

# Dizelski motori kao izvori onečišćenja zraka i mjere zaštite

---

Lacković, Eni

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:923209>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-19**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Eni Lacković**

**DIESEL MOTORI KAO IZVORI ONEČIŠĆENJA ZRAKA I  
MJERE ZAŠTITE**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2017.**

Zagreb, 28. ožujka 2017.

Zavod: **Samostalne katedre**  
Predmet: **Ekologija u prometu**

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 4146**

Pristupnik: **Eni Lacković (0135221896)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

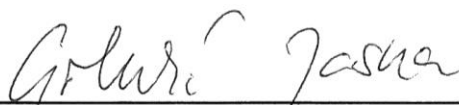
Zadatak: **Dizelski motori kao izvori onečišćenja zraka i mjere zaštite**

### Opis zadatka:

U radu je potrebno analizirati dizelske motore kao izvore onečišćenja zraka. Objasniti njihov štetan učinak na zdravlje, vegetaciju i zdravlje. Prikazati zakonske propise glede emisija štetnih tvari. Objasniti mjere unutar i izvan motora. Analizirati mogućnost primjene alternativnih goriva za dizel motore.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:

  
\_\_\_\_\_  
prof. dr. sc. Jasna Golubić

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

\_\_\_\_\_

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Eni Lacković**

**DIESEL MOTORI KAO IZVORI ONEČIŠĆENJA ZRAKA I MJERE  
ZAŠTITE**

**DIESEL ENGINES AS SOURCES OF AIRPOLLUTION AND  
PROTECTION MEASURES**

**Mentor: prof. dr. sc. Jasna Golubić**

**Student: Eni Lacković**

**JMBAG: 0135221896**

**Zagreb, rujan 2017.**

# DIESEL MOTORI KAO IZVORI ONEČIŠĆENJA ZRAKA I MJERE ZAŠTITE

## SAŽETAK:

Cestovni promet ima veliki utjecaj na klimatske promjene, zdravlje ljudi, životinja i razvoj biljaka. Kako bi se smanjio štetan utjecaj ispušnih plinova diesel motora, Europa i Svijet postavljaju određena ograničenja kojih se moraju pridržavati svi proizvođači novih vozila. U ovom radu opisan je princip rada diesel motora, te su navedeni ispušni plinovi kao i njihova štetnost za ljude, biljke, životinje i okoliš. Opisane su zakonske regulative u EU, Republici Hrvatskoj te SAD-u kojima se pokušava ograničiti količina štetnih tvari iz ispuha. U nastavku rada navedene su i opisane mjere za smanjenje štetnih tvari iz diesel motora kao i mogućnost primjene alternativnih goriva za diesel vozila. Na kraju su navedeni načini kako uštedjeti primjenom eko vožnje.

## KLJUČNE RIJEČI:

cestovni promet; klimatske promjene; diesel motor; onečišćenje zraka; zakonske regulative; mjere zaštite; alternativna goriva

---

## SUMMARY:

Road traffic has a major impact on climate change, human health, animal and plant development. To reduce the damaging impact of diesel engines, Europe and the World have set certain constraints that all new vehicle manufacturers must abide by. In this final work, the diesel engine principle is described and exhaust gases are listed as well as their hazards for humans, plants, animals and the environment. The legal regulations in the EU, the Republic of Croatia and the US have been described, which try to limit the amount of waste from the exhaust. In the following section are described and described measures for reduction of diesel fuel from diesel engines and the possibility of using alternative fuels for diesel engines. Finally, there are ways to save on eco-driving.

