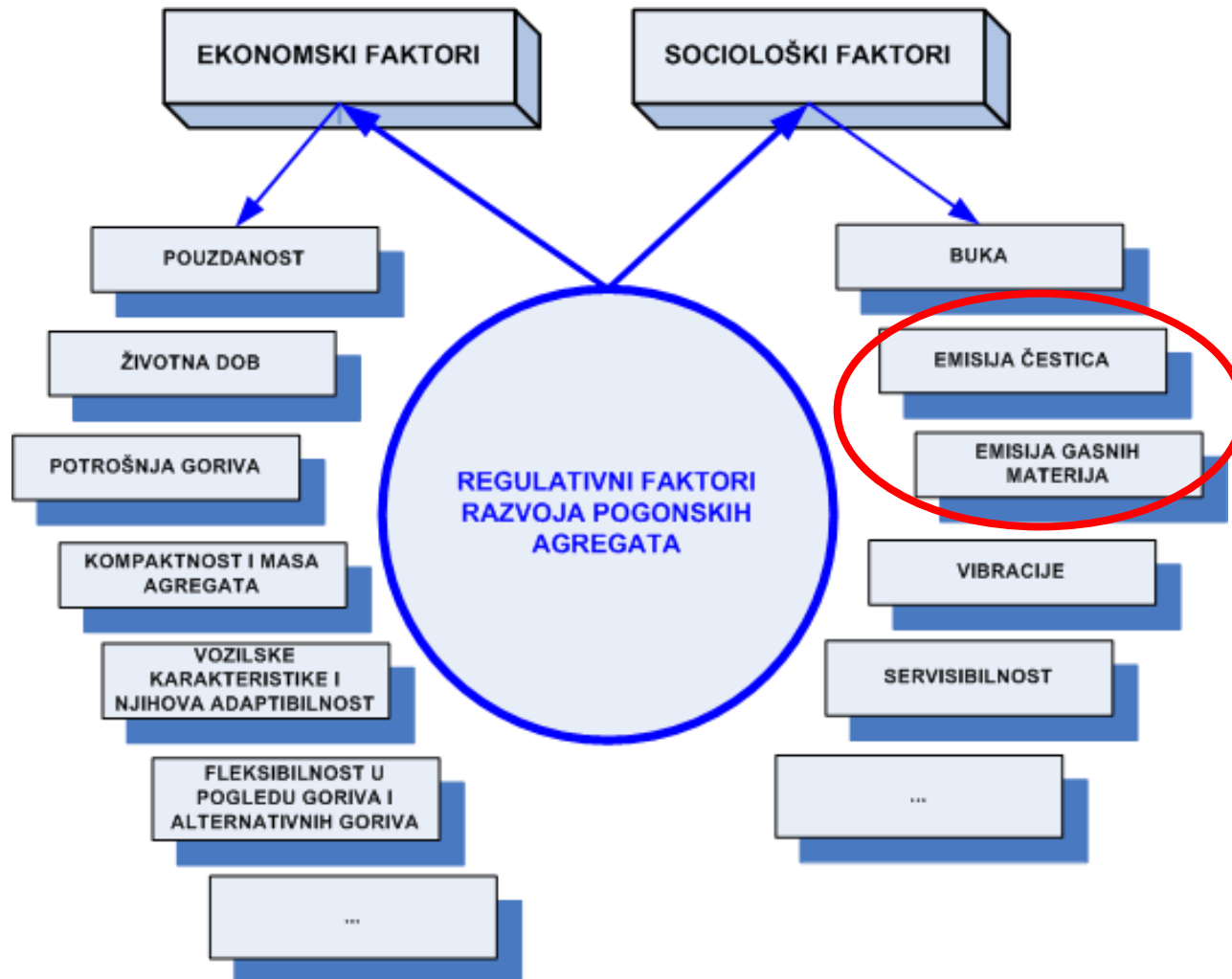
Sarajevo, maj/svibanj 2015

## Sadržaj

- **Uvod**
- **Sastav izduvnih gasova kod oto motora**
- **Formiranje smjese kod oto motora**
- **Sastav izduvnih gasova kod dizel motora**
- **Formiranje smjese kod dizel motora**
- **Mogući pravci djelovanja na smanjenje emisije zagađujućih materija**
- **Prečišćavanje izduvnih gasova**
- **Pregled zakonskih normi u BiH po pitanju emisije izduvnih gasova**

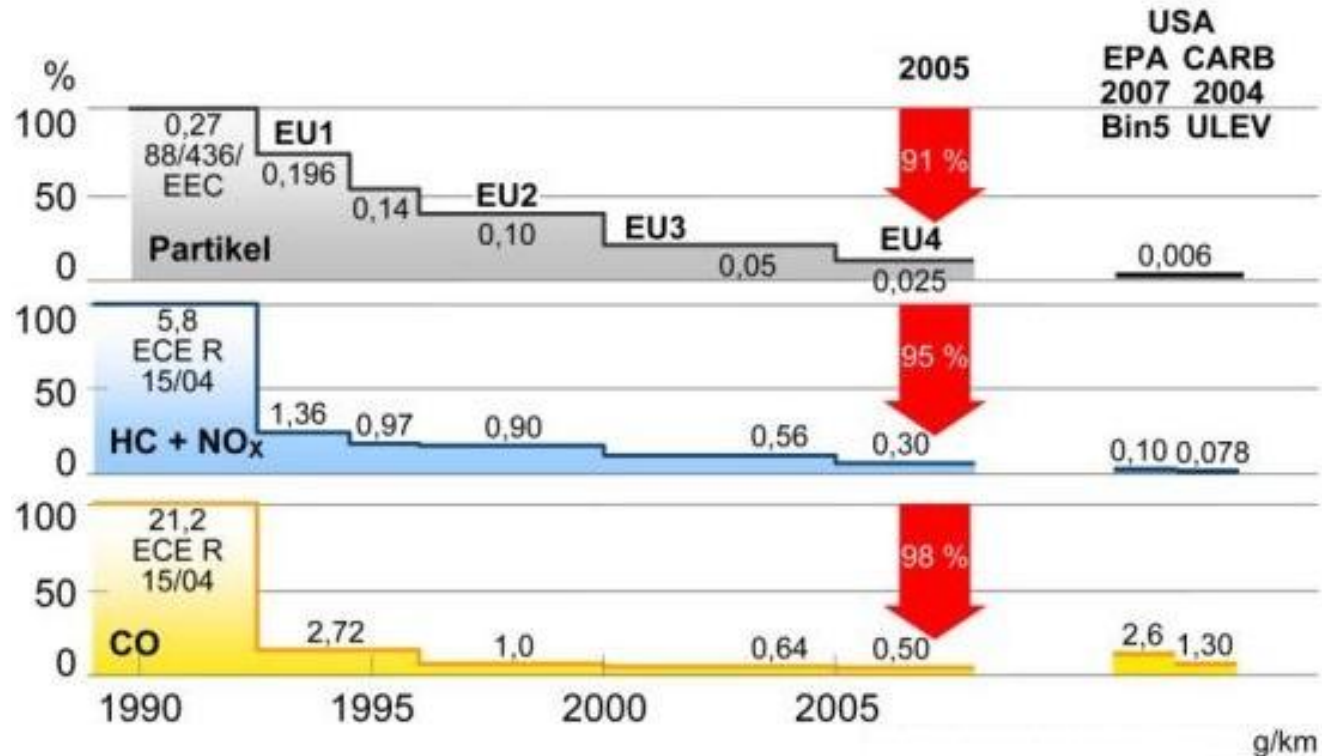
# Uvod

- Regulativni faktori razvoja pogonskih agregata kod drumskih vozila



## Uvod

- **Regulativni faktori razvoja pogonskih agregata kod drumskih vozila**
  - Granične vrijednosti emisije pojedinih komponenti u izduvnim gasovima motora sus određene su prema vrsti vozila (teretno, putničko,...) vrsti motora (otto, diesel).
    - Npr. putnička vozila, diesel motori



# Uvod

## • Regulativni faktori razvoja pogonskih agregata kod drumskih vozila

### • EU Norme

#### • Euro 1

- uvođenje obaveznog katalizatora za motorna vozila opremljena benzinskim motorima (uz obaveznu upotrebu bezolovnog goriva),
- uvođenje graničnih vrijednosti CO, HC + NO<sub>x</sub> i PM.

#### • Euro 2

- uvođenje razlike u vrijednostima dozvoljene emisije za vozila sa dizel i benzinskim motorima,
- dalje smanjenje granice CO, NO<sub>x</sub> i nesagorjelih HC.

#### • Euro 3

- značajno promijenjena procedura ispitivanja (ukidanjem perioda zagrijavanja motora prije ispitivanja),
- odvajanje granica za HC i NO<sub>x</sub>.

#### • Euro 4

- zadnji veći korak u smanjenju CO i HC emisije,
- dalje se znatno smanjuju vrijednosti NO<sub>x</sub> i čvrstih čestica u izduvnim gasovima dizel motora.

#### • Euro 5 i Euro 6

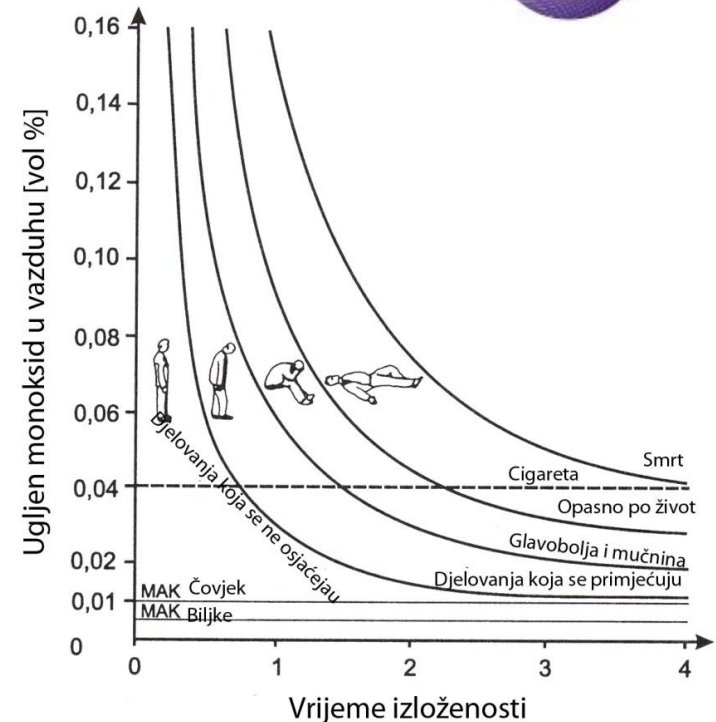
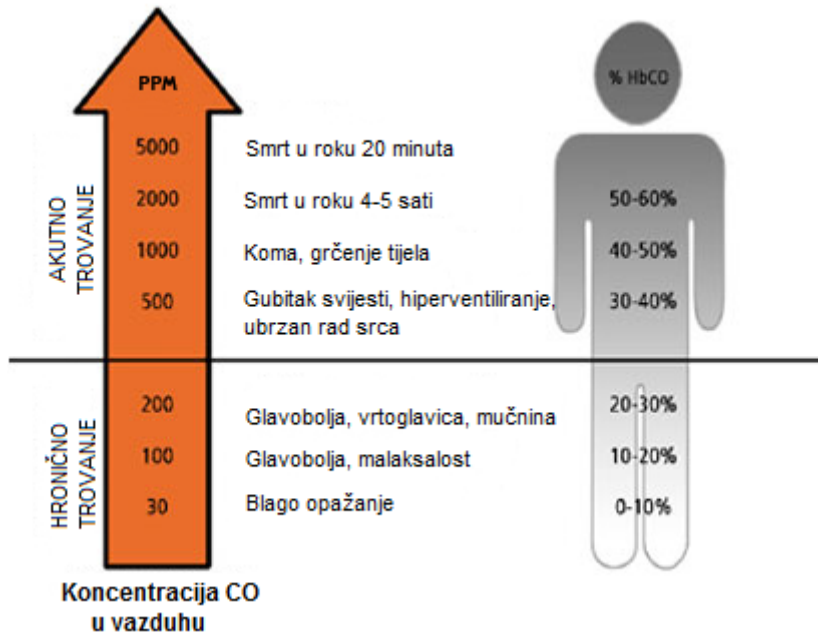
- koncentrišu se na znatno smanjenje NO<sub>x</sub> i čvrstih čestica u izduvnim gasovima dizel motora,
- uvode granicu za čvrste čestice u izduvnim gasovima benzinskih motora sa direktnim ubrizgavanjem goriva.

## Uvod

### Regulisana emisija izduvnih gasova od motora sus

#### Ugljenmonoksid (CO)

- Gas bez boje, mirisa i ukusa
- Eksplozivan i vrlo otrovan!



## Uvod

- **Regulisana emisija izduvnih gasova od motora sus**



- **Ugljikovodonici (HC)**

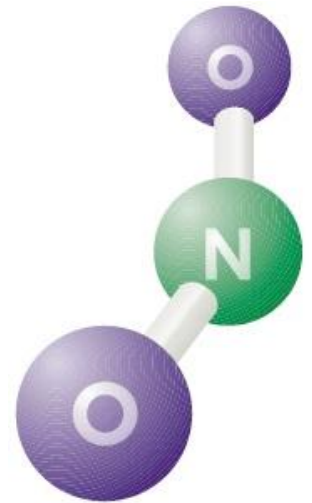
- Gas koji ima miris i koji nastaje kao produkt nepotpunog procesa sagorijevanja.
- U izduvnim gasovima se pojavljuju u različitim spojevima, npr.
  - C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> – benzen,
  - C<sub>8</sub>H<sub>18</sub> – oktan, itd.
- Štetni uticaji:
  - Iritiraju sluzokožu disajnih organa,
  - učestvuju u formiranju tzv. *fotohemijskog* smoga (pod dejstvom sunčeve svjetlosti),
  - neki teži ugljikovodonici ciklične strukture mogu biti kancerogeni.

## Uvod

- **Regulisana emisija izduvnih gasova od motora sus**

- **Azotni oksidi ( $\text{NO}_x$ )**

- Nastaju u toku procesa sagorijevanja u motoru sus pri višku kisika, visokoj temperaturi i visokim pritiscima.
- Najveći sadržaj  $\text{NO}_x$  se javlja u području blago siromašne smjese  $\lambda=1,05-1,1$ .
- U području bogate smjese gotovo sav kisik iz zraka sudjeluje u postupku sagorijevanja, pa se tek manji dio veže za azot.
- Štetni uticaji:
  - iritiraju sluzokožu,
  - učestvuju u formiranju reaktivnog ozona i „fotohemijskog“ smoga,
  - u reakciji sa vodom stvaraju kiseline (odgovorni su za tzv. „kisele kiše“).



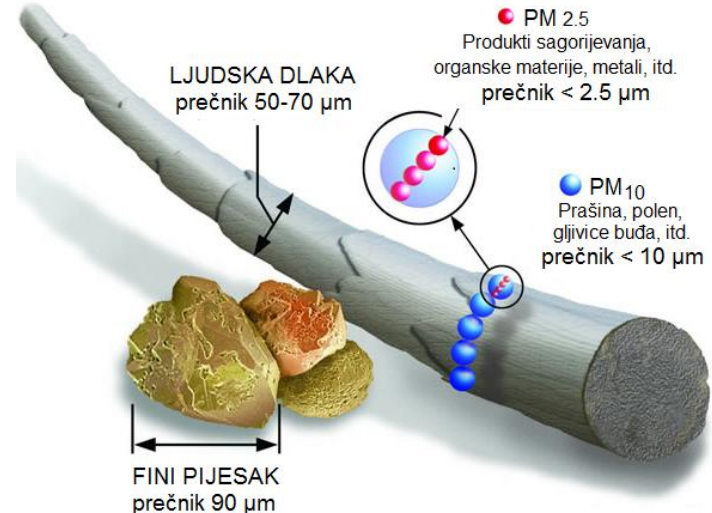
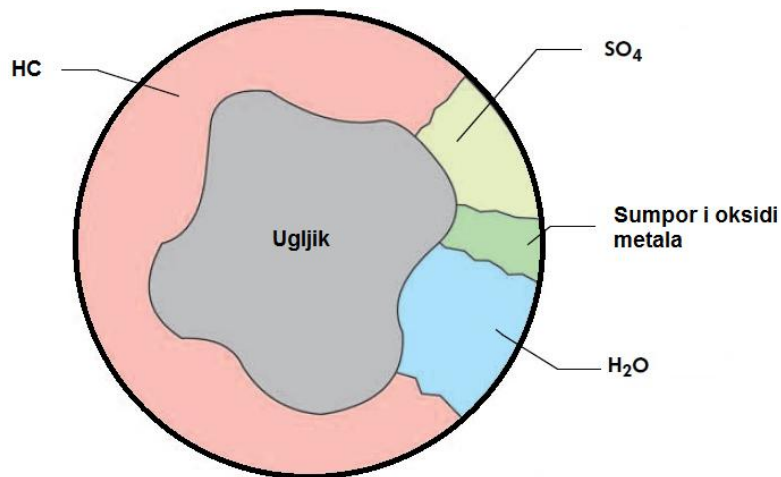


## Uvod

### • Regulisana emisija izduvnih gasova od motora sus

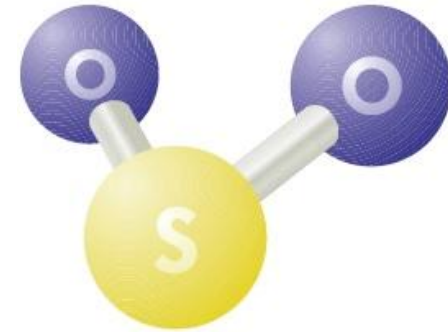
#### • Čvrste čestice (PT)

- Uglavnom se javljaju kod dizel motora kao produkt pirolitičkih reakcija sagorijevanja.
- Čestice čađi su mikroskopski male kuglice ugljika, prečnika oko  $0,05 \mu\text{m}$ .
- U korijenu je čisti ugljik na koji se talože razna jedinjenja HC, metalnih oksida i sumpora.
- Imaju kancerogeno djelovanje.



## Uvod

- **Regulisana emisija izduvnih gasova od motora sus**

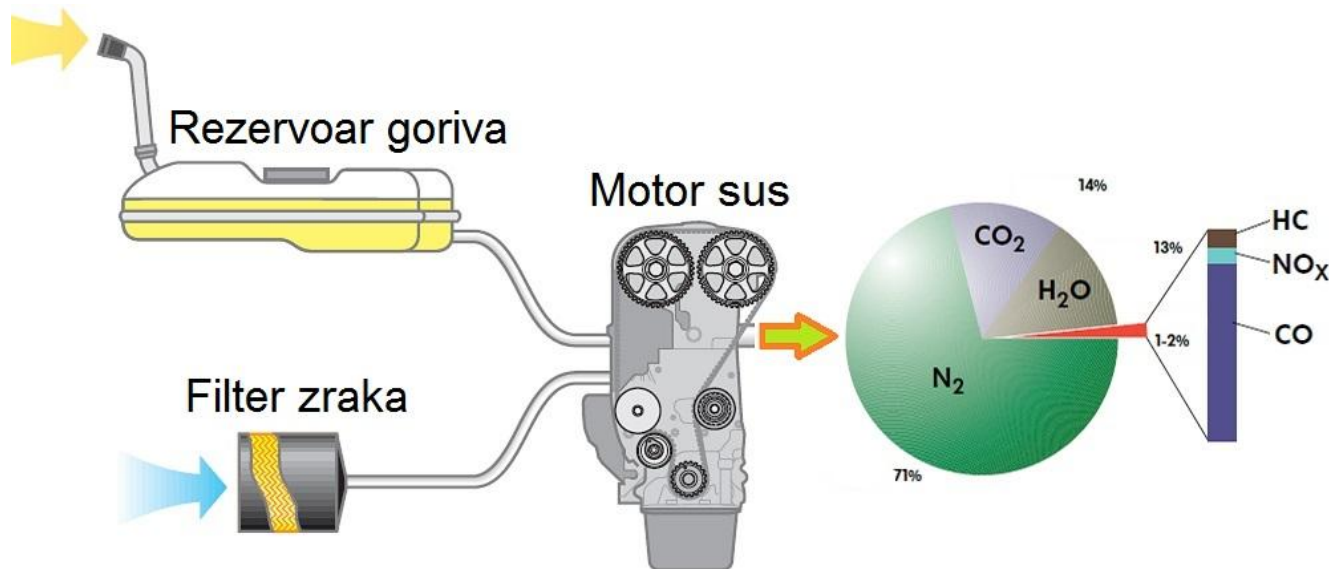


- **Sumpordioksid (SO<sub>2</sub>)**

- Bezbojni, kiseli i nezapaljivi gas jakog mirisa.
- Posljedica sagorijevanja goriva u kojem je sadržan sumpor.
  
- Štetni uticaji:
  - U dodiru sa vodom nastaje sumporasta kiselina (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>),
  - uzrokuje oštećenja respiratornih organa.
  
