Uređaji za mjerenje plinova i senzori ispušnog sustava automobila

Pranjić, Miroslav

Undergraduate thesis / Završni rad

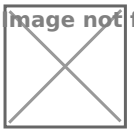
2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:137:872103

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

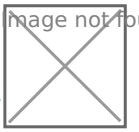
Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula





Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
Odjel za Tehničke studije

MIROSLAV PRANJIĆ

UREĐAJI ZA MJERENJE PLINOVA I SENZORI ISPUŠNOG SUSTAVA AUTOMOBILA

Završni rad

Pula, svibanj, 2019. godine

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
Odjel za tehničke studije

MIROSLAV PRANJIĆ

UREĐAJI ZA MJERENJE PLINOVA I SENZORI ISPUŠNOG SUSTAVA AUTOMOBILA

Završni rad

JMB: 0303071734, izvanredni student
Studijski smjer: Proizvodno strojarstvo

Predmet: Osnove elektrotehnike i elektronike
Znanstveno područje: Tehničke znanosti
Znanstveno polje: 2.11. Strojarstvo
Znanstvena grana: 2.11.03 Proizvodno strojarstvo
Mentor: doc. dr. sc. Nicoletta Saulig
Komentor: doc. dr. sc. Marko Kršulja

Pula, svibanj, 2019. godine

Doc. dr. sc. Nicoletta SAulig

Doc. dr. sc. Marko Kršulja

Osnove elektrotehnike i elektronike

Odjel za tehničke studije

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

ODJEL ZA TEHNIČKE STUDIJE

ZADATAK TEME ZAVRŠNOGA RADA

Pristupniku Miroslavu Pranjiću **MBS:** 0303071734

Studentu stručnog studija Odjela za tehničke studije, izdaje se zadatak za završni rad – tema završnog rada pod nazivom:

NASLOV

UREĐAJI ZA MJERENJE PLINOVA I SENZORI ISPUŠNOG SUSTAVA AUTOMOBILA

Sadržaj zadatka:

Opisati principe rada uređaja za mjerenje i kontrolu ispušnih plinova kod automobila. Objasniti postupak eko testa, njegovu važnost i osnove održavanja i dijagnostike temeljene na mjerenju ispušnih plinova. Prikazati na praktičkom primjeru analizu ispušnih plinova te statističke pokazatelje usporediti sa zakonima i normama u Republici Hrvatskoj i Europskoj uniji. Opisati moguće greške i njihove posljedice na kvalitetu mjerenja te uzroke istih.

Rad obraditi sukladno odredbama Pravilnika o završnom radu Sveučilišta u Puli.

(Ime i prezime studenta): Miroslav Pranjić

Izvanredni student,proizvodno strojarstvo

(status, smjer)

Datum: 04.02.2019

Potpis nastavnika _____

Potpis nastavnika _____

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani Miroslav Pranjić, kandidat za prvostupnika Proizvodnog strojarstva ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student

_____

U Puli, _____, _____ godine

IZJAVA O KORIŠTENJU AUTORSKOG DJELA

Ja, Miroslav Pranjić, dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom „Uređaji za mjerenje plinova i senzori ispušnog sustava automobila“ koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama. Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, _____ (datum)

Potpis

_____

SADRŽAJ

UVOD ... 1

1. UREĐAJI ZA MJERENJE PLINOVA ISPUŠNOG SUSTAVA AUTOMOBILA ... 2

1.1. Ispušni sustav – definicija ... 2

1.2. Važnost ispravnosti ispušnog sustava ... 5

1.3. Katalizator ... 6

1.4. Benzin – definiranje i globalna analiza cijene u 2019. godini ... 8

1.5. Sustav kontrole ispušnog sustava i Eko test ... 9

1.6. Lambda sonda ... 11

1.7. Mjerenje ispušnih plinova ... 11

1.7.1. Ultrazvučni plinski uređaji ... 12

1.7.2. Novi europski ciklus vožnje (NEDC) i Globalno usklađeni ispitni postupak (WLTP) ... 14

1.7.3. Održavanje i autodijagnostika ... 17

2. SENZORI ISPUŠNOG SUSTAVA AUTOMOBILA ... 22

2.1. Senzori ispušnog sustava automobila – definiranje i svrha ... 22

2.2. Termistori – nelinearni senzori ... 23

2.3. Otporni termometri ... 26

2.4. Lambda sonda mjerač ispušnih plinova ... 27

3. MJERENJE PLINOVA ISPUŠNOG SUSTAVA AUTOMOBILA – PRIMJERI IZ PRAKSE ... 29

3.1. Eko test benzinskih motora ... 29

3.2. EKO test dizelskih motora ... 35

ZAKLJUČAK ... 39

POPIS LITERATURE ... 43

POPIS SLIKA ... 46

POPIS TABLICA ... 47

POPIS GRAFIKONA ... 48

UVOD

Cilj rada čija je tema „Uređaji za mjerenje plinova i senzori ispušnog sustava automobila“ je opisati ispušni sustav, uređaje za mjere ispušnih plinova sustava automobila, senzore ispušnog sustava automobila te senzorske uređaje za mjerenje ispušnih plinova. Ispušni sustav plinova automobila je važan jer regulira plinove nastale pri sagorijevanju goriva i zraka u komori za izgaranje, pri čemu su isti plinovi štetni za okoliš, ljudsko zdravlje i sigurnost vozača, pa je potrebno na vozilima koristiti uređaja za mjerenje, eliminiranje ili smanjenje istih.

U prvom dijelu rada bit će riječi o uređajima za mjerenje plinova ispušnog sustava automobila, pri čemu će biti definiran ispušni sustav, definirana ispravnost ispušnog sustava te izvršena globalna analiza cijene benzina u 2019. godini. Nadalje će biti riječi o sustavu kontrole ispušnog sustava i o Eko testu, o benzinskim motorima te o mjerenju ispušnih plinova putem ultrazvučnih plinskih uređaja, putem NEDC ispitivanja (engl. New European Driving Cycle - Novi europski ciklus vožnje) i WLTP ispitivanja (engl. Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure - Globalno usklađeni ispitni postupak). Uvesti će se pojmovi održavanja i auto dijagnostike.

U drugom dijelu rada pažnja je usmjerena na senzore ispušnog sustava automobila, na njihov opis i svrhu te uređaje za mjerenje: termistore - kao nelinearne senzore, RTD senzore (engl. Resistance Temperature Detectors - detektor temperature otpora) te lambda sonda mjerač ispušnih plinova.

U trećem dijelu rada biti će prikazani i objašnjeni primjeri mjerenja plinova ispušnog sustava automobila putem eko testa kod benzinskih i dizelskih motora. Mjerenja su napravljena osobnim odlaskom u tehničku stanicu za pregled vozila „Brioni Pula“.

1. UREĐAJI ZA MJERENJE PLINOVA ISPUŠNOG SUSTAVA AUTOMOBILA

S ciljem boljeg razumijevanja rada uređaja za mjerenje plinova ispušnog sustava automobila u nastavku će biti riječi o značajkama samog sustava, o važnosti ispravnosti ispušnog sustava, o katalizatoru koji se koristi za mjerenje i reguliranje plinova u ispušnom sustavu te o ispušnim loncima. Nadalje će biti riječi o sustavu kontrole ispušnog sustava, o eko testu, o mjerenju ispušnih plinova putem NEDC ispitivanja i putem WLTP ispitivanja te o održavanju i auto dijagnostike.

1.1. Ispušni sustav – definicija

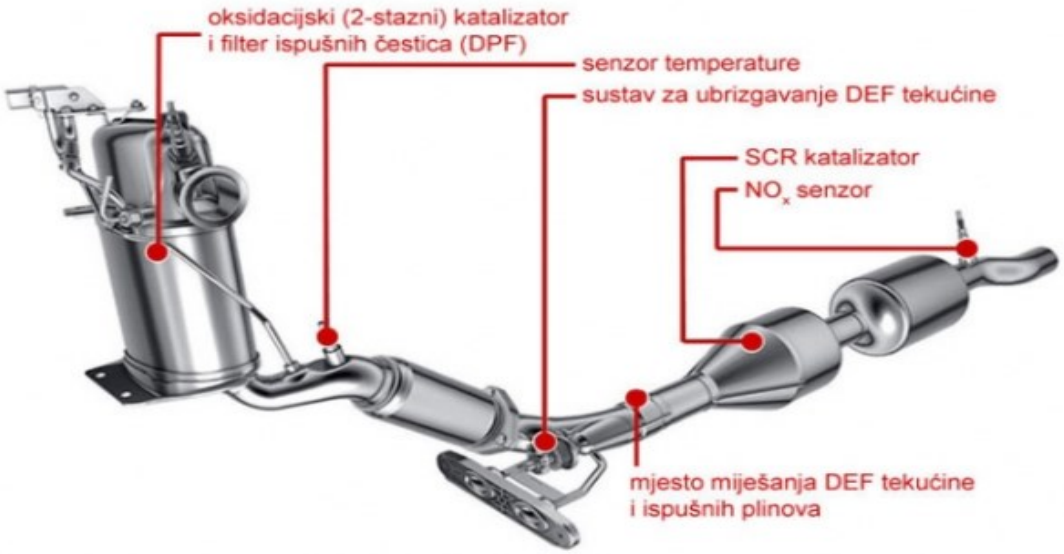
Ispušni sustav automobila regulira plinove nastale pri sagorijevanju goriva i zraka u komori za izgaranje.

Nastali plinovi su štetni za ljude i okoliš pa je nužno zaštiti iste uz pomoć uređaja za mjerenje plinova ispušnog sustava.

Ispušni sustav se definira kao sustav cijevi za odvođenje plinova koji nastaju prilikom izgaranja goriva izvan motora vozila te kao sustav koji smanjuje buku nastalu uslijed njihova izgaranja. Ispušni sustav je jako važan jer uslijed njegove neispravnosti može doći do pada na tehničkom pregledu vozila. Svako vozilo treba proći eko test, odnosno test koji mjeri količinu ispušnih plinova koji se ispuštaju u atmosferu. Eko test je direktno povezan s ispušnim sustavom uz kojeg se vežu standardi za svaki tip vozila koji se moraju poštovati [Auto Mane,2017]. Više o eko testu i tehničkom pregledu automobila će biti u potpoglavlju 1.4.

Ovisno o vrsti vozila ispušni sustav se može sastojati od jedne ili više cijevi, ali ono što je važno, navedeni sustav ima i druge dijelove bez koji bi bilo nemoguće njegovo potpuno funkcioniranje.

Na slici 1. prikazan je ispušni sustav automobila, odnosno njegovi dijelovi pa je potrebno objasniti njihove funkcije.



Slika 1. Ispušni sustav – dijelovi

Izvor: *Što je ispušni sustav,* Auto Mane, 2017., dostupno na: https://auto-mane.com/abeceda-automobila/sto-je-ispusni-sustav (23.04.2019.)

Ispušni sustav se sastoji od dijelova koji su međusobno povezani a prikazani su na slici 2. Dakle, u dijelove ispušnog sustava spadaju kolektor, prednja cijev s prirubnicom, katalizator, filter krutih čestica kod dizelskih motora, srednja cijev, srednji ispušni lonac te zadnja cijev i zadnji ispušni lonac. Oni dijelovi koji se nalaze u neposrednoj blizini motora su najopterećeniji pa se najviše troše i najpodložniji su kvarovima (npr. ispušni kolektor koji je smješten na glavi motora podložan je kvarovima zbog visoke temperature ispušnih plinova, do čak 900 stupnjeva Celzijevih te zbog brzine kretanja od 50 m/s. Da bi ispušni kolektor bio otporniji na kvarove i visoke temperature izrađuje se od lijevanog željeza). Osim ispušnog kolektora opterećen je i katalizator kojemu je najznačajnija uloga ekološke prirode te smanjivanje buke izgaranja ispušnih plinova [Auto Mane,2017].



Slika 2. Ispušni kolektor

Izvor: Auto Ciak, *Zbog čega je važna ispravnost ispušnog sustava*, 2015., dostupno na: https://ciak-auto.hr/novosti/zbog-cega-je-vazna-ispravnost-ispusnog-sustava/ (29.04.2019.)

Ispušni kolektor je smješten na glavi motora koja je izložena vrlo visokim temperaturama pa se isti izrađuje od lijevanog željeza, međutim, bez obzira na čvrstoću materijala, često dolazi do pucanja ispušnog kolektora pa su potrebni popravci. Za smanjenje temperature na neke motore se ugrađuju kolektori koji se hlade tekućinom.

Filter ispušnih čestica, ispušni razvodnik, se pričvršćuje kao cijev na glavu motora a može biti izrađen od nehrđajućeg čelika, aluminija te vrlo često od lijevanog željeza.

Moderna vozila za ubrizgavanje goriva koriste senzor kisika koji se koristi za mjerenje količine kisika u ispušnom sustavu. Na taj način se štedi gorivo. Senzor kisika se montira u ispušnom razvodniku ili u njegovoj blizini u ispušnoj cijevi.

Katalizator je dio ispušnog sustava o kojemu će biti više riječi u potpoglavlju 1.3.

Prigušivač ili ispušni lonac se koristi za reguliranje ispuha do prihvatljive razine.

Prigušivač se prema izvedbi može podijeliti na apsorpcijski, refleksijski i kombinirani (refleksijsko – apsorpcijski). Apsorpcijski prigušivač u svojoj konstrukciji koristi mineralnu ili čeličnu vunu koja dodatno apsorbira zvuk pa to čini njegovu razliku od refleksijskog prigušivača koji se sastoji od različitih dugih komora međusobno povezanih perforiranim cijevima [Auto Mane,2017].

Ispušne cijevi se koriste za prenošenje plina kroz ispušni kanal. Ispušne cijevi se uglavnom izrađuju od nehrđajućeg čelika i aluminija jer su otporni na koroziju [Auto Education, 2017].

1.2. Važnost ispravnosti ispušnog sustava

Ispušni sustav automobila (slika 3.) ima više značajnih uloga.



Slika 3.Ispušni sustav automobila

Izvor: Auto Ciak, *Zbog čega je važna ispravnost ispušnog sustava*, 2015., dostupno na: https://ciak-auto.hr/novosti/zbog-cega-je-vazna-ispravnost-ispusnog-sustava/ (29.04.2019.)

Uloge ispušnog sustava s katalizatorom su čišćenje vrućih plinova od nečistoća (toksičnih CO, HC, NOx) te smanjenje buke ispušnih plinova [Auto Ciak, 2017].

Automobilski ispušni sustav utječe na održavanje radnog stanja automobila, smanjuje količinu potrošnje goriva, utječe na održavanje okoliša i ljudske sigurnosti u vožnji.

