

# Uređaji za mjerenje plinova i senzori ispušnog sustava automobila

---

**Dolušić, Dario**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Bjelovar University of Applied Sciences / Veleučilište u Bjelovaru**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:144:853058>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-05**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital Repository of Bjelovar University of Applied Sciences](#)



VELEUČILIŠTE U BJELOVARU  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKA

**UREĐAJI ZA MJERENJE PLINOVA I SENZORI  
ISPUŠNOG SUSTAVA AUTOMOBILA**

Završni rad br. 07/MEH/2018

Dario Dolušić

Bjelovar, srpanj 2018.



Veleučilište u Bjelovaru  
Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar

## 1. DEFINIRANJE TEME ZAVRŠNOG RADA I POVJERENSTVA

Kandidat: **Dolušić Dario**

Datum: 13.07.2018.

Matični broj: 001143

JMBAG: 0314011165

Kolegij: **MJERENJA U MEHATRONICI**

Naslov rada (tema): **Uređaji za mjerenje plinova i senzori ispušnog sustava automobila**

Područje: **Tehničke znanosti**

Polje: **Elektrotehnika**

Grana: **Elektrostrojarstvo**

Mentor: **Robert Herčeki, struč.spec.ing.el.**

zvanje: **predavač**

Članovi Povjerenstva za ocjenjivanje i obranu završnog rada:

1. dr.sc. Stjepan Golubić, predsjednik
2. Robert Herčeki, struč.spec.ing.el., mentor
3. Marko Miletić, struč.spec.ing.el., član

## 2. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA BROJ: 11/MEH/2018

U radu je potrebno:

- opisati ispušne sustave automobila
- opisati senzore za mjerenje količine i temperature plinova
- opisati razlike kod benzinskih i diesel motora
- opisati lambda sondu
- opisati elemente koji utječu na ispušne plinove
- opisati metode za mjerenja ispuha prema važećim pravilnicima.

Zadatak uručen: 13.07.2018.

Mentor: **Robert Herčeki, struč.spec.ing.el.**



Zahvaljujem se svome mentoru Robertu Herčekiju i profesoru dr.sc. Stjepanu Golubiću na savjetima i pomoći !

Zahvaljujem se svojim roditeljima koji su mi omogućili studiranje na Veleučilištu u Bjelovaru !

# Sadržaj

<b>1. Uvod</b>	<b>1</b>
<b>2. Ispušni sustav automobila</b>	<b>2</b>
2.1 Ispušna grana (ispušni kolektor)	3
2.1.1 Prednja cijev sa priрубnicom (ispušna cijev)	4
2.2 Katalizator	4
2.2.1 Oštećenja katalizatora	6
2.3 Prednji i zadnji lonac	6
<b>3. Produkti izgaranja</b>	<b>7</b>
3.1 Postupci smanjivanja štetnih plinova	8
3.1.1 Nadzor katalizatora	9
3.1.2 Nadzor ostatka izgaranja	10
3.1.3 Nadzor sustava povratka ispušnih plinova (AGR/EGR ventil)	10
3.1.4 Sustav sekundarnog zraka (SLS)	11
<b>4. Lambda sonda</b>	<b>13</b>
4.1 Građa lambda sonde	14
4.2 Način rada lambda sonde	15
4.2.1 Lambda sonda s otporničkim skokom	17
<b>5. Razlike benzin i dizel motora</b>	<b>18</b>
5.1 Motor automobila	21
<b>6. Mjerenje i kontrola ispušnih plinova</b>	<b>22</b>
6.1 NEDC ispitivanje	24
6.2 WLTP ispitivanje	25
<b>7. Održavanje i autodijagnostika</b>	<b>27</b>
7.1 OBD dijagnostika	28
<b>8. Hibrid vozila</b>	<b>30</b>
<b>9. ZAKLJUČAK</b>	<b>32</b>
<b>10. LITERATURA</b>	<b>33</b>
<b>11. OZNAKE I KRATICE</b>	<b>38</b>
<b>12. SAŽETAK</b>	<b>39</b>
<b>13. Zusammenfassung</b>	<b>40</b>



## 1. Uvod

Korištenjem motornih vozila sa unutarnjim izgaranjem, dolazi do povećanja ispušnih plinova koji utječu na okolinu. Za smanjenje emisiji štetnih plinova uvodi se redukcija ispušnih plinova u ispušnom sistemu. Prema istraživanju želi se utvrditi mogući način smanjenog utjecaja i učinka prvenstveno ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>) i ostalih plinova na okolinu.

Postoje dva tipa odnosno načina, a to su: sustavi za redukciju i emisiju ispušnih plinova motornih vozila. Njima se želi utvrditi cilj kojim se onečišćenje okoliša uzrokovano motornim vozilima može smanjiti ili potpuno ukloniti. Prema znanstvenim metodama razlikujemo: metodu analize i sinteze, metodu indukcije i dedukcije te statičku metodu.

Završni rad je pored uvodnog i završnog dijela podijeljen u sedam glavnih točaka. Prva točka opisuje dijelove i elemente „Ispušnog sistema automobila.“ Druga točka nam prikazuje nastanak štetnih plinova i njihov nadzor u samom sustavu „Produkti izgaranja.“ Treća točka nam govori o glavnom dijelu ispušnog sustava i njegovoj građi „Lambda sonda.“ Četvrta točka govori o razlikama „Benzin i dizel motora.“ Peta točka prikaz „Mjerenja i kontrola ispušnih plinova.“ Šesta točka se temelji na „Održavanju i auto dijagnostici“ , dok nam zadnja točka i posljednja sedma točka prikazuje ukratko „Hibrid vozila.“

## 2. Ispušni sustav automobila

Ispušni plinovi su plinovi koji nastaju izgaranjem fosilnih goriva (nafta, zemni plin). Izgaranjem fosilnih goriva nastaju razni plinovi u ispušnom sistemu. Plinovi koji nastaju su: ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ), ugljikov monoksid ( $\text{CO}$ ), dušikov oksid ( $\text{NO}_x$ ) i ostali. Ispušni sustav (slika 2.1.) koji ima katalizator u sebi omogućava ispušnim plinovima da se očiste od svih nečistoća, kako bi bili ekološki prihvatljivi za okolinu. Pošto je jedan dio spojeva štetan za okoliš, nastoji se reducirati na minimalnu količinu.

Jako važnu ulogu ispušnog sustava ima smanjivanje buke i ispuštanje svih plinova u motorski prostor automobila. Glavni dijelovi sustava su: ispušni kolektor (ispušna grana), prednja cijev s prirubnicom, katalizator, filter krutih čestica (dizel motor), srednja cijev sa loncem i zadnja cijev s loncem. Prednji i zadnji lonac su povezani sa karoserijom automobila pomoću nosača ispuha[1].



Slika 2.1. Klasični ispušni sistem motornih vozila [2]

Dijelovi koji su najbliži motoru (kolektor) i nalaze se u takozvanom „vrućem dijelu“ trpe najveća opterećenja, brzine do 50m/s i temperature do čak 900 °C. Svrha i unapređivanje ispušnog sustava je smanjivanje potrošnje goriva i poboljšani rad motora. Neke poznate marke ispušnih sistema su: Walker, Bosal i Akrapović.



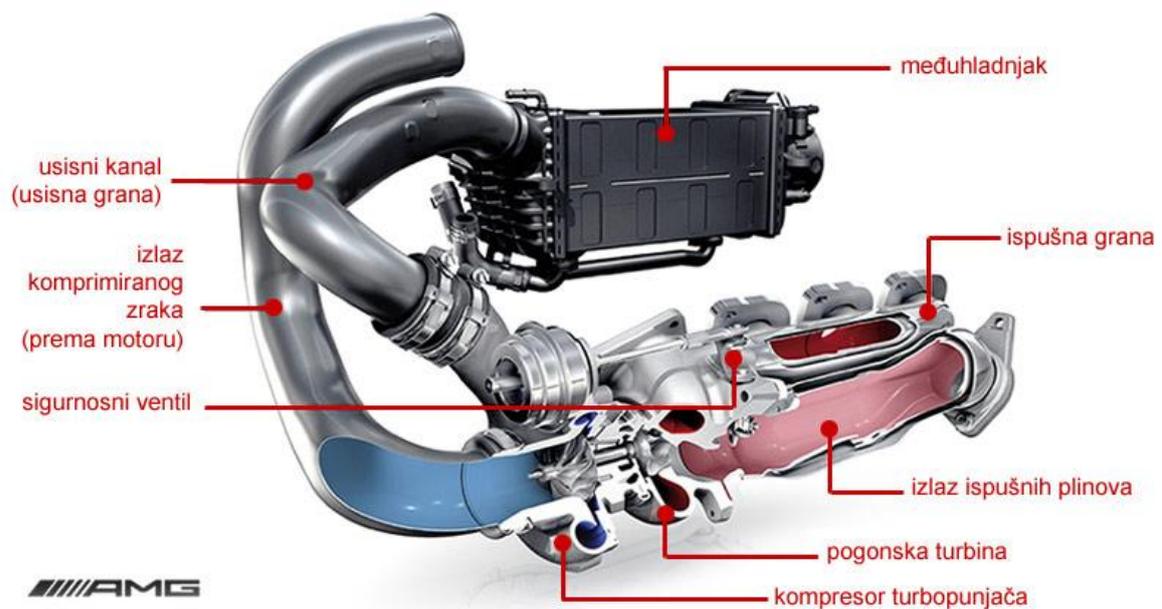
## 2.1 Ispušna grana (ispušni kolektor)

Ispušna grana (slika 2.2.) je prvi odnosno početni dio ispušnog sustava. Obično se ispušna grana osobnih vozila izrađuje od lijevanog čelika, dok se kod sportskih vozila izrađuje od valjkastih međusobno zavarenih cijevi izrađenih od INOX-a koji mogu podnijeti temperature veće i od 900 °C. Zbog velikih termičkih naprezanja i dilatacije može doći do oštećenja i pucanja samoga kolektora. Popravak toga dijela je jako skup i težak pošto je riječ o leguri čelika, stoga se popravci ne preporučuju. Postoji mogućnost ugradnje hladne rashladne tekućine (mali postotak motora) koja smanjuje termičko naprezanje i buku ispušnoga sistema (slika 2.3.).



Slika 2.2. Sportske ispušne grane (Honda) [3]

Kolektor u sebi ima senzor za mjerenje protoka kisika (lambda sonda). Kod dizel motora u kolektoru postoji filter ispušnih čestica koji se označava kao DPF (Diesel ParticulateFilter).