- Emisija sumpor dioksida može se ograničiti smanjenjem sadržaja sumpora u gorivu.
- Sumpordioksid (SO<sub>2</sub>) se pojavljuje samo u vrlo niskim koncentracijama u izduvnim gasovima.

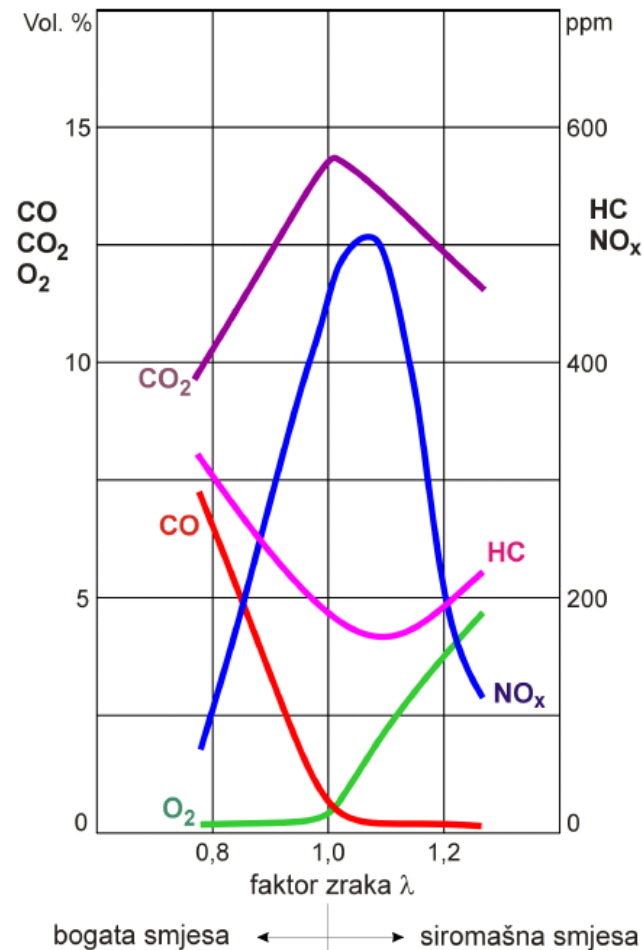
## Sastav izduvnih gasova kod oto motora

- Kao posljedica sagorijevanja izduvni gasovi sadrže komponente koje **štetno djeluju** na ljudski organizam i životnu sredinu i koji su **neutralni**.
- Kada bi se u motorima odvijalo potpuno sagorijevanje rezultat takvog rada bio bi samo direktno **neškodljivi ugljendioksid ( $\text{CO}_2$ )**, **vodena para ( $\text{H}_2\text{O}$ )** i **azot ( $\text{N}_2$ )**.
- U sastav izduvnih gasova oto motora ulaze i **ugljenmonoksid ( $\text{CO}$ )**, **azotni oksidi ( $\text{NO}_x$ )**, **nesagorjeli ugljikovodonici ( $\text{HC}$ )** i vrlo male količine **sumpordioksida ( $\text{SO}_2$ )** koji se smatraju „štetnim“ gasovima.



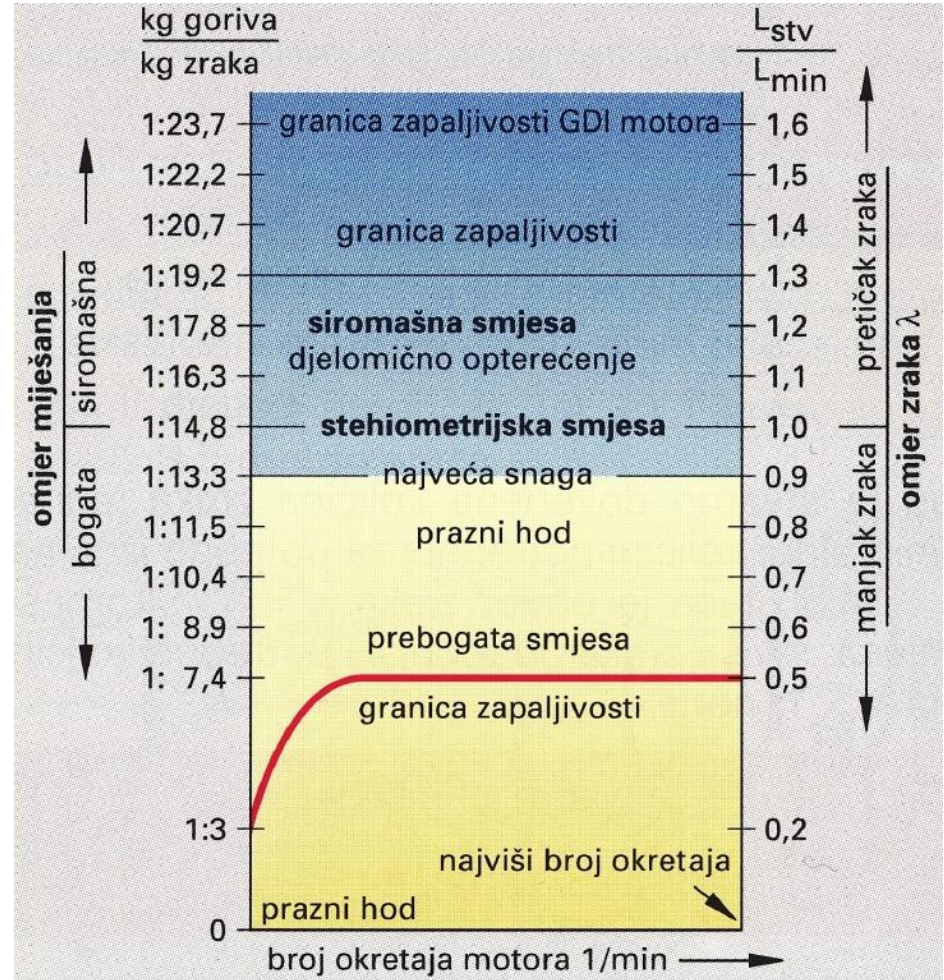
## Sastav izduvnih gasova kod oto motora

- Vrlo mali procentualni udio u ukupnim izduvnim gasovima, oko 1÷2%, predstavlja direktnu prijetnju za zdravlje čovjeka i životnu sredinu.
- Sastav izduvnih gasova oto motora zavisi od koeficijenta viška zraka ( $\lambda_z$ ):



## Formiranje smjese kod oto motora

- Smjesa goriva i zraka, u kojoj su definisane količine goriva i zraka u takvom međusobnom odnosu da bi nakon sagorijevanja sagorjela cjelokupna količina goriva i utrošila se cjelokupna količina kisika iz zraka, naziva se **stehiometrijska smjesa**.
- Definira se sa tzv. stehiometrijskim odnosom zrak/gorivo. Npr., za gorivo izo-oktan taj idealni odnos iznosi 14,7 kg zraka na jedan kilogram goriva.





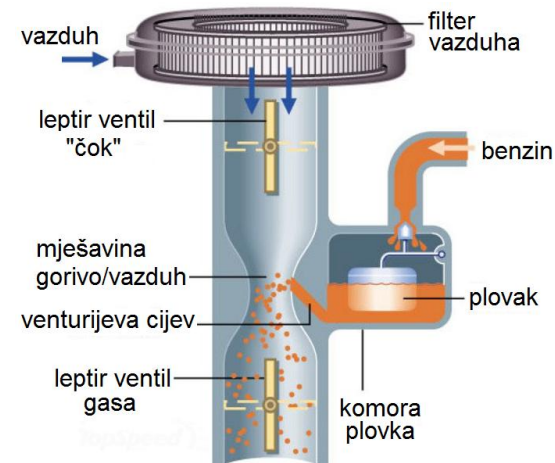
## Formiranje smjese kod oto motora

- Odstupanje stvarno usisane količine zraka, od minimalno potrebne za potpuno sagorijevanje goriva, definirano je **koeficijentom viška zraka**  $\lambda_z$ .
- Kod stehiometrijske smjese je  $\lambda_z=1$ .
- Ako nakon sagorijevanja u produktima sagorijevanja ostane nesagorjelog goriva, onda se radi o bogatoj smjesi  $\lambda_z < 1$
- Ako ostane neutrošenog kisika radi se o siromašnoj smjesi  $\lambda_z > 1$ .
- Granice težinskih odnosa nakon kojih više nije moguće zapaljenje smjese zovu se granice zapaljenja smjese

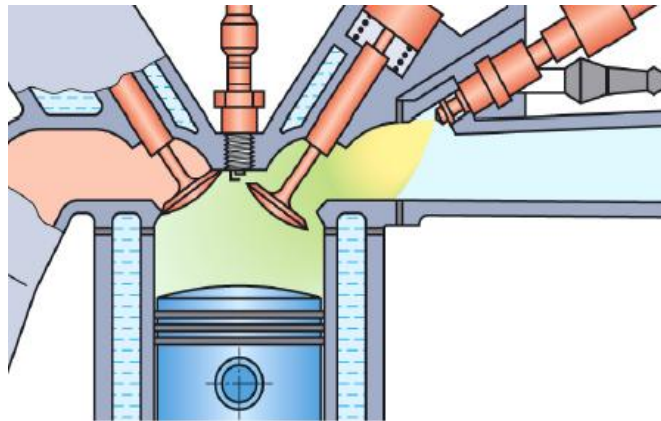
$\lambda$	Značenje
$< 0,5$	Granica zapaljivosti bogate smjese. Smjesa više nije zapaljiva.
$< 1$	Manjak zraka, bogata smjesa, veća snaga i ubrzavanje.
$0,9 - 1,1$	Najpovoljnija smjesa.
$0,9$	Maksimalni okretni moment, miran hod motora, potrošnja nepovoljna.
$> 1$	Višak zraka, siromašna smjesa, ekonomičnost.
$1,3 - 1,5$	Granica zapaljivosti siromašne smjese. Smjesa više nije zapaljiva.
$1,6 - 1,7$	Granica zapaljivosti siromašne smjese kod oto motora sa direktnim ubrizgavanjem.

## Formiranje smjese kod oto motora

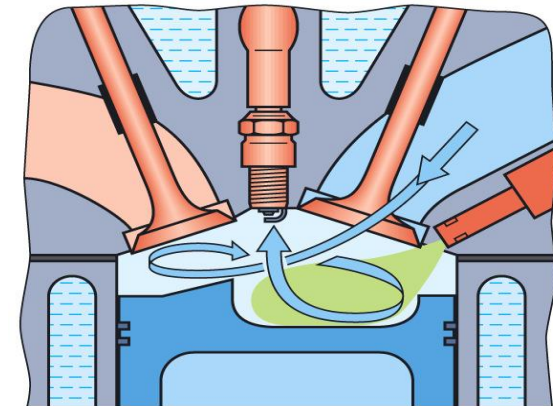
- Priprema gorive smjese kod oto motora može biti:
  - **Vanjska** – smjesa se priprema prije ulaza u cilindar
    - Rasplinjač (karburator), slika a)
    - Ubrizgavanja goriva u usisnu granu, slika b)
  - **Unutrašnja** – smjesa se stvara u cilindaru
    - Direktno ubrizgavanje goriva u cilindar, slika c)



a)



b)

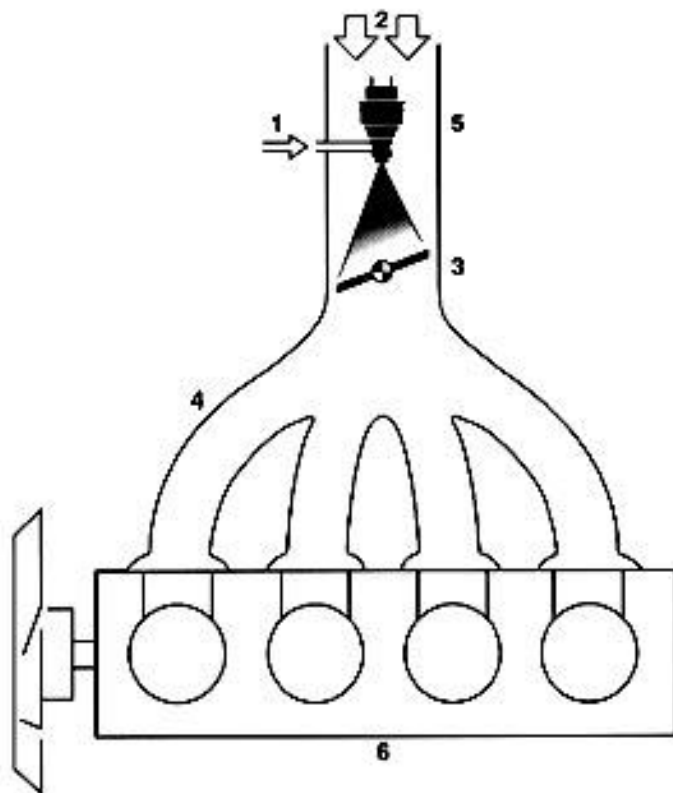


c)

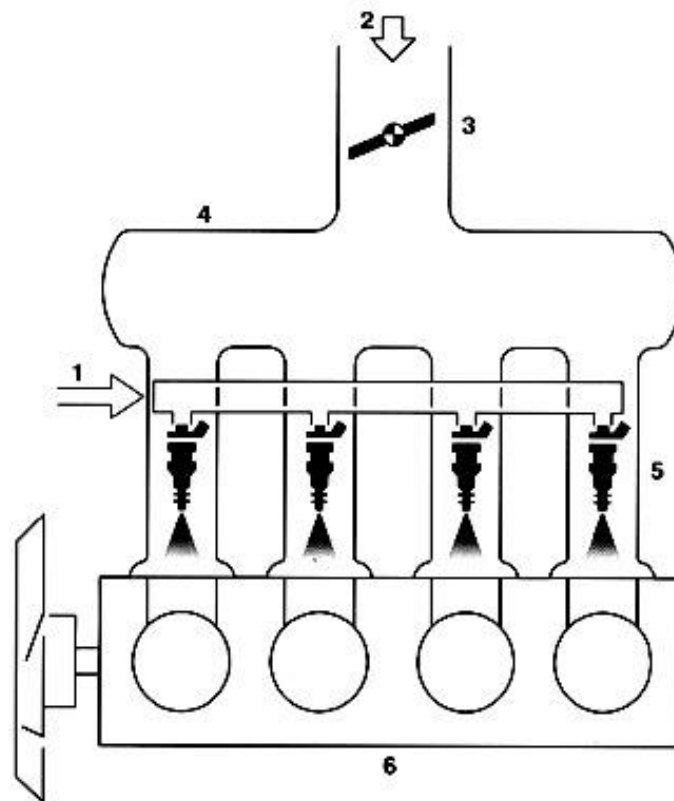
## Formiranje smjese kod oto motora

- **Ubrizgavanje goriva u usisnu granu**

Ubrizgavanje goriva u sabirni dio usisne cijevi (SPI)



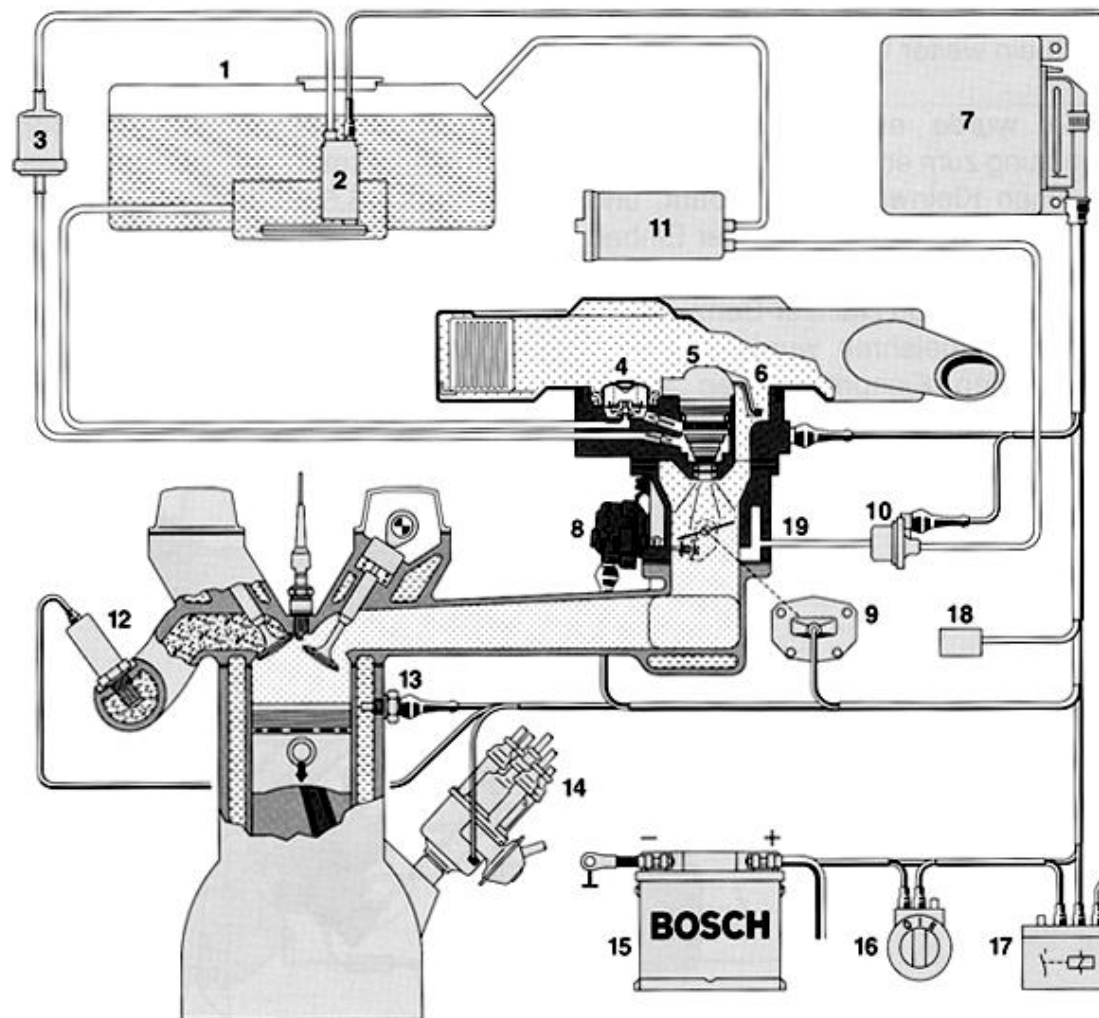
Ubrizgavanje goriva neposredno ispred usisnog ventila svakog cilindra (MPI)





## Formiranje smjese kod oto motora

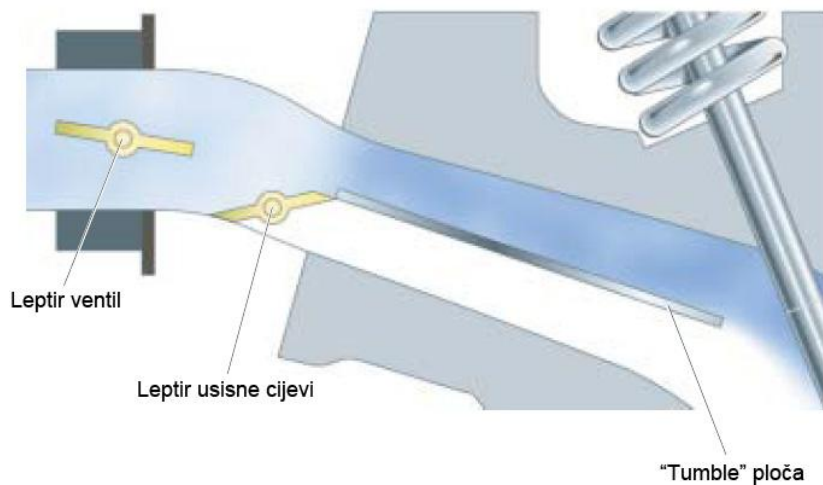
- Funkcionalna šema ubrizgavanja lakog goriva – Mono Jetronic



## Formiranje smjese kod oto motora

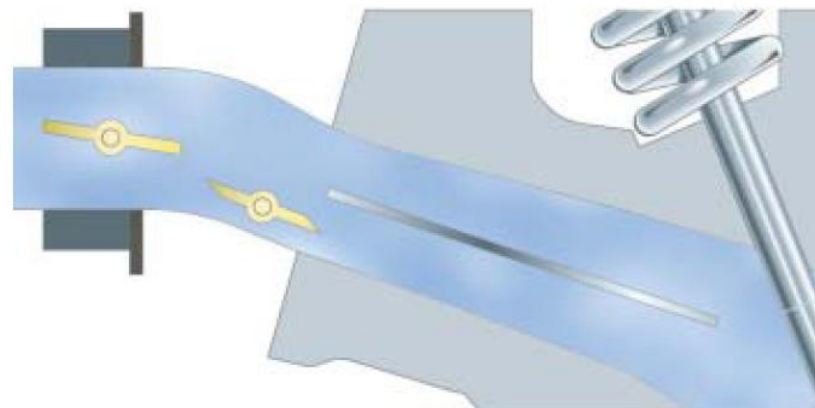
- **Ubrizgavanje goriva u cilindar**

- **Rad sa homogenom smjesom i slojevitim punjenjem radnog prostora**
  - Usisni vod