Već je prethodno navedeno da katalizator ima značajnu ulogu kod ispušnog sustava pa će u nastavku biti više o istom.

1.3. Katalizator

Katalizator je dio ispušnog lonca koji pretvara štetni ugljični monoksid i ugljikovodike u vodenu paru i ugljični dioksid, odnosno njegova uloga je smanjenje toksičnosti plinova koji izlaze iz motora automobila.

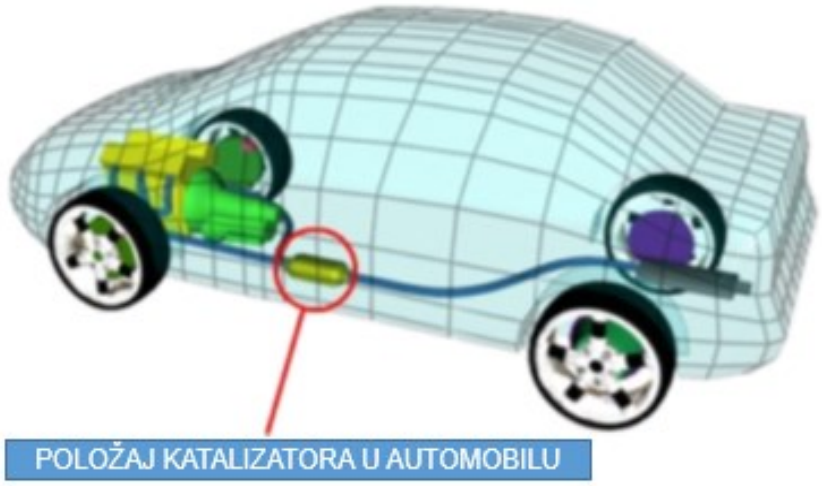
Katalizator se izrađuje od nekoliko vrsta materijala: od inox čelika, keramike i plemenitih materijala. Trajnost katalizatora ovisi o pravilnom izgaranju plinova. Na neispravnost katalizatora ukazuju pokazatelji poput neugodnog mirisa iz auspuha, zatim zvuk ispod automobila nalik na zveckanje kamenčića u nekoj staklenci te nenormalne vrijednosti ispušnih plinova prilikom tehničkog pregleda vozila [Auto Mane, 2017]. Katalizatori su s unutarnje strane izloženi djelovanju visoke temperature i plinova dok su s vanjske strane izloženi blatu, soli, vodi te djelovanju ceste. Vijek trajanja katalizatora ovisi o izgaranju goriva u motoru kojeg najviše uništava ugljikovodik. Ako se katalizator ošteti i uništi potrebno je napraviti njegovu zamjenu koja je skupa, u vrijednosti od čak nekoliko tisuća kuna pa je potrebno voditi brigu o njegovom stanju.

Kvar sustava dovoda goriva uzrokuje rastapanje katalizatora uslijed čega dolazi do začepljenja ispušnog sustava i kvara na motoru [Moto Integrator, 2019]. Kada se vrši zamjena katalizatora tada se koriste nosači u obliku prstena na kojem se nalaze vijci. Nakon zamjene, katalizator je poželjno reciklirati te ga iskoristiti za proizvodnju novih katalizatora.

Dvije glavne vrste katalizatora dostupne su na našem tržištu. To su [Pajca, 2019]:

- katalizatori s metalnom jezgrom - metalnu jezgra omogućuje veću otpornost katalizatora na povećane radne temperature i vanjska oštećenja,
- katalizatori s keramičkom jezgrom.

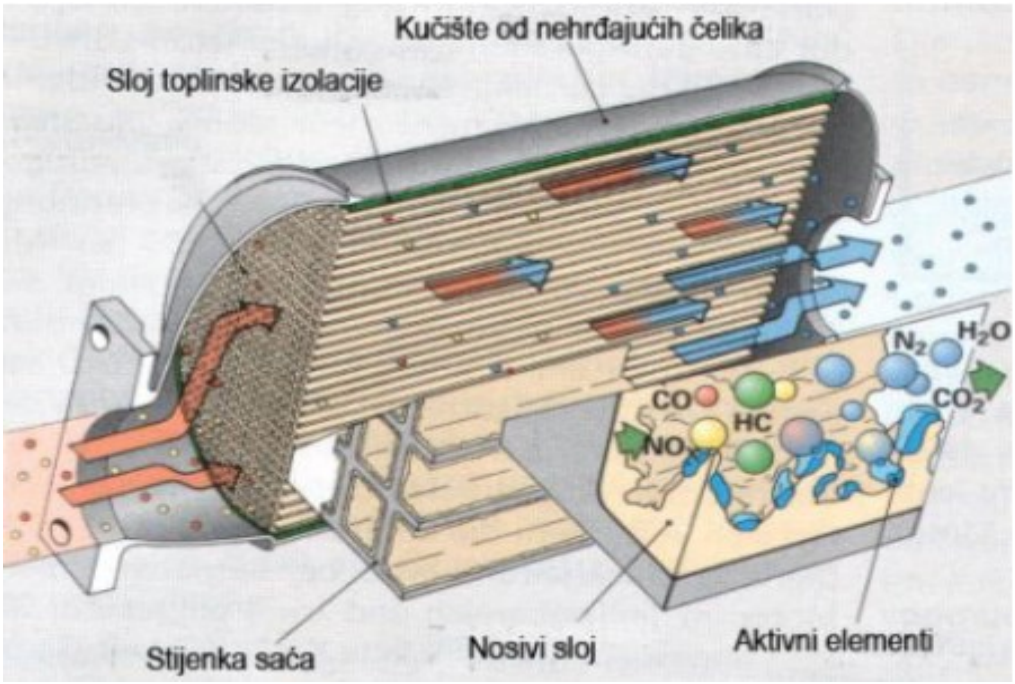
Katalizator je montiran između ispušnog kolektora i ispušnog lonca. Položaj katalizatora na automobilu prikazan je na slici 4.



Slika 4. Položaj katalizatora

Izvor: Prilagodio autor prema: Nice, K., Bryant, W. C., *How Catalytic Converters Work*, How Stuff works, 2019., dostupno na: https://auto.howstuffworks.com/catalytic-converter1.htm (01.05.2019.)

Na slici 5. prikazan je presjek katalizatora. Na slici je vidljivo da se katalizator sastoji od sloja toplinske izolacije, kućišta od nehrđajućeg čelika, stjenke saća, nosivog sloja i aktivnih elemenata.



Slika 5. Presjek katalizatora

Izvor: Auto dijelovi: Pajca, *Ispušni sistemi, katalizatori, gibljive cijevi*, dostupno na: https://pajca.hr/autodijelovi/ispusni-sistemi-katalizatori-gibljive-cijevi/ (10.05.2019.)

Da bi se smanjile emisije štetnih plinova današnji automobili kontroliraju količinu goriva koju troše tako da održavaju omjer zraka i goriva vrlo blizu stehiometrijskoj točki idealnog omjer zraka i goriva, pri kojemu gorivo (benzin) koristi sav kisik u zraku.

1.4. Benzin – definiranje i globalna analiza cijene u 2019. godini

Benzin predstavlja jedno od najčešće korištenih goriva za pokretanje automobila u cijelom svijetu pa se globalno troši u velikim količinama.

U travnju 2019. godini prosječna cijena benzina u svijetu je iznosila 1.15 dolara po litri. Analizom je utvrđeno da postoje velike razlike u cijenama među zemljama pa su tako cijene u bogatijim zemljama više dok su u siromašnijim zemljama niže, posebno u onima koje proizvode i izvoze naftu. Izuzetak su samo Sjedinjene Američke Države (SAD) koje su ekonomski razvijeno gospodarstvo, ali imaju niske cijene benzina. Razlozi razlike u cijenama su različito oporezivanje i subvencioniranje benzina. Sve zemlje kupuju naftu na međunarodnim tržištima po istim cijenama, ali nameću različite poreze. Stoga je maloprodajna cijena benzina različita [Global Petrol Prices, 2019].

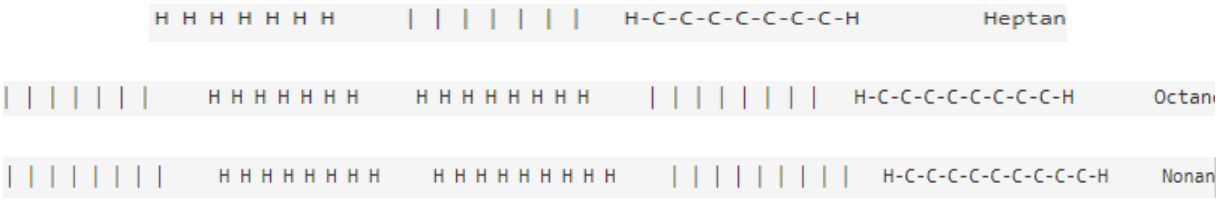
Zemlje koje su imale najniže cijene u istom razdoblju su Venezuela, Sudan, Iran, Kuvajt, Alžir, Nigerija, Egipat, te druge zemlje, dok su naviše cijene benzina po litri bile u Zimbabve, Hong Kong, Norveška, Monako, Holandija, Danska, Barbados, Island, Grčka, Italija te druge zemlje.

U Hrvatskoj je prosječna cijena benzina po litri u travnju 2019. iznosila 1,54 dolara, dok je u zemljama u okruženju poput Slovenije prosječna cijena bila 1.52 dolara, u Mađarskoj 1.40 dolara, u Crnoj Gori, Austriji i Srbiji 1. 46 dolara, u Bosni i Hercegovini 1.27 dolara.

Benzin je alifatski ugljikovodik, što bi značilo da se sastoji od molekula vodika i ugljika raspoređenih u lancima. Molekule benzina imaju od 7 do 11 ugljika u svakom lancu [Brian,M., 2019]. Sagorijevanje benzina u idealnim uvjetima, uvjetima s puno kisika, uzrokuje nastanak ugljičnog dioksida, vode i puno topline.

Benzin nastaje prerađivanjem sirove nafte koja se crpi iz zemlje te sadrži ugljikovodike. U nafti su prisutni ugljikovodici različitih duljina lanaca ugljika.

Na slici 6. prikazano je nekoliko konfiguracija tipičnih molekula u benzinu (heptan, oktan, nonin).



Slika 6. Konfiguracije tipičnih molekula u benzinu

Izvor: Brian, M., *How Gasoline Works*, Science; How Stuff works, 2019., dostupno na: https://science.howstuffworks.com/gasoline1.htm (01.05.2019.)

Lanci od C7H16 do C11H24 prisutni su u benzinu. Kerozin se nalazi u rasponu od C12 do C15, nakon njega slijedi dizelsko gorivo i teža loživa ulja (poput loživog ulja za kuće). Slijede maziva ulja, poput motornog ulja koje ne isparava na normalnim temperaturama [Brian, M., 2019]. Navedeni ugljikovodici prisutni su u sirovoj nafti, a razlikuju se po duljini ugljičnih lanaca.

1.5. Sustav kontrole ispušnog sustava i Eko test

Ispušni sustav automobila reguliran je Pravilnikom o tehničkim pregledima vozila. Stupanjem na snagu Pravilnika o izmjenama i dopunama Pravilnika o tehničkim pregledima vozila ("Narodne novine", broj 02/2001) u Republici Hrvatskoj je 18. travnja 2001. u okviru redovnog tehničkog pregleda vozila započelo ispitivanje ispušnih plinova na vozilima pogonjenim benzinskim motorima, a 18. travnja 2002. i na vozilima pogonjenim dizelskih motorima [Pravilnik o tehničkim pregledima vozila, 2018]. Navedenim pravilnikom su određeni uvjeti za objekte i prostore u kojima se odvija tehnički pregled vozila, uređaji, oprema, način, rokovi, postupak isključivanja vozila iz prometa u stanici za tehnički pregled te drugi uvjeti kojima se kontrolira pregled vozila.

Ispitivanje sastojaka ispušnih plinova dizel i benzinskih motora podliježe EKO testu koji nije jedini presudan za prolaznost vozila već se uz EKO test promatraju i uočene nepravilnosti na motoru i ispuhu.

Prema Pravilniku o tehničkim pregledima vozila definirana su vozila koja podliježu eko testu te vozila koja su oslobođena obveze testa.

Vozila koja podliježu eko testu su:

- osobni automobili
- autobusi
- kombinirani automobili
- teretni automobili
- radna vozila

Obveze EKO testa oslobođena su sljedeća vozila [Pravilnik o tehničkim pregledima vozila, 2018]:

- vozila opremljena benzinskim dvotaktnim motorima
- vozila opremljena benzinskim motorima ako su proizvedena prije 1970. godine
- vozila opremljena benzinskim motorima ako im konstrukcijska brzina nije veća od 50 km/h
- vozila opremljena dizelskim motorima ako su proizvedena prije 1980. godine
- vozila opremljena dizelskim motorima ako im konstrukcijska brzina nije veća od 30 km/h
- vozila opremljena alternativnim pogonskim motorima ili izvorom energije (vodik, metan, propan-butan, gorive ćelije, elektromotor i sl.)
- motocikli
- radni strojevi
- traktori

Prema statističkim podacima Centra za vozila Hrvatske iz 2018. godine svako peto vozilo je bilo neispravno.

Najviše neispravnosti uočeno je na uređajima za kočenje, zatim na kotačima i gumama dok su ostale veće greške bile uočene na ispitivanju ispušnih plinova iz vozila (30 % grešaka na ispušnom sustava od ukupnog broja grešaka).

Tih 30 posto grešaka ispušnog sustava nastalo je zbog nemogućnosti izvedbe eko testa uslijed ostalih nepravilnosti na vozilu. Kada je oštećen ispušni sustav ili prevladava zauljenost motora tada se eko test niti ne radi da ne bi došlo do veće havarije na motoru. Ušteda financijskih sredstava vozačima je moguća samostalnim pregledom dijelova koji su vidljivi golim okom [Hitrec, B., 2018]. Većina grešaka

nastala je nepažnjom vozača, nedovoljnim vođenjem brige te zbog pomanjkanja financijskih sredstava.

U slučajevima gdje je bilo nemoguće napraviti eko test razlozi su bili oštećenja ispuha i zauljenost motora. Zbog toga je uputno oprati motor prije tehničkog pregleda kako bi se izbjeglo ponavljanje eko testa uz dodatne troškove za vozače.

Loše stanje motora povezano je s propusnim ispušnim sustavom kod kojeg se problemi mogu riješiti varenjem ili ugradnjom zamjenskog lonca, što je financijski povoljnije od ponavljanja eko testa nakon pada na istom.