Slika 2.3. Ispušna grana sa ugrađenom rashladnom tekućinom (Mercedes-Benz) [4]

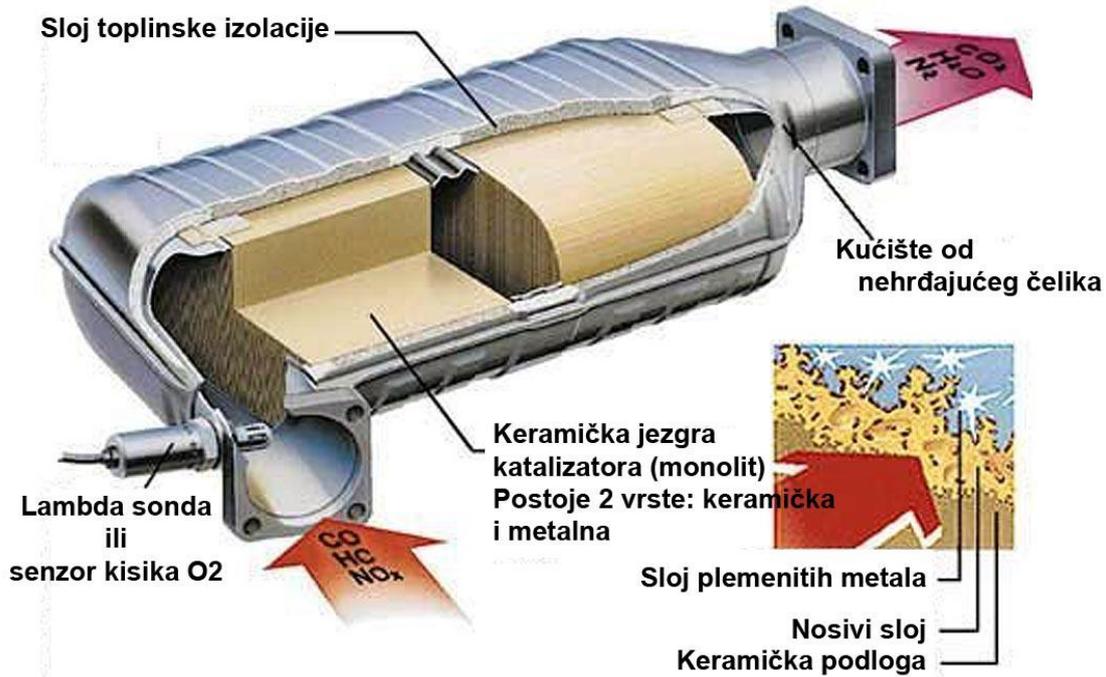
### 2.1.1 *Prednja cijev sa prirubnicom (ispušna cijev)*

Ispušna cijev je dio koji spaja ispušnu granu (kolektor) s katalizatorom. Obično izgleda kao slovo „V“ kod bokser motora, dok kod tipično američkih vozila koja imaju osam cilindarske motore moraju u sebi imati dva potpuno posebna ispušna crijeva nezavisna jedan o drugome [5].

## 2.2 Katalizator

Katalizator je najskuplji i najsloženiji sklop ispušnog sistema koji u sebi ima lambda sondu. Njegova zadaća je potpuno ekološka. Vanjski dio (slika 2.4.) izrađen je od INOX čelika, dok unutrašnji dio ima keramičku jezgru koja je presvučena plemenitim metalom. Svi benzinski motori (Euro4 i Euro5) u svom ispušnom sustavu imaju katalizatore[6].

# STRUKTURA KATALIZATORA



Slika 2.4. Građa katalizatora [7]

Katalizator ne može u potpunosti ukloniti sve štetne plinove, ali ih može reducirati. Postoje različiti tipovi katalizatora, no danas se isključivo upotrebljavaju jednostruki katalizatori sa trostrukim djelovanjem koji tretiraju tri štetna plina (CO, HC i NO<sub>x</sub>). Korištenjem jednostrukih katalizatora u prošlom stoljeću nije se znatno mijenjao sadržaj dušikovog oksida (NO<sub>x</sub>), a ugljikov monoksid (CO) i ugljikovodici (HC) su se reducirali. Zahtijevanje motora bio je rad u siromašnom području ( $\lambda > 1$ ).

Dvostruki katalizatori (redukcijski i oksidacijski) koriste dva kućišta (dva lonca). Prvi lonac (redukcijski) kroz kojeg prolaze ispušni plinovi reducira dušikov oksid (NO<sub>x</sub>), a kroz drugi lonac (oksidacijski) se reduciraju ugljikov monoksid (CO) i ugljikovodici (HC), dok se sadržaj dušikova oksida (NO<sub>x</sub>) u drugom loncu ne mijenja. Za uporabu ovog načina rada motora sam motor mora raditi u području bogate smjese ( $\lambda < 1$ ). Ovakva uporaba dvostrukih katalizatora se upotrebljava samo na azijskim i američkim automobilima.

Optimalan rad dobrog funkcioniranja katalizatora je temperatura između 400 i 800°C. Zbog te činjenice se katalizator postavlja što bližemu kako bi hladna faza bila što kraća. Pregrijavanje katalizatora dovodi do uništenja istoga. To se dešava uslijed lošeg

paljenja (veća količina ne izgorenog goriva), stoga gorivo mora biti bezolovno (spremnik automobila nema mogućnost unosa olovnoga goriva) jer ono trajno oštećuje katalizator.

### 2.2.1 Oštećenja katalizatora

Oštećenje katalizatora može biti fizička, gdje dolazi od oštećenja kućišta izrađenog od keramičkog monolita, a pri tome dolazi do začepljenja samoga katalizatora i otežanog rada motora vozila. Greška rada lambda sonde također dovodi do otežanog rada katalizatora. Ako je smjesa prebogata gorivom ne sagorijeva kako treba pri ulasku u katalizator, a ako je presiromašna vozilo gubi na snazi i to je najčešći problem ne prolaska vozila na eko-testu. Ulja i antifriz također mogu oštetiti rad katalizatora stvaranje guste obloge čađe. Pri tome nastaje začepljenje i sprječavanje protoka ispušnih plinova. Posljedica svega toga je pregrijavanje i smanjivanje vijeka trajanja motora. Uzroci toga mogu biti ne ispravan brtva na glavi, istrošenost gumica na ventilima ili istrošenost karika na klipovima.

## 2.3 Prednji i zadnji lonac

Prednji i zadnji lonac nalaze se u hladnom dijelu ispušnog sustava. Oni pokušavaju smanjiti buku (prigušivači). Apsorpcijski prigušivač (PD) je najjeftiniji i najčešće korišteni lonac. On stvara veliki protutlak u ispušnom sustavu, no znatno strujanje plinova u njemu se smanjuje. Unutrašnji dio (slika 2.5.) se sastoji od perforiranih cijevi koje su omotane u apsorpcijski (prigušeni) materijal.

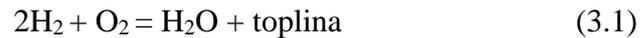
Osobna vozila po Europskim pravilima i normama ne smiju biti bučnije od 74 dB do 75 dB, što je propisano zakonom [8].



Slika 2.5. Unutrašnji dio apsorpcijskog prigušivača [9]

### 3. Produkti izgaranja

Izgaranje ili gorenje je kemijski proces spajanja gorive tvari s kisikom (O<sub>2</sub>) iz zraka ,te se između goriva i oksidansa stvara toplina zbog promjene kemijskih sastojaka. Gorenje vodika sa kisikom koristi se u pokretanju motora, prema formulaciji (3.1):



Mehanizam izgaranja vrlo je kompleksan i složen. Svaka komponenta izgorenoga elementa analizira se u takozvanu stehiometrijsku jednadžbu. Prilikom sagorijevanja ugljika dolazi do spoja sa kisikom i pri tome nastaje ugljikov dioksid pri čemu se oslobađa toplina prema formulaciji(3.2):



Štetni sastojci iz procesa izgaranja koji utječu na:

- Sekundarni procesi u atmosferi
- Sastav goriva
- Način izgaranja

Štetni produkti izgaranja su:

- Dušikov oksid (NO<sub>x</sub>)  
-koncentrirani i otrovni plin, koji nastaje pri visokom temperaturama i tlakovima izgaranja.
- Krute čestice
- Spojevi olova i sumpora
- Ne izgorjeni ugljikovodici (HC)  
-smjesa spoja kancerogenoga vodika i ugljika, koji nastaje pri nepotpunom izgaranju kisika sa neugodnim mirisom.
- Ugljikov monoksid (CO)  
-plin bez mirisa i boja, naziva se još i ubojiti plin jer je potrebno samo 0.3% koncentracije sa kisikom da bi bio smrtonosan.  
-nastaje zbog manjka kisika (O<sub>2</sub>).

Vrijednosti koje su granične za ispušni sistem benzin i dizel motora propisane su tablično (tablica 3.1.) [10].

Tablica 3.1. Tablični prikaz graničnih vrijednosti [11]

Kategorija	Razred	Referentna masa (RW) (kg)	Masa ugljikova monoksida (CO)		Masa ugljikovodika (HC)		Masa dušikovih oksida (NO <sub>x</sub> )		Skupna masa ugljikovodika i dušikovih oksida (HC + NO <sub>x</sub> )		Masa čestica <sup>(1)</sup> (PM)	
			L <sub>1</sub> (g/km)	L <sub>2</sub> (g/km)	L <sub>2</sub> (g/km)	L <sub>3</sub> (g/km)	L <sub>1</sub> + L <sub>2</sub> (g/km)	L <sub>1</sub> (g/km)				
			Benzinski motori	Dizelski motori	Benzinski motori	Dizelski motori	Benzinski motori	Dizelski motori	Benzinski motori	Dizelski motori	Dizelski motori	
A(2000)	M <sup>(2)</sup>	–	Sve	2,3	0,64	0,20	–	0,15	0,50	–	0,56	0,05
	N1 <sup>(3)</sup>	I	RW ≤ 1,305	2,3	0,64	0,20	–	0,15	0,50	–	0,56	0,05
		II	1,305 < RW ≤ 1,760 kg	4,17	0,80	0,25	–	0,18	0,65	–	0,72	0,07
		III	1,760 < RW	5,22	0,95	0,29	–	0,21	0,78	–	0,86	0,10
B(2005)	M <sup>(2)</sup>	–	Sve	1,0	0,50	0,10	–	0,08	0,25	–	0,30	0,025
	N1 <sup>(3)</sup>	I	RW ≤ 1,305	1,0	0,50	0,10	–	0,08	0,25	–	0,30	0,025
		II	1,305 < RW ≤ 1,760 kg	1,81	0,63	0,13	–	0,10	0,33	–	0,39	0,04
		III	1,760 < RW	2,27	0,74	0,16	–	0,11	0,39	–	0,46	0,06

### 3.1 Postupci smanjivanja štetnih plinova

Postoje dva načina smanjivanja štetnih plinova ispuha motora, a to su:

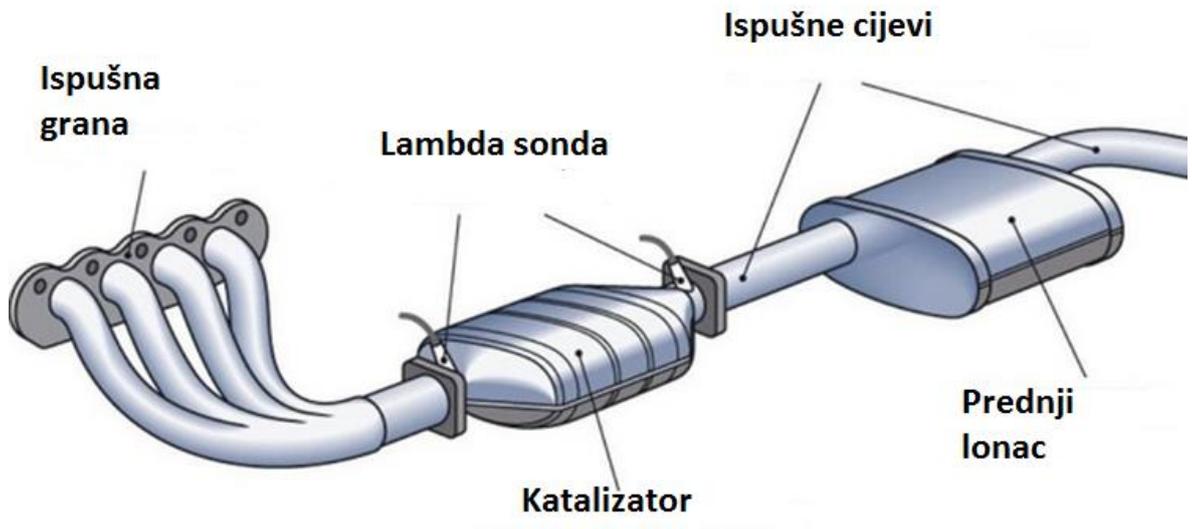
- Zahvat izvan motora
  - zagrijavanje katalizatora i upuhivanje sekundarnoga zraka
- Zahvat unutar motora
  - na motoru i pomoćne uređaje