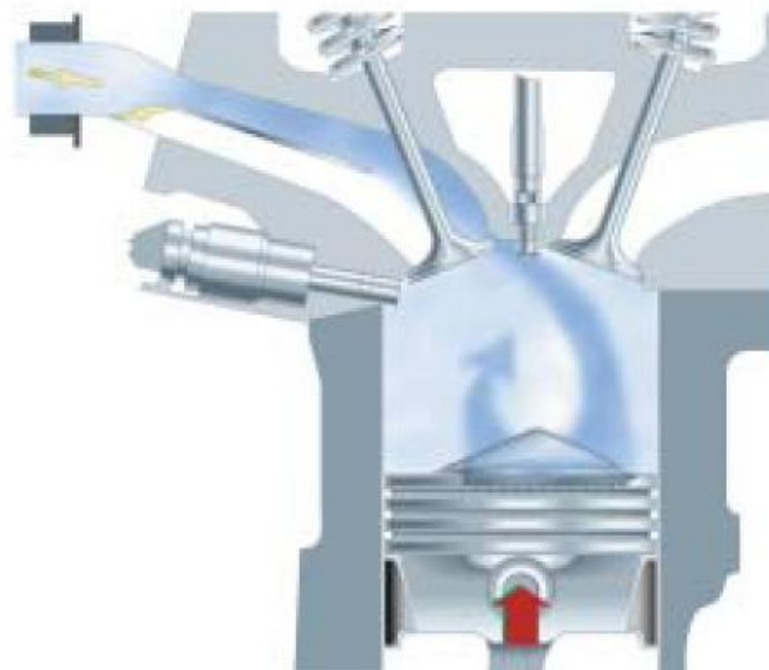
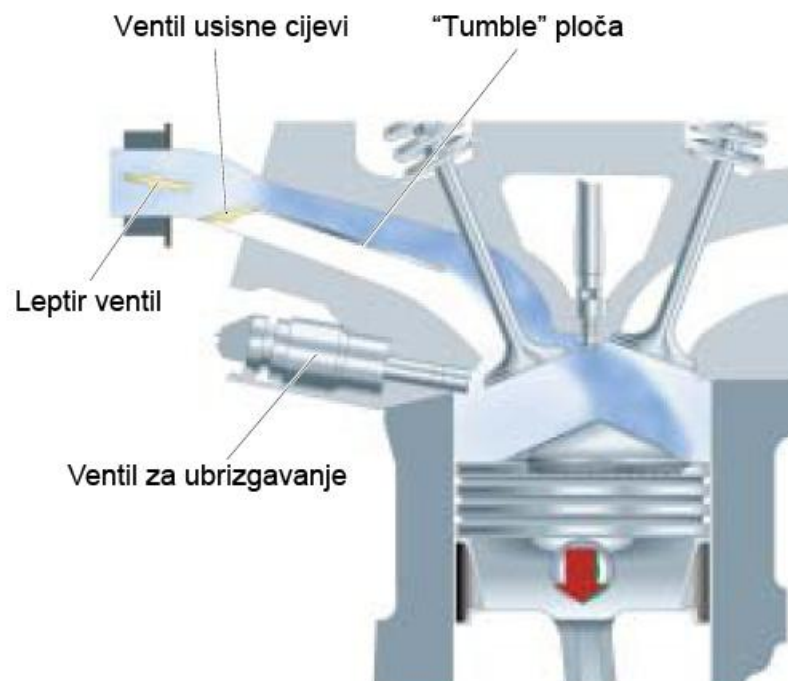
Homogeno punjenje

Slojevito punjenje



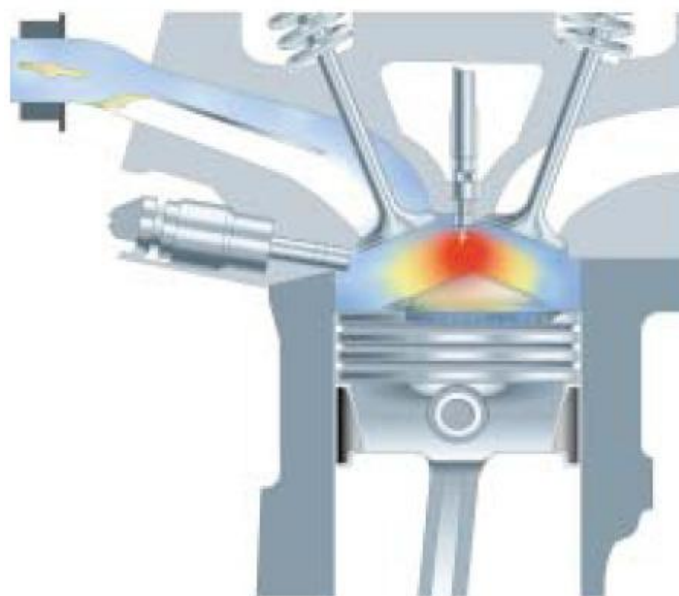
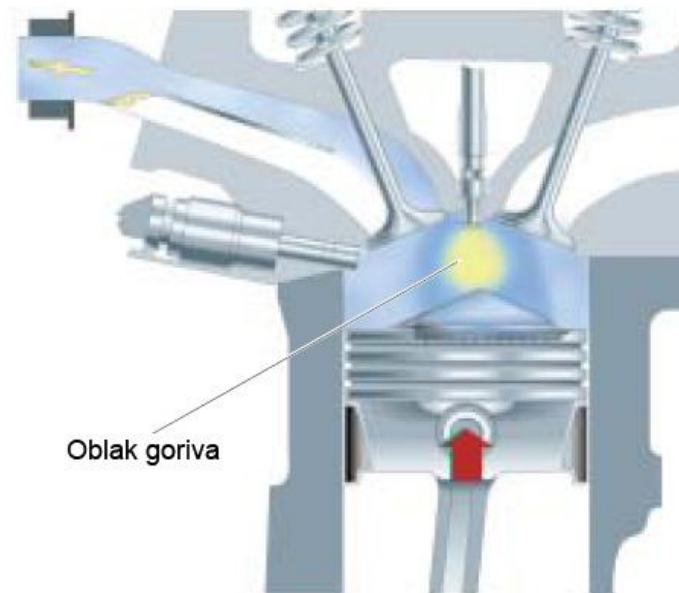
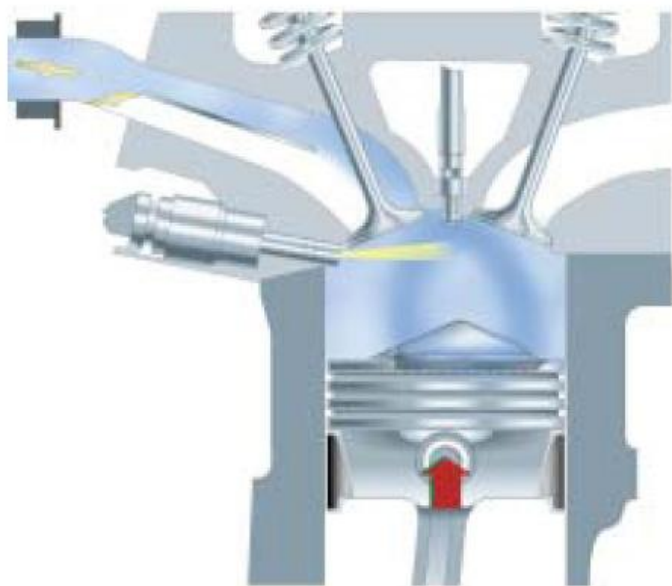
## Formiranje smjese kod oto motora

- **Ubrizgavanje goriva u cilindar**
  - **Slojevito punjenje radnog prostora**
    - Uvođenje vazduha



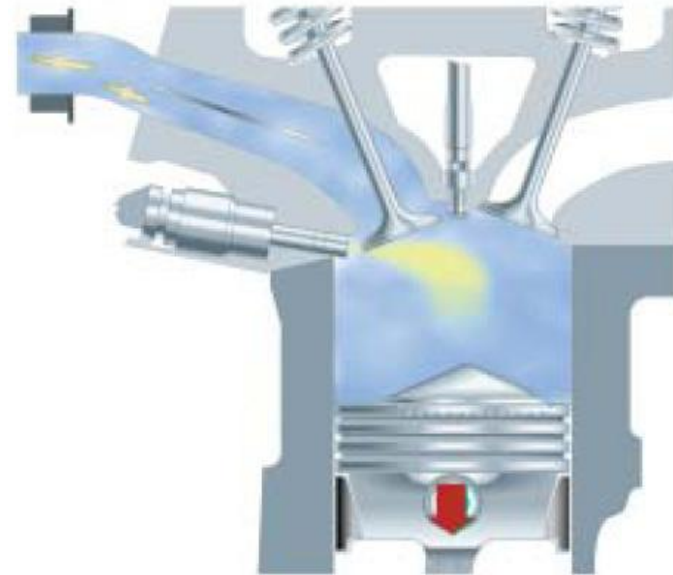
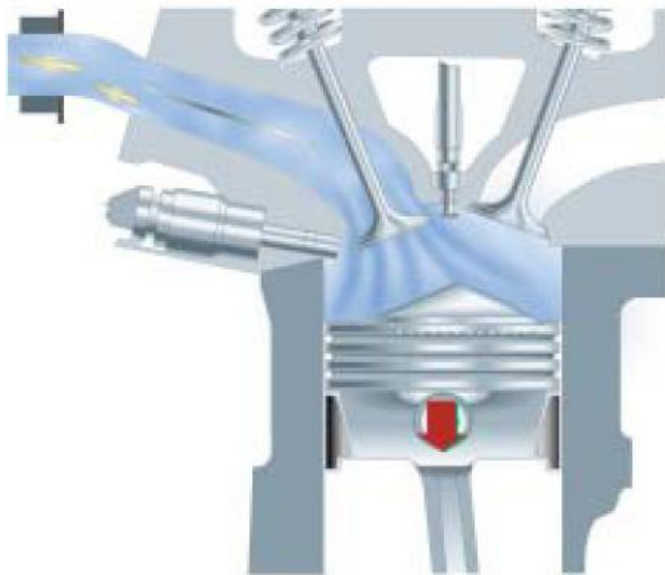
## Formiranje smjese kod oto motora

- **Ubrizgavanje goriva u cilindar**
  - **Slojevito punjenje radnog prostora**
    - Uvođenje goriva i miješanje



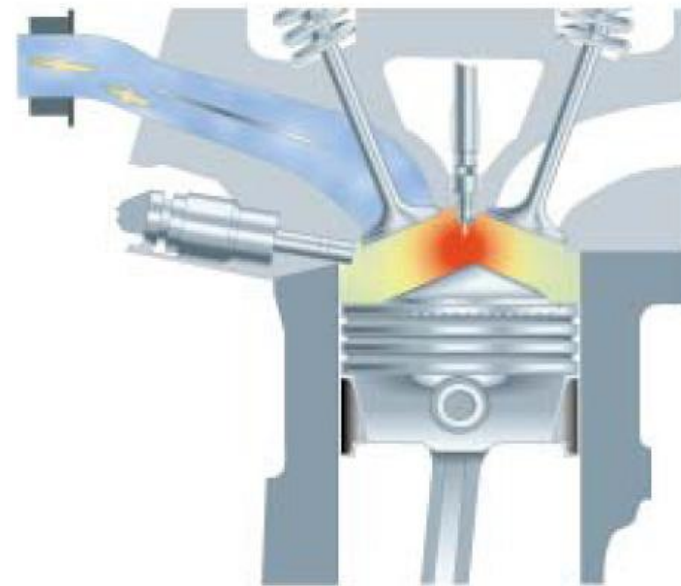
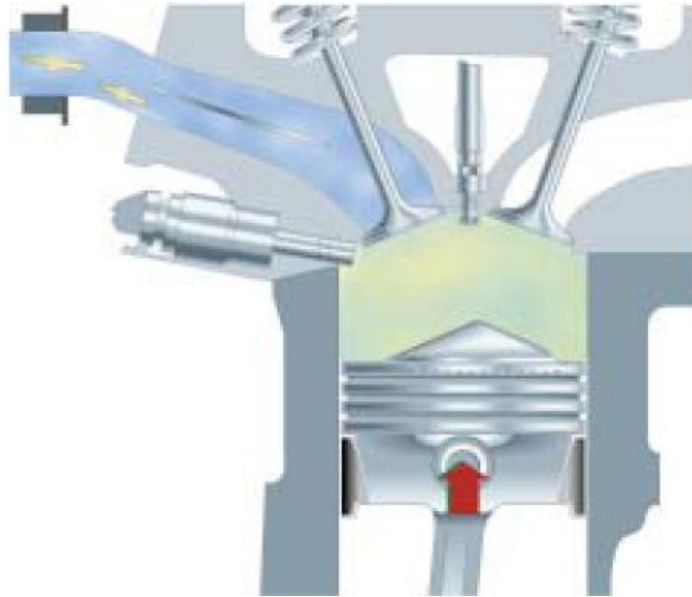
## Formiranje smjese kod oto motora

- **Ubrizgavanje goriva u cilindar**
  - **Homogena mješavina**
    - Uvođenje vazduha i ubrizgavanje goriva



## Formiranje smjese kod oto motora

- **Ubrizgavanje goriva u cilindar**
  - **Homogena mješavina**
    - Miješanje vazduha i goriva i zapaljenje mješavine