## KEY WORDS:

road traffic; climate change; diesel engine; air pollution; legal regulations; protection measures; alternative fuels

## SADRŽAJ:

1.	UVOD.....	1
2.	UTROŠAK ENERGIJE U CESTOVNOM PROMETU.....	2
2.1.	Diesel motor.....	3
2.2.	Princip rada.....	3
3.	ISPUŠNI PLINOVI DIESEL MOTORA.....	5
3.1.	Učinak ispušnih plinova na zdravlje čovjeka.....	6
3.1.1.	Ugljik (II) oksid (CO).....	6
3.1.2.	Dušični oksidi (poput NO i NO <sub>2</sub> ).....	6
3.1.3.	Ugljikovodici (HC).....	7
3.1.4.	Čađa i dim.....	7
3.2.	Učinak ispušnih plinova na vegetaciju.....	8
3.3.	Učinak ispušnih plinova na materijale.....	10
4.	ZAKONSKA REGULATIVA GLEDE EMISIJA ŠTETNIH PLINOVA.....	11
4.3.	Propisi u Europskoj uniji.....	11
4.3.1.	Euro 1 norma.....	12
4.1.2.	Euro 3 norma.....	13
4.1.3.	Euro 4 norma.....	13
4.2.	Propisi u SAD-u.....	15
4.3.	Propisi u Republici Hrvatskoj.....	15
4.3.1.	Starost vozila u Republici Hrvatskoj.....	16
4.3.2.	Eko test u Hrvatskoj.....	17
4.3.3.	Eko vožnja.....	18
5.	MJERE ZA SMANJENJE ŠTETNIH TVARI DIESEL MOTORA.....	20
5.1.	Mjere unutar motora.....	20
5.2.	Mjere izvan motora.....	21
5.2.2.	<i>Selektivna katalitička redukcija</i> .....	22
5.2.3.	<i>Neselektivna katalitička redukcija</i> .....	23
5.2.4.	<i>Denox katalizator</i> .....	23
5.2.5.	Oksidacijski katalizator.....	24
5.2.6.	DPF - filter bez aditiva u gorivu.....	24

6.	MOGUĆNOST PRIMJENE ALTERNATIVNIH GORIVA ZA DIESEL MOTORE .	26
6.1.	Biogoriva prve generacije .....	27
6.1.1.	<i>Bioetanol</i> .....	28
6.1.2.	<i>Biodiesel</i> .....	28
6.2.	Ukapljeni naftni plin (UNP) .....	30
6.3.	Ukapljeni prirodni plin (UPP) .....	30
6.3.1.	<i>Prednosti prirodnog plina</i> .....	32
6.3.2.	<i>Nedostaci prirodnog plina</i> .....	32
6.4.	Električna energija .....	32
6.4.1.	<i>Punjenje e-vozila</i> .....	33
6.4.2.	<i>Onečišćenje zraka</i> .....	34
6.5.	Vodik .....	35
7.	ZAKLJUČAK .....	36
8.	LITERATURA:.....	38

# 1. UVOD

Cestovni promet najveći je izvor onečišćenja u usporedbi s ostalim granama prometa.

Europska unija pa tako i Republika Hrvatska ali i ostatak svijeta konstantno se zalažu za uvođenjem određenih normi kako bi se zagađenja od ispušnih emisija svelo na najniže razine.

Tema završnog rada je "Dieselski motori kao izvori onečišćenja zraka i mjere zaštite" a rad je podijeljen u sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Utrošak energije u cestovnom prometu
3. Ispušni plinovi dieselskih motora
4. Zakonska regulativa glede emisija štetnih tvari
5. Mjere za smanjenje štetnih tvari dizel motora
6. Mogućnost primjene alternativnih goriva za dizel motore
7. Zaključak

U drugom poglavlju opisan je utrošak energije u cestovnom prometu baziran na Europskoj uniji i RH, te je opisan princip rada diesel motora.

U trećem poglavlju navedene su i opisane vrste ispušnih plinova, te njihov štetan utjecaj na zdravlje čovjeka, rast biljaka, razvoj životinja i utjecaj na materijale u prirodi.

U četvrtom poglavlju opisane su zakonske regulative glede emisija štetnih tvari koje su propisane u Europskoj uniji, SAD-u, Hrvatskoj te je prikazana prosječna starost voznog parka u RH.

Peto poglavlje odnosi se na vrste i opis mjera za smanjenje štetnih tvari diesel motora, dok se u šestom opisuju vrste i mogućnosti primjene alternativnih goriva na diesel motorima.

Zaključak je dio u kojemu se ukratko opisuje tema i cjelokupan rad.