Uzroci stvaranju štetnih plinova su:

- Loše održavanje (zapečeni klipovi)
- Hladan start
- Prebogata smjesa
- Greška na sondi katalizatora

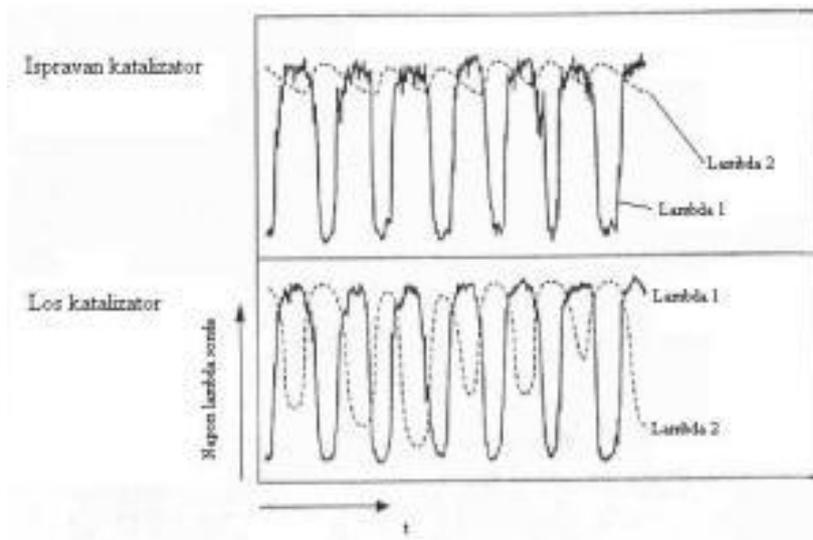
### 3.1.1 Nadzor katalizatora

Nadzor se svodi na ugradnju dvije lambda sonde (slika 3.1.) ; na početak ispušnog dijela katalizatora i na kraju ispušnog dijela katalizatora. Uspoređuju se rezultati i učinkovitost obojih sondi te se zato vide oscilacije siromašno-bogate smjese. S obzirom da prvi katalizator ima sposobnost pohranjivanja velike količine kisika ( $O_2$ ), vidljive su oscilacije napona (graf), dok drugi katalizator tu mogućnost nema. Takva sposobnost gubi se startanjem vozila zbog čega dolazi do manje količine unosa HC i CO, što ukazuje na to da je slobodni kisik ( $O_2$ ) na ulazu i izlazu katalizatora podjednak.



Slika 3.1. Katalizator sa dvije lambda sonde [12]

Zbog navedenih činjenica, lambda sonda daje slične naponske signale (slika 3.2.), no postoje oscilacije između prve i druge sonde. Signal druge sonde uvijek prati promjenu prve sonde iako mu ona oscilira za vrijednost od 0.465 V do 0.6 V.



Slika 3.2. Dijagramski prikaz sondi u katalizatoru [13]

Nepravilnosti rada nadzora katalizatora se mogu prikazati aktivacijom žaruljice (lampice) na instrument ploči u vozilu.

### 3.1.2 Nadzor ostatka izgaranja

Pri paljenju motora dolazi do karakteristične oscilacije u nekome od cilindara zbog promjene broja okretaja ili momenta okreta. Induktivni senzor prima te oscilacije sa specijalnog zupčanika i pretvara ih u naponske oscilacije koje šalju te podatke na upravljački sklop. Vrijeme paljenja određenoga cilindra potraje duže od predviđenoga, upravljački sklop prekida automatski ubrizgavanje toga cilindra štiteći pri tome termičko razaranje katalizatora.

### 3.1.3 Nadzor sustava povratka ispušnih plinova (AGR/EGR ventil)

AGR/EGR je ventil koji se nalazi u motoru automobila (Euro5 i Euro6), čija je glavna uloga smanjenje kancerogenoga ( $\text{CO}_2$ ) sadržaja u ispušnom sustavu. Najčešći problemi nastaju kod dizel motora, jer dolazi do taloženja čađe u samom ventilu.

Povijest EGR (eng. *Exhaust Gas Recirculation*) počinje još ranih 60-ih godina prošloga stoljeća sa zadatkom smanjivanja  $\text{CO}_2$  plina u ispušnom sistemu. Pomoću njega današnji dizel motori imaju čak i do 30% manju emisiju štetnih plinova (prvenstveno je riječ o udjelu  $\text{CO}_2$ ). Povratak ispušnih plinova je metoda za smanjivanje dušikovih oksida pri sagorijevanju gorive smjese i samoga zraka. AGR/EGR ventil (slika 3.3.) vraća oko 5-15% ispušnoga plina nazad u cilindar da bi smjesa ponovno sagorjela [14].





Slika 3.3.AGR/EGR ventil (Golf IV) [15]

Postoji niz problema zbog kojih dolazi do začepljenja EGR ventila:

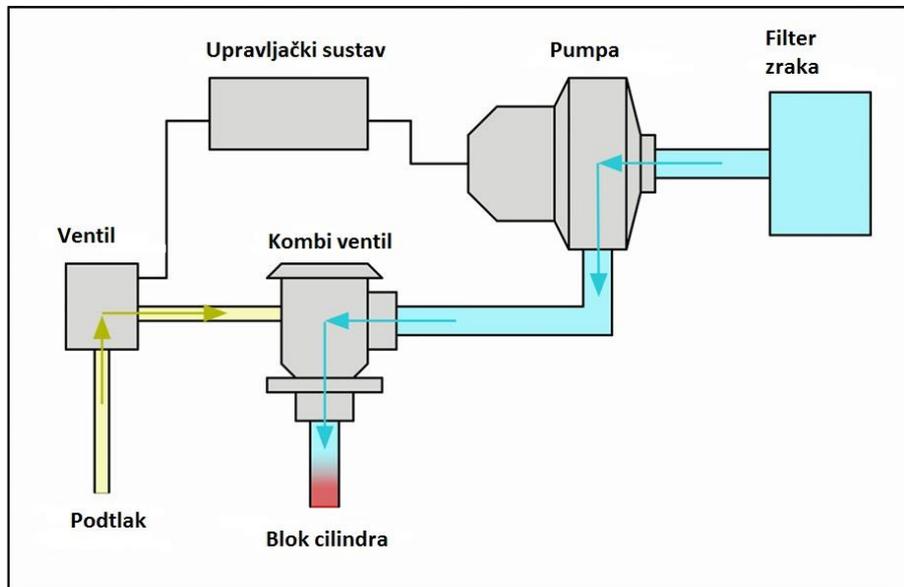
- Povećanje potrošnje goriva
- Povećanje količine dima u ispušnom sustavu
- Motor radi u Safe modu
- Motor podrhtava u radu
- Aktiviran indikator na instrument ploči
- Nemiran rad motora u praznome hodu
- Smanjena snaga samoga motora

#### 3.1.4 *Sustav sekundarnog zraka (SLS)*

Upuhivanje sekundarnoga zraka se koristi kod Otto (benzin) motora. Izgaranjem gorive smjese smanjuje se koncentracija HC i CO u fazi hladnoga starta i zagrijavanju motora vozila, te katalizator nije postigao svoju radnu temperaturu za ispravan rad sustava.

SLS (njem. *der Sekundärluftsystem*) se sastoji od sekundarnog zračnog ventila i sekundarne zračne pumpe (slika 3.4.). To je jedini sustav za održavanje bez održavanja, a za svoj rad potrebna mu je bogata smjesa (zrak sa viškom goriva). Sekundarna pumpa zraka ima zadaću usisavanja zraka (kompresija do 2 bara) i ubrizgavanje u sami razvodnik koji se nalazi iza ispušnih ventila. Sekundarni ventil se nalazi između ispušnoga

razvodnika i sekundarne pumpe. Ovisno o temperaturi motora upravljački sklop djeluje na kompresor i elektropneumatski preklopnik ventila. Nepovratni ventil sprječava povrat ispušnih plinova u kompresor te ujedno i njegovo oštećenje pri pokretanju samoga motora.



Slika 3.4.Sustav sistema SLS-a [16]

#### 4. Lambda sonda

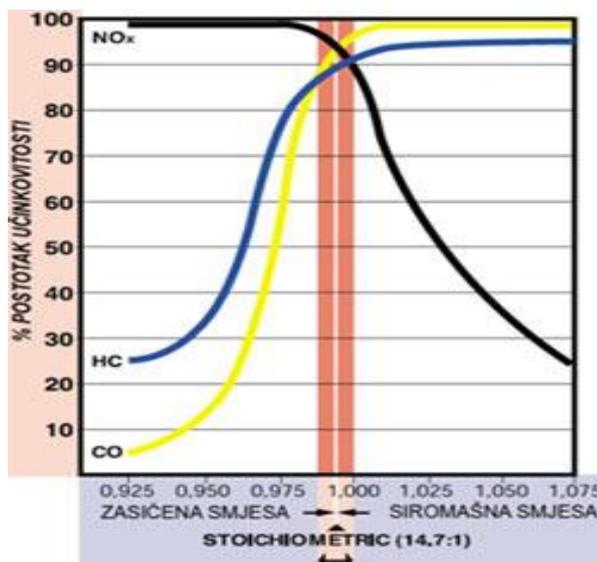
Lambda sonda (slika 4.1.) se prvi put počela upotrebljavati 1976. godine u njemačkoj tvrtci Bosch GmbH, a prvi puta je ugrađena u vozilo švedskog podrijetla Volvo 240.

Ona je neizostavni ispušni element sustava motornih (Otto) vozila i senzor količine kisika ( $O_2$ ). Veličinom je slična svjećici koja reagira na promjenu napona, a kreće se od 0.15V (15mV) do 1.30V. Za njen rad prosječan napon iznosi 0.45V (450mV). Omjer goriva i zraka mora biti idealan, da bi se katalizator mogao maksimalno iskoristiti. Stehioometrijski omjer goriva i zraka u smjesi veoma je bitan jer u cilindru ne smije ostati višak kisika ( $O_2$ ) i neizgorenog goriva.



Slika 4.1.Lambda sonda (Opel Astra H) [17]

Idealan omjer goriva i zraka (slika 4.2.) bio bi 14.7:1. Iz toga proizlazi da nam je za 1 kg goriva potrebno 14.7kg zraka (kisika). Takav dio se u sustavu, odnosno, u prikazanome grafu naziva faktor zraka ( $\lambda$ ) ili lambda faktor[18].



Slika 4.2. Idealni omjer zraka i goriva [19]

Teoretski ekvivalentni odnos se može opisati i formulom (4.1) faktor zraka ( $\lambda$ ) :

$$\lambda = \frac{\left(\frac{\text{zrak}}{\text{gorivo}}\right)}{\left(\frac{\text{zrak}}{\text{gorivo}}\right)_{\text{stehiometrijski}}} \quad (4.1)$$

Ako je smjesa bogata, onda je  $\lambda < 1$  , a ako je smjesa siromašna, onda je  $\lambda > 1$ .