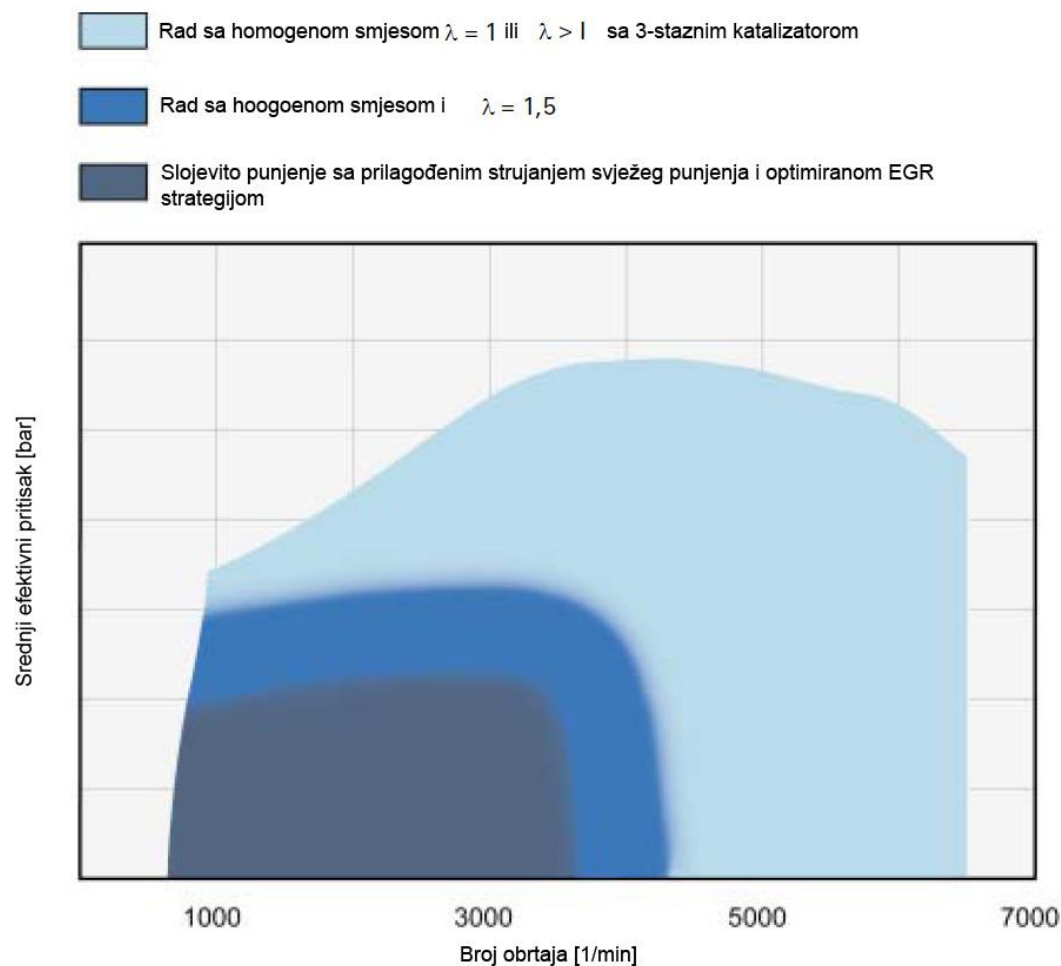




## Formiranje smjese kod oto motora

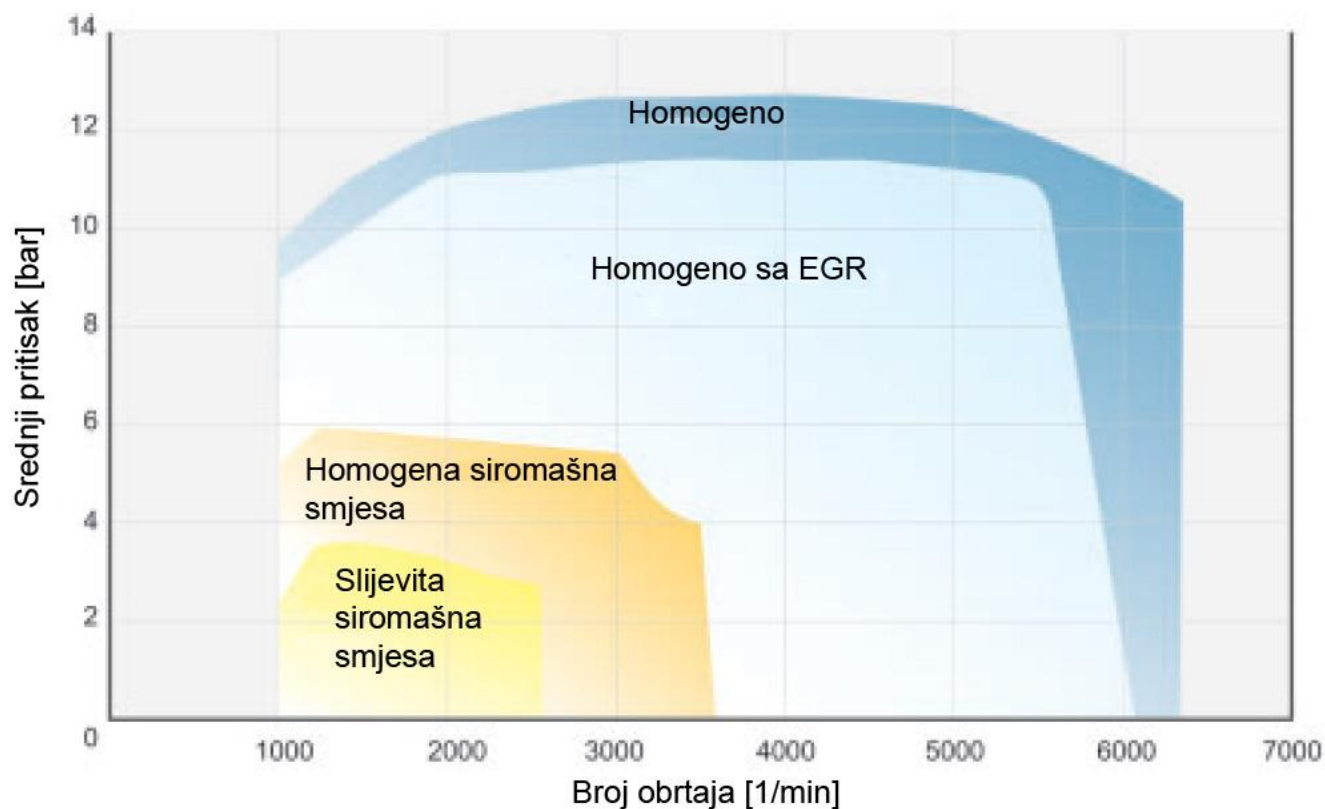
- **Ubrizgavanje goriva u cilindar**

- Menadžment dobave goriva



## Formiranje smjese kod oto motora

- **Ubrizgavanje goriva u cilindar**
  - Menadžment dobave goriva



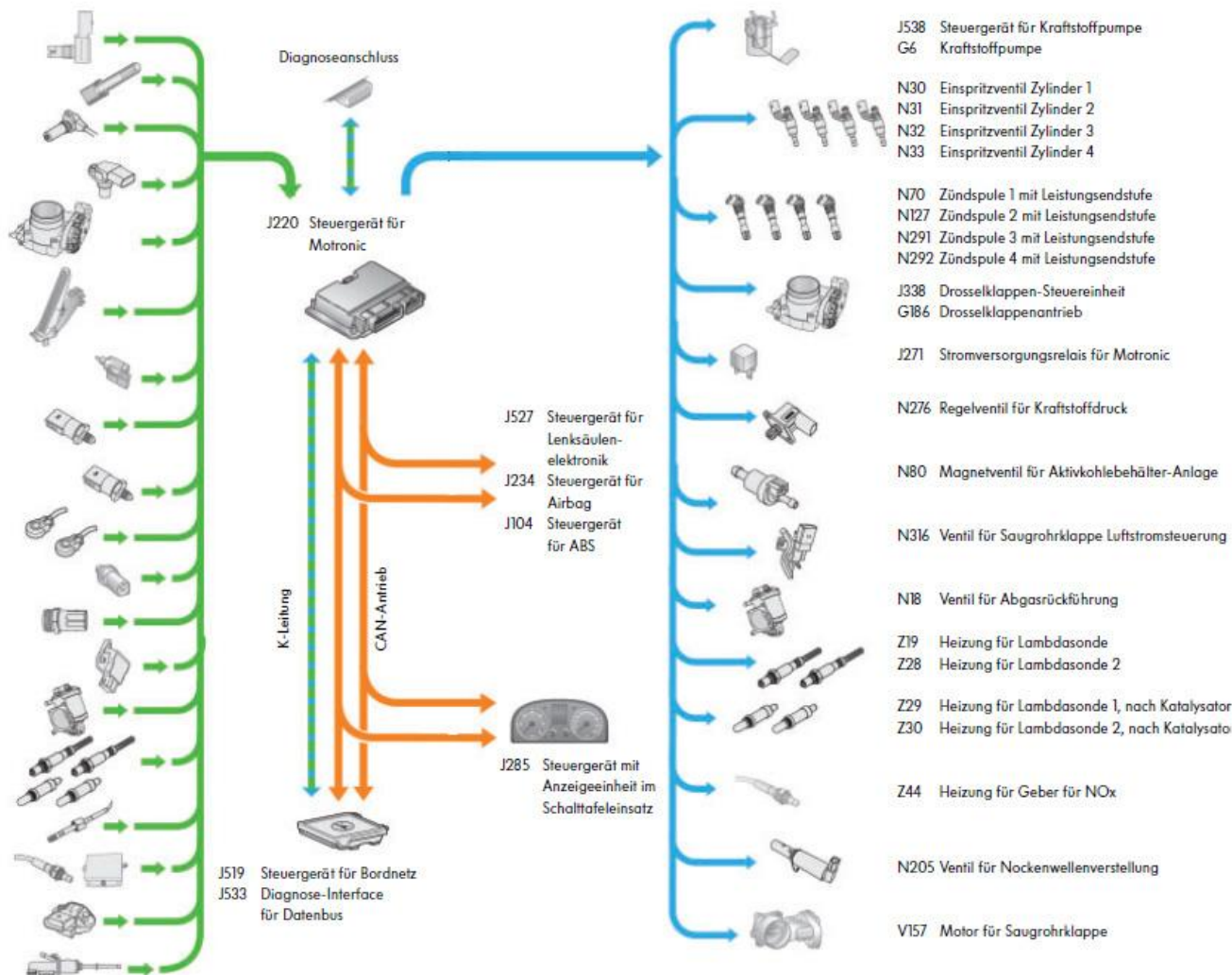


# Formiranje smjese kod oto motora

## • Ubrizgavanje goriva u cilindar - *Menadžment*

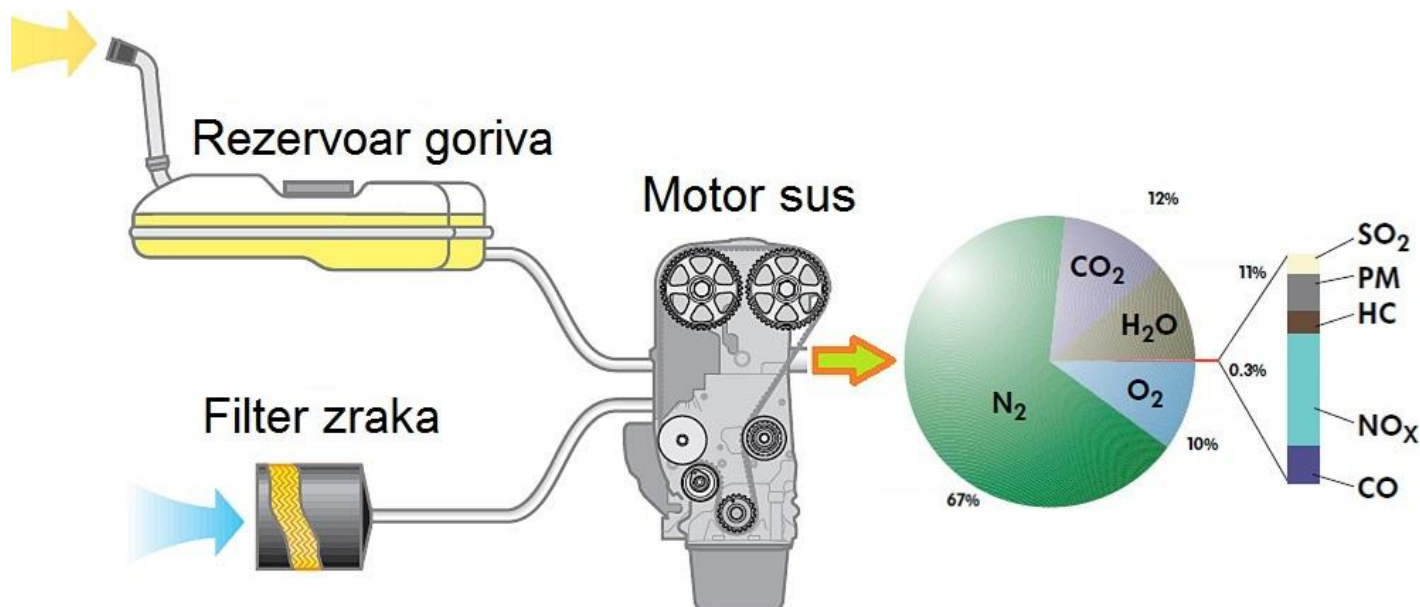
### Systemübersicht

- G71 Geber für Saugrohrdruck
- G42 Geber für Ansauglufttemperatur
- G299 Geber 2 für Ansauglufttemperatur
- G28 Geber für Motordrehzahl
- G40 Hallgeber
- J338 Drosselklappen-Steuereinheit
- G187 Winkelgeber 1 für Drosselklappenantrieb
- G188 Winkelgeber 2 für Drosselklappenantrieb
- G79 Geber für Gaspedalstellung
- G185 Geber -2- für Gaspedalstellung
- F Bremslichtschalter
- F47 Bremspedalschalter für GRA
- G247 Geber für Kraftstoffdruck, Hochdruck
- G410 Geber für Kraftstoffdruck, Niederdruck
- G61 Klopfsensor
- G66 Klopfsensor -2-
- G62 Geber für Kühlmitteltemperatur
- G83 Geber für Kühlmitteltemperatur - Kühlerausgang
- G336 Potentiometer für Saugrohrklappe
- G212 Potentiometer für Abgasrückführung
- G39 Lambdasonde
- G108 Lambdasonde II
- G130 Lambdasonde nach Katalysator
- G131 Lambdasonde II nach Katalysator
- G235 Geber für Abgastemperatur
- G295 Geber für NOx
- J583 Steuergerät für NOx-Sensor
- G294 Drucksensor für Bremskraftverstärkung
- G476 Geber für Kupplungsposition



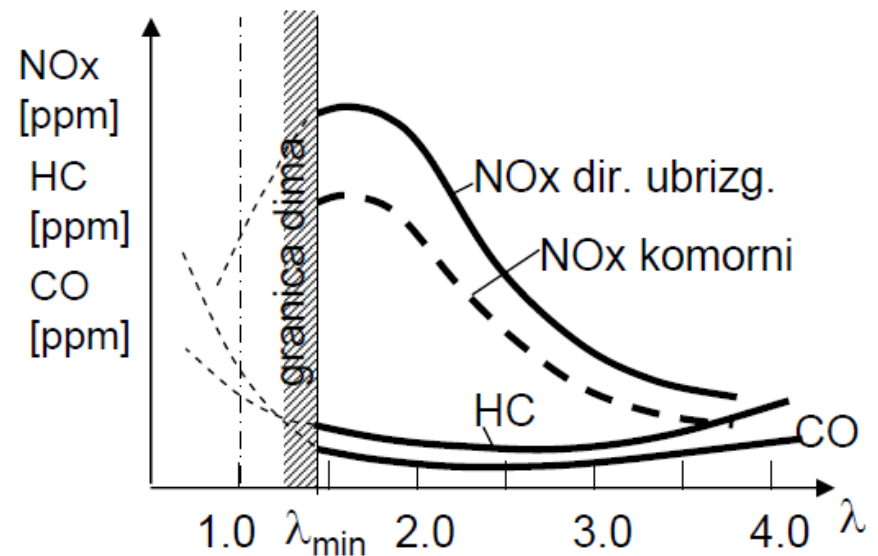
## Sastav izduvnih gasova kod diesel motora

- Kada bi se u motorima odvijalo potpuno sagorijevanje rezultat takvog rada bio bi samo direktno **neškodljivi ugljendioksid ( $\text{CO}_2$ )**, **vodena para ( $\text{H}_2\text{O}$ )**, **azot ( $\text{N}_2$ )** i **kisik ( $\text{O}_2$ )**.
- U sastav izduvnih gasova dizel motora ulaze i **ugljenmonoksid ( $\text{CO}$ )**, **azotni oksidi ( $\text{NO}_x$ )**, **nesagorjeli ugljikovodonici ( $\text{HC}$ )**, **sumpordioksid ( $\text{SO}_2$ )** i **čvrste čestice ( $\text{PM}$  – Particulate matter)** koji se smatraju „štetnim“ gasovima.



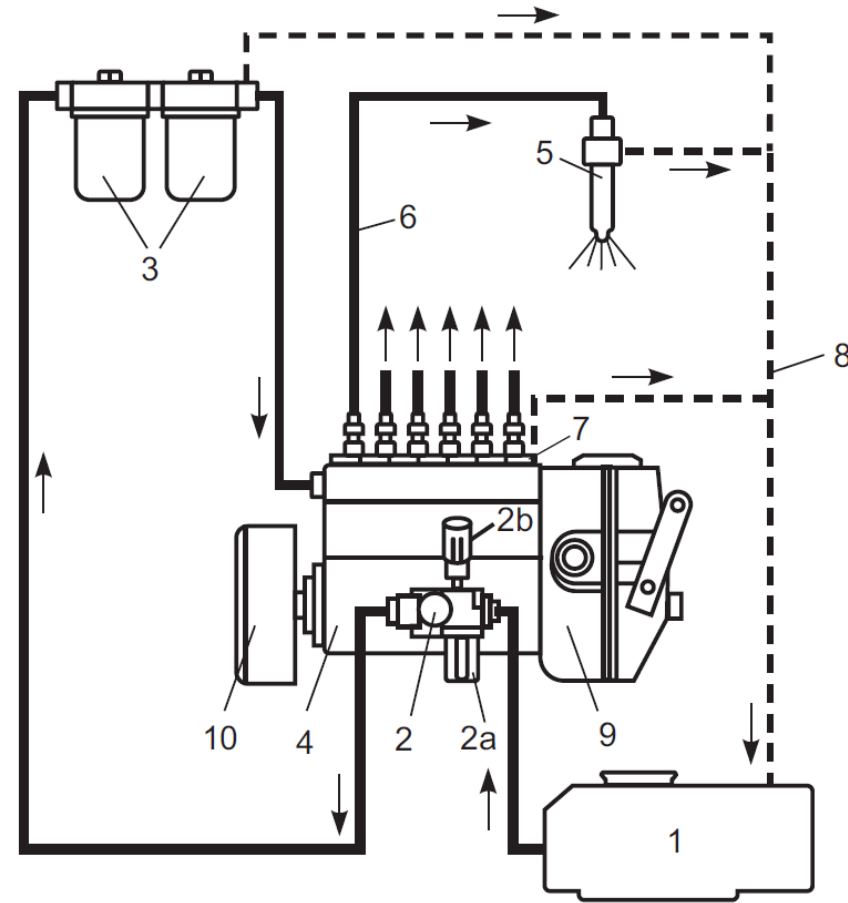
## Sastav izduvnih gasova kod dizel motora

- Kod dizel motora **promjena sastava smjese** ujedno predstavlja i **promjenu opterećenja**.
- Pri punom opterećenju sastav smjese je na granici dima ( $\lambda_{\min}$ ), a pri niskom opterećenju smjesa je vrlo siromašna.
- Oko 0,3% od ukupnih izd. gasova predstavlja „štetne“ gasove za zdravlje čovjeka i životnu sredinu.
  - Ugljenmonoksid (CO),
  - nesagorjeli ugljikovodonici (HC) i
  - azotni oksidi ( $\text{NO}_x$ ).
- Veliki problem dizel motora jeste emisija **čvrstih čestica (PT)**!



## Formiranje smjese kod dizel motora

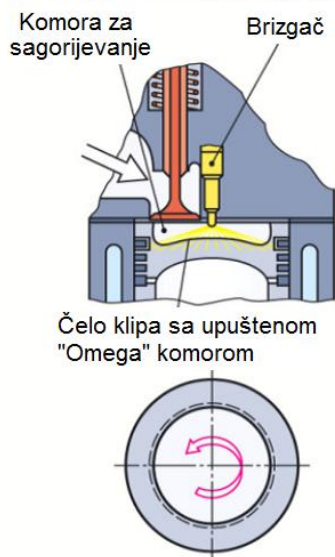
- Način rada dizel motora temelji se na samopaljenju goriva ubrizganog u sabijeni zrak u prostoru za sagorijevanje.
- U vrlo kratkom vremenu potrebno je ubrizgati potrebnu količinu goriva, izmiješati je sa zrakom, te postići da se cijela smjesa pravovremeno zapali.
- Nemoguće je postići ravnomjernost miješanja goriva i zraka koja bi obezbijedila potpuno sagorijevanje ubrizganog goriva u stehiometrijskoj količini zraka ( $\lambda_z=1$ ).



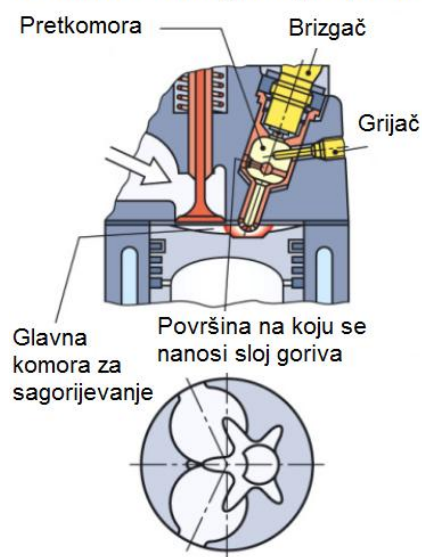
## Formiranje smjese kod dizel motora

- Prema prostorima u kojima se priprema goriva smjesa kod dizel motora, razlikuju se dva načina ubrizgavanja:
  - **Direktno ubrizgavanje**, slika a)
  - **Indirektno ubrizgavanje**
    - sa pretkomorom, slika b)
    - sa vihornom komorom, slika c)

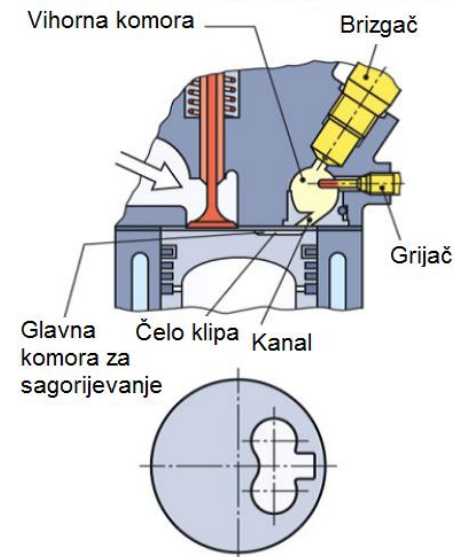
### Direktno ubrizgavanje goriva



### Indirektno ubrizgavanje - pretkomora

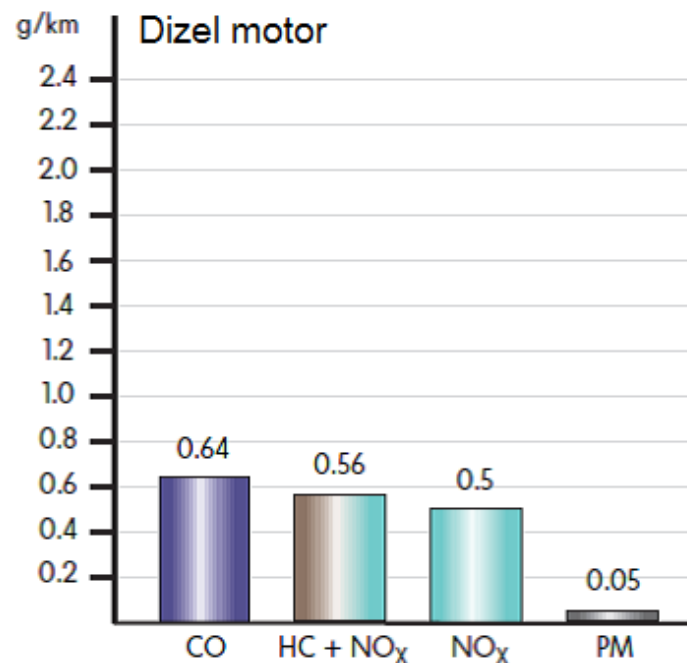
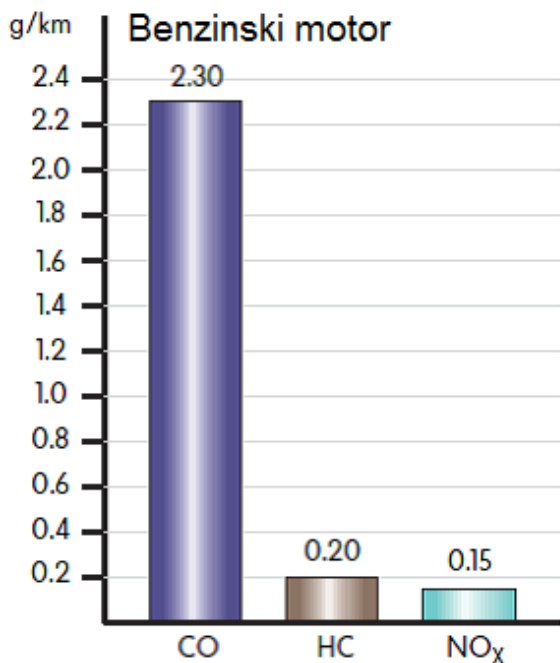


### Indirektno ubrizgavanje - vihorna komora



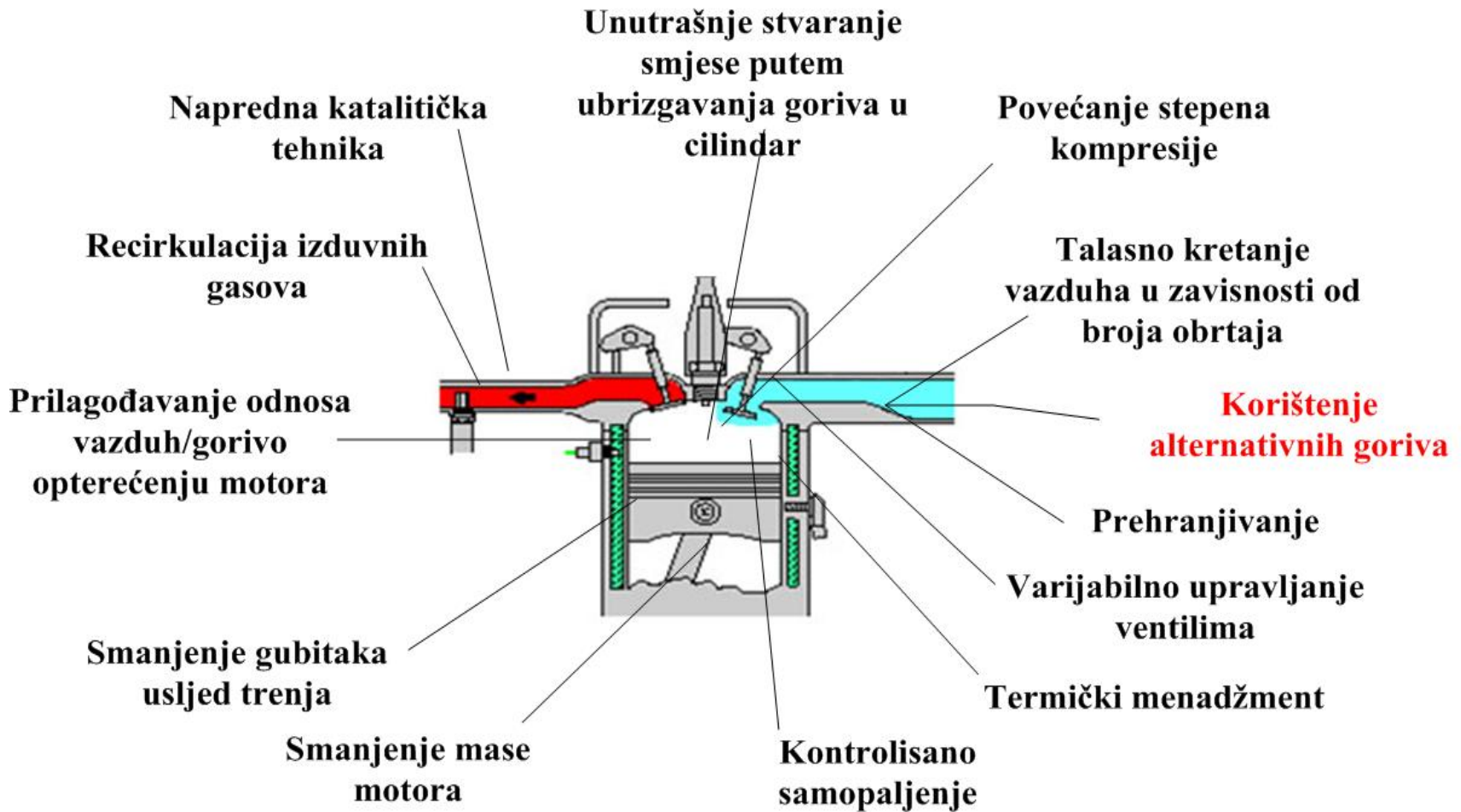
## Poređenje kritičnih komponenti u sastavu izduvnih gasova oto i diesel motora

- Ako bi se posmatrali samo „štetni“ gasovi nastali sagorijevanjem u prosječnom dizel i oto motoru, dolazi se do zaključka:
  - dizelski motor u atmosferu ispušta više azotnih oksida ( $\text{NO}_x$ ),
  - u odnosu na benzinski motor znatno je povećana koncentracija vidljivih čvrstih čestica (PM),
  - relativna koncentracija ugljenmonoksida (CO) i nesagorjelih ugljikovodonika (HC) je znatno veća kod benzinskih motora.