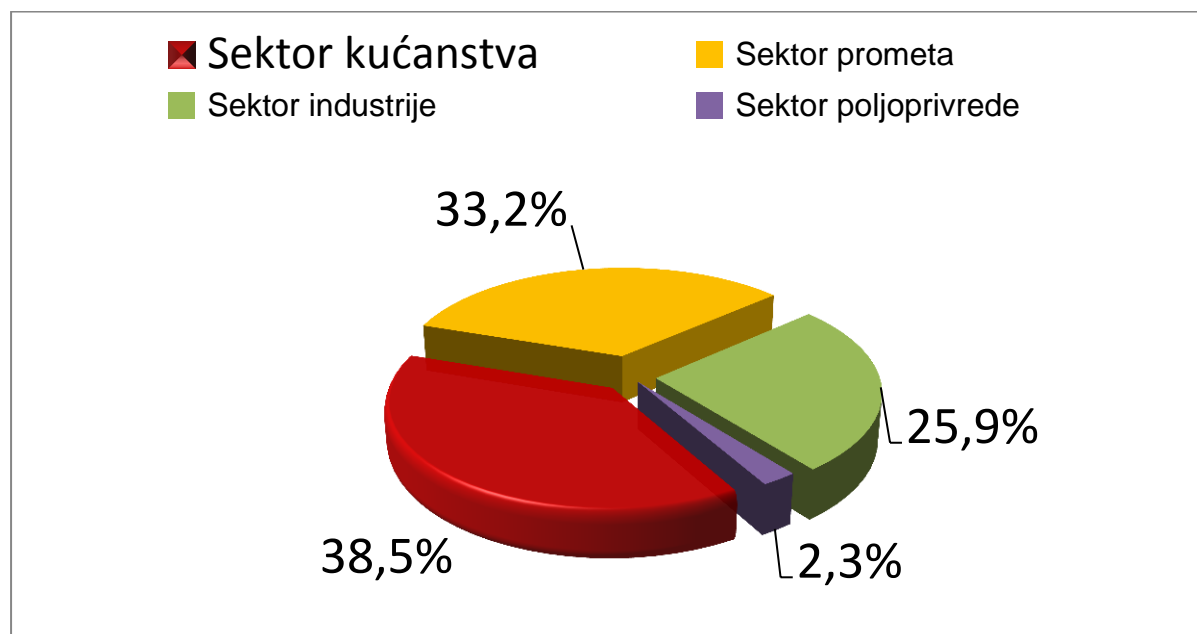


## 2. UTROŠAK ENERGIJE U CESTOVNOM PROMETU

Sukladno dogovoru zemalja EU o ciljevima smanjenja emisije stakleničkih plinova te sve većem zagađenju zraka, potrebno je istaknuti važnost čistijeg transporta odnosno energetske učinkovitosti u prometu i poticati te korištenje učinkovitijih vozila (koja u većoj mjeri koriste obnovljive izvore energije, imaju smanjene emisije CO<sub>2</sub> odnosno električna vozila).

Prometne gužve postaju sve veći problem u gradovima, koji značajno utječe na nepotrebno povećanu potrošnju goriva i zagađenje okoliša bukom i ispušnim plinovima. Svaki građanin osobno može utjecati na smanjenje štetnih emisija korištenjem vozila koja manje utječu na okoliš. Neka od tih vozila su vozila javnog gradskog prijevoza, hibridna, električna ili vozila na plin. [1]

Većina država članica EU ostvarila je napredak prema postizanju cilja povećanja energetske učinkovitosti. Najveći potrošač energije u EU za 2014. je sektor kućanstva s udjelom od 38,5% dok je odmah iza njega sektor prometa s udjelom 33,2% od čega na cestovni promet otpada 82%. S 25,9% sektor industrije nalazi se na trećem mjestu dok najmanji potrošač energije sektor poljoprivrede sa svega 2,3%. [2]



**Grafikon 1:** Utrošak energije po sektorima u EU za 2014. godinu [2]

## 2.1. Diesel motor

Diesel motor je stroj s unutrašnjim izgaranjem koji pretvara toplinsku energiju u mehanički rad. Motori s unutarnjim izgaranjem danas imaju vrlo široku primjenu. Glavni su pokretači automobila, brodova, vlakova, zrakoplova, a služe i kao pogon za mnoge sisaljke, generatore struje, i još mnogo drugih stvari. Različitih su izvedbi i veličina, od vrlo malih za pogon maketa do vrlo velikih brodskih motora.