#### 4.1 Građa lambda sonde

Vanjski dio tijela izrađen je od nehrđajućeg čelika, dok je sam vrh sonde izrađen od cirkonija (Zr) koji ima na sebi zaštitnu oblogu. Tijelo sonde je keramičko (slika 4.3.), a kemijski element je titan dioksid ( $\text{TiO}_2$ ). Otpor sonde se skokovito mijenja, dok je njegova referentna vrijednost  $\lambda=1$ . Zbog toga nam sonda mora raditi u temperaturnom području između 600-700 °C, da bi vrijednost otpora bila ispravna. Za zadržavanje temperaturnoga područja sonde ugrađen je grijač sa mogućnošću regulacije temperature.

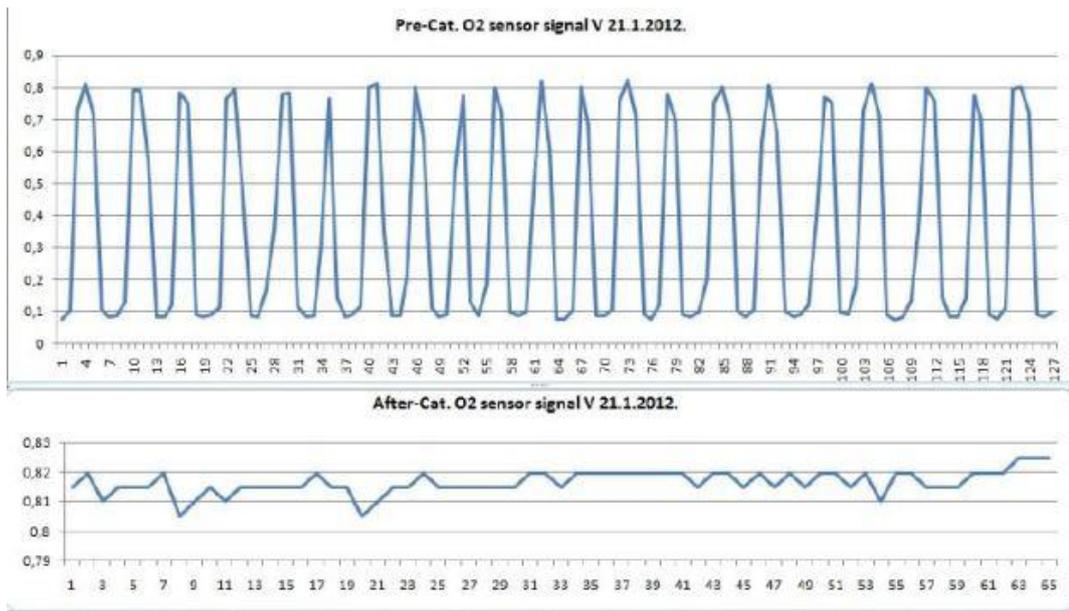


Slika 4.3. Građa lambda sonde [20]

## 4.2 Način rada lambda sonde

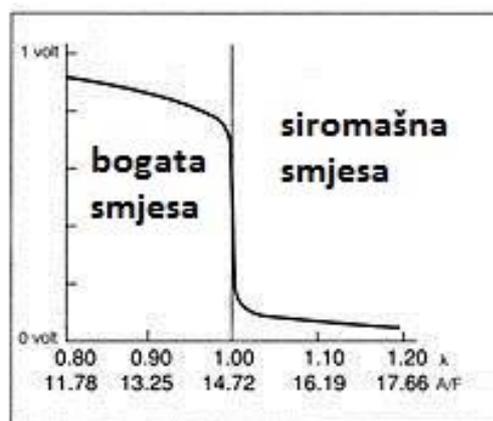
Lambda sonda se obično nalazi u ispušnom sistemu sustava. Vrh sonde je u kontaktu sa ispušnim plinovima koji prolaze kroz cijev ispuha, dok se vanjski dio tijela sonde nalazi izvan cijevi i u kontaktu je sa atmosferskim zrakom. Kristal od cirkonija (Zr) koji se nalazi na vrhu sonde obložen je tankim slojem platine koji u dodiru sa kisikom ( $O_2$ ) generira napon. Napon između elektroda nastaje razlikom koncentracije kisika ( $O_2$ ) sa jedne i s druge strane, a kreće se u rasponu od 0 do 1V [21].

Granična vrijednost normalnog rada sonde (slika 4.4.) oscilira između 0.1 i 0.8V, dok nam je srednja vrijednosti (faktor lambda) ekvivalentan i iznosi 1što odgovara naponu od 0.45V (450mV). Na osnovu tih podataka koje lambda šalje centralnom računalu, određuje se količina ubrizgavanja goriva u cilindar u određeno vremensko vrijeme, da bi faktor lambda bio konstantan.



Slika 4.4. Signal normalnog rad lambda sonde [22]

Osnovni je zahtjev za pravilan rad katalizatora, jer nam smjesa oscilira između bogatog i siromašnog dijela (slika 4.5.). Pri tome nam je faktor lambda jednak vrijednosti jedan.



Slika 4.5. Lambda faktor jednak jedan [23]

Vrh sonde mora biti čist kako bi se time mogao spriječiti neispravan rad motora. Temperatura funkcioniranja je 270°C i stoga sva današnja vozila u sondi imaju ugrađen grijač za što ranije djelovanje regulacijskog kruga motora. Ekstremni uvjeti uzrokuju kvarove učinkovitosti rada katalizatora i same sonde, stoga je potrebno provjeriti:

- Ispravnost navoja na sondi
- Oštećenje na samom vrhu sonde
- Fizička oštećenja na tijelu sonde

- Oštećenja na signalnim žicama
- Ulaz zraka blokiran prljavštinom ili elementom podvozja

Neispravan rad same sonde može ukazati neispravnim radom motora, a na to ukazuju:

- Tamno smeđe naslage ulja u ispušnom sustavu
- Crna boja (naslage ugljika - čađa)
- Sjajna naslaga (olovo u gorivu)
- Kristalno bijela naslaga (prisutnost antifrizu u ispušnom sustavu)

Posebnim mjernim uređajima ili osciloskopom moguće je dijagnosticirati neispravnost rada sonde. U slučaju da dijagnostika ukazuje na neispravan rad sonde potrebno ju je zamijeniti novom (vijek trajanja je 30 000km).

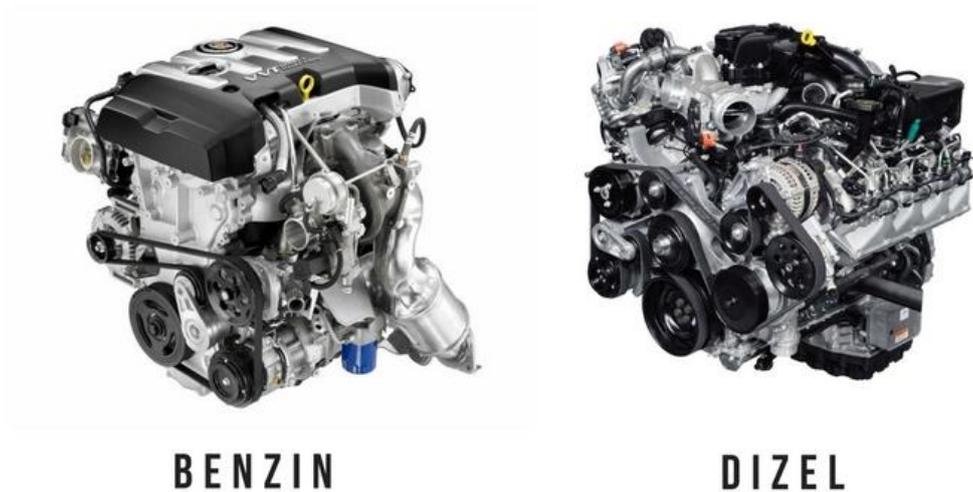
#### 4.2.1 *Lambda sonda s otporničkim skokom*

Keramičko tijelo lambda sonde izrađeno je od titan dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) i rijetko kada se upotrebljava. Vrijednosni omjer zraka od faktora lambda iznosi jedan, a njegov otpor skokovito se mijenja. Da bi vrijednost ostala stabilna, temperaturno područje sonde kreće se od 600-700 °C. Zbog toga se u sondu ugrađuje grijač, da bi temperatura ostala stabilna.

Karakterizacija skokovite lambda sonde je smanjenje koeficijenta električnog otpora između bogate i siromašne smjene, na vrijednost oko 1/8 izvorne vrijednosti. Danas je ovakva vrsta sonde ne koristi u serijskoj proizvodnji, zbog složenosti sustava.

## 5. Razlike benzin i dizel motora

Benzinski (Otto) motor (slika 5.1.) sa unutarnjim izgaranjem za paljenje koristi električnu iskrnu svjeće, dok se kod dizel motora u cilindru komprimira čisti zrak stvarajući visoku temperaturu, pri čemu nakon ubrizgavanja goriva u cilindar motora goriva dolazi do samozapaljivanja. Na taj način se kod dizel motora postižu veće temperature i kompresije nego kod benzin motora [24].



Slika 5.1. Razlika benzin i dizel motora [25]

Dizel vozila su skuplja (kupovina novih), no cijene goriva su im 25-30% manje od benzina. Pretpostavlja se da dizel potroši trećinu (20-30%) manje goriva od benzina (slika 5.2.). Najčešće se kupuju s razlogom što imaju manje kvarove i godišnje se može prijeći više kilometara (100 000km). U nekim slučajevima su ekonomičnija i učinkovitija od hibridnih vozila (elektro-benzin motor). Dizel gorivo je učinkovitije jer koristi više toplinsku nego stvarnu energiju za svoj rad. S obzirom da dizel motori nemaju svjeće lakše podnose visoke tlakove (2500bara) i kompresije te su njihovi motori izdržljiviji od benzinskih, a prosječni vijek trajanja im je oko 500 000km. Nedostatak svega toga je skuplje održavanje motora, kao i samog vozila te zagađivanje zraka (okoliša).



### KOLIKO NAS AUTOMOBILI KOŠTAJU

## POLOVNJACI - TRI GODINE KORIŠĆENJA I 10.000 KM GODIŠNJE

Kategorija	Dizel	Benzin
Kupovina (-)	4.500-5.000	4.000-4.500
Održavanje* (-)	1.200	450
Potrošnja goriva (-)	1.800	2.300
Prodaja (+)	2.700-4.000	2.200-3.800
Ukupan trošak (-+)	3.500-4.800	3.000-4.550

\*Redovan mali servis i prosečan trošak za vanredne intervencije

## NOVI AUTOMOBILI - SEDAM GODINA KORIŠĆENJA I 10.000 KM GODIŠNJE

Kategorija	Dizel	Benzin
Kupovina (-)	14.000	11.500
Održavanje** (-)	770	610
Potrošnja goriva (-)	4.500	6.000
Prodaja (+)	5.500-6.500	5.000-6.000
Ukupan trošak (-+)	12.700-13.700	12.100-13.100

\*\*Redovan mali servis u ovlašćenim radionicama

## NOVI AUTOMOBILI - SEDAM GODINA KORIŠĆENJA I 30.000 KM GODIŠNJE

Kategorija	Dizel	Benzin
Kupovina (-)	14.000	11.500
Održavanje** (-)	1.100	800
Potrošnja goriva (-)	13.000	17.400
Prodaja (+)	4.500-5.500	4.000-5.000
Ukupan trošak (-+)	22.600-23.600	24.700-25.700

\*\*Redovan mali servis i jedan veliki servis u ovlašćenim radionicama

Slika 5.2. Razlika cijene benzinskih i dizela vozila [26]

Benzin vozila su jeftinija i održavanje im je jeftinije dok je gorivo oko 20-30% skuplje od dizela. Tokom zimskog perioda nemaju problema kod startanje motora. Iako dizel gorivo može podržati temperaturu do  $-15^{\circ}\text{C}$ . Problemi nastaju u zimskom periodu kod startanja motora jer oni u svojim motorima imaju grijače goriva. Benzin motori imaju fleksibilnije motore i imaju veću regulaciju brzine (veći broj okretaja).