1.6. Lambda sonda

Postoje dvije skupine benzinskih motora: prva skupina ima lambda sondu a druga skupina je ona koja ne posjeduje lambda sondu. S obzirom na navedene značajke, smještavanja vozila u jednu od navedenih skupina se ne određuju prema katalizatoru, već prema lambda sondi na ispušnoj grani.

Prva skupina motora naziva se skupina s REG-KAT motorima (na ispušnoj grani imaju lambda sondu i katalizator), a druga skupina naziva se skupina BEZ-KAT motora (svi oni koji nemaju katalizator ili imaju neregulirani katalizator) [Pravilnik o tehničkim pregledima vozila, 2018]. U nastavku će biti riječi o mjerenju ispušnih plinova.

1.7. Mjerenje ispušnih plinova

Mjerenje ispušnih plinova kod REG-KAT motora vrši se kroz dva koraka: prvi korak podrazumijeva mjerenje na radnoj temperaturi motora pri čemu je povećana brzina vrtnje, dok drugi korak podrazumijeva istu radnju ali samo u stanju smanjene brzine motora kod kojih se vrijednosti plinova dobivaju samo pod uvjetom da je izvršeno progrijavanje katalizatora.

Serviseri automobila uz pomoć analizatora, koji podrazumijevaju adekvatnu opremu za procjenu ispušnih plinova prema zakonskim vrijednostima, vrše mjerenje plinova ispušnog sustava.

1.7.1. Ultrazvučni plinski uređaji

Za mjerenje ispušnih sustava koriste se ultrazvučni plinski mjerni uređaji, koji se primjenjuju na ispitnim mjestima u području automobilskih istraživanja i razvoja već više od 10 godina. Jedan od ultrazvučnih uređaja za mjerenje ispušnih plinova je Flowsic150 Carflow, od proizvođača SICK.

Uređaj zbog navedenih svojstava ima sljedeće karakteristike:

- jedinstven je na tržištu
- ima opsežan mjerni raspon i široku primjenu zbog otpornosti na visoke temperature
- nizak gubitak tlaka
- pogodnost jednostavnog održavanja i maksimalne točnosti mjerenja, pa čak i u trenutcima visokih dinamičkih uvjeta protoka plinova

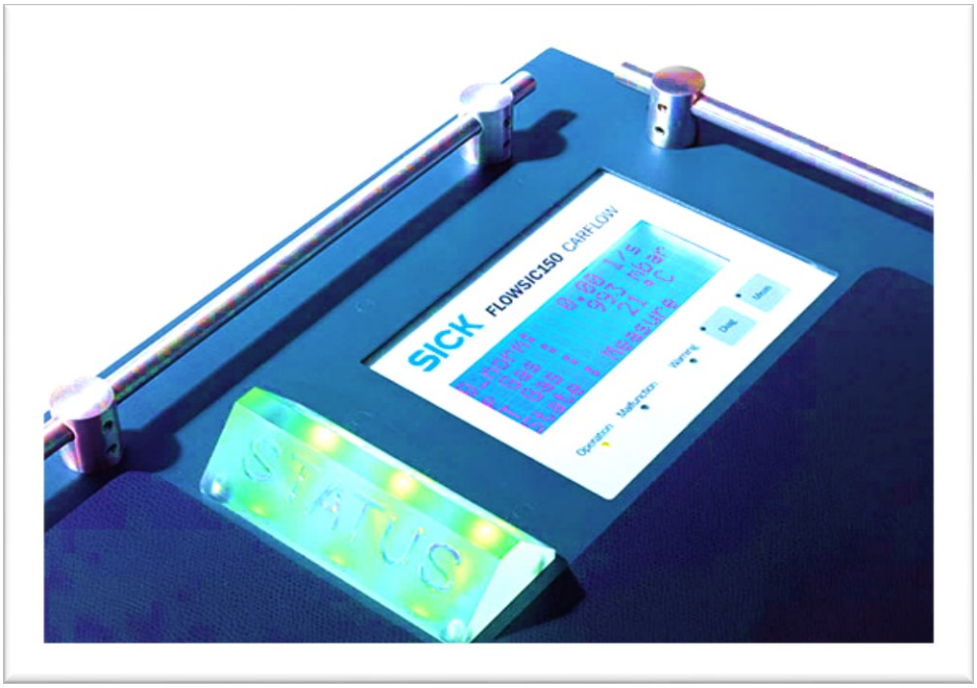
Flowsick150 je uređaj koji ispušne plinove mjeri prema metodi tranzitne vremenske razlike koristeći piezoelektrične ultrazvučne senzore. Na slici 7. prikazan je ultrazvučni plinski mjereni uređaj Flowsik150 Carflow prikopčan na automobil.



Slika 7. Automobil prikopčan na SICKov ultrazvučni plinski mjereni uređaj Flowsik150 Carflow

Izvor: Sick Insight – The Magazine From Sick, *Ultrasonic Gas Flow Measuring Devices, FLOWSIC150 Carflow: Measuring Car Exhaust at 600 °C*, 2013., dostupno na: http://www.sickinsight-online.com/flowsic150-carflow-measuring-car-exhaust-at-600-c/ (01.05.2019.)

Piezoelektrični senzor je senzor koji se koristi za mjerenje dinamičkih visokih pritisaka u ekstremnim okruženjima uz istovremeno visoke temperature i bazna opterećenja. Neki od modela su otporni i na temperature do 700°C. Rezolucija mjerenja izuzetno je visoka, na primjer, rezolucija senzora s područjem rada od 500 bara iznosi 1 mbar. Piezoelektrični senzori se lako integriraju u različite vrste aplikacija te na takav način pronalaze primjenu u ispitnim laboratorijima, industrijskim postrojenjima, medicinskim aplikacijama, hidrauličnim pumpama, turbo punjačima i slično [TipTeh, 2019]. Ultrazvučni signali naizmjenično prolaze kroz ispušni tok pod određenim kutom. Na slici 8. ilustriran je prikaz mjerenja preko ultrazvučnog uređaja Flowsick150. Na slici 8. su vidljivi iznosi brzine ispuha, iznosi plina i temperature te iznos ponderirane mjere.



Slika 8. FlowSick150 ultrazvučni uređaj – prikaz mjera

Izvor: Sick Insight – The Magazine From Sick, *Ultrasonic Gas Flow Measuring Devices, FLOWSIC150 Carflow: Measuring Car Exhaust at 600 °C*, 2013., dostupno na: http://www.sickinsight-online.com/flowsic150-carflow-measuring-car-exhaust-at-600-c/ (01.05.2019.)

Brzina ispuha mjeri se u mjernoj komori uređaja na četiri neovisna ultrazvučna mjerna puta, čiji pojedinačni rezultati ulaze u mjerni rezultat u ponderiranom obliku.

Koristeći ovaj raspored s 4 staze, mogu se točno izmjeriti čak i poremećeni profili protoka koji su rezultat protoka manjeg od idealnog iz ispušne cijevi. Mjerenje protoka ultrazvukom je idealno prilagođeno različitim zahtjevima mjerenja protoka ispušnih plinova u ispitnim uređajima. Zbog toga je Flowsik150 Carflow izvrstan primjer kako se sofisticirana tehnologija i dugogodišnje iskustvo mogu uspješno prenijeti na druga područja industrije [Sick Insight, 2013].

1.7.2. Novi europski ciklus vožnje (NEDC) i Globalno usklađeni ispitni postupak (WLTP)

Ispitivanje NEDC i WLTP su ispitivanja koja podrazumijevaju mjerenje ciklusa vožnje i ispitnih parametara poput maksimalne brzine vozila u određenom vremenskom periodu.

Globalno usklađeni ispitni postupak (WLTP) je ispitni postupak za laka vozila koji se koristi za mjere emisije i potrošnje automobila u većem rasponu uvjeta u odnosu na prethodni, zastarjeli način ispitivanja koji se naziva Novi europski ciklus vožnje (NEDC) [Mazda.hr, 2019]. Ispitivanje WLTP je uvedeno 2017. godine s ciljem provođenja strožih mjera kojima će se utjecati na smanjenje potrošnje goriva, smanjenja štetnih plinova te razine emisija CO_2 kod novih vozila, u koja također spadaju i plug – in hibridna vozila i električna vozila. WLTP-om se korisnicima želi prikazati realan način rada novih automobila u svakodnevnim vožnjama.

Općenito se ispitnim vijcima kod pokretanja nezagrijanog motora mjere brzine do 60, 80, 100 i 130 km/h, odnosno niska, srednja, visoka i ekstra visoka brzina kod kojih je ciklus vožnje kod WLTP-a podijeljen na različite faze vožnje, zaustavljanja, faze ubrzanja i kočenja.

Za određeni tip automobila, svaka konfiguracija pogonskog sklopa testirana je s WLTP-om za najlakšu (ekonomičnu) i najtežu (najmanje ekonomičnu) verziju automobila [WLTP FACTS EU, 2019].

Karakteristike NEDC ispitivanja određene su prema ciklusu temperature koja je iznosila 20 - 30° C i prema ciklusu koji traje 20 minuta. WLTP ispitivanje ima veću maksimalnu brzinu za 10 km/h i veću prosječnu brzinu (47 km/h) u odnosu na NEDC ciklus (33 km/h), ciklus vožnje traje 30-ak minuta, temperatura ispitne komore iznosi 23° C. WLTP ciklus se razlikuje od NEDC ciklusa i po tome što u obzir uzima

individualnu dodatnu opremu, koja mijenja masu vozila, aerodinamična svojstva i potrošnju struje u mirovanju. Uređaji koji troše struju, poput klima-uređaja ili grijanja sjedala, isključeni su iz ispitnog postupka [Seat.hr, 2019]. Osim navedenih razlika u Tablici 1. navedene su ostale značajke koje čine razliku između NEDC i WLTP ispitivanja.

Tablica 1. Razlika između NEDC i WLTP ispitivanja

NEDC i WLTP ispitivanje – razlike
➢ **Do 2017. su sva nova vozila u EU bila ispitivana putem NEDC koje je uvedeno 1980-ih.**
➢ **Napredovanjem tehnologije dolazi do promjene automobila pa se mijenjaju i navike vozača i uvjeti na cesti pa se staro ispitivanje, koje se temeljilo samo na teoriji ali ne i na realnoj vožnji, trebalo izmijeniti.**
➢ **Noviji automobili sadrže nove uređaje koji omogućavaju veću udobnost u vozilu, poput klima uređaja, koji štetno utječu na stvaranje visine emisije i potrošnje goriva, pa novo ispitivanje putem WLTP uzima u obzir navedene vrijednosti, što se prethodno kod NEDC ispitivanja nije promatralo.**
➢ **WLTP ispitivanje je jako značajna za okoliš i čovjekovu sigurnost, jer imaju nove smjernice za stavke poput npr. temperature okoliša, tlaka u gumama i otpor pri kretanju vozila cestom.**
➢ **Ciklus WLTP traje 50 % dulje od ciklusa NEDC (30 min u usporedbi s 20 min), udvostručuje udaljenost na kojoj se obavlja ispitivanje i ima veću maksimalnu i prosječnu brzinu ispitivanja.**

Izvor: izradio autor prema: Mazda.hr, *Globalno usklađeni ispitni postupak (WLTP)*, dostupno na: https://www.mazda.hr/wltp/ (12.05.2019.)

WLTP mnogi zamjenjuju pojmom WLTC, međutim WLTC (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle) podrazumijeva testove ispitnih ciklusa na lakim vozilima.

Testove je izradila skupina ECE GRPE (Radna skupina za zagađenje i energiju) te predstavljaju globalne tehničke propise (GTR) od strane UNECE (United Nations Economic Commission for Europe – Ekonomska komisija Ujedinjenih naroda Europe) kojoj je glavni cilj promicanje paneuropske ekonomske integracije. Organizacija obuhvaća 56 država članica u Europi, Sjevernoj Americi i Aziji. U aktivnostima UNECE-a sudjeluje preko 70 međunarodnih organizacija. Organizacija UNECE pomaže svim zemljama u regiji u promicanju političkog, financijskog i

regulatornog okruženja koje pogoduje gospodarskom rastu, inovativnom razvoju i većoj konkurentnosti.

Uloga WLTC-a je simuliranje realnije vožnje u svijetu, koja je testiranjem zakonom usklađena. Vozne cikluse koriste mnoge zemlje za procjenu učinaka vozila, kao što su emisije onečišćenih tvari, potrošnja goriva i utjecaj na promet. Ispitni ciklusi se dijele u dvije kategorije: u prvu kategoriju spadaju zakonodavni ciklusi koji se koriste u homologacijskim ispitivanjima za certifikaciju emisija vozila dok u drugu kategoriju spadaju nezakonodavni ciklusi koji se većinom koriste u istraživanju [UNECE, 2013]. Kod WLTP-a postupci uključuju WLTC ispitne cikluse koji se primjenjuju na vozila s različitim omjerom snage i mase (PMR), čiji je parametar definiran kao omjer snage (W) i mase praznog vozila (kg) – masa koja ne uključuje masu vozača.

Propisi Europske unije nisu u skladu s globalnim tehničkim propisima (GTR 15) pa zamjenjuju masu praznog vozila s masom u voznom stanju, donosno s ukupnom masom vozača i automobila (pa se masa promatra prosječno većom za 75 kg). Na području EU najviše je vozila koja imaju omjer PMR veći od 34 kW/t (46 KS/t) pa pripadaju u ispitne cikluse WLTC-a klase broj 3.

Države su prema smjernicama počele prikupljati podatke o ponašanju prilikom vožnje u siječnju 2010. godine.

Podaci o vožnji (vrijeme vožnje, brzina vozila, brzina motora, GPS informacije, nadmorska visina, opterećenje motora, te drugi) koji su se koristili za razvoj WLTC-a prikupili su se iz pet različitih regija: Europska unija + Švicarska, SAD, Japan, Koreja i Indija. Unutar regije EU prikupljeni su podaci u Njemačkoj, Španjolskoj, Italiji, Poljskoj, Sloveniji, Ujedinjenom Kraljevstvu, Belgiji, Francuskoj i Švedskoj. Prikupljeno je više od 765 000 km podataka koji pokrivaju niz kategorija vozila (vozila M1, N1 i M2, različitih kapaciteta motora, omjera snage prema masi, proizvođača itd.), koja su vozila na različitim vrstama cesta (gradska, ruralna, autocesta) i u različitim uvjetima vožnje [UNECE, 2013]. Ispitni ciklus WLTC ima četiri faze brzine vožnje, koje su prethodno navedene niska, srednja, visoka i ekstra visoka).

Razvijanjem WLTC-a ključni cilj bio je utvrditi ograničenja brzine između četiri faze za svaku regiju. WLTP uključuje posebne odredbe za testiranje različitih

kategorija hibridnih električnih i električnih vozila koja su klasificirana kao vozila 3. klase.