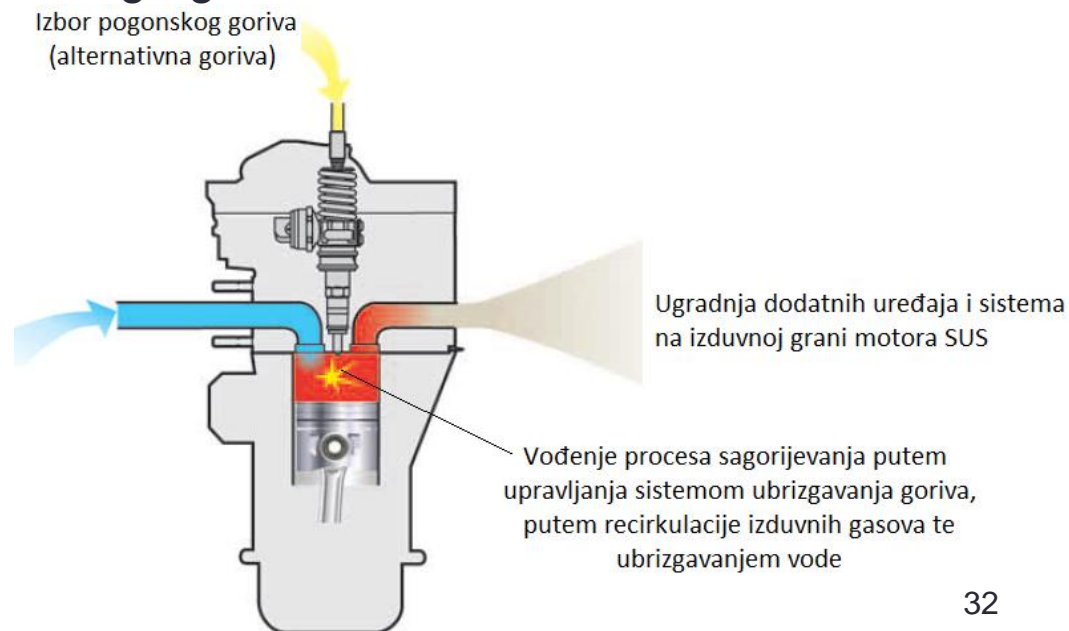


# Mogući pravci djelovanja na smanjenje emisije zagađujućih materija



## Mogući pravci djelovanja na smanjenje emisije zagađujućih materija

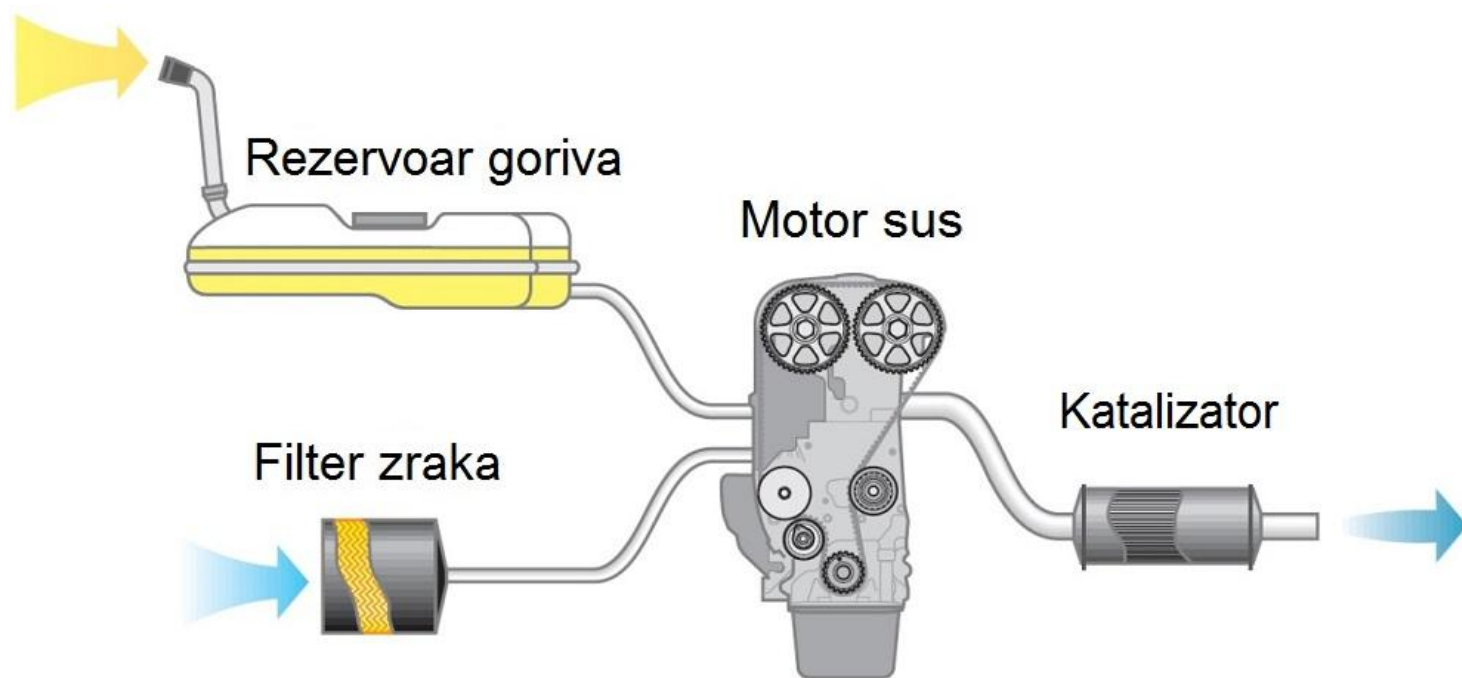
- Tehničko tehnološka poboljšanja na motoru (optimizacija procesa sagorijevanja, proces ubrizgavanja, elektronske kontrole, ...)
- Poboļjšani kvalitet goriva
- **Naknadna “obrada” izduvniĥ gasova**
- Optimiranje procesa između pojediniĥ agregata na vozilu
- Primjena alternativniĥ goriva
- Optimiranje tokova transporta, itd.





## Prečišćavanje izduvnih gasova

- Uređaji koji se postavljaju na izduvni sistem, u cilju smanjenja koncentracije emisije toksičnih komponenti u izduvnim gasovima motora SUS, općenito se nazivaju **katalizatorima**.

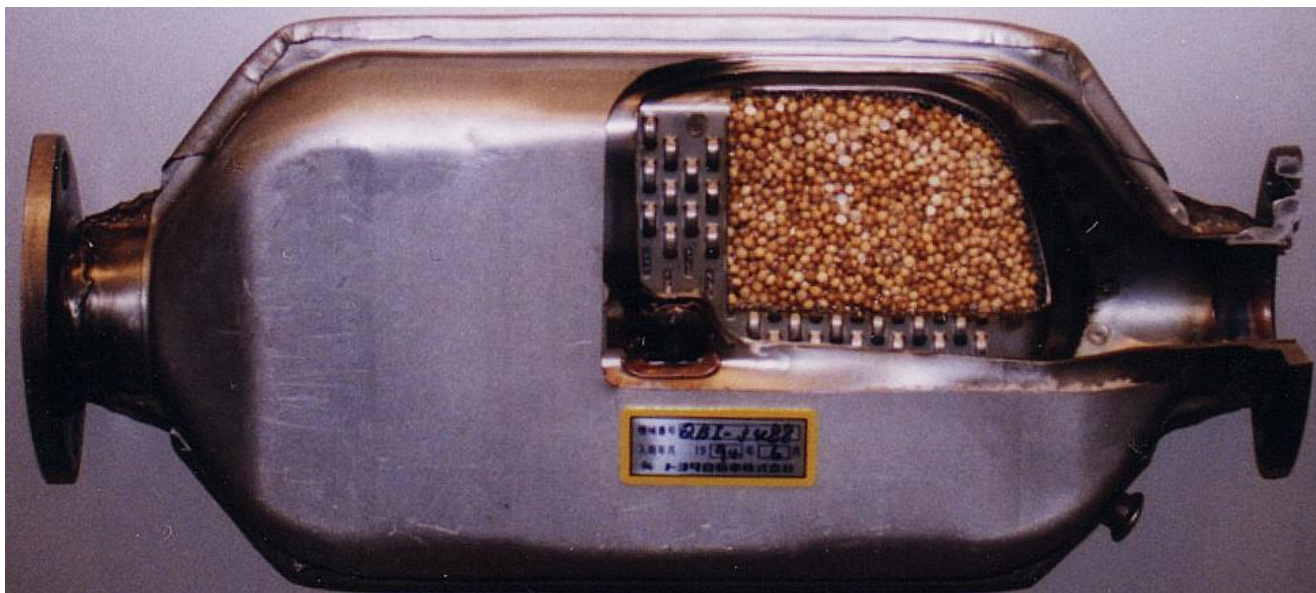
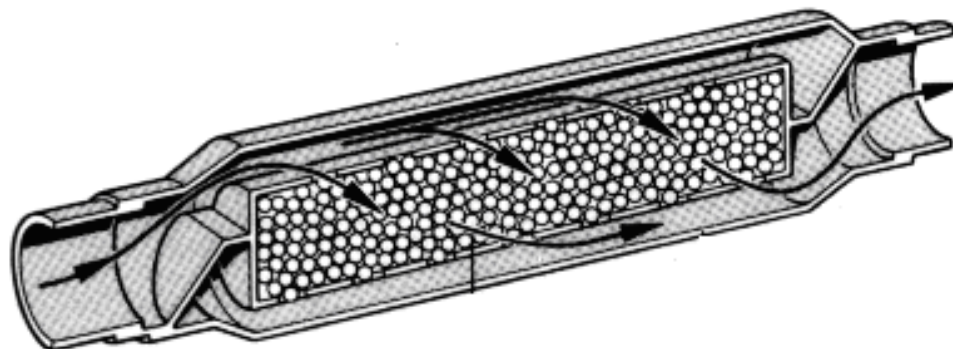


## Prečišćavanje izduvnih gasova

- Katalizatori se razlikuju međusobno prema
  - konstruktivnoj izvedbi,
  - prema osnovnom principu djelovanja,
  - prema namjeni, odnosno za redukciju koje toksične komponente su namijenjeni.
- U zavisnosti koja se hemijska reakcija odvija (koja se komponenta redukuje), sama konstrukcija redukcionih katalizatora može biti različita. Prema materijalu i obliku nosača katalitičkog sloja mogu se razlikovati:
  - katalizatori sa rastresitim (rasutim) jezgrom,
  - monolitni keramički katalizatori,
  - katalizatori sa metalnom folijom kao nosačem katalitičkog sloja.

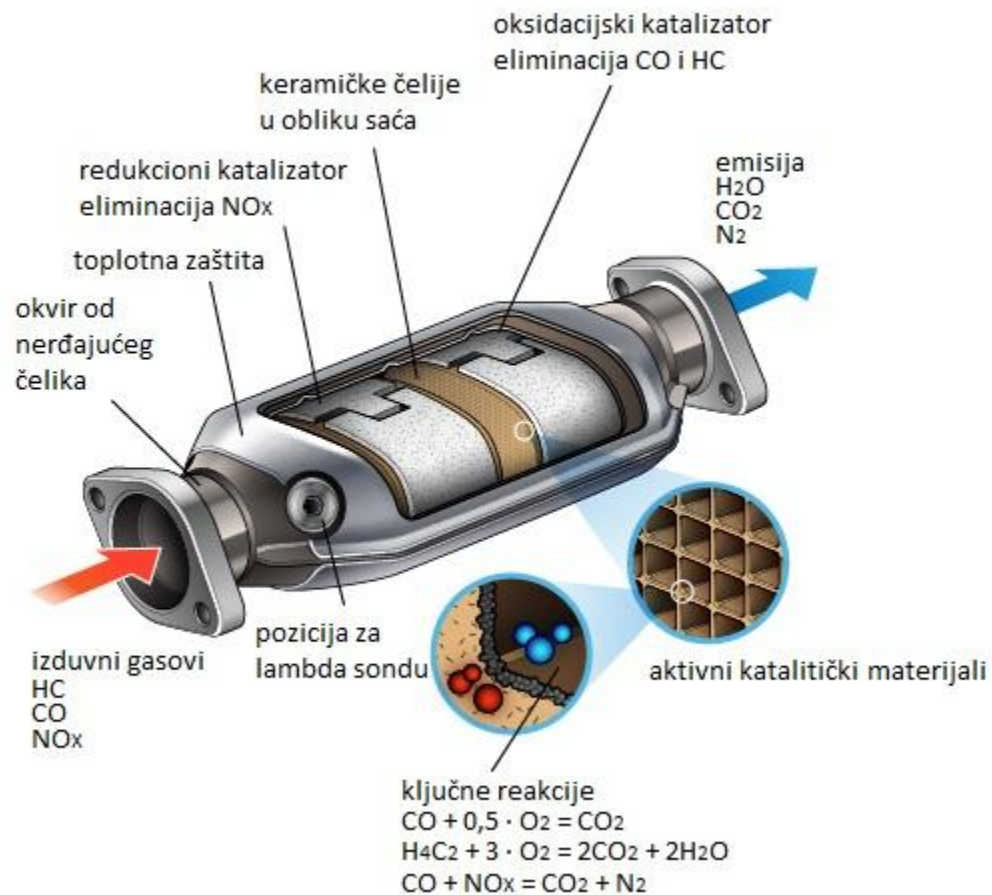
## Prečišćavanje izduvnih gasova

- Katalizator sa rasutom jezgrom



# Prečišćavanje izduvnih gasova

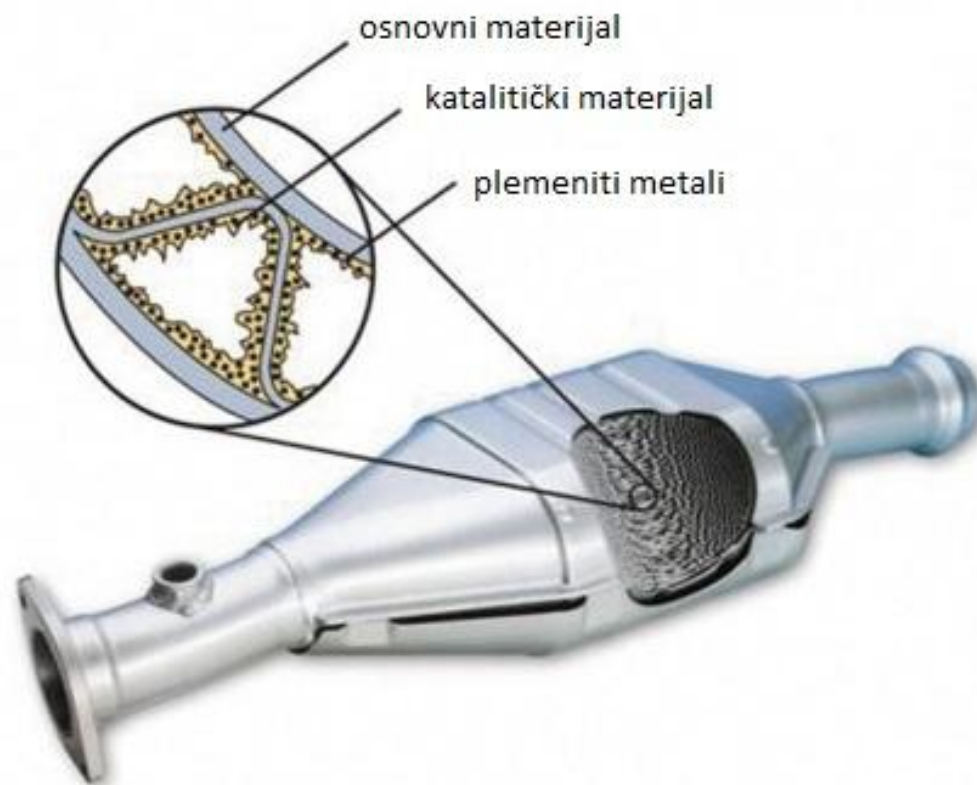
## • Monolitni keramički katalizator





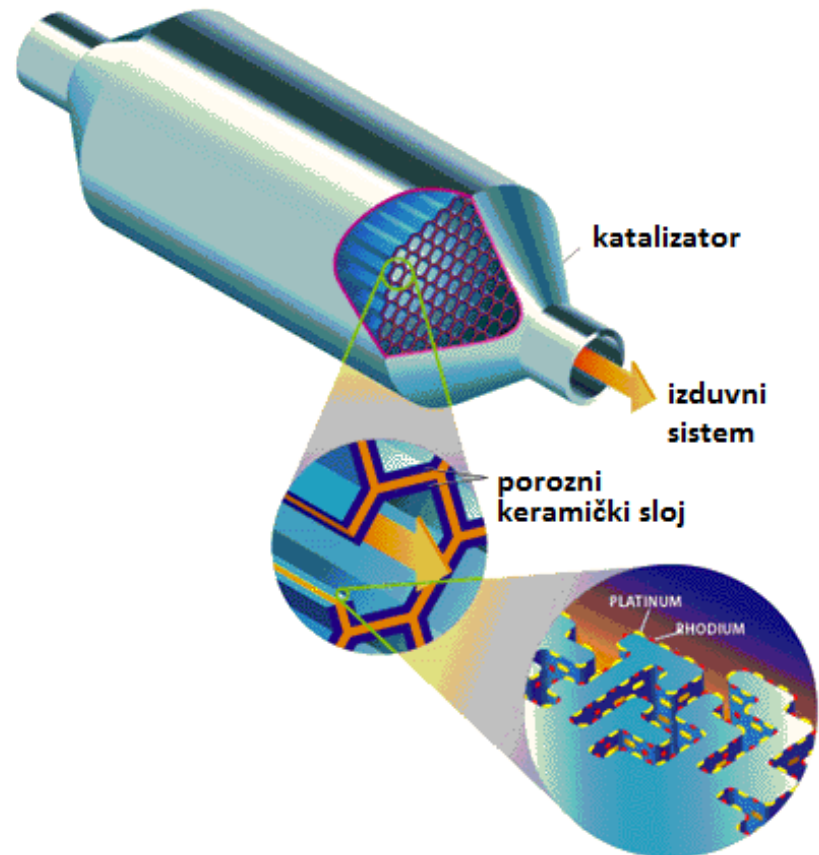
## Prečišćavanje izduvnih gasova

- Katalizator sa metalnom folijom



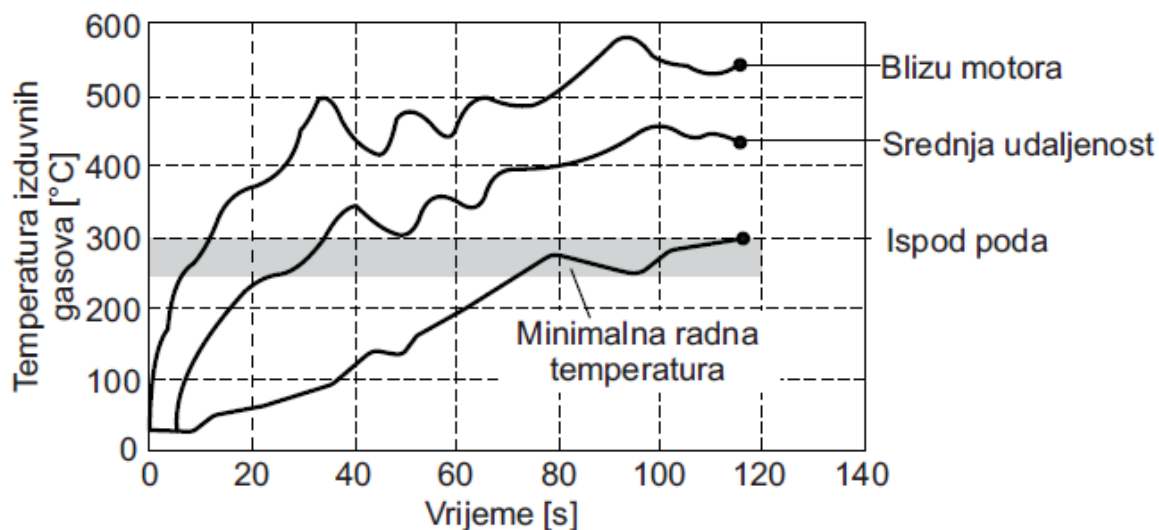
## Prečišćavanje izduvnih gasova

- **Katalizatori za oto motore – trostazni**
- Kritične toksične komponente u emisiji izduvnih gasova oto motora, čije su granične vrijedosti koncentracije ujedno zakonski regulisane, su **CO**, **HC** i **NO<sub>x</sub>**.
- Zbog svoje jako dobre efikasnosti da istovremeno redukuje **sve tri** prethodno pomenute komponente, kod oto motora se najčešće koriste tzv. **trostazni** (trokomponentni) **katalizatori**.
- Za izradu katalizatora najčešće se koriste Pt (platina), Pd (paladij) i Rh (rodij) kao katalitički materijali.