Kriteriji za usporedbu benzin i dizel vozila su:

- Ekonomičnost
- Trošak goriva
- Trošak poreza na vozilo
- Godišnja kilometraža i održljivost

- Trošak auto osiguranja
- Trošak nabave

Cijene osiguravajućih kuća za benzin vozila je jeftinija nego za dizel vozila, razlog toga je to što sa dizel vozilom godišnje napravite više kilometara i veći je rizik od prometne nezgode nego sa benzin vozilom.

Tehnologija i kratka usporedba dizel i benzin vozila:

- Benzin vozila:
  - Jeftiniji za kupnju
  - Skuplja cijena goriva
  - Veća potrošnja (velike udaljenosti)
  - Manja složenost motora i osjetljivost dijelova
  - Zagrijavanje na kratke udaljenosti brže od dizel vozila
  - Ne potrebnost filtra za čestice (trosmjerni katalizator omogućava odgovarajuća pročišćenje)
  - Problem emisije CO<sub>2</sub>
- Dizel vozila:
  - Jeftinija cijena goriva
  - Bolja učinkovitost
  - Cijena novog vozila je veća nego benzin vozila
  - Viši porez vozila
  - Ne povoljni uvjeti za osiguranje
  - Potreba za čestim pregledima
  - Pri niskim temperaturama potreba gorivih aditiva (sprječavanje zamrzavanje motora)
  - Problem emisije dušikovih oksida
  - Niža emisija CO<sub>2</sub>

## 5.1 Motor automobila

Prvi automobil konstruirao (slika 5.3.) i proizveo je 1886. godine Karl Benz u Njemačkoj (Mannheimu). Od toga dana do danas auto proizvodnja raste iz dana u dan. U Europi najveću proizvedenost imaju: VW (Volkswagen), Peugeot, Opel i Ford. Tehnički gledano, svaki automobil pokreće motor koji pretvara toplinsku energiju sagorijelog benzina ili dizela u mehaničku. Prema obliku konstrukcije karoserije razlikujemo: copué, kombi, terenska i limuzine.



Slika 5.3. Prvi automobil [27]

## 6. Mjerenje i kontrola ispušnih plinova

Emisija štetnih plinova ispituje se na način da se rade simulacije u NEDC-u (eng. *New European Driving Cycle*) ili u WLTP (eng. *Worldwide Light Vehicles Test Procedure*). Razlog tome je što vozila ne ispunjavaju Euro6 standarde, odnosno oko 90% vozila nije u tim gabaritima. Plinovi koji izlaze iz ispušne cijevi vozila, prikupljaju se te se na taj način vrši analiza potrošnja goriva i emisija štetnih plinova (tablica 6.1.) [28].

Tablica 6.1. Maksimalno dopuštanje količine štetnih plinova

	Stupanj na snagu	CO	HC	HC+NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM
<b>Diesel motori</b>	(g/km)					
Euro4	2005./01.	0.50	-	0.30	0.25	0.025
Euro5	2009./09.	0.50	-	0.23	0.18	0.005
Euro6	2014./09.	0.50	-	0.17	0.08	0.005
<b>Benzin motori</b>	(g/km)					
Euro4	2005./01.	1.00	0.10	-	0.08	-
Euro5	2009./09.	1.00	0.10	-	0.06	0.005
Euro6	2014./09.	1.00	0.10	-	0.06	0.005

Ovakva ispitivanja vrše se na motornim vozilima (M1), lakim teretnim vozilima (N1) i hibridnim ili potpuno električnim vozilima. Pri samom ispitivanju sastav ispušnog plina analizira se i mjeri sadržaj: CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC i O<sub>2</sub>.

Potrošnja goriva se može izračunati formulacijom (6.1):

$$BSFC = \frac{r_f}{P_b} [\text{g/kWh}] \quad (6.1)$$

Gdje je:

BSFC (eng. *Break Specific Fuel Consumption*) – specifična potrošnja goriva  
[ g/(kWh) ]

$r_f$  – protok goriva [kg/h]

$$P_b = \frac{RPM * Tq}{9549.27} \quad (6.2)$$

Gdje je:

RPM- konstantna brzina [m/s]

P<sub>b</sub>- snaga na pogonskom kotaču vozila [kW]

Dizel motori imaju prosječnu efikasnost 32% i BSFC im je 256 g/kWh, dok je kod benzin motora efikasnost 25% i BSFC im je 322 g/kWh [29].

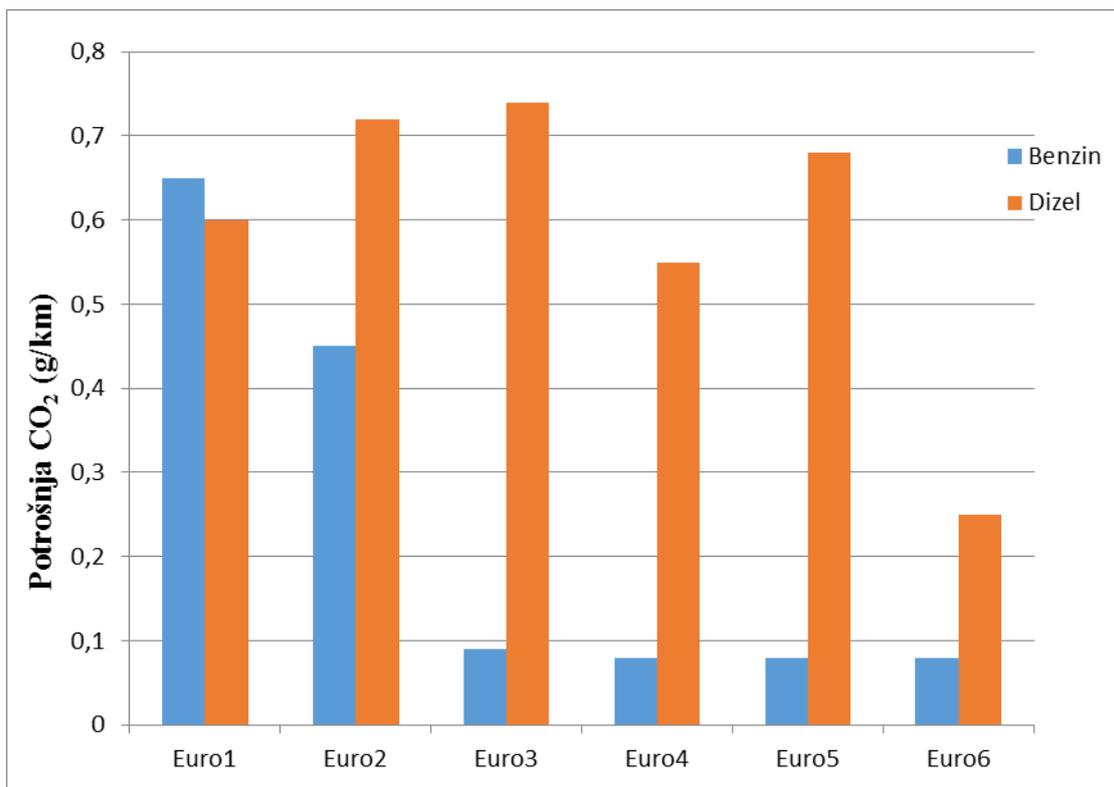
Izračun CO<sub>2</sub> potrošnje vozila se lako izračuna formulom (6.3) i prikazom grafikona (slika 6.1.):

$$\text{CO}_2 = 0.047*m + 0.561*p + 56.621 \quad [\text{g/km}] \quad (6.3)$$

Gdje je:

m = masa vozila [kg]

p = snaga vozila [kW]



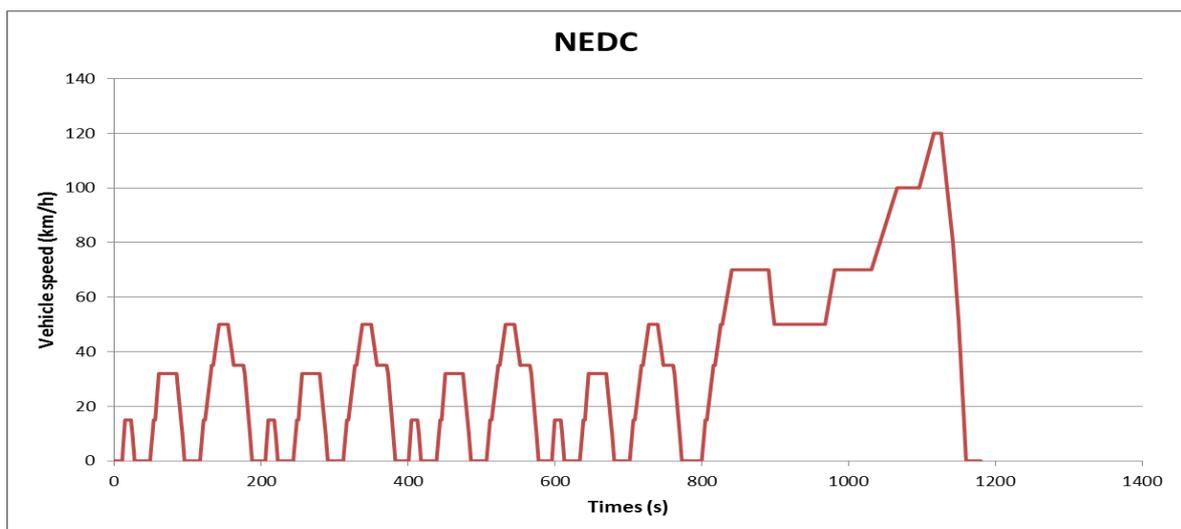
Slika 6.1. Prikaz potrošnje CO<sub>2</sub> po vrstama motora i goriva [30]

## 6.1 NEDC ispitivanje

NEDC (eng. *New European Driving Cycle*) je simulacija vožnje, mjerenje potrošnje goriva i emisije štetnih plinova automobila. Prvenstveno se koristi za ispitivanje benzina motora, no proces se može i primjenjivati za dizel vozila. Proces se izvodi u komori gdje je pokreću pogonski kotači na valjcima. Postupak se odvija pod slijedećim uvjetima:

- Temperatura komore (20-30 °C)
- Trajanje (20 minuta)
- Maksimalna brzina (120km/h)
- Prosječna brzina (33km/h)
- Udio perioda mirovanja (25%)
- Dionica udaljenosti od 11km
- Simulacija gradske vožnje (13minuta)
- Simulacija međugradske vožnje (7 minuta)

Sama NEDC simulacija se sastoji od ECE i EUDC dijela sustava (slika 6.2.). ECE/UDC (eng. *Urban Driving Cycle*) je tipičan uvjet vožnje automobila Europskim gradovima. Uveden je 1970. godine, a karakteriziraju ga maksimalna brzina do 50km/h, niska opterećenja motora i niska temperatura ispušnih plinova. Trajanje ECE dijela je od 0 do 780s. EUDC (eng. *Extra-Urban Driving Cycle*) je vožnja izvan urbanog naselja. Ona je uvedena 1990. godine i karakteriziraju je brzina vožnje do 120km/h, dok trajanje procesa traje od 780 do 1180s[31].