Svaki diesel motor sastavljen je od četiri temeljne konstrukcijske cjeline i dodatnih pomoćnih sustava:

- I. kućište motora (uljno korito, kućište radilice, kućište cilindra, glava motora, poklopac glave motora)
- II. klipni mehanizam (klipovi, klipnjače i radilica)
- III. razvodni mehanizam (ventili, bregasta osovina, podizači, opruge, pogon visokotlačne pumpe)
- IV. sustav dobave i ubrizgavanja goriva
- V. pomoćni sustavi (hlađenje, podmazivanje, ispuh, uređaj za hladno startanja)

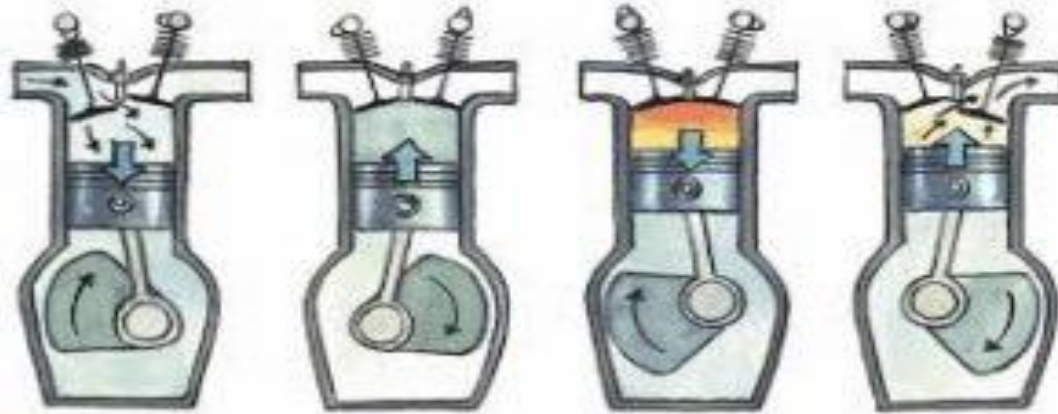
Diesel motori mogu biti:

- I. dvotaktni (prvenstveno kod velikih brodskih motora, stacionarnih motora, ali i kod teških teretnih vozila i građevinskih strojeva)
- II. četverotaktni (vrlo široka primjena, izrađuje se u raznim veličinama od vrlo malih motora (za modalarstvo), pa do motora od nekoliko tisuća kW. Najpoznatija i vjerojatno najraširenija primjena je u automobilskoj industriji, koja uz manje izuzetke isključivo upotrebljava četverotaktne motore. [3])

## 2.2. Princip rada

Cijeli radni proces odvija se u četiri takta:

- 1) Usisavanje zraka (bez goriva za razliku od Otto motora)
- 2) Tlačenje zraka do trenutka dolaska klipa u GMT položaj (gornja mrtva točka)
- 3) Paljenje smjese pomoću ubrizgavanja goriva direktno u komoru za sagorijevanje
- 4) Pražnjenje cilindra ili ispuh [4]



**Slika 1.** Radni proces Diesel motora [1]

1. Takt (usisni) – ispušni ventil je zatvoren, klip se giba od GMT prema DMT stvarajući podtlak u cilindru, koji omogućava kroz otvoreni usisni ventil usisavanje zraka u cilindar nakon čega se usisni ventil zatvara.
2. Takt (kompresija) – oba ventila su zatvorena i klip se kreće od DMT prema gore te tlači usisani zrak prema prostoru za izgaranje gdje neposredno prije dolaska klipa u GMT mlaznica ubrizga gorivo.
3. Takt (ekspanzija) - nakon spoja komprimiranog zraka i ubrizganog goriva dolazi do zapaljenja smjese, a plinovi koji se šire potiskuju klip prema dolje.
4. Takt (ispuh) – klip se ponovno kreće od donje mrtve točke prema gore te kroz ispušni ventil potiskuje ostatke izgaranja u ispušnu cijev.[5]

### 3. ISPUŠNI PLINOV I DIESEL MOTORA

Prilikom izgaranja goriva u motoru nastaju produkti izgaranja koje obično nazivamo "ispušni plinovi".