Emisije i brojni drugi parametri testiraju se u odgovarajućem ciklusu klase 3 (klasa 3a ili klasa 3b). Parametri su testirani preko WLTC gradskih ciklusa, sastavljenih samo od faza niske i srednje brzine. WLTC parametri popisuju se u testnu WLTC matricu.

1.7.3. Održavanje i autodijagnostika

Održavanje vozila podrazumijeva osnovni pregled vozila s ciljem sprječavanja brojnih kvarova i smanjenja troškova, a također je važno zbog sigurnosti vozača na cesti tijekom vožnje.

Osnovni pregled podrazumijeva prošireno tehničko ispitivanje koje se provodi u svim profesionalnim autoservisima [Moto integrator, 2019]. Uslijed sitnih kvarova na automobilu vozači često imaju dojam da je kvar zanemariv, pa ne vode brigu o održavanju vozila. Upravo ti sitni kvarovi dovode do velikih kvarova i većih troškova.

Vozilo uvijek daje naznake kada nešto nije u redu s njegovim radom pa je potrebno obratiti veću pažnju na isto te obratiti se mehaničaru koji svojim znanjem mogu otkriti i ukloniti štetu.

Za primjer navedenog se može navesti deset godina stari automobil kod kojeg prevladava problem manjeg curenja motornog ulja, a koji je uzrokovan istrošenom brtvom poklopca ventila. Vozači uglavnom zbog nestručnosti ne provjeravaju ispravnost dijelova ispod haube, a da to i učine ne bi mogli uočiti nepravilnosti jer je prostor oko motora kod novih automobila ograđen plastičnim štitnicima. Ulje može curiti nekoliko tjedana bez paljenja lampice na nadzornoj ploči koja obavještava o niskoj razini ulja. Za izbjegavanje kvarova potrebno je temeljito pregledati vozilo kod profesionalnih automehaničara [Moto integrator, 2019].

Vlasnici automobila svake godine trebaju odlaziti na tehničke preglede vozila, a da bi mogli sudjelovati u prometu trebaju imati prolaznost na tehničkom pregledu koji uključuje pregled svih sustava na vozilu [Moto integrator, 2019]:

- sustav ovjesa automobila – osoba zadužena za tehnički pregled provjerava potencijalna odstupanja ili oštećenja u sustavu,

- kočioni sustav - provjerava se razina sile kočenja, provjerava se jesu li radni dijelovi (pločice i diskovi) odgovarajuće debljine, učinkovitost rada ručne kočnice,
- upravljački sustav – provjeravaju se moguća odstupanja ili curenja,
- gume – provjerava se tehnička ispravnost guma, nema prolaznosti bez minimalne dopuštene razine gazišta,
- unutrašnje osvjetljenje automobila – mora biti ispravno, kompletno i podešeno na odgovarajući način,
- stanje podvozja automobila - provjerava se da nema curenja ili prekomjernih oštećenja, izazvanih korozijom ili mehaničkim oštećenjem,
- ispušni plinovi i cjelovitost ispušnog sustava – provjerava se sastav ispušnih plinova, tj. nepropusnost ispušnog sustava, prisutnost katalizatora, filtera krutih čestica te drugo.

Obveznim pregledima navedenih sustava omogućuje uredno održavanje vozila. Osnovni pregled automobila između ostalih kontrolnih stavki uključuje i autodijagnostiku koja obuhvaća provjeru parametara rada motora, komponente opreme, lambda sonde ispušnog sustava te druge parametre na način primjene spajanja na dijagnostičko računalo putem OBD priključka (Slika 9.) koji se nalazi u kabini vozila.



Slika 9. OBD priključak

Izvor: Auto Start, *OBD II dijagnostika*, 2016., dostupno na: http://www.autostart.co.rs/obd-ii-dijagnostika/ (15.05.2019.)

OBD II dijagnostika skraćenica je od engleskih riječi ON BOARD DIAGNOSTIC.U prijevodu znači dijagnostika na ploči, kao i europska verzija EOBD. Moguće je pozivanje informacija iz računala vozila na 10 načina. Ti modovi predstavljaju funkcije kojima se dobiju pojedine informacije iz memorije računala, adresiraju se i prate određeni parametri i funkcije u realnom vremenu, koje nam omogućavaju upravljanje

pojedinim izvršnim elementima u vozilu. Ovakvom načinu očitanja podataka u automobilima, pristupilo se 2001.godine.Do tada je svaki proizvođač imao svoj dijagnostički uređaj, sto je nezavisnim serviserima otežavalo rad. Do dan danas taj posao nije završen, pa u praksi se susretnemo sa vozilima koje nije moguće izvršiti OBD dijagnostikom, iako na njima postoji ugrađen standardni OBD 16-pinski konektor, niti se svi modovi mogu izvršiti [Auto Start,2016]. Za pokretanje OBD dijagnostike potrebno je očitati OBD status koji pokazuje uključenost nadzornih sustava, nakon čega započinje pretraga sustava te se dobivaju informacije o sustavima koji se nalaze u automobilu. Nakon navedenog moguće je izvršiti izbor dijagnostike prema modovima. U tablici 2. nalaze se modovi OBD dijagnostike prema segmentima.

Tablica 2. Modovi OBD dijagnostike

Mod	Karakteristike
Mod 1	Mpod u kojem se pozivaju vrijednosti određenih senzora i drugih elemenata poput broja obrtaja motora, brzina vozila, temperatura rashladne tekućine motora, lambda senzori, prekidači; Kodovi za pozivanje pojedinih podataka imaju naziv PID-ovi (Parameter Identifier) te se koriste kao dijagnostički podaci; u ovom modu se nadzire sustav goriva, pojava izostanka paljenja, stvarne vrijednosti senzora te dr.
Mod 2	Mod u kojem se pozivaju tzv. „freeze frame“ podaci (podaci o senzorima koji su memorirani kada je EKM prvi put uočio grešku koja je nastala.
Mod 3	Mod koji očitava memorirane greške koje su standardizirane za sva vozila po kategorijama: P,C,B i U.
Mod 4	Mod u kojem se brišu memorirane greške, uslijed čega se, nakon uklanjanja kvara gasi MIL lampica; potrebno je napomenuti da je brisanje greške moguće samo ako prethodno očita memorija grešaka u Modu 3 i 7
Mod 5	Mod u kojem se pozivaju rezultati samodijagnostike lambda senzora odnosno senzora kisika i kod benzinskih motora. U modu 5 se prikazuje sve vrijednosti (amplitude, broj prelaza od siromašne ka bogatoj smjesi i obrnuto u sekundi, prosječne vrijednosti max i min.
Mod 6	Mod u kojem se očitavaju rezultati samodijagnostike kod sustava koji se ne nadziru konstanto (status lambda senzora i grijača, katalizatora, EVAP, EGR, sistema sekundarnog zraka, klime).
Mod 7	Mod u kojem se utvrđuju greške koje još nisu potvrđene, pa se tako ove vrste grešaka mogu i same izbrisati poslije određenog broja voznih ciklusa u kojima greška nije utvrđena.
Mod 8	Mod kod kojeg se testira rad pojedinih izvršnih elemenata/aktuatora: pumpe za gorivo, klima uređaja, ventila EGR, EVAP; Mod se rijetko može aktivirati kod europskih vozila.
Mod 9	Mod u kojem se očitavaju identifikacijske vrijednosti vozila: VIN (identifikacijski broj vozila), softver, mreže te ostale vrijednosti programirane od strane proizvođača.
Mod 10/Mod A	Mod koji očitava greške kodirane kao i u modu 3 i 7, ali je razlika u tome što se ne može greške izbrisati iz moda 4, već se brišu same ukoliko se ne pojavljuju tokom određenog broja voznih ciklusa, koji moraju zadovoljiti određene kriterije.

Izvor: Izradio autor prema: Auto Start, *OBD II dijagnostika*, 2016., dostupno na: http://www.autostart.co.rs/obd-ii-dijagnostika/ (15.05.2019.)

Današnjim razvojem tehnologije sustav automobila je postao umreženiji pa se za dijagnostiku i održavanje u većini radionica nude rješenja konvertibilnih računala DCU 220. Na slici 10. je prikazano konvertibilno računalo DCU 220 u kombinaciji sa sustavima KTS 570, 540 ili Truck iz serije KTS.



Slika 10. konvertibilno računalo DCU 220 u kombinaciji sa sustavima KTS 570, 540 ili Truck iz serije KTS

Izvor: Bosch, R., *Potpuna rješenja! Boscheva dijagnostika elektroničkih upravljačkih uređaja i analiza sustava vozila*, Bosch.hr, Plochingen, str. 3., dostupno na: https://aa-boschap-hr.resource.bosch.com/media/_common___used_by_several_countries/ww/products/test_equipment_products_workshopworld/ecu_diagnostics_testingequipment_products_workshopworld/kts__dcu.pdf (15.05.2019.)

Konvertibilno računalo DCU 220 je konstruirano za rad u radionici te svojim robusnim izgledom predstavlja upravljačku jedinicu za dijagnostiku DCU 220 i

sustave za ispitivanje, npr. sustavom FSA 500 ili modulima iz serije KTS. Kao konvertibilno računalo, DCU 220 kombinira značajke prijenosnog računala sa značajkama tablet računala što omogućava fleksibilan i ugodan rad, posebice u uvjetima rada u radionici [Bosch,R.,2019]. Osim navedenih KTS sustava postoje još KTS 990 računalni sustavi (razvijeniji, brži i prilagodljiviji modularni koncept koji se povezuje s računalnim sustavom bežično) računalni sustav KTS 940 (pouzdana ECU dijagnostika koja koristi vezu koncepta adaptera „Easy Connect“ pomoću kojeg se kablovi jednostavno spajaju na vezu s dijagnostičkom upravljačkom jedinicom), KTS 970 (dijagnostika kojom se ispituje složenija elektronika) i KTS 900 Track sustavi (koriste se za dijagnostiku gospodarskih vozila poput kamiona, kombija, prikolica, autobusa te drugih vozila).

Navedeni autodijagnostički instrumenti, odnosno konvertibilno računalo DCU 220 i navedene kombinacije KTS sustava garantiraju praktičnost i ekonomičnost modularne i profesionalne dijagnostike u svim radionicama.

2. SENZORI ISPUŠNOG SUSTAVA AUTOMOBILA

U ovom poglavlju će biti riječi o senzorima ispušnog sustava, o termistorima kao nelinearnim senzorima, koji se dijeli na dvije vrste, termistori s NTC senzorima i PTC senzorima. Zatim će biti riječi o temperaturnim detektorima otpornosti (RTD senzori) te o lambda sonda mjeraču ispušnih plinova.

2.1. Senzori ispušnog sustava automobila – definiranje i svrha

Senzori su uređaji koji se koriste za mjerenje temperature ispušnih plinova, te za pretvaranje mjerene veličine u električni signal koji se šalje u centralnu jedinicu motora sa svrhom optimizacije smjese goriva i smanjenja emisije štetnih plinova [Auto Ciak, 2019]. Senzori se uglavnom ugrađuju kod vozila koja imaju dizel motore a smješteni su pokraj katalizatora i filtra čestica. Temperatura ispušnog sustava se treba pratiti zbog točnog izračuna mjerenja emisije štetnih plinova te zbog toga što visoka temperatura može dovesti do zapaljenja površine.

Materijali od kojih se senzori izrađuju su keramičke čestice i titanske legure. Navedene čestice su dio Termistora. Više o termistoru će biti u potpoglavlju 2.3.

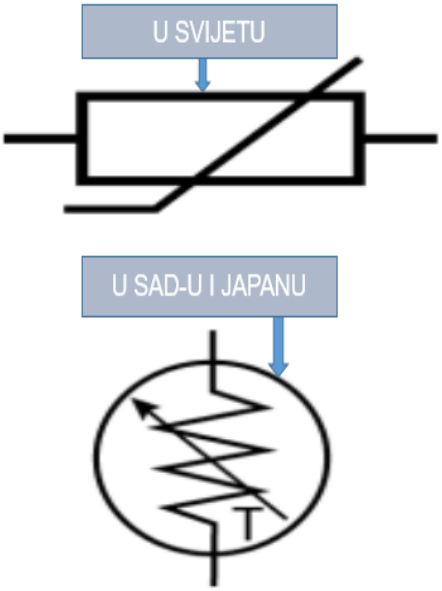
Unutar ispušnog sustava su ugrađeni senzori koji mogu dovesti do pogrešne detekcije. Pogrešna detekcija dovodi do neprikladne kompozicije ispušnih plinova i prouzročuje promjenu smjese zraka i goriva preko regulatora ubrizgavanja. Taj proces može dovesti do oštećenja ventila, vodilica ili klipova [Moto integrator, 2019]. Senzori koriste otpornike sukladno temperaturi, kako će biti objašnjeno kod PTC i NTC senzora u potpoglavlju o termistorima.

Kada se senzori ugrađuju u vozila tada je obično riječ o EGTS senzorima. EGTS skraćenica od engleskih riječi Exhaust Gas temperature sensor. U prijevodu znači senzor temperature ispušnih plinova, koji mjere temperaturu ispušnih plinova iza i ispred turbopunjača, dizelskog katalizatora, dizel filtra krutih čestica i/ili 3-smjernog katalizatora [NGK-NTK, 2019].

EGTS senzori također se koriste protiv pregrijavanja i za održavanje u željenom temperaturnom rasponu za optimalne stope pretvorbe, zbog čega se smatraju važnom sastavnicom koja utječe na smanjenje emisija štetnih plinova. EGTS senzori su točni pri mjerenju i imaju karakteristiku brze pokretljivosti, pa su iznimno pogodni za korištenje.

2.2. Termistori – nelinearni senzori

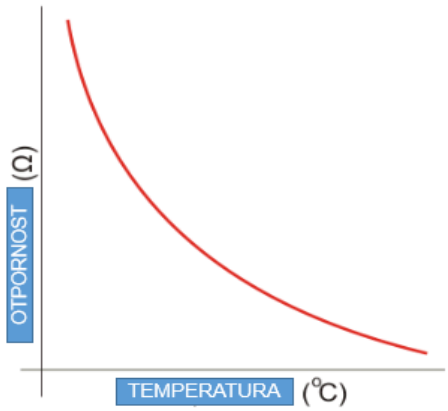
Termistor ili temperaturno ovisni otpornik je uređaj za mjerenje promjene temperature, pruža odziv na promjenu temperature (do 7 sekundi). Na slici 11. prikazani su simboli koji se koriste za oznaku termistora u svijetu te na području Sjedinjenih Američkih država i Japana.