Slika 6.2. NEDC dijagram [32]

## 6.2 WLTP ispitivanje

WLTP (eng. *Worldwide Light Vehicles Test Procedure*) je globalno usklađivanje osobnih i lakih vozila za određivanje potrošnje goriva, emisije štetnih plinova i potrošnje energije. Diljem svijeta postupak se počeo uvoditi 01. rujna 2017. godine u sva osobna i laka vozila, a ovakav ciklus se svodi na osnovi prikupljenih podataka realne vožnje, te se laboratorijski može približiti realna simulacija vožnje vozila. Postoje tri različita tipa WLTP procesa, a ovisi o omjeru snage i težine vozila. To su [33] :

- Klasa 1 – niska snaga ( $P_{Wr} \leq 22$ )
- Klasa 2 – srednja snaga ( $22 < P_{Wr} \leq 34$ )
- Klasa 3 – velika snaga ( $P_{Wr} > 34$ )

Današnji automobili imaju omjer snage i težine 40-100 kW/t. Zbog toga oni pripadaju trećoj klasi (slika 6.3.), a autobusi pripadaju drugoj klasi. Svaka klasa WLTP ima drugačiji V-t (brzina- vrijeme) dijagram. Karakteriziraju ga [34]:

- Trajanje (30 minuta)
- Prosječna brzina (47km/h)
- Maksimalna brzina (130km/h)
- Temperatura komore (23°C)
- Udio mirovanja (13%)
- Četiri faze (low, medium, high i extra-high)
- Duljina dionice (23km)
- Procjena mase i opreme vozila (dolazi u obzir kod procjene)



Slika 6.3. Dijagram WLTP klase 3 vozila [35]

Testni ciklus se može opisati i očitati tablično (tablica 6.2.) zbog lakšeg nalaženja određenih podataka [36].

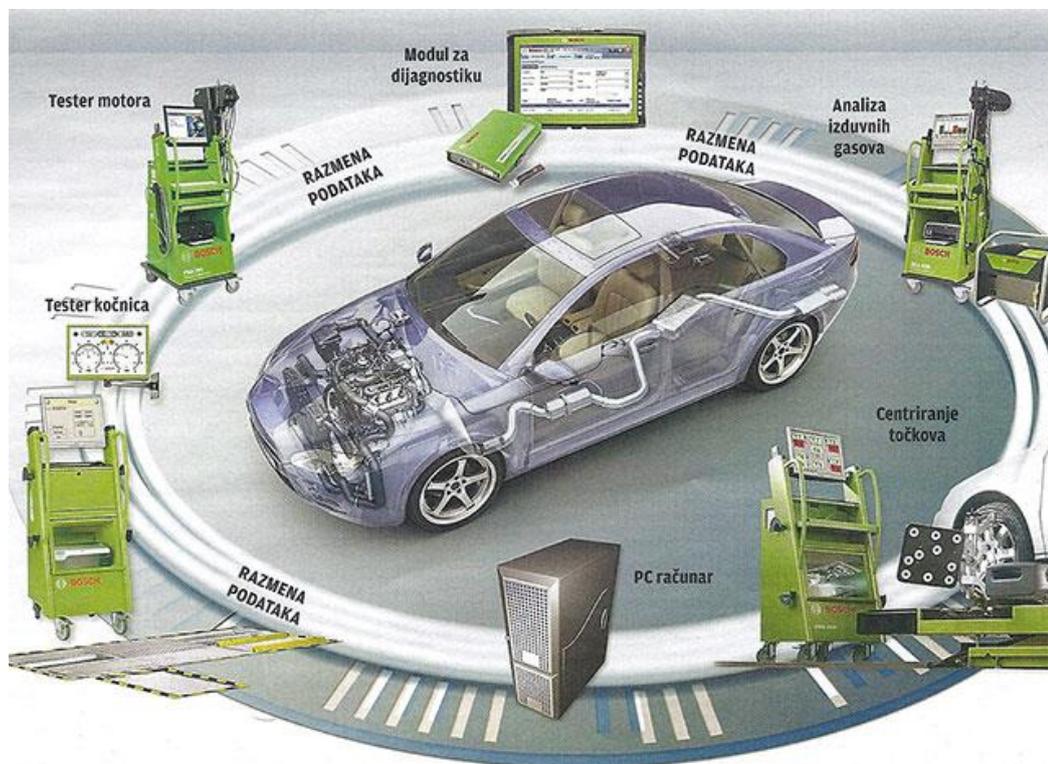
Tablica 6.2. Očitanje dijagrama klase 3 vozila

Razina	Low(nizak)	Meidum(srednja)	High(visok)	Extra-high (izuzetno visok)	Ukupno
Udaljenost [m]	3095	4756	7162	8254	23.266
Trajanje [s]	589	433	455	323	1800
Max. brzina [km/h]	56.5	76.6	97.4	131.3	
Zaustavljanje [%]	26.5%	11.1%	6.8%	2.2%	13.4%
Min. ubrzanje [ $m/s^2$ ]	-1.5	-1.5	-1.5	-1.44	
Max. ubrzanje [ $m/s^2$ ]	1.611	1.611	1.666	1.055	



## 7. Održavanje i auto dijagnostika

Auto dijagnostika se zasniva na memoriji modula vozila, koja evidentira greške ili kvarove tokom same vožnje. Pomoću dijagnostike vrlo je lako doći do pronalaska kvara, a pri tome se uštedi na vremenu i radu. Motor i ABS sustav su jedini imali dijagnostiku u prošlom stoljeću, dok danas možete dijagnosticirati kvar na klimi, automatskom mjenjaču, xenon sustavu, instrument ploči, centralnom sustavu brave, itd. U skoroj budućnosti bez dijagnostike i programa biti će veoma teško održavati i popraviti vozilo (cijena programa ovisi o marki automobila te varira, ali u prosjeku je oko 500.00kn), kao i poljoprivrednih vozila (traktor i kombajn) koje koriste isti sustav održavanja (slika 7.1) [37].



Slika 7.1 Pregled i održavanje automobila [38]

Novija vozila već sada koriste oko tridesetak računala (ECU) u sebi za regulaciju i praćenje pojedinih sustava za ispravan rad, a kao primjer nam može poslužiti sustav praćenja tlaka guma u vozilu (ako tlak padne za 10-15% od zadane vrijednosti, računalo prikazuje grešku na instrument ploči i upozorava vozača na grešku). Autoelektričari danas koriste prijenosna (laptop ili tablet) ili stolna računala za pronalazak greške na vozilu. Svako računalo mora na sebi sadržavati određeni programski softver za dijagnostiku.

Softver je modul koji omogućava dijagnostiku i komunikaciju vozila sa računalom pomoću adapter kabla (slika 7.2).

Računalo koje u sebi ima OBD dijagnostiku konkretno komunicira preko određenih protokola sa vozilom preko softvera (Multi-Dag ili Vag-Com).

## **OBDTOOL**



Slika 7.2 Adapter kabel OBD [39]

### **7.1 OBD dijagnostika**

OBD (eng. *On Bord Diagnostic*) je samo dijagnostika, a dijagnosticira se na instrument ploči vozila. Sustav nam daje sposobnost utvrđivanju različitih kvarova podsustava. Takav princip rada dijagnostike počeo se primjenjivati 1980. godine. Moderni OBD (slika7.3) pruža digitalnu komunikaciju dijagnostičkih kodova kvara (DTC), te omogućava njihovo prepoznavanje i uklanjanje. Standardno označavanje OBD kroz povijest je OBDII (OBD1 i OBD2) ili EOBD. Svako računalo (ECU) očitava senzore (ispravan rad, sigurnost i ekonomičnost motora) [40].



Slika 7.3 OBD uređaj [41]

Pojavom greške zapisuje se kodna oznaka problema koji je nastao tokom rada. Računalo pri tome zapisuje očitavanje nastanka greške na senzoru, te zamrzne sliku (eng. *FREZZ FRAME*). Kvar koji se povremeno pojavljuje bilježi se kao kod na čekanju (eng. *PENDING CODE*), no ako se učestalo pojavljuje, zapisuje se kao kod pogreške (eng. *FAULT CODE*).

Treptanjem ili paljenjem lampice provjere motora (eng. *CHECK ENGINE*) upozorava vozača na kvar u sustavu (slika 7.4). Spajanje uređaja i ukazivanje greške koda, greška će biti brzo uklonjena.



Slika 7.4. CHECK ENGINE greška [42]

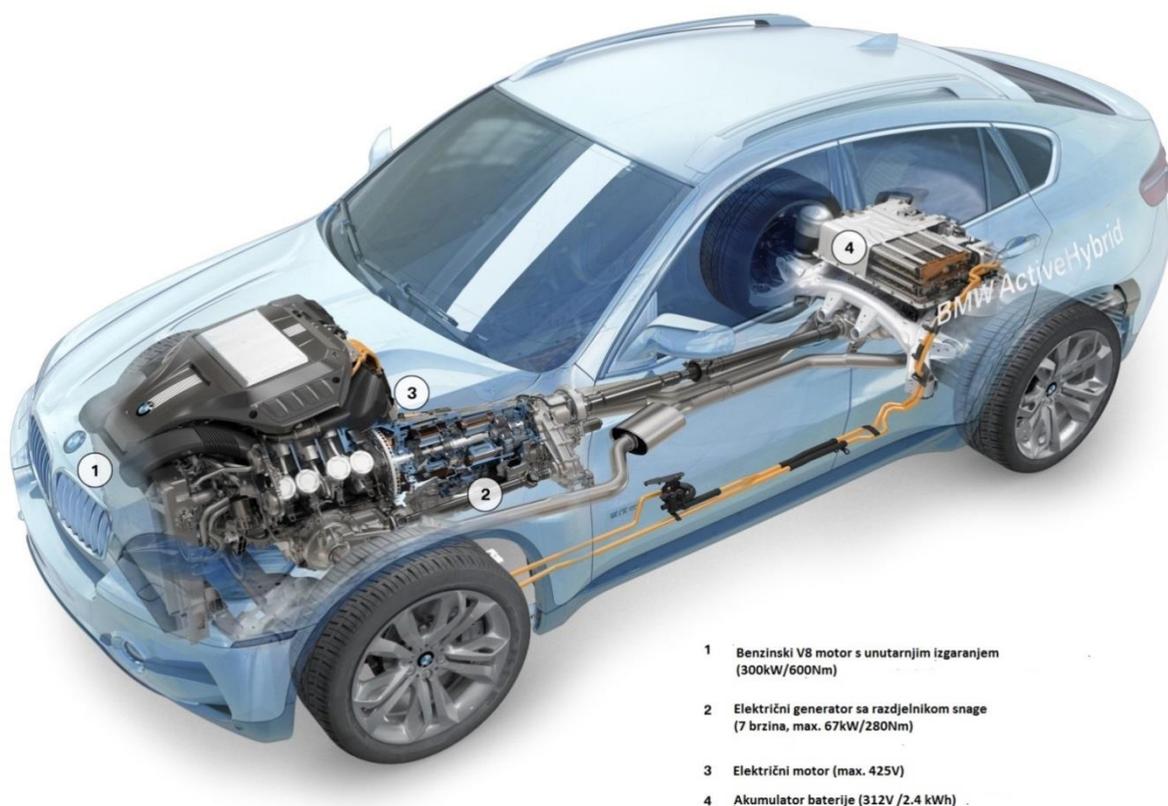
Reprogramiranje i dijagnostika dodatne opreme vozila dostupna je samo putem posebnih tvorničkih protokola, iako je OBDII idealan ulaz u svijet auto dijagnostike. Najtraženiji uređaj te klase je model ELM327, a koriste ga čak i hobisti, a i mali servisi.