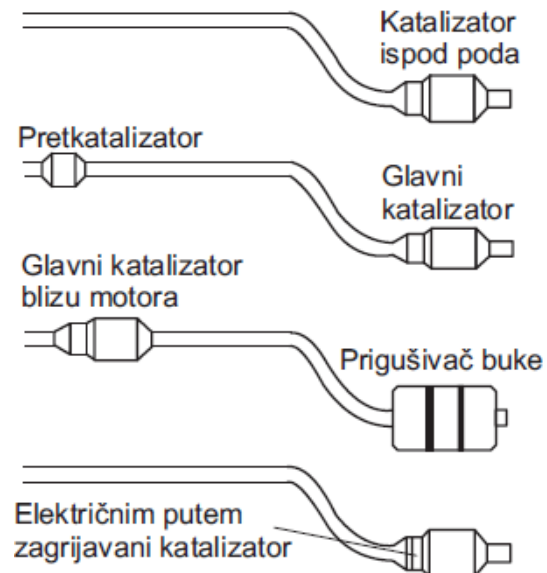
## Prečišćavanje izduvnih gasova

- **Katalizatori za oto motore**
- Da bi se mogla ostvariti redukcija željenih toksičnih komponenata u izduvnom gasu, neophodno je da katalizator dostigne svoju minimalnu radnu temperaturu koja iznosi **250 °C do 300 °C**.
- Čak do 80% od ukupne emisije toksičnih komponenti emituje u fazi procesa zagrijavanja.
- Što je veća udaljenost katalizatora od motora SUS vrijeme potrebno za dostizanje radne temperature katalizatora se povećava .



## Prečišćavanje izduvnih gasova

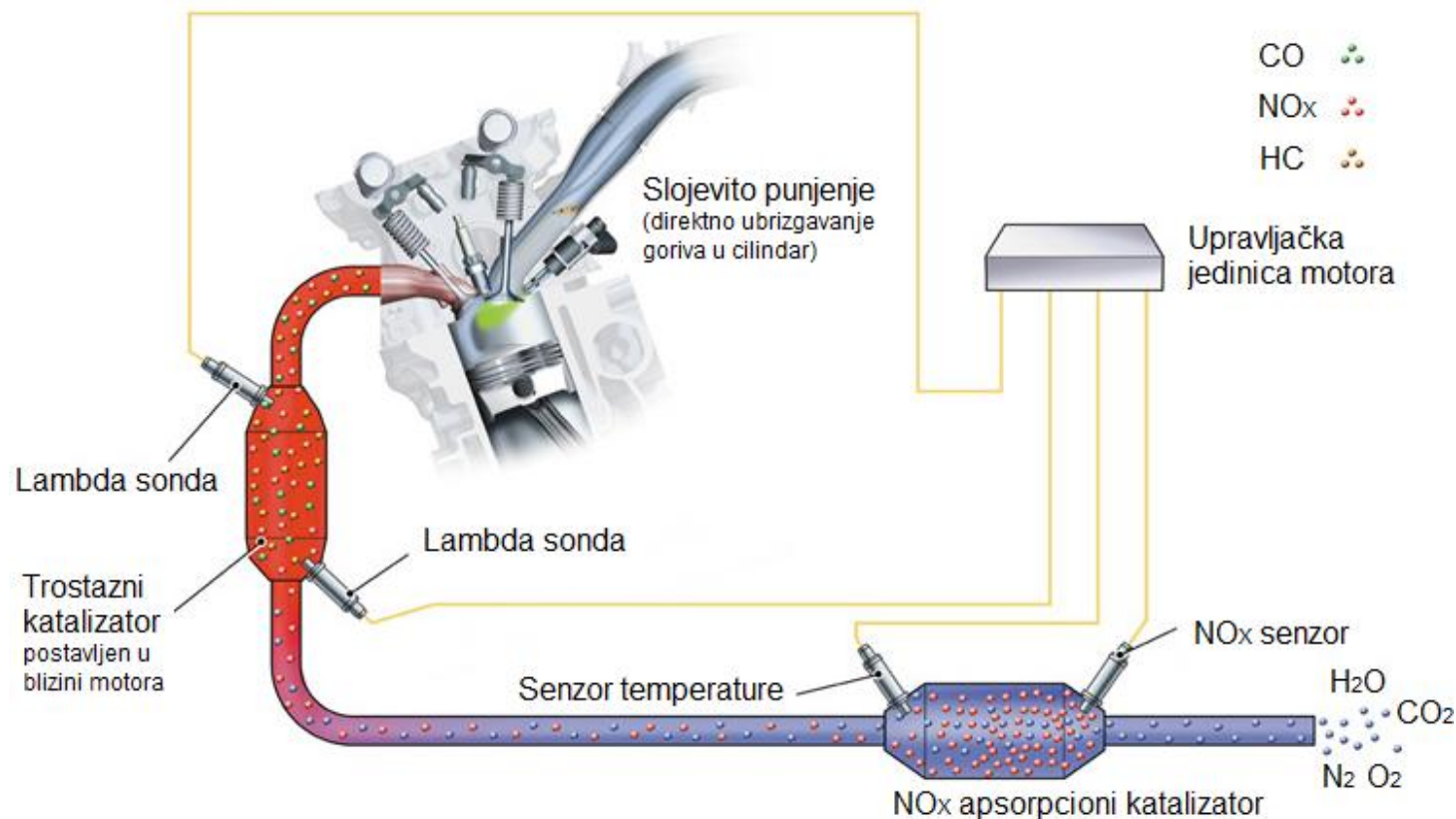
- **Katalizatori za oto motore**
- Optimalna radna temperatura katalizatora **400 °C - 800 °C**.
- Iznad 800 °C počinje termička degradacija (propadanje) katalizatora,
- Iznad 1000 °C, katalizator se potpuno uništava.





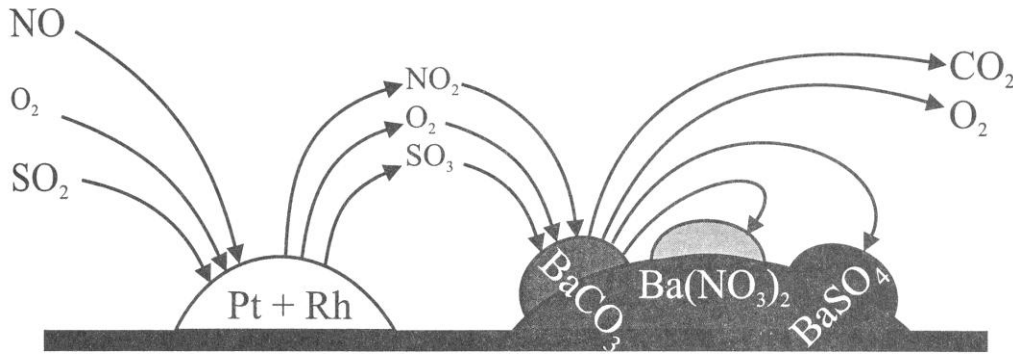
## Prečišćavanje izduvnih gasova

- **Katalizatori za oto motore sa direktnim ubrizgavanjem**
  - Akumulacioni NO<sub>x</sub> katalizator
  - Trostazni katalizator nije u mogućnosti da akumulira višak kisika i samim tim nije u mogućnosti izvršiti redukciju azotnih oksida (NO<sub>x</sub>).



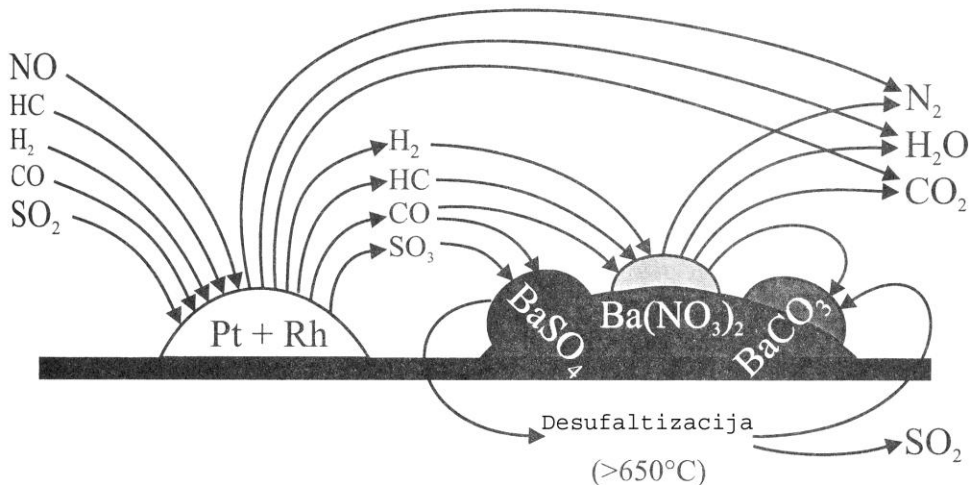
## Prečišćavanje izduvnih gasova

- **Katalizatori za oto motore sa direktnim ubrizgavanjem**
  - Akumulacioni NOx katalizator



### Faza akumulacije

Vezivanje NOx za jako alkalnu katalizacionu površinu

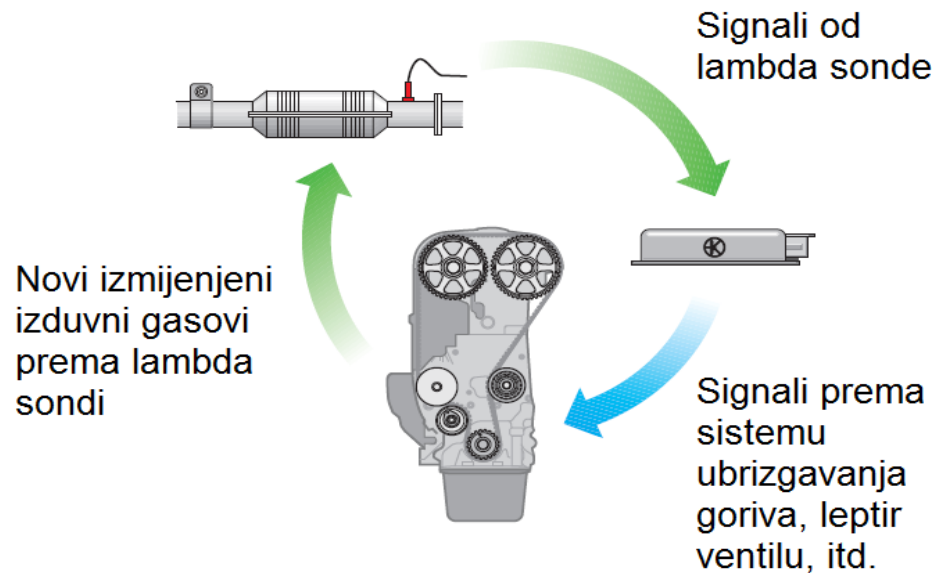


### Faza regeneracije

# Prečišćavanje izduvnih gasova

## • Lambda sonda

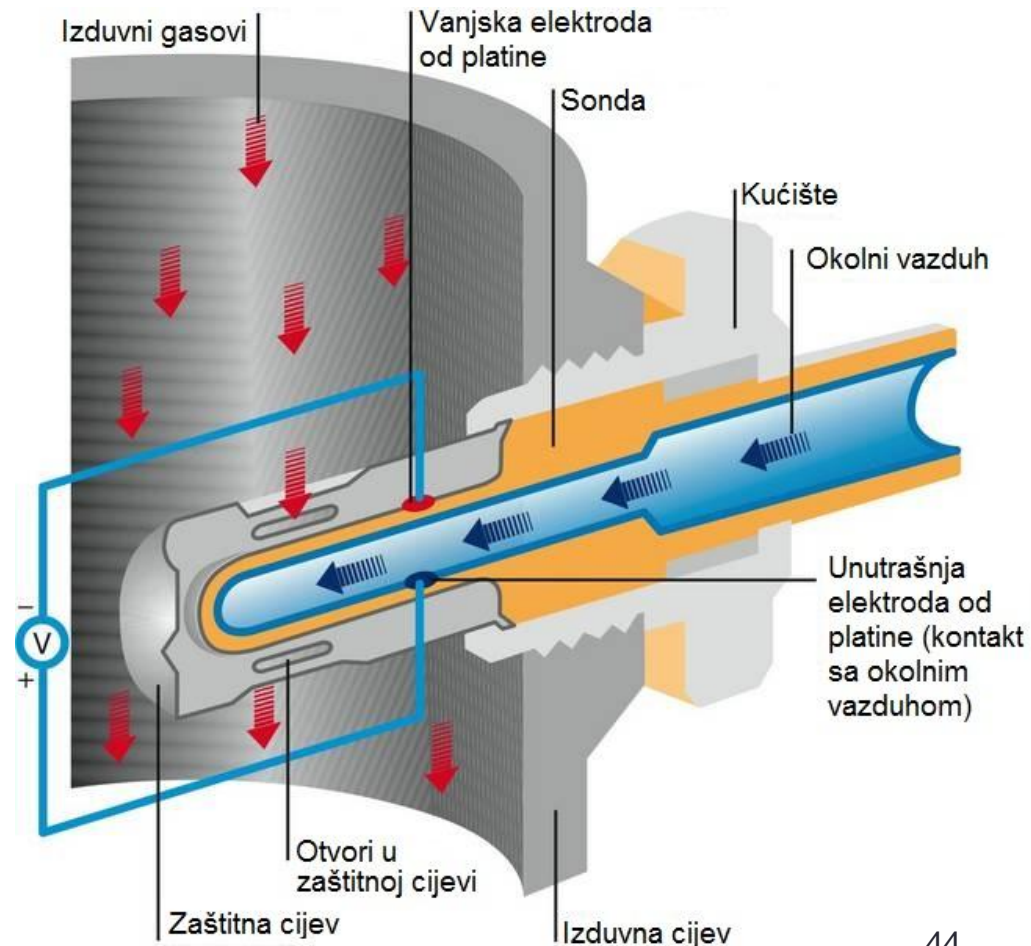
- Postavlja se u izduvnu granu.
- Prepoznaje odnos vazduha prethodnih radnih ciklusa, taj podatak šalje upravljačkoj jedinici koja upoređuje izmjerenu vrijednost sa referentnom vrijednosti.
- Zavisno od rezultata ovog poređenja, jedinica određuje da li je potrebno povećati ili smanjiti količinu ubrizganog goriva.
- Povratna petlja



## Prečišćavanje izduvnih gasova

### • Lambda sonda

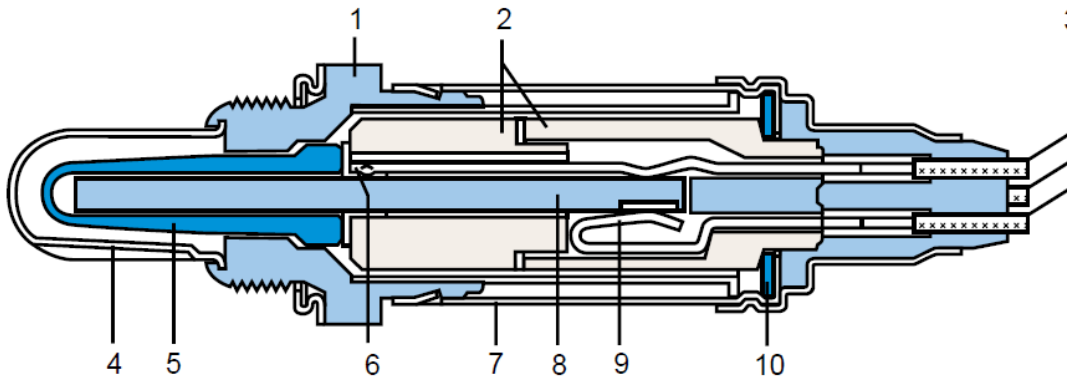
- Tijelo od keramike koja ne propušta gasove, na površini porozne elektrode od platine.
- Vanjski sloj elektrode u kontaktu sa izduvnim gasovima, unutrašnji sloj u kontaktu sa okolnim vazduhom.
- Keramički materijal ( $ZrO_2$ ) na temperaturi od oko  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  počinje da provodi jone kisika, kao rezultat nastaje električni napon između vanjskog i unutrašnjeg sloja sonde.
- Taj napon se vrednuje u upravljačkoj jedinici motora, kako bi se utvrdila vrijednost faktora vazduha – lambda.