Slika 11. Simboli za termistor

Izvor: Izradio autor prema: Electrical4U, *Thermistor: Definition, Uses & How They Work*, 2019., dostupno na: https://www.electrical4u.com/thermistor/ (15.05.2019.)

Termistor (ili termički otpornik) je tip otpornika kod kojeg se s promjenama temperature mijenja električna otpornost. Otpor svih otpornika varira lagano s temperaturom. Termistor je posebno osjetljiv na temperaturne promjene i djeluje kao pasivna komponenta u krugu. Termistori su precizni, jeftini i robusni načini mjerenja temperature. Pri ekstremno visokim i niskim temperaturama ne rade dobro, ali su dobar izbor za različite primjene, pogotovo su idealni kada je bitno precizno očitavanje temperature [Electrical4U, 2019]. Područja primjene termistora su široka jer se koriste za mjerenje temperature (npr. termistori kao termometri u različitim tekućim i zračnim okruženjima, digitalni termometri) a neka od njih su u auto industriji (koristi se za mjerenje temperature ulja i rashladne tekućine u automobilima i kamionima), u kućanskim aparatima (npr. mikrovalne, hladnjaci i pećnice), također, koriste se za mjerenje toplinske vodljivosti električnih materijala, temperaturna kompenzacija (održavanje otpora zbog kompenzacije učinaka uzrokovanih promjenama temperature u drugom dijelu kruga). Termistor radi po principu ovisnosti njegove otpornosti o temperaturi. Njegov otpor se mjeri pomoću ommetra. Promjena otpora ovisi o vrsti materijala unutar termistora. Grafički prikaz karakteristike termistora prikazan je na slici 12.



Slika 12. Grafički prikaz karakteristike termistora

Izvor: Prilagodio autor prema: Electrical4U, *Thermistor: Definition, Uses & How They Work*, 2019., dostupno na: https://www.electrical4u.com/thermistor/ (15.05.2019.)

Na Slici 12. je vidljivo da je na osi y prikazana otpornost termistora u omima, dok je na osi x prikazana temperatura u Celzijusevim stupnjevima (^{0}C). Rastom temperature otpornost pada, i obrnuto, smanjenjem temperature otpornost raste.

Prema vrstama, termistor se dijeli na dvije vrste [Electrical4U, 2019]:

- termistor negativnog temperaturnog koeficijenta (NTC) - kada temperatura raste, otpor se smanjuje, i obrnuto, to su najčešći tipovi termistora; i
- termistor pozitivnog koeficijenta temperature (PTC) - ima suprotan odnos između temperature i otpora, odnosno kada se temperatura poveća, povećava se i otpor, i obrnuto, kada se temperatura smanjuje, smanjuje se i otpor, često se koriste kao oblik zaštite kruga (slično funkciji osigurača, mogu djelovati kao uređaji za ograničenje struje).

Kod NTC termistora odnos temperature i otpora može se prikazati jednadžbom [Electrical4U, 2019]:

$$R_T = R_0 e^{\beta(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_0})}$$

pri čemu:

RT predstavlja otpor pri temperaturi (T),

R_0 je otpor pri temperaturi T_0,

T_0 je referentna temperatura (normalno 25^{o}C),

β je konstanta čija vrijednost ovisi o karakteristikama materijala, iznos vrijednosti uzima se kao 4 000.

Ako je vrijednost β visoka, onda će odnos otpora i temperature biti vrlo dobar. Veća vrijednost konstante β znači veću varijaciju otpora za isti porast temperature - stoga se povećava osjetljivost (koeficijent temperature otpornosti).

Navedenom jednadžbom dobije se negativan koeficijent temperature otpornosti NTC termistora.

Danas postoje i dopirani termistori koji su jako skupi, te imaju pozitivan temperaturni koeficijent. S obzirom na to da nije moguće napraviti linearnu aproksimaciju krivulje čak i na malom temperaturnom rasponu, može se zaključno reći da su termistori nelinearni senzori.

2.3. Otporni termometri

Termometri su uređaji putem kojih se mjeri temperatura nekog tijela. Otporni termometri su temperaturni senzori koji djeluju po principu promjene električnog otpora.

Ovisno o principu rada temperaturni senzori se mogu klasificirati kao [Electrical4U, 2019]:

- termometar za tekućine i plin,
- bimetalni termometar,
- Otporni termometri, koji uključuju detektor temperature otpora ili RTD i prethodno spomenute termistore,
- termoelektrična baterija,
- spojni poluvodički senzor,
- radijacijski pirometar.

Kada se metal koristi kao senzor tada se temperaturni senzor naziva otporni temperaturni senzor ili RTD (eng. *Resistance Temperature Detectors*), a kada se poluvodič koristi za istu svrhu tada se termometar naziva termistor.

RTD senzori slični su termistorima jer se otpor materijala od kojeg su napravljeni mijenja u ovisnosti o temperaturi.

Otporni termometar se koristi za određivanje temperature mjerenjem otpora metala ili poluvodiča koji predstavlja senzor temperature. Točnost mjerenja temperature putem RTD-a je visoka [Electrical4U, 2019]. Razlika između RTD-a i termistora je u materijalu od kojeg su napravljeni jer se RTD izrađuju od čistih metala.

Prednost temperaturnih detektora otpornosti u odnosu na termistore je u tome što mogu mjeriti temperaturu u širem rasponu od termistora.

2.4. Lambda sonda mjerač ispušnih plinova

Danas kontrola ispuštanja plinova poprima sve veću važnost jer je na cestama sve veći broj vozila koja ispuštaju zagađujuće tvari koje proizvodi motor s unutarnjim izgaranjem.

S razvojem tehnologije vlade razvijenih zemalja su potaknule stroge propise o smanjenju emisije štetnih plinova a sastavni dio sustava nadzora količine tih plinova su lambda senzori.

Lambda senzori se nazivaju još i senzorima kisika te predstavljaju uređaje ugrađene u benzinske i dizelske motore koji mjere sadržaj kisika u ispušnim plinovima. Svrha lambda senzora je postizanje što učinkovitijeg rada motora s ciljem smanjenja emisija štetnih ispušnih plinova.

Izgaranje goriva unutar motora nastaje mješavinom zraka i goriva (idealno u omjeru od 14,7 : 1 u benzinskom motoru i 14,5 : 1 u dizelskom motoru). Taj je omjer također poznat kao stehiometrijski omjer ili Lambda (λ) gdje mješavina ima vrijednost 1,0. Tijekom izgaranja omjer smjese zraka i goriva varira [FPS Distribution, 2015]. Izgaranjem goriva mogu nastati situacije zagađenja (manje zraka može dovesti do ostajanja dijela goriva pa takvo neizgoreno gorivo, „bogata smjesa“, može uzrokovati zagađenje ili pak prevelikim unosom kisika, odnosno uslijed više zraka od stehiometrijskog omjera može doći do „siromašne smjese“ koja proizvodi previše zagađivača u obliku dušikovog oksida a može dovesti i do oštećenja motora).

Lambda senzor je smješten u ispušnoj cijevi gdje detektira bogate i siromašne smjese. Kod većine senzora dolazi do kemijske reakcije koja stvara napon. Računalo motora (ECU) mjeri napon i podešava otvor ventila za ubrizgavanje goriva, tako da ga što više približi stehiometrijskom omjeru (λ). Lambda senzor mora biti zagrijan na temperaturi (oko 350 °C) da bi generirao naponski signal. Kod modernih vozila senzori imaju 3 ili 4 žice i mali grijaći element koji služi bržem dostizanju visoke temperature. Grijaći element održava temperaturu senzora tijekom produljenog

stanja mirovanja, da ne dođe do pada temperature senzorima padom temperature bi došlo do povratka sustava u otvorenu petlju [FPS Distribution, 2015]. Otvorena petlja predstavlja situaciju u kojoj ECU (Electronic Control Unit – elektronska upravljačka jedinica, centralni kompjuter vozila) izbacuje lambda sondu iz svojih izračuna. Prikupljanjem informacija s eksternih sustava putem senzora, ECU te informacije obrađuje i nakon toga šalje novu informaciju određenom uređaju/sistemu. ECU temeljem brojnih senzora (kut "otvorenosti" ventila koji pušta zrak radi stvaranja smjese, posljednja vrijednost dobivena s ispušnog sistema o sastavu plinova, brzina rada motora, temperatura…) dobiva vrijednost potrebnu za izračun (uz pomoć tablica u memoriji, koje se mogu predstaviti i uz pomoć pravokutnog koordinatnog sustava) odnosa zraka i goriva. Ponavljanjem tog procesa više puta u samo jednoj sekundi, dovodi do vrlo pravilnog i preciznog rada motora. U današnje vrijeme se uglavnom koriste takozvani "Smart" senzori, koji emitiraju digitalne signale [Alfisti, 2009].

Nekadašnji, stariji lambda senzori nemaju grijače pa bi se istrošeni senzori trebali zamijeniti identičnim. Ako lambda senzor ne postoji tada računalo ne može izračunati omjer goriva i zraka pa zbog toga može doći do prekomjerne potrošnje goriva.

Po pitanju održavanja jednožični i dvožični negrijani lambda senzori oslanjaju se isključivo na vruće ispušne plinove s ciljem sagorijevanja do radnih temperatura pa su projektirani tako da mogu omogućiti velikoj količini ispušnih plinova da dođu u dodir s aktivnim keramičkim elementom, uslijed čega može doći do kontaminacije. Da bi se navedeno izbjeglo potrebno je vršiti zamjenu istih nakon određenu broja prijeđenih kilometara. Grijani lambda senzori imaju svojih prednosti u odnosu na negrijane jer su manje skloni kontaminaciji.

Lambda senzor je stalno izložen teškim uvjetima u ispušnom sustavu automobila (izložen je štetnim ispušnim plinovima, ekstremnoj toplini i česticama velike brzine) pa nekada zagađivači rashladnog sustava ili ulja dođu u dodir sa senzorom te ga učine kontaminiranim i neoperativnim. Vijek trajanja lambda sonde je dug ali se njegova učinkovitost smanjuje s brojem prijeđenih kilometara ili uslijed kontaminacije. Istrošeni lambda senzor može prouzrokovati neprihvatljive razine emisija te na takav način utjecati na oštećenja katalizatora pa se lambda senzori obavezno trebaju provjeravati prilikom pregleda automobila.

3. MJERENJE PLINOVA ISPUŠNOG SUSTAVA AUTOMOBILA – PRIMJERI IZ PRAKSE

U nastavku će biti prikazani i objašnjeni primjeri mjerenja plinova ispušnog sustava automobila putem eko testa kod benzinskih i dizelskih motora.

Mjerenja su izvršena osobnim odlaskom u Tehničku stanicu „Brioni Pula“ u kojoj su osim mjerenja dobivena i objašnjenja eko testova kod benzinskih i dizelskih motora.

3.1. Eko test benzinskih motora

Eko test benzinskih motora sa reguliranim katalizatorom (REG – KAT), koji su opremljeni lambda sondom između motora i prvog ispušnog lonca na ispušnom sustavu za potrebe eko testa svrstavaju se u skupinu motora s reguliranim katalizatorom (REG – KAT), pa je labda sonda osnovni razlikovni element među benzinskim motorima.

Utvrđivanje pogrešnog motora na vozilu može imati štetne posljedice: pogrešna prijava tipa eko testa u računalo što će još za posljedicu imati pogrešnu naplatu naknade za eko test upisivanje pogrešnih rezultata eko testa i ne prolazak na tehničkom pregledu.

Eko test se provodi na tehnološkoj liniji gdje su postavljeni analizatori ispušnih plinova i uređaj za odsis ispušnih plinova. Ako vremenski uvjeti dozvoljavaju tada EKO test treba provoditi pred samim ulazom u stanicu za tehnički pregled jer tada ne postoji problem odvodnje ispušnih plinova i nije potrebno postavljati nikakav odsis ispušnih plinova. Kada se na takav način obavlja Eko test (najprije se obavljaju mjerenja), nakon ulaska vozila u objekt stanica treba obaviti vizualni pregled dijelova motora bitnijih za eko test.

Lambda sondu je ponekad moguće uočiti već iz motornog prostora ali je kod starije generacije vozila smještena pod samim vozilom te se može uočiti tek iz kanala za pregled donjeg postroja vozila.

Prije početka bilo kakvih aktivnosti potrebno je utvrditi marku, tip, model, godinu proizvodnje automobila, zatim pokušati pronaći u motornom prostoru na pločici s tehničkim podacima vozila ili neposredno na motoru, oznaku motora. Uz pomoć tih podataka u katalogu podataka za eko test moguće je pronaći podatke za to vozilo. Identifikacija motora se može učitati i iz tehničkih podataka iz prometne dozvole (zapremnine motora ili snage pri različitoj brzini vrtnje). Vozilo je potrebno dovesti do analizatora ispušnih plinova uz preporuku da isti bude smješten pokraj kanala za pregled donjeg postroja vozila tako da se vozilo za vrijeme cijelog pregleda nalazi nad kanalom. Također se preporučuje da se odmah nakon postavljanja vozila na mjesto pregleda, postavi cijev za odsis ispušnih plinova što bliže izlazu ispušne cijevi.

U motornom prostoru je potrebno prekontrolirati ispravnost spojenosti odzračnika iz kućišta motora na usisnu granu i spremnika benzinskih para koji ne smiju biti odspojeni s usisne grane, a plinovi iz kućišta i kartuše se ne smiju puštati u atmosferu (ako benzinska para izlazi direktno u okolinu takvo vozilo nije ispravno i ne smije proći redoviti tehnički pregled).

Nakon izvlačenja šipke za ulje potrebno je u motor postaviti mjerač temperature ulja analizatora analizatora ispušnih plinova, pri čemu se pažljivo utvrđuje duljina mjerne sonde prema duljini šipke za ulje. Ako se to ne može napraviti onda je potrebno za vrijeme mjerenja izvaditi temperaturnu sondu iz motora i postaviti originalnu šipku za ulje.

Mjerenje brzine vrtnje motora najlakše se obavlja postavljanjem induktivnih kliješta na visokonaponske kablove sustava za paljenje smjese. Nakon navedenog je potrebno upaliti motor i pustiti ga da se grije do svoje radne temperature. Ubrzano zagrijavanje motora se može izvoditi samo na konstantnoj povišenoj brzini vrtnje. Nakon paljenja motora, također je potrebno provjeriti da li analizator dobiva signal temperature ulja i da li mjeri brzinu vrtnje.

Do trenutka kada se motor ne zagrije na potrebnu temperaturu nije potrebno umetati sondu za mjerenje sustava ispušnog plina u ispušnu cijev. Nakon toga slijedi

vizualni pregled dijelova motora bitnih za eko test. S donje strane vozila potrebno je posebnu pozornost obratiti na stanje mehaničkih i toplinskih zaštita oko katalizatora te kucanjem po njemu utvrditi da li je unutar lonca još uvijek u njemu čvrsti keramički monolit ili se uslijed upotrebe rasuo. Tupi zvuk ukazuje na postojanje čvrste keramičke jezgre, dok zvuk rasutog materijala ukazuje na potpuno uništen katalizator.