## 8. Hibrid vozila

Hibrid vozila za svoj rad upotrebljavaju dva ili više izvora energije (slika 8.1) ovisno o modelu vozila raspolaganje režima može biti: ECO (ekološki i štedljiv), POWER (pojačana snaga), NORMAL (normalna vožnja) i SNOW (snježni uvjeti). Kombinacija benzinskog ili dizel motora sa elektromotorom je najčešća izvedba koja se koristi. Razlog uvođenja takvih vrsta vozila je smanjivanje emisije štetnih plinova, ali i smanjivanje potrošnje pogonskog (benzin ili dizel) goriva. Neki poznati proizvođači su: Honda, Toyota, Nissan, Ford, itd.

Brzina vozila nam ovisi o snazi motora, a time i potrebi za većim kapacitetom baterije. Postoje tri tipa hibrid vozila, a to su [43]:

- Serijski hibrid
  - Elektromotor uvijek pogoni pogonske kotače vozila.
  - Motor s unutarnjim izgaranjem uključuje se po potrebi, pri čemu preko generatora proizvodi električnu energiju.
  - Optimalan rad vozila sa minimalnom potrošnjom goriva.
  
- Paralelan hibrid
  - Omogućava istovremeno uključivanje elektromotora i motora s unutarnjim izgaranjem.
  - Udaljenost vozila ovisi o kapacitetu baterije.
  - Motor i mjenjač vozila povezani su automatskom spojkom.
  
- Serijsko-paralelan hibrid
  - Korisnost snage kreće se od 0-100% elektromotora ili motora s unutarnjim izgaranjem.
  - Elektromotor služi kao dodatna snaga motoru s unutarnjim izgaranjem.
  - Raspodjela snage pogonskim kotača preko diferencijala dijeli se između elektromotora i motora s unutarnjim izgaranjem.



Slika 8.1. BMW hibrid vozilo [44]

Vjerujem, da bi se velik broj građana odlučio na kupnju istih, međutim, teška ekonomska situacija, nizak životni standard, visoke kamate, PDV (25%), ne omogućavaju građanima kupnju (bez obzira na sufinanciranje; do 70 000kn) pristupačnijih vozila. Povoljniji uvjeti pridonijeli bi realizaciji i većoj produktivnosti hibridnih vozila.

## 9. ZAKLJUČAK

Ekološka osviještenost ljudi, očituje se na smanjivanju emisije štetnih plinova i smanjenju zagrijavanja okoliša. Nova istraživanja i saznanja dovode do prilagodljivijih načina smanjivanja potrošnje ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>).

Prema europskoj normi Euro6 motori će smjeti do 2021. godine sadržavati samo 95g/km CO<sub>2</sub>, te će na taj način pridonijeti smanjenju zagađenja(oko 12%). Njemačka i Francuska su uvele zakon o zabrani vozila (Euro4 i Euro3) ulaskom u pojedine dijelove gradova, koji će provesti do 2040. godine. Rezultat toga bi bila veća proizvodnja i prodaja-kupnja električnih ili hibrid vozila, kod kojih je CO<sub>2</sub> potrošnja oko 95g/km.

Električno vozilo za svoj rad koristi samo električnu energiju koja pokreće elektromotor. Energija se skladišti u akumulator, a naš poznati hrvatski proizvođač takvih vozila je Mate Rimac i proizveo je vozilo Rimac Concept\_S.

Smanjivanje stakleničkih plinova, zdravlje ljudi, čistoća okoliša, unapređenje kvalitete,te ekonomičnost trebaju biti inspiracija novim tehnološkim istraživanjima i kreaciji novih vozila.

## 10. LITERATURA

- [1] Kerli L. Popraviti sam svoj auto: Ispušni sistem. Ljubljana 1988., str. 325-336.
- [2] Klasičan ispušni sistem vozila [Online]. Dostupan na:  
[https://www.google.hr/search?q=ispu%C5%A1ni+sistem&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi6osLQlpncAhWDESwKHd10AtQQ\\_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgrc=tTVNDuE-N-Uv4M](https://www.google.hr/search?q=ispu%C5%A1ni+sistem&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi6osLQlpncAhWDESwKHd10AtQQ_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgrc=tTVNDuE-N-Uv4M)(08.07.2018.)
- [3] Sportska ispušna grana [Online]. Dostupna na :  
[https://www.google.hr/search?q=ispusna+grana&tbn=isch&source=iu&ictx=1&fir=5BnrYmMhgMrtkM%253A%252CRQCsvkcXvc8SZM%252C\\_&usg=\\_\\_14ug\\_n3xQZ\\_3ZxJo7pXIEhLHnbo%3D&sa=X&ved=0ahUKEwjEuoOLm5ncAhUGKywKHbz7CG8Q9QEIJzAA#imgrc=SCm7VnYrVj3SaM](https://www.google.hr/search?q=ispusna+grana&tbn=isch&source=iu&ictx=1&fir=5BnrYmMhgMrtkM%253A%252CRQCsvkcXvc8SZM%252C_&usg=__14ug_n3xQZ_3ZxJo7pXIEhLHnbo%3D&sa=X&ved=0ahUKEwjEuoOLm5ncAhUGKywKHbz7CG8Q9QEIJzAA#imgrc=SCm7VnYrVj3SaM)(07.07.2018.)
- [4] Ispušna grana sa ugrađenim rashladnim sredstvom [Online]. Dostupno na :  
[https://www.google.hr/search?q=ispusna+grana&tbn=isch&source=iu&ictx=1&fir=5BnrYmMhgMrtkM%253A%252CRQCsvkcXvc8SZM%252C\\_&usg=\\_\\_14ug\\_n3xQZ\\_3ZxJo7pXIEhLHnbo%3D&sa=X&ved=0ahUKEwjEuoOLm5ncAhUGKywKHbz7CG8Q9QEIJzAA#imgrc=lZ2vD-bbaaa07M](https://www.google.hr/search?q=ispusna+grana&tbn=isch&source=iu&ictx=1&fir=5BnrYmMhgMrtkM%253A%252CRQCsvkcXvc8SZM%252C_&usg=__14ug_n3xQZ_3ZxJo7pXIEhLHnbo%3D&sa=X&ved=0ahUKEwjEuoOLm5ncAhUGKywKHbz7CG8Q9QEIJzAA#imgrc=lZ2vD-bbaaa07M)(07.07.2018.)
- [5] Leksikografski zavod Miroslav Krleža. Tehnički leksikon: Ključne riječi i značenja. Zagreb 2007.
- [6] Ciakauto. Katalizator [Online] 2015. Dostupno na : <http://ciak-auto.hr/novosti/10053/> (12.07.2018.)
- [7] Građa katalizatora [Online]. Dostupno na :  
[https://www.google.hr/search?biw=1600&bih=794&tbn=isch&sa=1&ei=4DIHW5maGYaisAGZ5InAAg&q=katalizaotr&oq=katalizaotr&gs\\_l=img.3...660.660.0.921.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0....0...1c.1.64.img..0.0.0....0.w7KB0iIETtM#imgrc=oP\\_Za2AZ90LvzM](https://www.google.hr/search?biw=1600&bih=794&tbn=isch&sa=1&ei=4DIHW5maGYaisAGZ5InAAg&q=katalizaotr&oq=katalizaotr&gs_l=img.3...660.660.0.921.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0....0...1c.1.64.img..0.0.0....0.w7KB0iIETtM#imgrc=oP_Za2AZ90LvzM)
- [8] Autonet. Apsorpcijski prigušivač [Online] 2013. Dostupno na:  
<http://www.autonet.hr/tehnika/skola/ispusni-sustav/>(10.07.2018.)
- [9] Unutrašnji dio apsorpcijskog prigušivača [Online]. Dostupno na:  
[https://www.google.hr/search?q=Apsorpcijski+prigu%C5%A1iva%C4%8D&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi5wonFvpncAhVTxKYKHe-fAKoQ\\_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgrc=fCdVmpwZCQC9pM](https://www.google.hr/search?q=Apsorpcijski+prigu%C5%A1iva%C4%8D&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi5wonFvpncAhVTxKYKHe-fAKoQ_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgrc=fCdVmpwZCQC9pM)
- [10] CVH. Propisi emisija štetnih plinova [Online] 2014. Dostupno na:  
<http://www.propisi.hr/print.php?id=5017> (24.07.2018.)

- [11] Tablični prikaz graničnih vrijednosti [Online]. Dostupno na: [https://www.google.hr/search?q=grani%C4%8Dne+vrijednosti+ispu%C5%A1nih+plinova&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiM5qzD3ZvcAhUFEJoKHStBBtcQ\\_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgrc=VzoDi\\_6pFOa\\_M](https://www.google.hr/search?q=grani%C4%8Dne+vrijednosti+ispu%C5%A1nih+plinova&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiM5qzD3ZvcAhUFEJoKHStBBtcQ_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgrc=VzoDi_6pFOa_M):
- [12] Katalizator sa dvije lambda sonde [Online]. Dostupno na: <https://www.google.com/search?tbm=isch&q=katalizator+sa+dvije+lambda+sonde&spell=1&sa=X&ved=0ahUKEwjtw83WwJ7dAhXR-aQKHfFOC-oQBQgvKAA&biw=1600&bih=745&dpr=1#imgrc=m1bZi0qxd31-EM>:
- [13] Dijagramski prikaz sonde u katalizatoru [Online]. Dostupno na: <https://automehatronika.wordpress.com/tag/sonda-lambda/>
- [14] SiluxHR. AGR ventil [Online] 2014. Dostupno na: <https://www.silux.hr/motorsport-vijesti/14/sve-sto-morate-znati-o-egr-ventilu>
- [15] AGR ventil [Online]. Dostupan na: [https://www.google.hr/search?q=egr+ventil&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwizx6jnmJzcAhVCglwKHRXYATUQ\\_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgrc=GgAJtB0XVohZKM](https://www.google.hr/search?q=egr+ventil&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwizx6jnmJzcAhVCglwKHRXYATUQ_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgrc=GgAJtB0XVohZKM):
- [16] Sustavi sistema SLS [Online] 2017. Dostupno na: <http://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Mercedes-Benz-SLS-AMG-Coup-Black-Series-GT3-performance-for-the-road.xhtml?oid=9362033> (25.07.2018.)
- [16] Radovan M. Elektronika automobila: Lambda sonda. Zagreb 2017. , str. 38-61.
- [17] Lambda sonda [Online]. Dostupno na: [https://www.google.hr/search?q=lambda+sonda&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjs0MfokrXcAhXDfFAKHSofCmUQ\\_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgrc=uzIt86qShFK5AM](https://www.google.hr/search?q=lambda+sonda&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjs0MfokrXcAhXDfFAKHSofCmUQ_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgrc=uzIt86qShFK5AM):
- [18] AUTOISPUH. Lambda sonda i katalizator [Online]. Dostupno na: <http://www.autoispuh.hr/tehnika.html>(11.08.2018.)
- [19] Idealni omjer zraka i goriva [Online]. Dostupno na: [https://www.google.com/search?q=idealni+omjer+zraka+i+goriva&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj-iv2uwp7dAhVRKuWkHa5tDnMQ\\_AUICigB&biw=1600&bih=745#imgrc=eM0d68k1XS DwMM](https://www.google.com/search?q=idealni+omjer+zraka+i+goriva&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj-iv2uwp7dAhVRKuWkHa5tDnMQ_AUICigB&biw=1600&bih=745#imgrc=eM0d68k1XS DwMM):
- [20] Građa lambda sonde [Online]. Dostupno na: <https://www.google.hr/search?q=lambda+sonda&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj2pp3->



[lrXcAhUKY1AKHdZoAmaAQ\\_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgdii=tHSTFEDnGiF8pM:&imgsrc=uBZNeDtnaPun8M:](https://www.google.com/search?q=lambdasonda&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi5zOH3_YLdAhXLFZoKHZdIBgkQ_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgdii=tHSTFEDnGiF8pM:&imgsrc=uBZNeDtnaPun8M)

[21] Motorna vozila. Lambda sonda [Online]. Dostupno na: [https://www.motorna-vozila.com/lambda-sonda/\(13.08.2018.\)](https://www.motorna-vozila.com/lambda-sonda/(13.08.2018.))