# Prečišćavanje izduvnih gasova

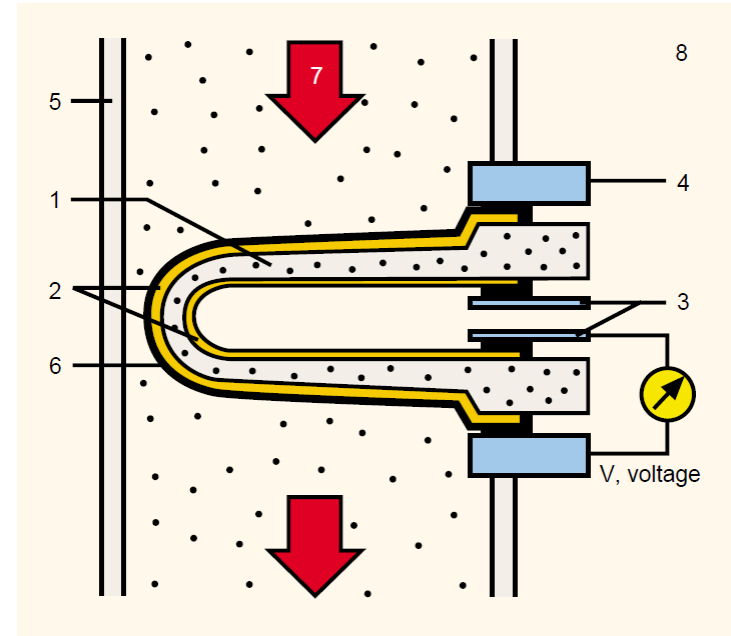
## • Lambda sonda

- Odskočna lambda sonda - konstrukcija i funkcija



- 1-specijalno kućište;
- 2-Keramička zaštitna cijev;
- 3-priključni vodovi;
- 4-Zaštitna cijev sa prorezima;
- 5-aktivna specijalna keramika;
- 6- kontaktni element;
- 7- zaštitna čahura;
- 8- grejni element;
- 9- Priključci za grejni element
- 10 – elastična podloška

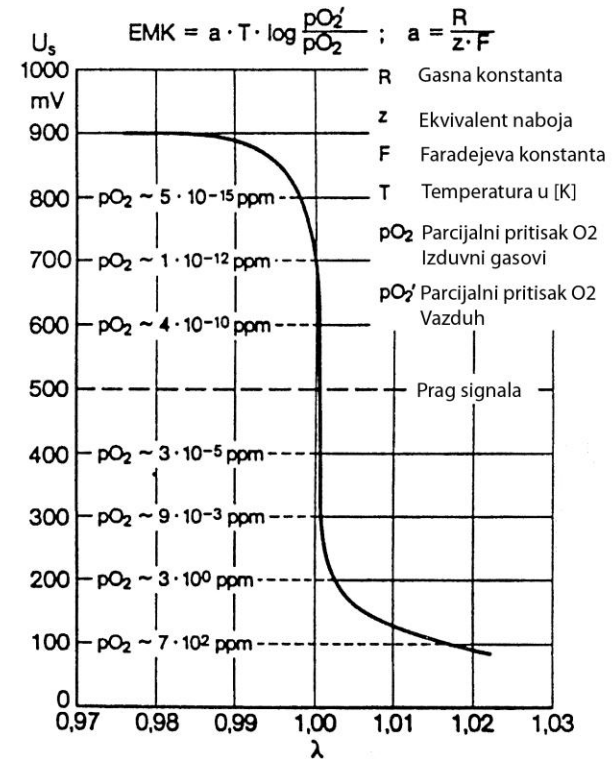
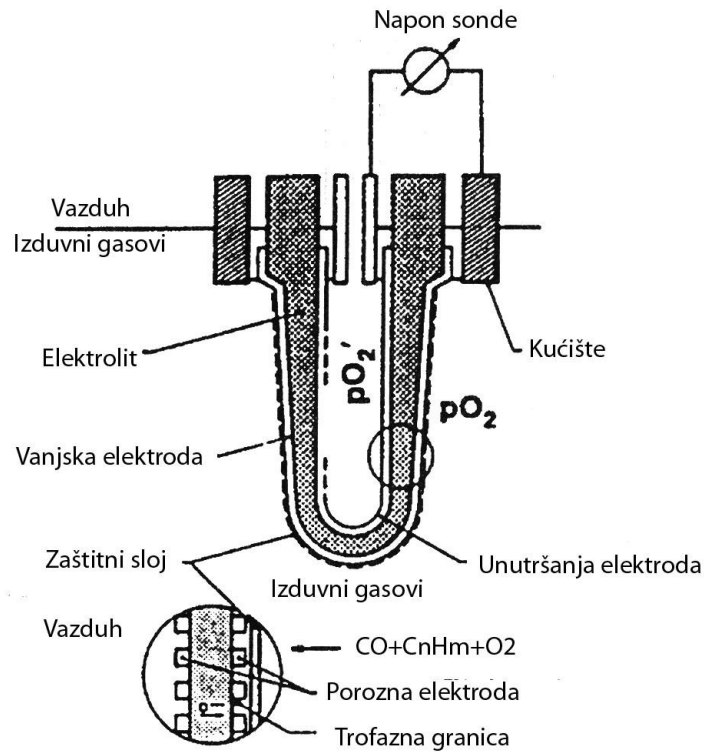
- 1- keramička obloga;
- 2-elektrode;
- 3-priključni vodovi;
- 4-pričvršćenje kućišta;
- 5-izduvna cijev;
- 6- keramički (porozni)zaštitni sloj
- 7- izduvni gasovi;
- 8- vazduh iz okoline;



# Prečišćavanje izduvnih gasova

## • Lambda sonda

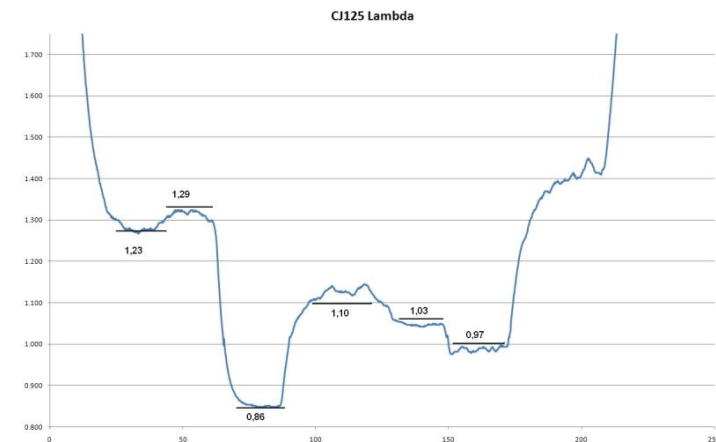
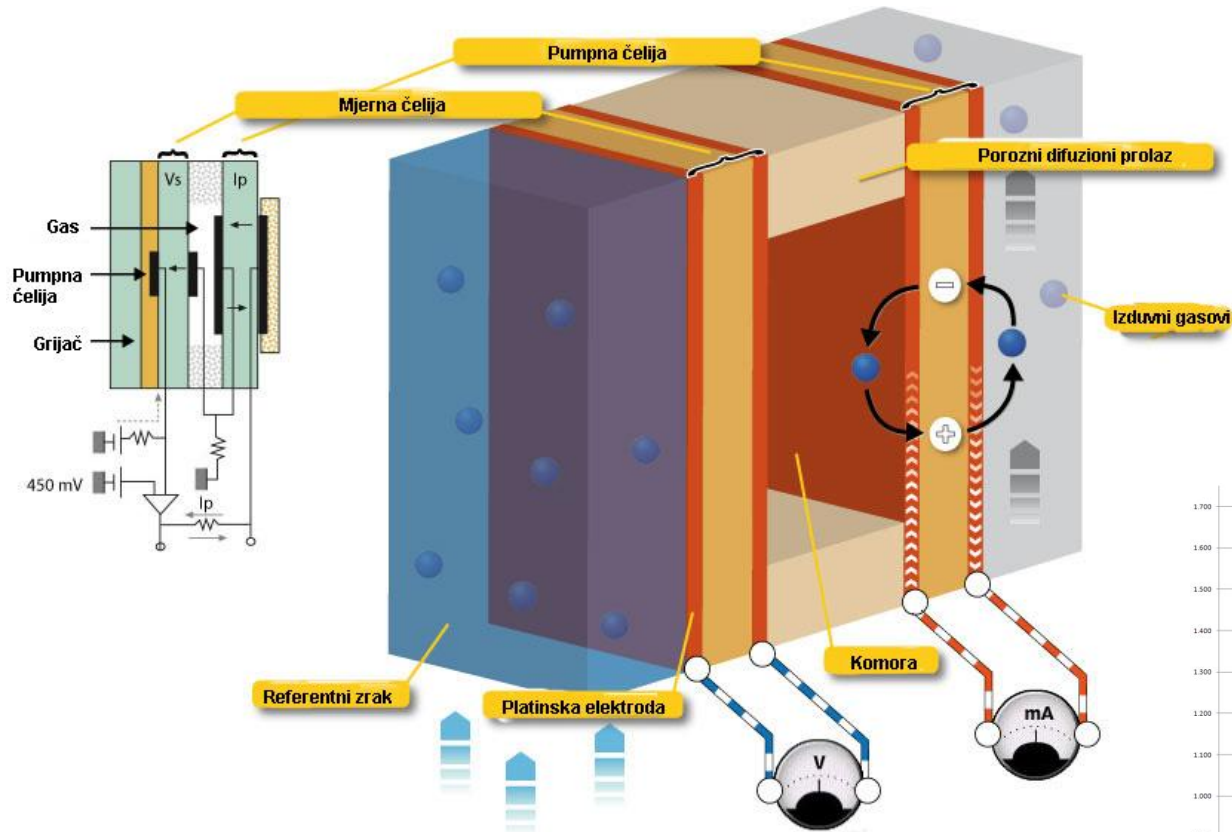
- Odskočna lambda sonda





# Prečišćavanje izduvnih gasova

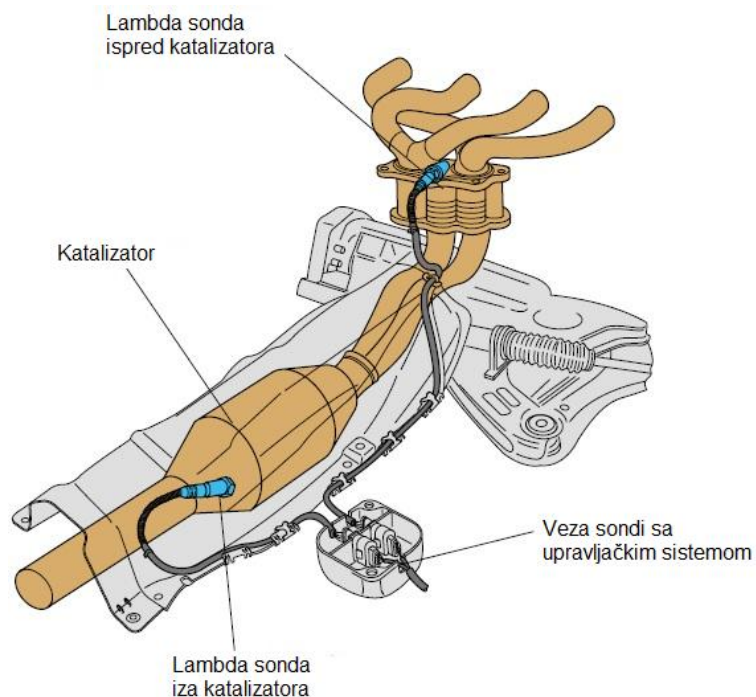
- **Lambda sonda**
  - Širokopojasna lambda sonda



## Prečišćavanje izduvnih gasova

### • Lambda sonda

- Kako bi se obezbijedila optimalna funkcija oksidacije i redukcije, ekvivalentni odnos vazduha mora kretati u uskim granicama oko stehiometrijske vrijednosti ( $\lambda_z=1$ ).
- Lambda sonda tek pri radnim temperaturama većim od 270 °C počinje da vrši svoju funkciju.
- Lambda sonde koje su postavljene u izduvnu granu iza katalizatora manje su sklone zaprljanju i oštećenjima.
- Danas se ugrađuju dvije lambda sonde u izduvnu granu, jedna prije (širokopojasna) i jedna poslije (odskočna) katalizatora. Sonda ugrađena poslije katalizatora služi za provjeru ispravnog funkcionisanja katalizatora.



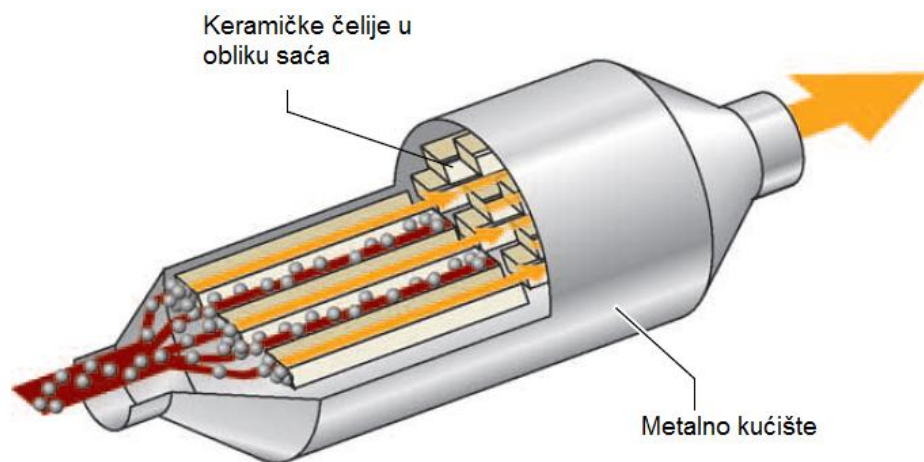
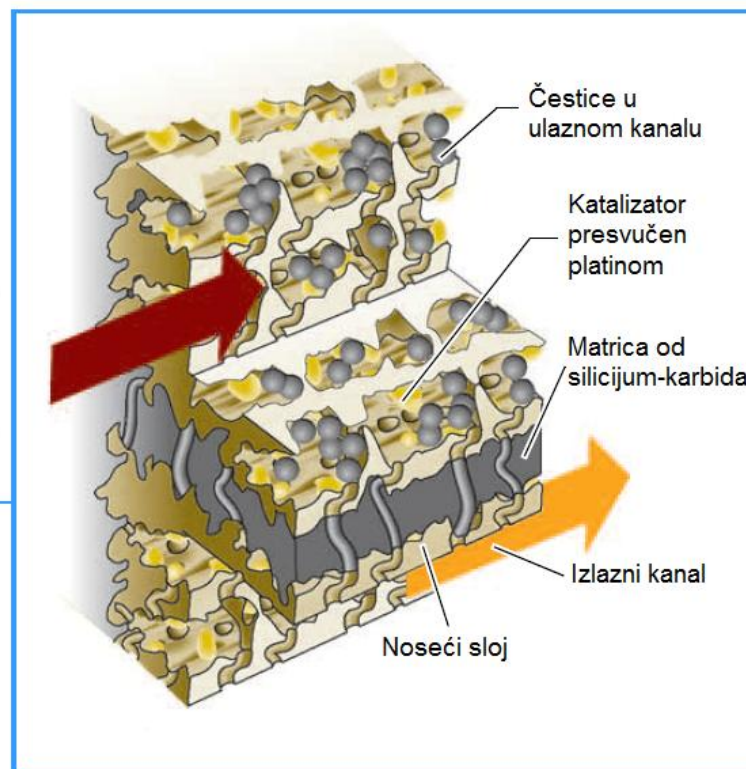
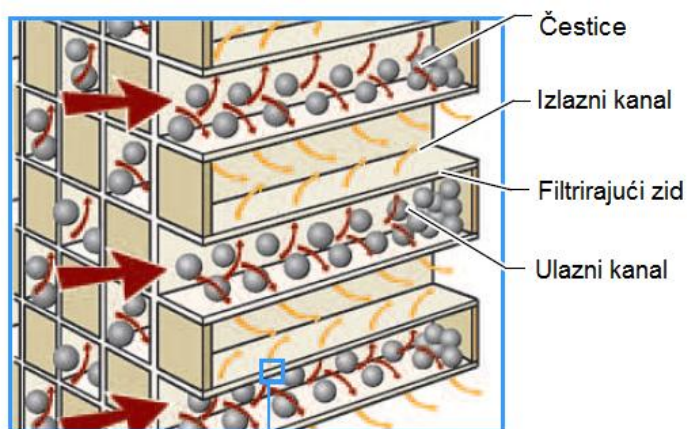
## Prečišćavanje izduvnih gasova

- **Katalizatori za dizel motore**

- Ekvivalentni odnos vazduha znatno je iznad vrijdnosti  $\lambda_z=1$ .
- U izduvnim gasovima dizel motora emisija toksičnih komponenti CO i HC ne predstavlja značajniji problem. Ugrađivanjem oksidacionih katalizatora u izduvni sistem njihova koncentracija se dodatno može smanjiti i za 80%.
- Emisija čvrstih čestica i  $\text{NO}_x$  zahtijevaju specijalne dodatne uređaje koji će omogućiti njihovu redukciju:
  - **DPF (Diesel Particulate Filter) za čestice,**
  - **SCR (Selective Catalytic Reaction) katalizatori za  $\text{NO}_x$ .**

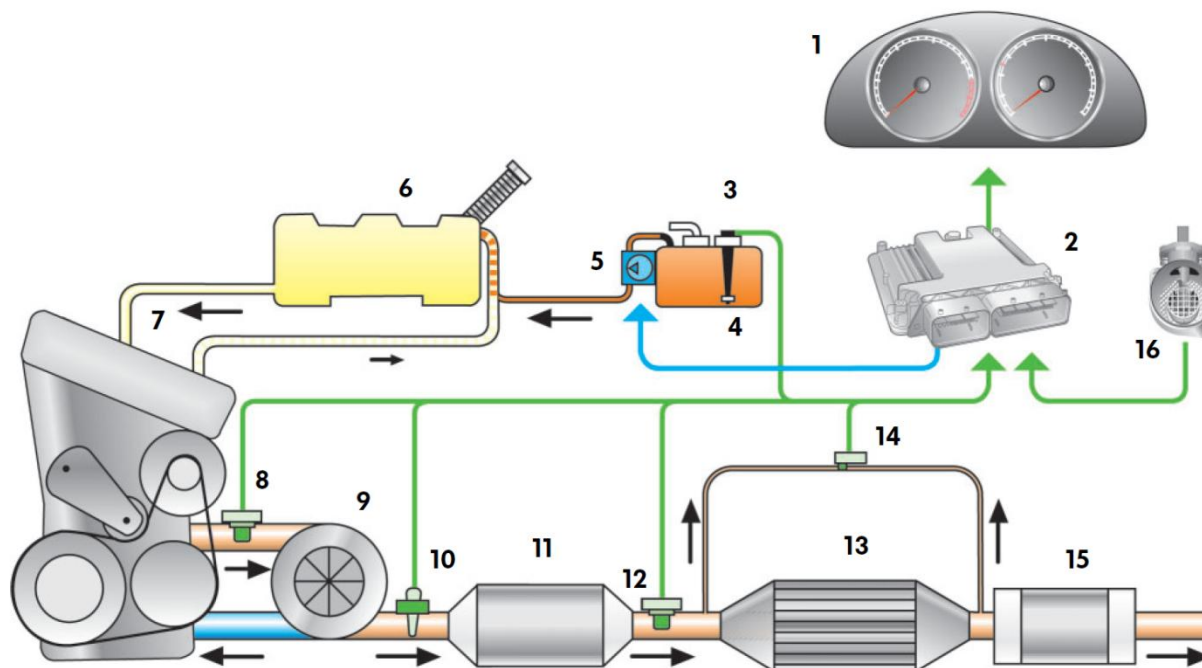
# Prečišćavanje izduvnih gasova

- DPF



## Prečišćavanje izduvnih gasova

- DPF s aditivima



1-upravljački uređaj; 2-motorni procesor; 3- rezervoar sa aditivom; 4- davač nivoa aditiva u rezervoaru; 5-pumpa za aditiv; 6- rezervoar goriva; 7- dizel motor; 8- davač temperature ispred TK; 9- TK; 10- lambda sonda; 11- oksidacioni katalizator; 12- davač temperature za filter; 13- filter za čađ; 14- davač pritiska; 15- prigušivač buke; 16- davač protoka zraka

## Prečišćavanje izduvnih gasova

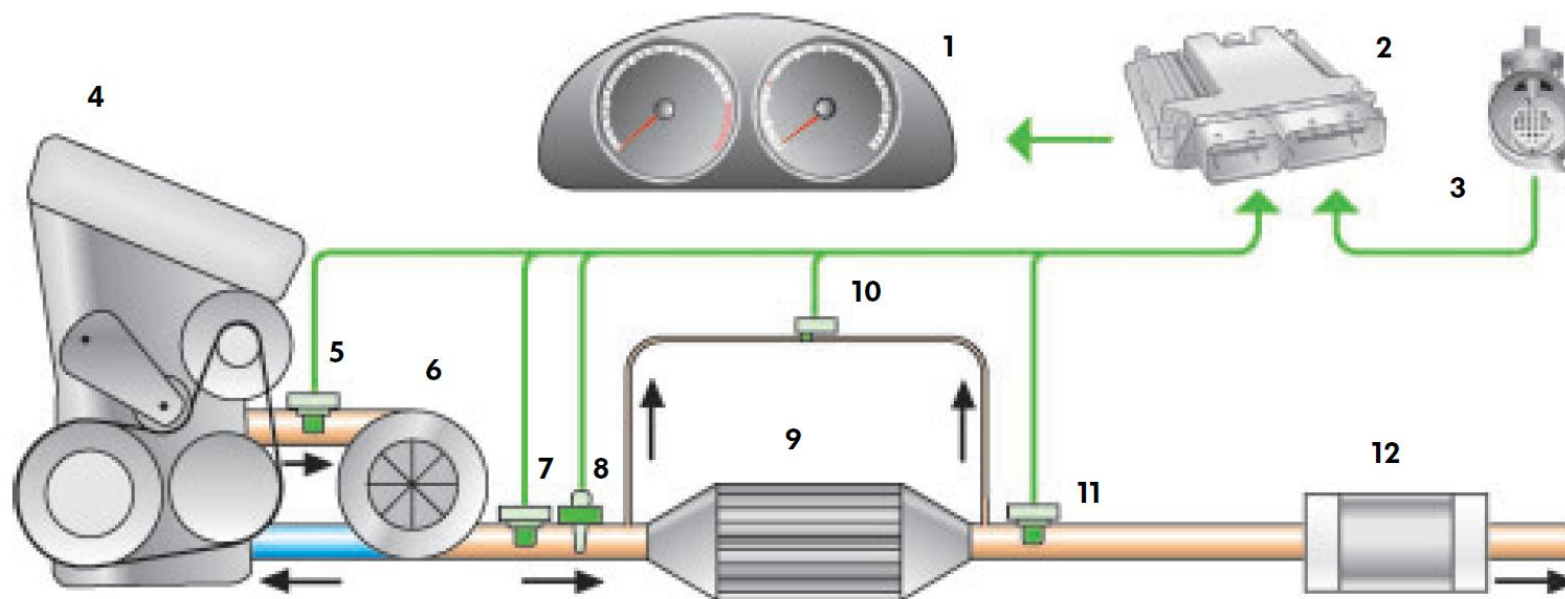
### • DPF s aditivima

- Temperatura sagorijevanja čestica čađi je na temperaturi oko 600-650 °C
- Korištenjem aditiva, koji se miješa sa gorivom, temperatura sagorijevanja čestica čađi se smanjuje na oko 500 °C
- Aditiv se sa gorivom miješa u odnosu 1 litra aditiva na 2800 litara goriva
- Aditiv predstavlja ugljovodoničnu tečnost vrlo bogatu željezom
- U toku rada aditiv se zajedno sa česticama čađi zaržava u filteru
- Nakon povećanja hidrauličnih otpora u filteru, motorni procesor preko davača pritiska dobiva informaciju da treba povećati temperaturu izduvnih gasova
- Povećanje temperature izduvnih gasova se ostvaruje tako što se:
  - Zatvara EGR ventil
  - Nakon količinski reduciranog glavnog ubrizgavanja uvodi se i naknadno ubrizgavanje goriva
  - Putem leptir ventila redukuje se do dobava vazduha
  - Prilagođavanje pritiska punjenja putem regulacije TK