Za vrijeme vizualnog pregleda motora preporučuje se da motor bude ugašen, a tijekom kontrole potrebno je utvrditi postojanje i ispravnost svih dijelova bitnijih za sastav ispušnih plinova.

Nakon mjerenja temperature ulja u motoru potrebno je obaviti kondicioniranje katalizatora radom motora pri povećanoj brzini vrtnje. Na takav način se povećanim protokom ispušnog plina kroz katalizator uspostavila njegova ispravna progrijanost na radnu temperaturu.

Tokom kondicioniranja katalizatora motor treba vrtjeti na povišenoj brzini vrtnje. Brzinu vrtnje treba zadržati što je moguće više konstantnom.

Kod REG KAT motora postoje dva mjerenja:

- na povišenoj brzini vrtnje i
- na brzini vrtnje praznog hoda.

Upisuju se svi izmjereni podaci pri jednom i drugom mjerenju, ali će računalo samostalno na osnovi:

- izmjerenog sadržaja ugljikovog monoksida (CO) i
- izračunatog faktora zraka lambda (ƛ) pri povišenoj brzini vrtnje

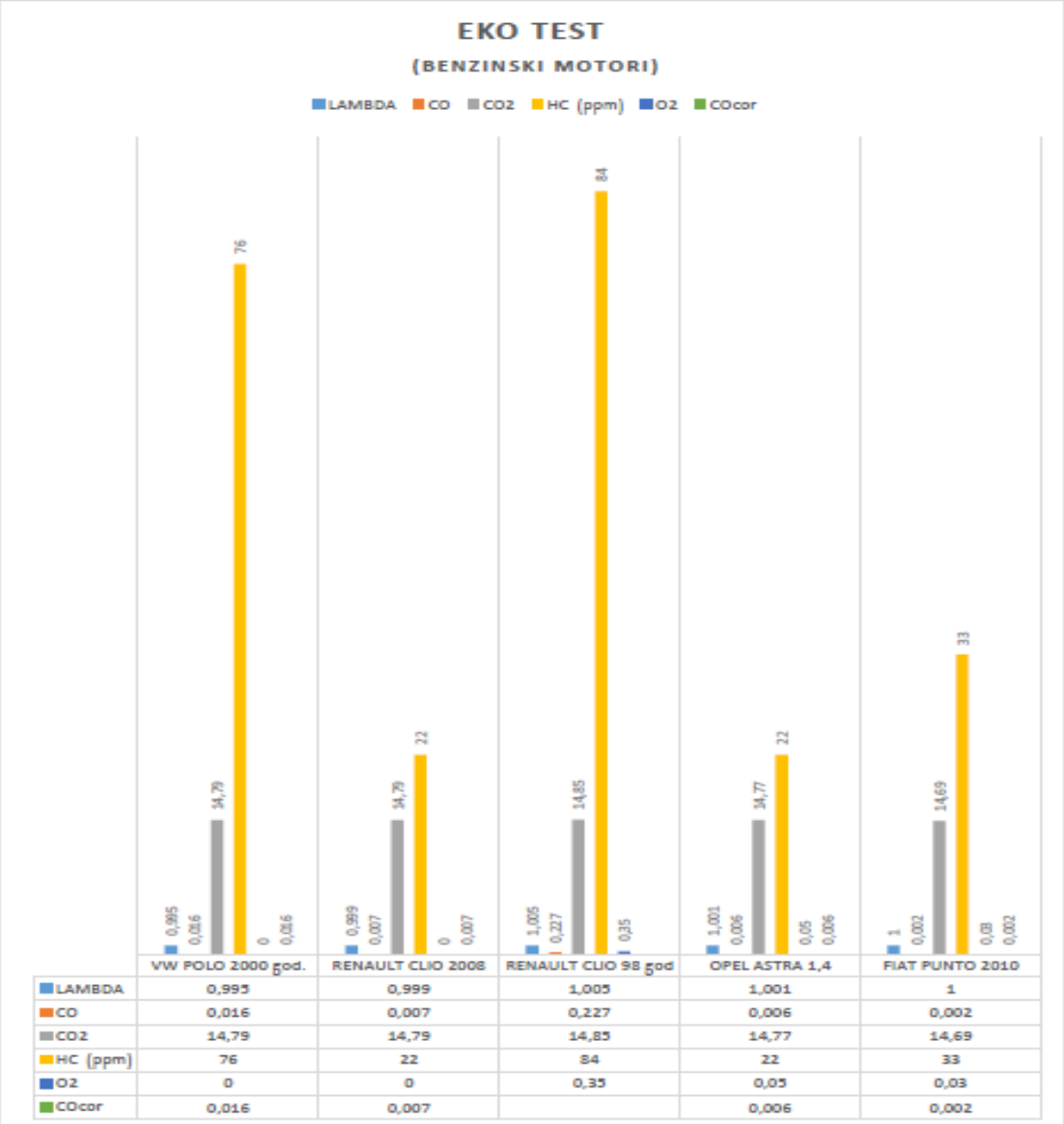
odlučiti da li vozilo prolazi eko test.

Propisane vrijednosti za REG KAT motore [CVH, 2004]:

1. t ≥ 80 °C
   60 s / 3000 min^{-1}
2. n = 2500 – 3000 min^{-1}
   CO ≤ 0, 3 %
   (ƛ) = 0,97 – 1,03
3. n = prazni hod
   CO ≤ 0,5 %

Ako vozilo ispušta veću količinu CO od predviđene ili faktor zraka nije unutar predviđenih granica, računalo će takvom vozilu na tehničkom pregledu dodijeliti grešku broj 76 (CO analiza obojenosti plinova) i proglasiti ga neispravnim. Ostali mjerni faktori (temperatura ulja, brzina vrtnje, CO_2, HC (ppm), O_2, CO_{cor}) nemaju utjecaj na ispravnost vozila na eko testu već samo služe kao preporuke vozaču vozila da i s tim izmjerenim rezultatima nešto nije bilo u redu. Na grafikonu 1. prikazan je Eko test benzinskih motora, po normalnom broju okretaja (normalni hod).

Grafikon 1. Eko test: Benzinski motori; Normalni hod (broj okretaja)



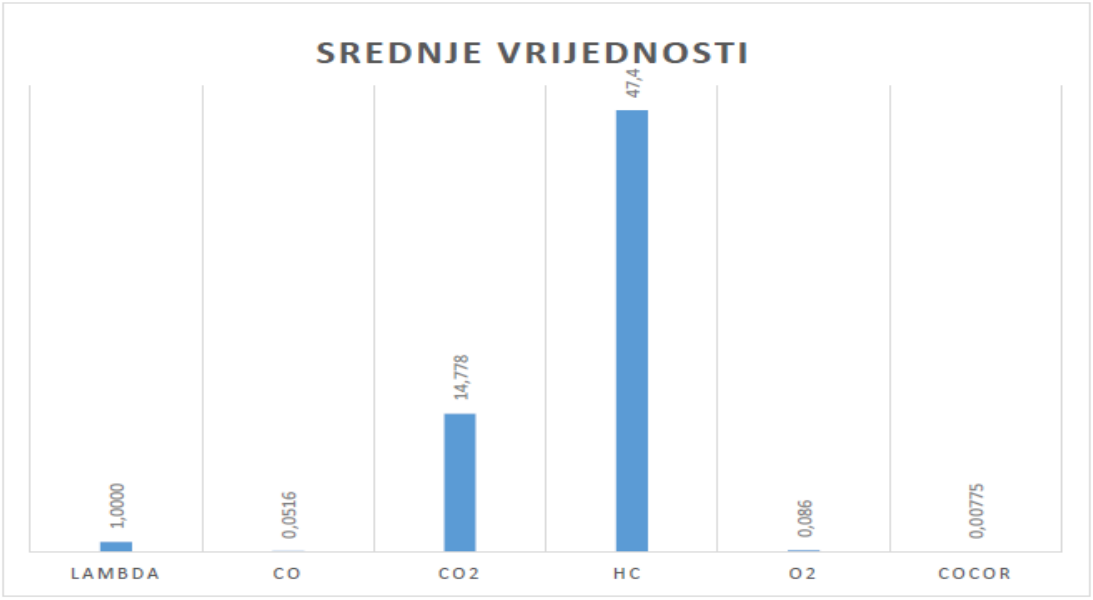
	VW POLO 2000 god.	RENAULT CLIO 2008	RENAULT CLIO 98 god	OPEL ASTRA 1,4	FIAT PUNTO 2010
LAMBDA	0,995	0,999	1,005	1,001	1
CO	0,016	0,007	0,227	0,006	0,002
CO2	14,79	14,79	14,85	14,77	14,69
HC (ppm)	76	22	84	22	33
O2	0	0	0,35	0,05	0,03
COcor	0,016	0,007		0,006	0,002

Izvor: Izradio autor: posjet Tehničkoj stanici „Brioni Pula“

Testiranje se vršilo na automobilima VW Polo 2000, Renault Clio 2008, Renault Clio 1998. god., Opel Astra 1,4, Fiat Punto 2010. Mjerene vrijednosti su Lambda, CO, CO_2, HC (ppm), O_2, $CO_{cor.}$ Dobivene vrijednosti prikazuju normalne razine Lambda vrijednosti, koje pripadaju intervalima 0,97 – 1,03. Razina CO je niska (manji od 0,5%), što znači da će automobili proći na tehničkom pregledu.

Na grafikonu 2. prikazani su iznosi srednjih vrijednosti eko testa kod normalnog broja okretaja. Najveću srednju vrijednost ima HC (47,4), zatim slijedi CO_2 (14,78), pa Lambda srednja vrijednost (1,0000) koja pripada intervalu prolaznosti vozila (0,97 – 1,03). Niske srednje vrijednosti su kod CO_{cor}, zatim kod CO te kod O_2. Niska srednja vrijednost CO ukazuje da će vozila proći na tehničkom pregledu.

Grafikon 2. Eko test: Srednje vrijednosti kod normalnog broja okretaja

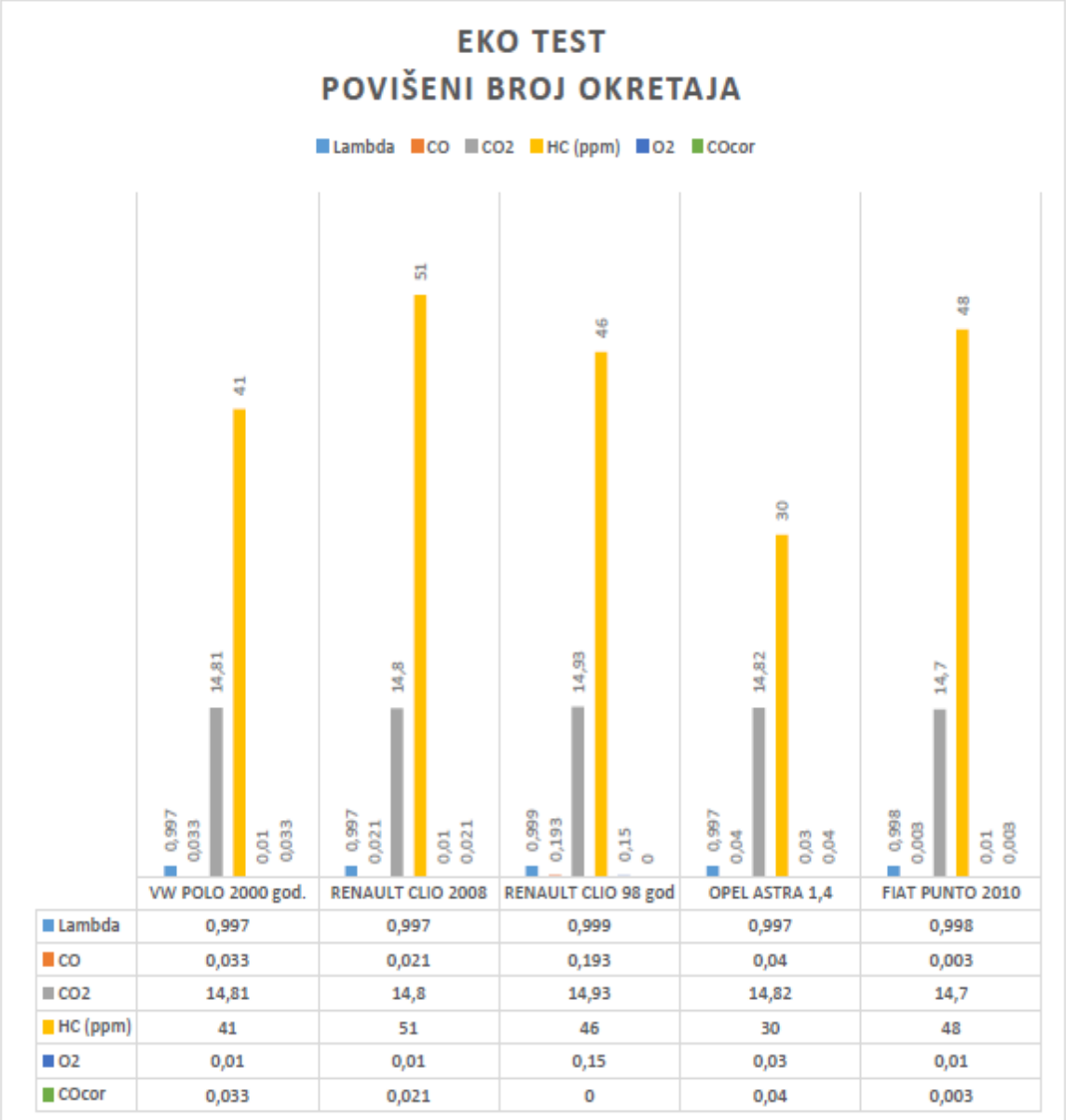


Izvor: Izradio autor: posjet Tehničkoj stanici „Brioni Pula“

Na Grafikonu 3. prikazane su vrijednosti eko testa kod povišenog broja okretaja. Usporedbom rezultata eko testa povišenog broja okretaja sa normalnim brojem okretaja može se primijetiti da su vrijednosti mjerenih varijabli kod povišenog broja okretaja niže u odnosu na normalan broj okretaja.

Vrijednosti lambde kod povišenog broja okretaja su u intervalu 0,97 – 1,03 te je razina CO niska, pa to također ukazuje na prolaznost vozila na tehničkom pregledu.