[22] Signal normalnog rada lambda sonde [Online]. Dostupan na: [https://www.google.com/search?q=lambdasonda+normalan+rad&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi5zOH3\\_YLdAhXLFZoKHZdIBgkQ\\_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgsrc=tcBRE4HFemEedM:](https://www.google.com/search?q=lambdasonda+normalan+rad&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi5zOH3_YLdAhXLFZoKHZdIBgkQ_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgsrc=tcBRE4HFemEedM)

[23] Lambda faktor jednak jedan [Online]. Dostupno na: [https://www.google.com/search?q=lambdasonda+normalan+rad&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi5zOH3\\_YLdAhXLFZoKHZdIBgkQ\\_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgsrc=CcJG0ybSwWGpoM:](https://www.google.com/search?q=lambdasonda+normalan+rad&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi5zOH3_YLdAhXLFZoKHZdIBgkQ_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgsrc=CcJG0ybSwWGpoM)

[24] Automobili.hr. Razlika benzin i dizel motora [Online] 2016. Dostupno na: [https://automobili.hr/novosti/savjeti/benzin-ili-diesel-vjecna-dvojba-sto-je-bolje\(26.07.2018.\)](https://automobili.hr/novosti/savjeti/benzin-ili-diesel-vjecna-dvojba-sto-je-bolje(26.07.2018.))

[25] Razlika benzin i dizel motora [Online]. Dostupno na: [https://www.google.hr/search?q=benzin+i+dizel+motor&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiluajA1bfcAhUBIIAKHRSUCF8Q\\_AUICigB&biw=1600&bih=745#imgsrc=qMNbc8ym7r\\_QqM](https://www.google.hr/search?q=benzin+i+dizel+motor&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiluajA1bfcAhUBIIAKHRSUCF8Q_AUICigB&biw=1600&bih=745#imgsrc=qMNbc8ym7r_QqM)

[26] Razlika cijene benzinskih i dizel vozila [Online]. Dostupno na: [https://www.google.hr/search?biw=1600&bih=745&tbm=isch&sa=1&ei=HRJXW9\\_6OOj06ATojKK4DA&q=usporedba+potro%C5%A1nje+goriva+benzina+i+dizela&oq=usporedba+potro%C5%A1nje+goriva+benzina+i+dizela&gs\\_l=img.3...716780.726298.0.726443.0.0.0.0.0.0.0.0...0...1c.1.64.img..0.0.0...0.L43AH13gz8I#imgsrc=Jfmp3o4Mdpw0IM:](https://www.google.hr/search?biw=1600&bih=745&tbm=isch&sa=1&ei=HRJXW9_6OOj06ATojKK4DA&q=usporedba+potro%C5%A1nje+goriva+benzina+i+dizela&oq=usporedba+potro%C5%A1nje+goriva+benzina+i+dizela&gs_l=img.3...716780.726298.0.726443.0.0.0.0.0.0.0.0...0...1c.1.64.img..0.0.0...0.L43AH13gz8I#imgsrc=Jfmp3o4Mdpw0IM)

[27] Prvi automobil [Online]. Dostupno na: <https://www.br.de/themen/wissen/carl-benz-automobil-100.html>

[28] Kerli L. Popraviti svoj auto: Sistemi za kontrolu ispušnih plinova. Ljubljana 1988. ,str 222-239.

[29]Rexeis M. EmissionenvonKfz im Realbetrieb [Online]. Wien 2017. Dostupno na: [http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/aktuelles/veranstaltungen/2014/02\\_Rexeis\\_Emissionen\\_Kfz\\_Realbetrieb\\_HBEFA\\_3\\_2.pdf\(30.08.2018.\)](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/aktuelles/veranstaltungen/2014/02_Rexeis_Emissionen_Kfz_Realbetrieb_HBEFA_3_2.pdf(30.08.2018.))

[30] Prikaz potrošnje CO<sub>2</sub> po vrstama motora i goriva [Online]. Dostupno na: [http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/aktuelles/veranstaltungen/2014/02\\_Rexeis\\_Emissionen\\_Kfz\\_Realbetrieb\\_HBEFA\\_3\\_2.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/aktuelles/veranstaltungen/2014/02_Rexeis_Emissionen_Kfz_Realbetrieb_HBEFA_3_2.pdf)





## 11. OZNAKE I KRATICE

CO – ugljični monoksid

CO<sub>2</sub>- ugljični dioksid

DPF- Diesel Particulate Filtar (diesel partikularni filtar)

dB – decibel

EGR - Exhaust Gas Recirculation (redukcija ispušnih plinova)

g/km – grama po kilometru

itd- i tako dalje

kg- kilogram

km/h – kilometar na sat

m/s- metara u sekundi

NEDC-New EuropeanDrivingCycle (novi europski vozni ciklus)

NO<sub>x</sub>- dušikov oksid

O<sub>2</sub> – kisik

OBD-On BoardDiagnostics (dijagnostika na vozilu)

SLS – der Sekundärlutfsystem (sekundarni sistem zraka)

TiO<sub>2</sub> - titan dioksid

WLTP- Worldwide LightVehicles Test Procedure (proces testiranja svjetskih automobila)

Zr- cirkonij

°C- stupanj Celziju

## 12. SAŽETAK

**Naslov:** Uređaji za mjerenje plinova i senzori ispušnog sustava automobila

Ispušni sistem odvodi štetne ispušne plinove koji nastaju pri sagorijevanju goriva i zraka. Gorenje je kemijski proces gdje dolazi do oksidacije goriva i oslobađivanja topline. Glavni dijelovi ispušnog sistema dijele se na vrući (grana i katalizator) i hladni (prednji lonac, srednja cijev i zadnji lonac) dio.

Najvažniju ulogu ima lambda sonda (senzor kisika) koja reagira na promjenu napona. Idealni omjer smjese je 14.7:1 (za 1kg goriva treba 14.7kg zraka). Motorna vozila koja za svoj rad koriste gorivu smjesu dijelimo na benzin (Otto) i dizel (Diesel) motore. U novije vrijeme koristimo hibrid (kombinacija elektro i benzin ili dizel motora) i elektro vozila. Kontrola i mjerenje ispušnih plinova ispituje se simulacijom u komori, a dijelimo ih na: NEDC i WLTP. Svrha ispitivanja je smanjivanje potrošnje goriva i emisije štetnih plinova. Dijagnostika i održljivost vozila se zasniva na memoriji modula koja sadržava oko tridesetak računala za regulaciju i praćenje samih kvarova. Stoga svako vozilo za komunikaciju automobila i računala koristi OBD dijagnostiku, koja samo dijagnosticira nastalu grešku i prikaže je treptanjem lampice na instrument ploči.

**Ključne riječi:** ispušni sistem, NEDC, WLTP, OBD, lambda sonda, Otto motor, Diesel motor i dijagnostika.

### 13. Zusammenfassung

**Titel:** Die Geräte zur Messung der Gase und die Sensoren der Auspuffanlage des Autos

Die Auspuffanlage leitet die schädlichen Abgase die durch die Verbrennung von der Kraftstoff und der Luft erzeugt werden. Die Verbrennung ist ein chemischer Prozess, wo bei der Oxidation von dem Kraftstoff zu Wärme Befreiung kommt. Die Hauptteile der Auspuffanlage teilen sich an heißen Teil (der Abgaszweig und den Katalysator) und kalten Teil (vorderen Topf, mittleres Rohr und hinteren Topf).

Die wichtigste Rolle ist die Lambda-Sonde (Luft-Sensor) die auf Spannungsänderung reagiert. Das ideale Mischungsverhalten beträgt 14.7:1 (für 1kg Kraftstoff benötigt man 14.7kg Luft). Die Kraftfahrzeuge die für ihre Arbeit Kraftstoff verbrauchen teilen wir an Benzin (Ottomotor) und Diesel Motoren. In einer jüngerer Zeit verwenden wir einen Hybrid (eine Kombination von Elektro und Benzin oder Diesel Motor) und Elektrofahrzeuge. Die Kontrolle und die Messung der Abgase wird durch eine Simulation in der Kammer getestet und teilt sich an: NEDC und WLTP. Zweck der Testung ist die Reduzierung von dem Kraftstoffverbrauch und die Emission schädlichen Gase. Die Diagnostizierung und Lebensdauer der Fahrzeuge basiert sich auf Modulspeicherung welche erhält dreißig Computer zum Steuerung und Verfolgung der Fehlfunktion. Daher verwendet jedes Fahrzeug für die Kommunikation zwischen dem Automobil und dem Computereine OBD-Diagnose die nur Fehlfunktion diagnostiziert und mit einem Blinken an der Instrumententafel anzeigt.

**Schlüsselwörter:** die Auspuffanlage, das NEDC, das WLTP, das OBD, die Lambda-Sonde, der Ottomotor, der Dieselmotor und die Diagnostizierung.

## IZJAVA O AUTORSTVU ZAVRŠNOG RADA

Pod punom odgovornošću izjavljujem da sam ovaj rad izradio/la samostalno, poštujući načela akademske čestitosti, pravila struke te pravila i norme standardnog hrvatskog jezika. Rad je moje autorsko djelo i svi su preuzeti citati i parafraze u njemu primjereno označeni.

Mjesto i datum	Ime i prezime studenta/ice	Potpis studenta/ice
U Bjelovaru, <u>26.09.2018.</u>	DARIO DOLUŠIĆ	Dolusić Dario

Prema Odluci Veleučilišta u Bjelovaru, a u skladu sa Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, elektroničke inačice završnih radova studenata Veleučilišta u Bjelovaru bit će pohranjene i javno dostupne u internetskoj bazi Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu. Ukoliko ste suglasni da tekst Vašeg završnog rada u cijelosti bude javno objavljen, molimo Vas da to potvrdite potpisom.

Suglasnost za objavljivanje elektroničke inačice završnog rada u javno dostupnom nacionalnom repozitoriju

DARIO DOLUSIĆ

*ime i prezime studenta/ice*

Dajem suglasnost da se radi promicanja otvorenog i slobodnog pristupa znanju i informacijama cjeloviti tekst mojeg završnog rada pohrani u repozitorij Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu i time učini javno dostupnim.

Svojim potpisom potvrđujem istovjetnost tiskane i elektroničke inačice završnog rada.

U Bjelovaru, 26.09.2018.

Dolusić Dario

*potpis studenta/ice*