## Prečišćavanje izduvnih gasova

- Oksidacioni katalizator i DPF u jednom



1-upravljački uređaj; 2-motorni procesor; 3- mjerac protoka vazduha; 4-motora sus; 5-davač temperature ispred TK; 6- TK; 7-davač temp. za filter; 8- lambda sonda; 9- filter čestica; 10- davač pritiska; 11-davač temp. iza filtera; 12- prigušivač buke

## Prečišćavanje izduvnih gasova

- **Oksidacioni katalizator i DPF u jednom**

- Regeneracija

- Pri regeneraciji filtera za čestice vrši izgaranje čestica čađi
- Filteri za čestice koji su izvedeni u kombinaciji sa oksidacionim katalizatorom treba razlikovati pasivnu i aktivnu regeneraciju.
  - Pri pasivnoj regeneraciji čestice čađi se kontinuirano sagorijevaju bez djelovanja motornog procesora
    - Pri radu motora sus sa temperaturom izduvnih gasova između 350 – 500 °C čestice čađi se putem reakcije sa azotnim oksidima ( $\text{NO}_x$ ) pretvaraju u ugljendioksid ( $\text{CO}_2$ )
    - Ovo se dešava uz prisustvo katalitičkog sloja platine i odvija se kontinuirano ali sporo

## Prečišćavanje izduvnih gasova

- **Oksidacioni katalizator i DPF u jednom**

- Aktivna regeneracija
  - Pri aktivnoj regeneraciji se čestice čađi u filteru sagorijevaju namjenskim povećanjem temperature izduvnih gasova posredstvom regulacije motornog procesora
    - Pri vožnji u gradskim uslovima temperatura izduvnih gasova nije dovoljno visoka da se vrši pasivna regeneracija filtera, što dovodi do taloženja čestica u filteru
    - Nakon dostizanja određenog stepena zaprljanja filtera, putem motornog procesora inicira se povećanje temperature izduvnih gasova (600-650 °C)
    - Regeneracija traje oko 10 minuta
  - Način povećanja temperature izduvnih gasova
    - Zatvara se EGR ventil
    - Nakon količinski reduciranog glavnog ubrizgavanja uvodi se i naknadno ubrizgavanje goriva
    - Putem leptir ventila redukuje se dobava vazduha
    - Prilagođavanje pritiska punjenja putem regulacije TK

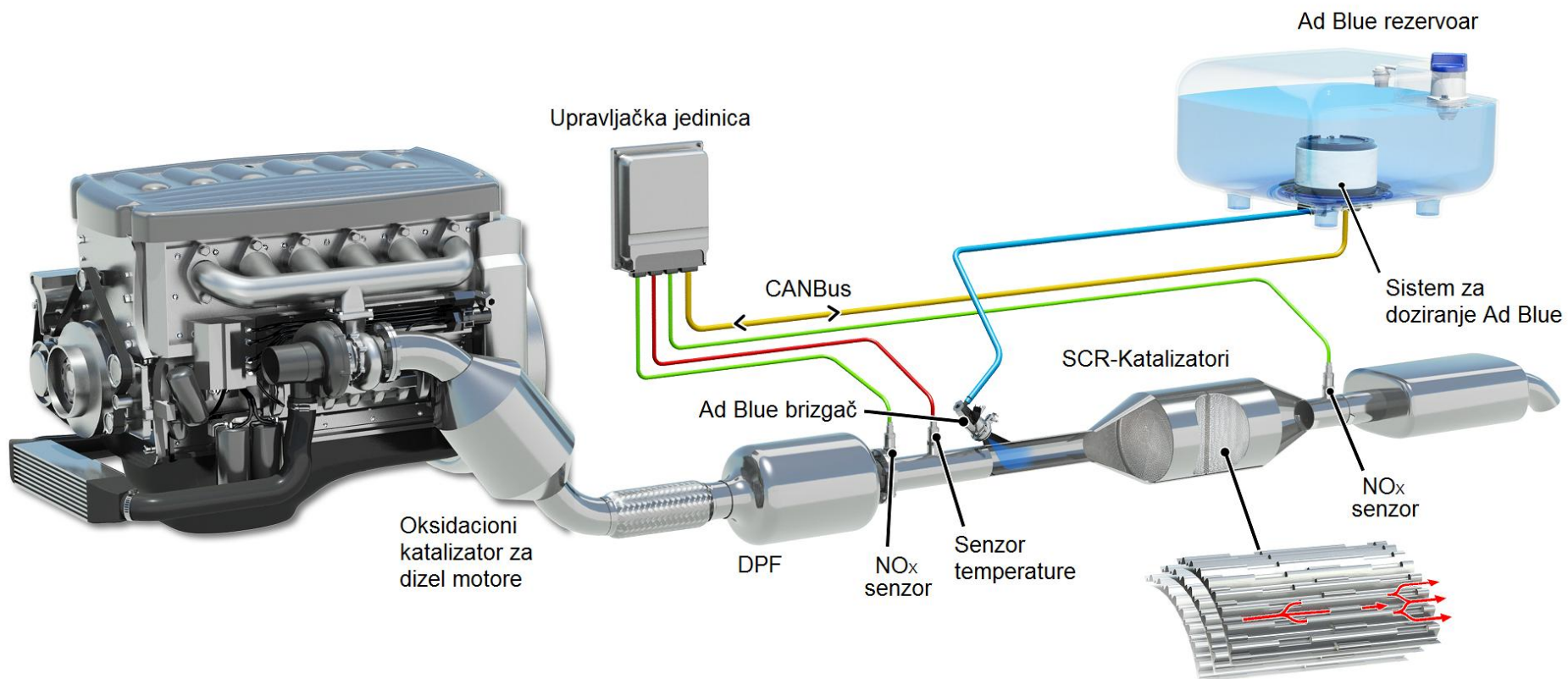
## Prečišćavanje izduvnih gasova

### • Katalizatori za dizel motore – SCR

- Namijenjen za redukciju Nox.
- Koriste se u kombinaciji sa oksidacionim katalizatorom.
- Izduvni gasovi prvo prolaze kroz oksidacioni a zatim kroz SCR katalizator.
  
- Princip rada ubrizgavanje dodatnog katalitičkog materijala.
- Katalitički materijal je u slučaju SCR katalizatora čisti amonijak  $\text{NH}_3$ , koji je izuzetno otrovan.
  
- Za bezbjedniji transport izabrana je bezopasna mokraćevina-urea, poznatija pod komercijalnim nazivom Ad Blue.
- Pri temperaturama iznad  $200\text{ }^\circ\text{C}$  navedena mokraćevina se u hidroliznom dijelu SCR katalizatora razlaže na amonijak  $\text{NH}_3$  i ugljendioksid  $\text{CO}_2$ .
- Dobijeni amonijak se veže za  $\text{NO}_x$  u izduvnim gasovima, oksidira sa kisikom i gradi sastavne elemente vazduha (azot  $\text{N}_2$  i vodu  $\text{H}_2\text{O}$ ).

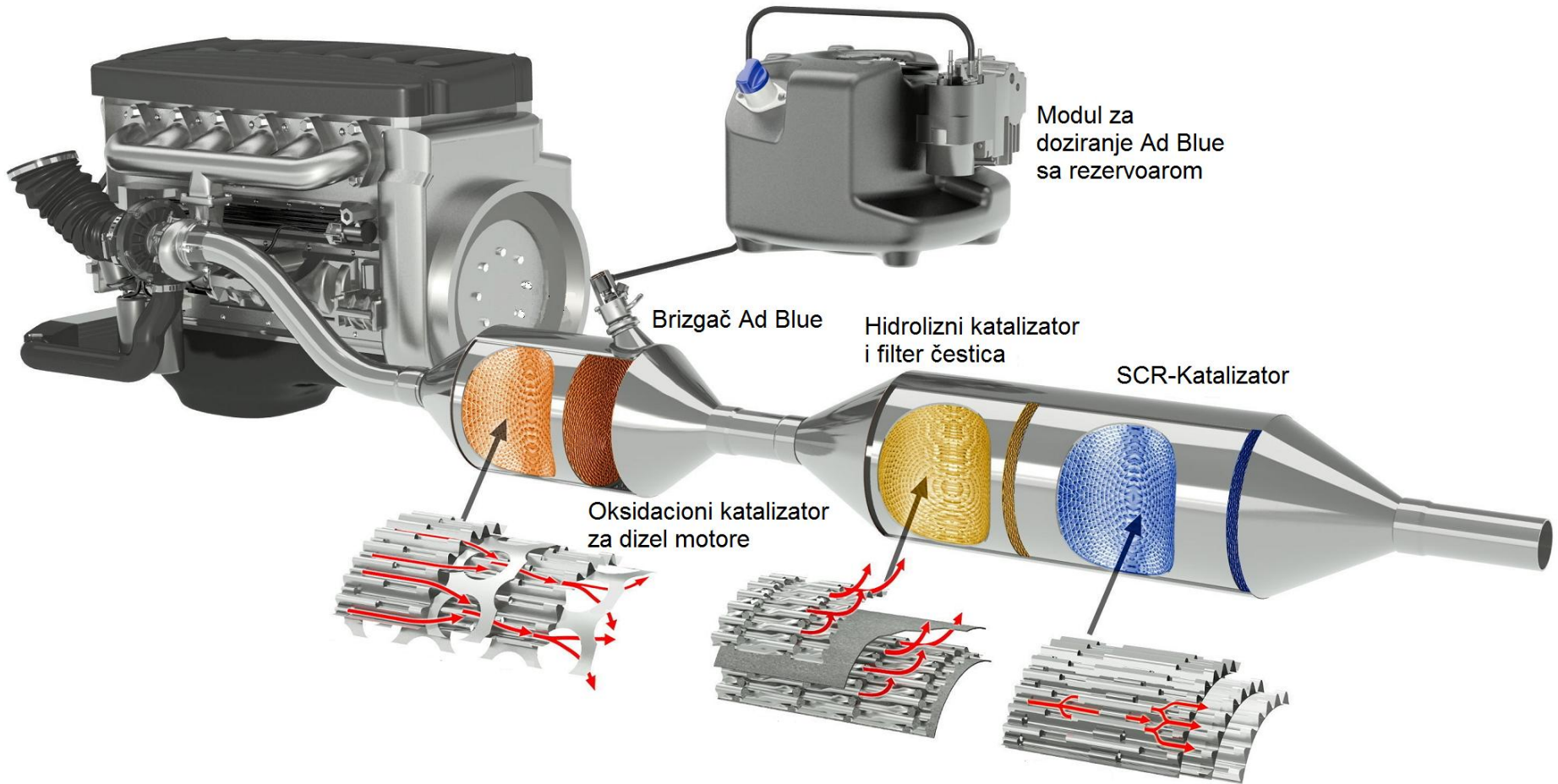
# Prečišćavanje izduvnih gasova

- **Katalizatori za dizel motore - SCR**



# Prečišćavanje izduvnih gasova

- **Katalizatori za dizel motore - SCR**





## Pregled zakonskih normi u Bosni i Hercegovini po pitanju emisije izduvnih gasova

- *Pravilnik o dimenzijama, ukupnoj masi i osovinskom opterećenju vozila, o uređajima i opremi koju moraju imati vozila i o osnovnim uvjetima koje moraju ispunjavati i oprema u saobraćaju na putevima (SG BiH, brojevi 23/07, 54/07 i 101/12):*
- Poglavlje 9. Uređaji za odvođenje i ispuštanje izduvnih gasova, član 61.
  - Izlaz (izlazni otvor) ispušne cijevi uređaja za odvod i ispuštanje ispušnih plinova ne smije biti usmjeren u desnu stranu motornog vozila.
  - Na ispušnoj se cijevi iz stava (1) ovog člana mora nalaziti uređaj za prigušivanje zvuka ispušnih plinova koji se ne može isključiti osim za potrebe čišćenja.
  - Izlaz ispušne cijevi na radnim mašinama i specijalnim vozilima, namijenjenim za trajnu upotrebu u naseljenim mjestima, mora biti ugrađen i izveden na najvišoj tački vozila.“

## Pregled zakonskih normi u Bosni i Hercegovini po pitanju emisije izduvnih gasova

- *Uređaji i dijelovi sistema za formiranje smjese i odvođenje izduvnih gasova koji se kontrolišu na tehničkom pregledu na osnovu Pravilnika o tehničkim pregledima vozila (Službeni glasnik BiH, brojevi 13/07, 72/07, 74/08, 3/09, 76/09 i 29/11.*

11.	KONTROLNI I SIGNALNI UREĐAJI			
11.7.	Ostali signalni uređaji za kontrolu rada pojedinih mehanizama ugrađenih na vozilu	funkcioniranje	DA	L, M, N, O
12.	ISPITIVANJE IZDUVNIH GASOVA MOTORNIH VOZILA			
12.1.	Izduvni sistem	pričvršćenje, nepropusnost, mehanička oštećenost, usmjerenost izduvne cijevi, prednabijanje, toplinska i mehanička zaštita katalizatora, spojni kablovi lambda sonde	DA	M, N
12.2.	Usisni sistem	pričvršćenje, nepropusnost, filter zraka, prednabijanje, cijev za odzračivanje kućišta motora, spojni kablovi senzora zraka	DA	M, N
12.3.	Sistem za paljenje	pričvršćenje, stanje dijelova sistema, ispucanost visokonaponskih kablova, spoj visokonaponskih kablova sa svjećicama i razvodnikom, spojni kablovi senzora stanja motora	DA	M, N
12.4.	Sistem za napajanje gorivom	pričvršćenje, stanje dijelova sistema, raspletanost sajli, spoj visokotlačnih vodova s pumpom i brizgaljkama, spojni kablovi senzora stanja motora	DA	M, N
12.5.	Razvodni mehanizam	zaštićenost od dodira, zauljenost, zategnutost i zadnja izmjena zupčastog remena	DA	M, N
12.6.	vozila BEZ KATALIZATORA - ispitivanje zapreminskog sadržaja ugljen monoksida (CO) u izduvnom gasu na brzini vrtnje praznog hoda	prevelik CO	DA	M, N
12.7.	vozila SA KATALIZATOROM - ispitivanje zapreminskog sadržaja ugljen monoksida (CO) u izduvnom gasu pri povišenoj brzini vrtnje i pri brzini vrtnje praznog hoda, izračunavanje faktora zraka lambda na povišenoj brzini vrtnje	prevelik CO, neodgovarajući faktor zraka lambda	DA	M, N
12.8.	DIZEL - ispitivanje srednjeg stepena zacrnjenja izduvnog gasa	prevelik srednji stepen zacrnjenja	DA	M, N

## Pregled zakonskih normi u Bosni i Hercegovini po pitanju emisije izduvnih gasova

- *Pravilnik o dimenzijama, ukupnoj masi i osovinskom opterećenju vozila, o uređajima i opremi koju moraju imati vozila i o osnovnim uvjetima koje moraju ispunjavati i oprema u saobraćaju na putevima (SG BiH, brojevi 23/07, 54/07 i 101/12):*
- **POGLAVLJE VIII. SASTAV I OBOJENOST IZDUVNIH GASOVA NA MOTORNIM VOZILIMA**
- **Član 158.**

## Pregled zakonskih normi u Bosni i Hercegovini po pitanju emisije izduvnih gasova

- (1) U skladu sa Evropskom direktivom 2003/26/EC definiraju se slijedeće maksimalne vrijednosti pojedinih zagađujućih materija u izduvnim gasovima u motorima izvedenim kao:
  - a) Benzinski motori bez katalizatora i  $\lambda$  sonde, odnosno benzinski motori s katalizatorom ali bez  $\lambda$  sonde, koncentracija ugljen monoksida (CO), pri broju okretaja motora na praznom hodu, ne smije prijelaziti:
    1. 4,5 % volumnih udjela za motorna vozila registrirana po prvi put prije 1.10.1986. pri temperaturi ulja u motoru od najmanje 80 °C;
    2. 3,5 % volumnih udjela za motorna vozila registrirana po prvi put poslije 1.10.1986. pri temperaturi ulja u motoru od najmanje 80 °C.
  - b) Benzinski motori s reguliranim trokomponentnim katalizatorom koncentracija ugljen monoksida (CO), nakon što je motor postigao radnu temperaturu, tj. minimalnu temperaturu ulja od najmanje 80 °C pri broju okretaja motora na praznom hodu, ne smije prijelaziti vrijednost propisanu od strane proizvođača vozila. Radna temperatura i broj okretaja motora na praznom hodu trebaju biti propisane od strane proizvođača vozila. Koncentriranje ugljičnog monoksida (CO) i vrijednost faktora zraka  $\lambda$  pri povećanom broju okretaja motora ne smiju prijelaziti vrijednost propisanu od strane proizvođača vozila. Povećan broj okretaja motora mora biti propisana od strane proizvođača vozila. Ako podaci proizvođača nisu poznati, sadržaj ugljen monoksida (CO) i vrijednost faktora zraka  $\lambda$  ne smiju prijelaziti:
    1.  $CO \leq 0,5\%$  volumnih udjela pri broju okretaja motora na praznom hodu;
    2.  $CO \leq 0,3\%$  volumnih udjela pri broju okretaja motora ne manjim od 2000 min<sup>-1</sup>
    3. Vrijednost faktora zraka  $\lambda = 1,00 \pm 0,03$

## Pregled zakonskih normi u Bosni i Hercegovini po pitanju emisije izduvnih gasova

- (2) Dizel motori nakon što je postigao radnu temperature propisanu od strane proizvođača vozila, tj. Minimalnu temperaturu ulja od najmanje 80 °C, srednji koeficijent zacrnljenja ispušnog gasa ( $k$ ) nakon tri ili više slobodnih ubrzanja neopterećenog motora od brzine vrtnje na praznom hodu do najveće brzine vrtnje ne smije prijelaziti vrijednost propisanu od strane proizvođača vozila. Ako podaci proizvođača o srednjem koeficijentu zacrnljenja i radnoj temperaturi motora nisu poznati onda srednji koeficijent zacrnljenja ispušnog gasa  $k$  ne smije prijelaziti vrijednost:
  - a)  $k \leq 2,5 \text{ m}^{-1}$  za usisne motore
  - b)  $k \leq 3,0 \text{ m}^{-1}$  za prehranjivane motore
  - c)  $k \leq 1,5 \text{ m}^{-1}$  za Euro 4 i Euro 5 motore
- (3) Količine štetnih tvari navedene u prvom stavu ne odnose se na slijedeća vozila:
  - a) vozila opremljena s benzinskim dvotaktnim motorima;
  - b) vozila opremljena benzinskim motorima ako su proizvedena prije 1970. godine;
  - c) vozila opremljena benzinskim motorima ako im konstrukcijska brzina nije veća od 50 km/h;
  - d) vozila opremljena dizelskim motorima ako su proizvedena prije 1980. godine;
  - e) vozila opremljena dizelskim motorima ako im konstrukcijska brzina nije veća od 30 km/h
- (4) Kod vozila pogonjenih alternativnim pogonskim gorivom (CNG, LPG) prilikom određivanja količine štetnih materija u izduvnim gasovima koristi se gorivo koje daje nepovoljniju emisiju.“

## Pregled zakonskih normi u Bosni i Hercegovini po pitanju emisije izduvnih gasova

- Iz gore navedenog može se zaključiti da se ocjena ispravnosti uređaja/sistema za formiranje smjese i odvođenje izduvnih gasova (emisije izduvnih gasova) vrši kroz **dva segmenta**:
  - **Vizuelni dio:**
    - Postojanost, ispravna tehnička izvedba, oštećenost, pravilno provođenje popravki, korištenje originalnih dijelova, podešenost sistema, održavanje sistema, pričvršćenost itd.
  - **Funkcionalni dio:**
    - Provjera dejstva pojedinih sistema u toku rada motora (nepropusnost, funkcionalost, stanje MIL lampice kod vozila sa EOBD – kontrolni i signalni uređaji).
    - Određivanje sastava i obojenosti izduvnih gasova na motornim vozilima mjerenjem.





# HVALA NA PAŽNJI