Grafikon 3. Eko test: Povišeni broj okretaja



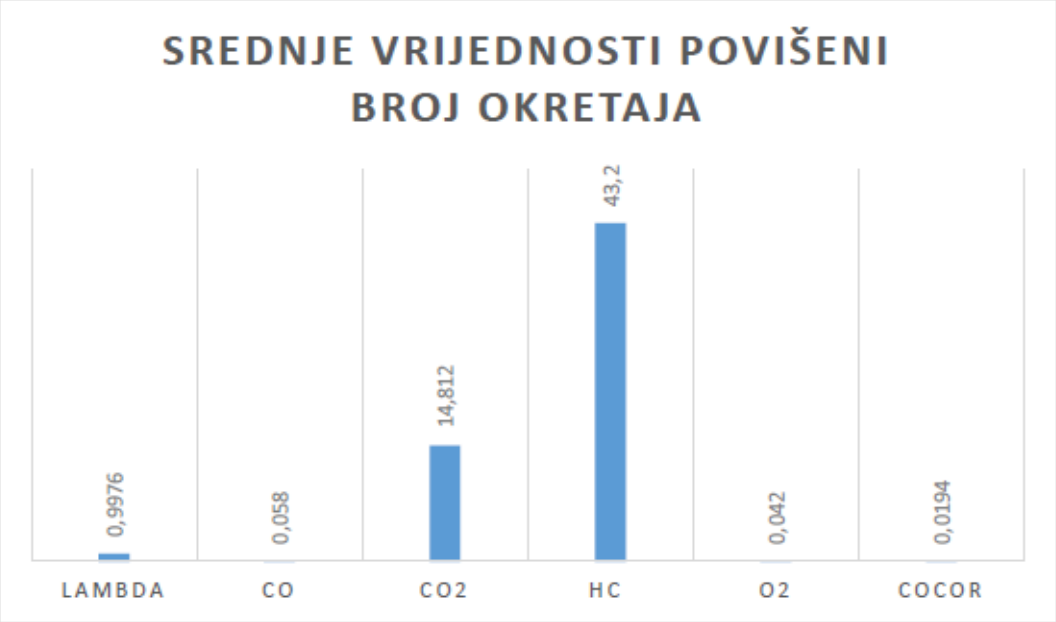
	VW POLO 2000 god.	RENAULT CLIO 2008	RENAULT CLIO 98 god	OPEL ASTRA 1,4	FIAT PUNTO 2010
Lambda	0,997	0,997	0,999	0,997	0,998
CO	0,033	0,021	0,193	0,04	0,003
CO2	14,81	14,8	14,93	14,82	14,7
HC (ppm)	41	51	46	30	48
O2	0,01	0,01	0,15	0,03	0,01
COcor	0,033	0,021	0	0,04	0,003

Izvor: Izradio autor: posjet Tehničkoj stanici „Brioni Pula“

Na grafikonu 4. prikazane su srednje vrijednosti eko testa kod povišenog broja okretaja.

Prema srednjoj vrijednosti lambde (0,9976) te na srednjoj vrijednosti CO (0,058) zaključuje se da vozila prolaze na tehničkom pregledu.

Grafikon 4. Srednje vrijednosti eko testa: Povišeni broj okretaja



Izvor: Izradio autor: posjet Tehničkoj stanici „Brioni Pula“

Nakon obavljenih mjerenja i nakon utvrđivanja prolaznosti eko testa vozaču vozila se ispisuje Zapisnik o ispitivanju ispušnih plinova motornih vozila – EKO test.

3.2. EKO test dizelskih motora

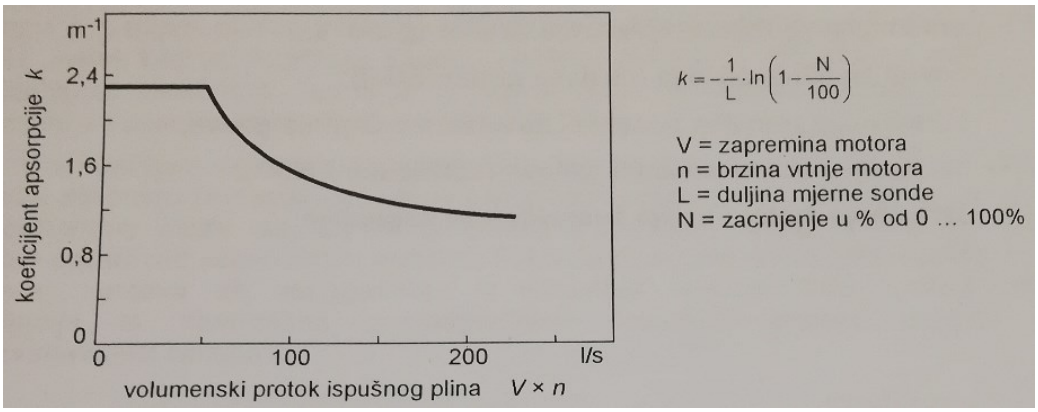
Granične vrijednosti zacrnjenja ispušnih plinova dizelskog motora se razlikuju ako je motor opremljen mehaničkim prednabijanjem (rootovo puhalo, spiralni kompresor i slično) ili prednabijanje ispušnim plinovima (turbopuhalo).

Osnovne radnje Eko testa kod dizelskih motora čini [CVH, 2004]: identifikacija vozila u katalogu za eko test, vizualna provjera dijelova motora bitnih za eko test, priprema mjerenja (kondicioniranje; propuhivanje motora), mjerenje (najmanje tri

vrijednosti koeficijenta zacrnjenja i računanje srednjeg koeficijenta zacrnjenja, ispis rezultata mjerenja na pisaču analizatora, rad na računalu s potprogramom za eko test i ispis službenog zapisnika.

Provođenje eko testa se vrši kao i kod benzinskih motora, na tehničkoj liniji gdje su postavljeni analizatori ispušnih plinova i uređaj za odsis ispušnih plinova. Nakon mjerenja se obavlja vizualni pregled bitnih dijelova motora vozila. Kod pregleda vozila motor treba biti ugašen, a kod kontrole se utvrđuje ispravnost svih dijelova bitnih za sastav ispušnih plinova. Posebna pozornost pridaje se stanju zauljenosti motora oko elemenata razvodnog mehanizma. Nedostaci kod zupčastog remena i brtve na bregatom vratilu se trebaju otkloniti i biti zamijenjeni pa se tek tada obavlja eko test. Svi dijelovi razvodnog sustava trebaju biti dobro pričvršćeni te je potrebno utvrditi da li je motor opremljen prednabijanjem ili je bez prednabijanja (na temelju toga se bira zakonski granični koeficijent zacrnjenja).

Na slici 13. prikazana je granična krivulja zacrnjenja.



Slika 13. Granična krivulja zacrnjenja (koeficijenta apsorpcije) u ovisnosti o volumenskom protoku ispušnog plina

Izvor: Centar za vozila hrvatske (CVH), Eko test, 1/7, Br: 2719-1, Zagreb, 2004., str. 33.

Na slici 13. su prikazane vrijednosti koje definiraju graničnu krivulju zacrnjenja: zapremnina motora (V), brzina vrtnje motora (n) , duljina mjerne sonde (L) i iznos zacrnjenja u % od 0 – 100 (N). Na osi x prikazuje se volumenski protok ispušnog plina čija se vrijednost dobije izračunom (V x n) dok je na osi y prikazan koeficijent apsorpcije (k) čija je formula prikazana na slici.

Ispitivanje graničnog zacrnjenja se provodi prema Pravilniku ECE – R 24 u kojemu je donesena i granična krivulja zacrnjenja (koeficijenta apsorpcije) u ovisnosti o volumenskom protoku ispušnog plina. Da bi se zadovoljile Euro norme, za vozila koja su ispitana homologacijskim zahtjevima Pravilnika ECE-R 24 proizvođači trebaju postaviti oznaku zacrnjenja koju je vozilo imalo pri tipnom ispitivanju (radi se o naljepnici s brojem koji označava stupanj zacrnjenja na identifikacijskoj pločici vozila). Na nekim vozilima se vrijednosti eko testa postavljaju u motorni prostor vozila (u obliku naljepnice) što treba iskoristiti pri pretraživanju podataka u katalogu za eko test [FPS Distribution, 2015].

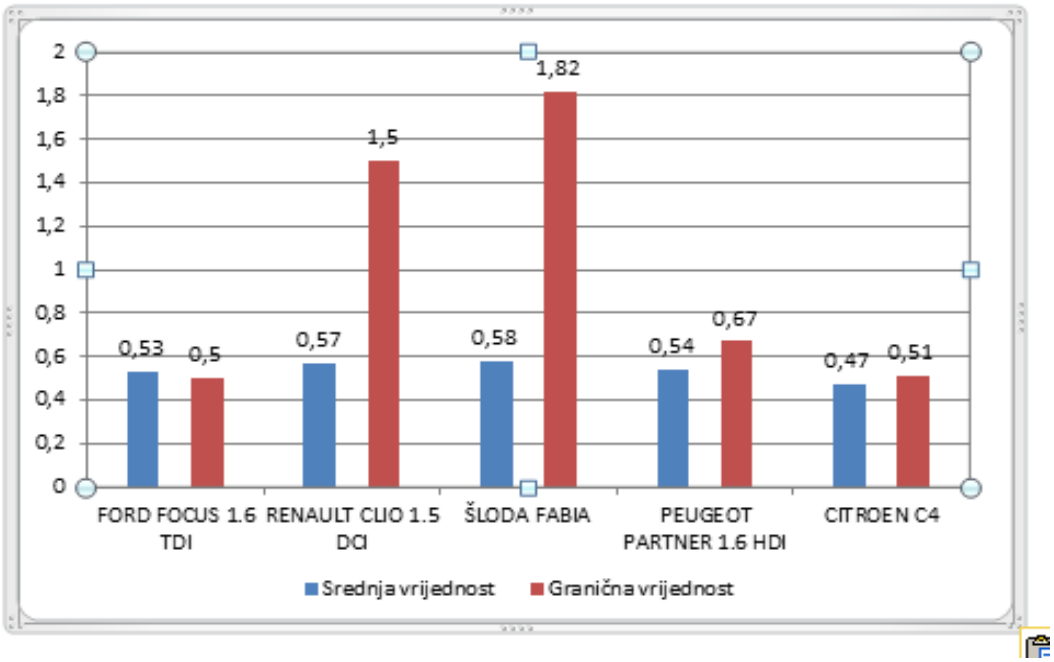
Ispitivanje zacrnjenja se prema navedenom Pravilniku obavlja prema dva različita mjerenja [FPS Distribution, 2015]:

- mjerenje pri stacioniranom radu motora s najvećim opterećenjem i
- mjerenje pri šest različitih brzina vrtnje: Brzine vrtnje se biraju ravnomjerno između najveće brzine vrtnje (pri kojoj djeluje regulator) i najmanje koja odgovara najvećoj od slijedeće tri vrijednosti: 45% od najveće brzine vrtnje ili 1000 min-1 ili brzina vrtnje praznoga hoda; ostalim mjerenjima se mjeri zacrnjenje ispušnog plina pri slobodnom ubrzanju motora od brzine vrtnje praznoga hoda do najveće brzine vrtnje (pri čemu regulator isključuje dovod goriva).

Pri provedbi eko testa izračunava se vrijednost srednjeg zacrnjenja ispušnog plina nakon mjerenja najmanje tri uzastopna ubrzanja neopterećenog motora od brzine vrtnje praznoga hoda do najveće brzine vrtnje pri kojoj dovod goriva isključuje regulator.

Grafikon 5. prikazuje rezultate mjerenja na dizelašima (Ford Fokus TDI 1.6, Renault Clio 1.5 DCI, Škoda Fabia, Peugeot Partner 1.6 HDI i Citroen C4).

Grafikon 5. Eko test - dizel dijagram



Izvor: Izradio autor: posjet Tehničkoj stanici „Brioni Pula“

Plavom bojom označene su srednje vrijednosti dok su crvenom bojom naznačene granične vrijednosti štetnih ispušnih plinova eko testa. Najveće vrijednosti ima Škoda Fabia (srednju vrijednost 0,58, graničnu vrijednost zacrnjenja 1, 82).

Usporedbom dizelskog i benzinskog motora dizelski motor u atmosferu ispušta više dušičnih oksida (NO_x) te je u odnosu na benzinski motor veća koncentracija vidljivih krutih čestica.

Dizelski motor sadrži nečiste ispušne plinove koji su štetni: sumporov dioksid, ugljikovodike, ugljični monoksid te dušične okside. Ostali sastojci su dušik, vodena para i ugljični dioksid.

Kao osnovno mjerilo ispravnosti ispušnih plinova kod dizelskog motora tretira se samo stupanj zacrnjenja ispušnog plina a ne volumenska koncentracija pojedinih ispušnih plinova, kao kod benzinskih motora.

ZAKLJUČAK

Ispušni sustav automobila regulira plinove nastale pri sagorijevanju goriva i zraka u komori za izgaranje. Ovisno o vrsti vozila ispušni sustav se može sastojati od jedne ili više cijevi. Navedeni sustav ima i druge dijelove: ispušni kolektor, prednja cijev s prirubnicom, katalizator, filter krutih čestica kod dizelskih motora, srednja cijev, srednji ispušni lonac te zadnja cijev i zadnji ispušni lonac. Moderna vozila za ubrizgavanje goriva koriste senzor kisika koji mjeri količinu kisika u ispušnom sustavu, te se tako štedi gorivo. Katalizator je dio ispušnog lonca koji pretvara štetni ugljični monoksid i ugljikovodike u vodenu paru i ugljični dioksid, odnosno smanjuje toksičnost plinova koji izlaze iz motora automobila. Katalizator je montiran između ispušnog kolektora i ispušnog lonca. Današnji automobili kontroliraju količinu goriva koju troše tako da održavaju omjer zraka i goriva vrlo blizu stehiometrijskoj točki, koja predstavlja idealan omjer zraka i goriva, pri kojemu gorivo (benzin) koristi sav kisik u zraku. Ispušni sustav automobila reguliran je Pravilnikom o tehničkim pregledima vozila kojim su određeni uvjeti objektima i prostorima u kojima se odvija tehnički pregled vozila, uređaji, oprema, način, rokovi, postupak isključivanja vozila iz prometa u stanici za tehnički pregled te drugi uvjeti kojima se kontrolira pregled vozila. Ispitivanje sastojaka ispušnih plinova dizel i benzinskih motora podliježe EKO testu koji nije presudan za prolaznost vozila već se uz EKO test promatraju i uočene nepravilnosti na motoru i ispuhu. Za mjerenje ispušnih sustava koriste se ultrazvučni plinski mjerni uređaji. Jedan od ultrazvučnih uređaja za mjerenje ispušnih plinova je Flowsic150 Carflow, optimizirana tehnologija koja mjeri protok ispušnih plinova pomoću ultrazvuka pod temperaturom do 600°C. Ispitivanje NEDC i WLTP podrazumijevaju mjerenje ciklusa vožnje i ispitnih parametara poput vremenskog perioda i maksimalne brzine vozila. Ispitivanje WLTP je uvedeno 2017. s ciljem provođenja strožih mjera kojima će se utjecati na smanjenje potrošnje goriva, smanjenja štetnih plinova te razine emisija CO2. WLTP-om se korisnicima želi prikazati realan način rada novih automobila u svakodnevnim vožnjama, dok je NEDC zastarjela metoda koja je uvedena 1980-ih te nije prikazivala realne situacije svakodnevnoj vožnji. Održavanje vozila podrazumijeva osnovni pregled vozila s ciljem sprječavanja brojnih kvarova i s ciljem smanjenja troškova, važno zbog

sigurnosti vozača na cesti tijekom vožnje. Osnovni pregled automobila između ostalih kontrolnih stavki obuhvaća i autodijagnostiku koja obuhvaća provjeru parametara rada motora, komponente opreme, lambda sonde ispušnog sustava te druge parametre spajanjem na dijagnostičko računalo putem OBD priključka. Razvojem tehnologije sustav automobila je postao umreženiji pa se za dijagnostiku i održavanje u većini radionica nude rješenja konvertibilnih računala DCU 220. u kombinaciji sa sustavima KTS. Senzori su uređaji za mjerenje temperature ispušnih plinova koji se uglavnom ugrađuju kod vozila koja imaju dizel motore, smješteni pokraj katalizatora i filtra čestica. Termistor ili termički otpornik je uređaj za mjerenje promjene temperature (do 7 sekundi). Termistor radi po principu ovisnosti njegove otpornosti o temperaturi. Termistor se dijeli na: termistor negativnog temperaturnog koeficijenta (NTC) - kada temperatura raste, otpor se smanjuje, i obrnuto, to su najčešći tipovi termistora; i termistor pozitivnog koeficijenta temperature (PTC) - ima suprotan odnos između temperature i otpora, odnosno kada se temperatura poveća, povećava se i otpor, i obrnuto, često se koriste kao oblik zaštite kruga. Termometri otpora su detektor temperature otpora ili RTD i termistori. Razlika između RTD-a i termistora je u materijalu od kojeg su napravljeni jer se RTD izrađuju od čistih metala. Prednost temperaturnih detektora otpornosti u odnosu na termistore je u tome što mogu mjeriti temperaturu u širem rasponu od termistora, a i nije potrebno koristiti termistor ako se koriste temperaturni detektori otpornosti. Razvojem tehnologije Vlade su potaknule stroge propise o smanjenju emisije štetnih plinova, a sastavni dio navedenog su lambda senzori. Lambda senzori ili senzori kisika predstavljaju uređaje ugrađene u benzinske i dizelske motore te mjere sadržaj kisika u ispušnim plinovima. Svrha lambda senzora je da pomogne što učinkovitijem radu motora s ciljem smanjenja emisija štetnih ispušnih plinova. Mjerenja plinova ispušnog sustava automobila se vrše putem eko testa kod benzinskih i dizelskih motora. Kod benzinskih motora računalo će samostalno na osnovi izmjerenog sadržaja ugljikovog monoksida (CO) i izračunatog faktora zraka lambda (ƛ) pri povišenoj brzini vrtnje odlučiti da li vozilo prolazi eko test. Kod dizelskih motora se prolaznost eko testa temelji na ispitivanju graničnog zacrnjenja prema Pravilniku ECE – R 24 u kojemu je donesena i granična krivulja zacrnjenja (koeficijenta apsorpcije) u ovisnosti o volumenskom protoku ispušnog plina. Da bi se zadovoljile Euro norme, za vozila koja su ispitana homologacijskim zahtjevima Pravilnika ECE-R 24 proizvođači trebaju postaviti oznaku zacrnjenja koju je vozilo imalo pri tipičnom ispitivanju.

SAŽETAK

U radu je bilo riječi o uređajima za mjerenje plinova i o senzorima ispušnog sustava automobila. Ispušni sustav regulira štetne plinove nastale pri sagorijevanju goriva i zraka. Nastali plinovi su štetni za okoliš i za čovjekovo zdravlje i sigurnost pri vožnji. Za mjerenje plinova ispušnog sustava automobila koriste se uređaji poput katalizatora, uz kojeg se veže i kontrola ispušnog sustava putem Eko testa. Nadalje, u radu je bilo riječi o mjerenju ispušnih plinova koje se može vršiti i putem ultrazvučnih plinskih uređaja, putem NEDC ispitivanja i WLTP ispitivanja, održavanja i autodijagnostike. U radu je također bilo riječi o senzorima ispušnog sustava automobila koji mjere temperaturu ispušnih plinova. Za mjerenje temperature ispušnih plinova u radu se objašnjavaju sljedeći uređaji, termistori, RTD senzori te lambda sonda mjerač ispušnih plinova. Treći do rada prikazuje primjere mjerenja plinova ispušnog sustava automobila putem eko testa kod benzinskih i dizelskih motora.

Ključne riječi: ispušni sustav automobila, ultrazvučni plinski uređaji, NEDC, WLTP, katalizator, RTD senzori, lambda sonda

ABSTRACT

The paper deals with gas measuring devices and automotive exhaust system sensors. The exhaust system regulates harmful gases created during combustion of fuel and air. The resulting gases are harmful to the environment and to human health and driving safety. Devices such as a catalytic converter are used to measure the exhaust gas of the car, which controls the exhaust system via Eco Test. Furthermore, the paper deals with the measurement of exhaust gases that can be performed both by ultrasonic gas devices, by NEDC testing and WLTP testing, maintenance and self-diagnostics. The paper also discusses exhaust gas sensor systems that measure exhaust gas temperature. For the measurement of the exhaust gas temperature, the following devices, thermistors, RTD sensors and exhaust gauge of the exhaust gauge are explained in the paper. The third section of the paper presents examples of car exhaust gas measurements by eco-testing on gasoline and diesel engines.

Key words: exhaust system of cars, ultrasonic gas devices, NEDC, WLTP, catalyst, RTD sensors, lambda sonda

POPIS LITERATURE

Članci:

1. Auto Start, *OBD II dijagnostika*, 2016., dostupno na: http://www.autostart.co.rs/obd-ii-dijagnostika/ (15.05.2019.)
2. Auto Ciak, Zbog čega je važna ispravnost ispušnog sustava, 2015., dostupno na:https://ciak-auto.hr/novosti/zbog-cega-je-vazna-ispravnost-ispusnog-sustava/ (29.04.2019.)
3. Auto Education, The Exhaust System, 2017., dostupno na: https://www.autoeducation.com/autoshop101/exhaust.htm (23.04.2019.)
4. Brian, M., How Gasoline Works, Science; How Stuff works, 2019., dostupno na: https://science.howstuffworks.com/gasoline1.htm (01.05.2019.)
5. Brian, M., Where does gasoline come from?, Science; How Stuff works, 2019., dostupno na: https://science.howstuffworks.com/gasoline2.htm (01.05.2019.)
6. Bosch, R., Potpuna rješenja! Boscheva dijagnostika elektroničkih upravljačkih uređaja i analiza sustava vozila, Bosch.hr, Plochingen, dostupno na: https://aa-boschap-hr.resource.bosch.com/media/_common___used_by_several_countries/ww/products/test_equipment_products_workshopworld/ecu_diagnostics_testingequipment_products_workshopworld/kts__dcu.pdf (15.05.2019.)
7. Centar za vozila hrvatske (CVH), *Eko test*, 1/7, Br: 2719-1, Zagreb, 2004.
8. Electrical4U, Thermistor: Definition, Uses & How They Work, 2019., dostupno na: https://www.electrical4u.com/thermistor/ (15.05.2019.)
9. Electrical4U, Temperature Sensor Temperature Measurement | Types of Temperature Sensor, 2019., dostupno na: https://www.electrical4u.com/temperature-sensor-types-of-temperature-sensor/ (15.05.2019.)
10. Electrical4U, Resistance Temperature Detector or RTD | Construction and Working Principle, 2018., dostupno na: https://www.electrical4u.com/resistance-temperature-detector-or-rtd-construction-and-working-principle/ (15.05.2019.)
11. FPS Distribution, *What is a Lambda Sensor?*, 2015., dostupno na: https://fpsdistribution.com/what-is-lambda-sensor/ (15.05.2019.)
12. Global Petrol Prices, Cijene benzina, litra, 2019., dostupno na: https://srb.globalpetrolprices.com/gasoline_prices/ (01.05.2019.)
13. Hitrec, B., Svaki peti automobil pada na tehničkom, ali nestvarno zvuči podatak da je 14.852 vozača palo zbog sitnice za koju mnogi nisu ni svjesni da je obvezna, Jutarnji.hr, 2018., dostupno na:

https://www.jutarnji.hr/autoklub/servis/svaki-peti-automobil-pada-na-tehnickom-ali-nestvarno-zvuci-podatak-da-je-14852-vozaca-palo-zbog-sitnice-za-koju-mnogi-nisu-ni-svjesni-da-je-obvezna/7100553/ (10.05.2019.)

14. Mazda.hr, Globalno usklađeni ispitni postupak (WLTP), dostupno na: https://www.mazda.hr/wltp/ (12.05.2019.)
15. Nice, K., Bryant, W. C., *How Catalytic Converters Work, How Stuff works*, 2019., dostupno na: https://auto.howstuffworks.com/catalytic-converter1.htm (01.05.2019.)
16. Seat.hr, NEDC i WLTP, dostupno na: https://www.seat.hr/servis-dodatna-oprema/tehnicke-informacije/wltp/nedc-i-wltp (12.05.2019.)
17. Sick Insight – The Magazine From Sick, Ultrasonic Gas Flow Measuring Devices, FLOWSIC150 Carflow: Measuring Car Exhaust at 600 °C, 2013., dostupno na: http://www.sickinsight-online.com/flowsic150-carflow-measuring-car-exhaust-at-600-c/ (01.05.2019.)
18. Tutuianu, M., Marotta, A., Steven, H, et al., Development of a World-wide Worldwide harmonized Light duty driving Test Cycle (WLTC); Technical Report, UNECE, 2013., dostupno na: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2014/wp29grpe/GRPE-68-03e.pdf (14.05.2019.)
19. TipTeh, Piezoelektrični senzori pritiska, dostupno na: https://tipteh.ba/post/piezoelektricni-senzori-pritiska/ (12.05.2019.)
20. WLTP FACTS EU, What is WLTP and how it work?, dostupno na: https://wltpfacts.eu/what-is-wltp-how-will-it-work/ (14.05.2019.)

Pravilnici:

1. *Pravilnik o tehničkim pregledima vozila*, Poslovniforum.hr, dostupno na: http://www.poslovniforum.hr/zakoni/pravilnik_tp.asp (10.05.2019.)

Internetski izvori:

1. Autodijelovi: Pajca, Ispušni sistemi, katalizatori, gibljive cijevi, dostupno na: https://pajca.hr/autodijelovi/ispusni-sistemi-katalizatori-gibljive-cijevi/ (10.05.2019.)
2. ECU-ili po naški "kompjuter", Alfisti.rs, Forum, 2009., dostupno na: http://www.alfisti.rs/forum/index.php/topic/209-ecu-ili-po-naski-kompjuter/ (15.05.2019.)
3. Moto Integrator, Usluge; Mehaničarski popravci;Ispušni sustav;Zamjena katalizatora, 2019., dostupno na: https://motointegrator.com/hr/hr/usluge/100-zamjena-katalizatora (01.05.2019.)

4. Motointegrator, Savjeti za održavanje: Osnovni pregled vozila - Otkrijte kvar prije nego postane problem!, dostupno na: https://motointegrator.com/hr/hr/upute/savjeti-za-odrzavanje/osnovni-pregled-vozila-otkrijte-kvar-prije-nego-postane-problem (14.05.2019.)
5. Moto integrator, Usluge; Mehaničarski popravci; Ispušni sustav; Zamjena katalizatora, dostupno na: https://motointegrator.com/hr/hr/usluge/100-zamjena-katalizatora (24.04.2019.)
6. NGK-NTK, Senzori temperature ispušnih plinova; Toplinska zaštita, dostupno na: https://www.ngkntk.com/hr/proizvodi/senzori-temperature-ispusnih-plinova/ (15.05.2019.)
7. Što je ispušni sustav, Auto Mane, 2017., dostupno na: https://auto-mane.com/abeceda-automobila/sto-je-ispusni-sustav (23.04.2019.)
8. Što je senzor temperature ispušnih plinova?, dostupno na: https://ciak-auto.hr/novosti/sto-je-senzor-temperature-ispusnih-plinova/ (23.04.2019.)
9. UNCE, About, dostupno na: http://www.unece.org/info/ece-homepage.html (14.05.2019.)

Ostali izvori podataka:

1. Osobni odlazak u Tehničku stanicu „Brioni Pula“ – za izradu praktičnog dijela rada (3. poglavlje)

POPIS SLIKA

Slika 1. Ispušni sustav – dijelovi 3
Slika 2. Ispušni kolektor 4
Slika 3.Ispušni sustav automobila 5
Slika 4. Položaj katalizatora 7
Slika 5. Presjek katalizatora 7
Slika 6. Konfiguracije tipičnih molekula u benzinu 9
Slika 7. Automobil prikopčan na SICKov ultrazvučni plinski mjereni uređaj Flowsik150 Carflow 12
Slika 8. FlowSick150 ultrazvučni uređaj – prikaz mjera 13
Slika 9. OBD priključak 18
Slika 10. konvertibilno računalo DCU 220 u kombinaciji sa sustavima KTS 570, 540 ili Truck iz serije KTS 20
Slika 11. Simboli za termistor 23
Slika 12. Grafički prikaz karakteristike termistora 24
Slika 13. Granična krivulja zacrnjenja (koeficijenta apsorpcije) u ovisnosti o volumenskom protoku ispušnog plina 36

POPIS TABLICA

Tablica 1. Razlika između NEDC i WLTP ispitivanja 15
Tablica 2. Modovi OBD dijagnostike 19

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Eko test: Benzinski motori; Normalni hod (broj okretaja)..... 32
Grafikon 2. Eko test: Srednje vrijednosti kod normalnog broja okretaja 33
Grafikon 3. Eko test: Povišeni broj okretaja 34
Grafikon 4. Srednje vrijednosti eko testa: Povišeni broj okretaja 35
Grafikon 5. Eko test - dizel dijagram 38