Postoje dvije vrste izgaranja:

- a) potpuno izgaranje – produkti potpunog izgaranja u idealnom procesu su ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ) i vodena para ( $\text{H}_2\text{O}$ ), te preostali dušik i kisik iz zraka.
- b) nepotpuno izgaranje – nepotpunim izgaranjem nastaju produkti koji su i dalje sposobni izgarati (djelomično izgorjeli ugljikovodoci) i kao takvi u ispušnim plinovima iz motora vozila odlaze u okolinu.[6]

Iz tog razloga gubi se dio energije (smanjen stupanj korisnog djelovanja motora), a osim toga u ispušnim plinovima pojavljuju se sastojci koji su štetni za ljudsko zdravlje i okoliš.

Zbog svoje velike brojčane zastupljenosti u urbanim sredinama te zbog nepovoljnih uvjeta rada motora, slabe cirkulacije zraka, nedovoljne kvalitete goriva, cestovna motorna vozila su primarni onečišćivači zraka u gusto naseljenim mjestima.

Pritom se prvenstveno misli na emisiju štetnih plinova, koji znatno utječu na zdravstveno stanje ljudi koji ih udišu, zdrav razvoj biljaka i životinja.

Štetni plinovi koje ispuštaju dieselski motori izgaranjem a koji su ograničeni zakonskim propisima su:

- CO (ugljikov monoksid)
- HC (ugljikovodoci)
- $\text{NO}_x$  (dušikovi oksidi)
- čestice (najvećim dijelom čađa i koks).

Dušik ( $\text{N}_2$ ), vodena para ( $\text{H}_2\text{O}$ ), kisik ( $\text{O}_2$ ) i ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ) spadaju u neškodljive plinove, dok su u novije vrijeme dušični oksidi plinovi oko kojih se najviše vode polemike, čak do te mjere da neke države EU imaju namjeru u potpunosti izbaciti iz upotrebe diesel vozila koja ne zadovoljavaju najstrože Euro norme zbog velike količine  $\text{NO}_x$  u zraku europskih metropola.

### 3.1. Učinak ispušnih plinova na zdravlje čovjeka

U velikim urbanim sredinama ljudi su svakodnevno izloženi utjecaju štetnih čestica koje u većoj ili manjoj mjeri utječu na njihovo zdravlje. Na onečišćeni zrak su posebno osjetljiva djeca te osobe s kroničnim bolestima pluća i srca. Onečišćujuće tvari u ljudsko tijelo najlakše ulaze putem dišnih organa, a najčešće bolesti povezane s onečišćenim zrakom su bronhitis, astma, emfizem te rak pluća. Ovisno o trajanju izlaganja štetnim tvarima razlikuju se akutni i kronični učinci zagađivača zraka. Akutni učinci manifestiraju se već nakon kratkotrajnog izlaganja od nekoliko dana, dok kronični postaju vidljivi tek nakon duljeg vremenskog razdoblja. Upravo zbog toga, kronični učinci zagađenog zraka su mnogo opasniji jer je potrebno određeno vrijeme da bi bili otkriveni. [7]

#### 3.1.1. Ugljik (II) oksid (CO)

Izaziva glavobolju, slabljenje kardiovaskularnog sustava i povraćanje. U većim količinama može izazvati čak i smrt. Njegova opasnost posebno leži u tome što ga se teško prepoznaje zbog činjenice da nema nikakvog mirisa. Kada uđe u krv zaustavlja prijenos kisika zbog toga što ima 200 do 300 puta veću sklonost vezivanja na hemoglobin. Ugljik (II) oksid, kao produkt nepotpunog izgaranja, u najvećoj količini prisutan je u području bogate smjese, tj. što je smjesa bogatija to je njegova koncentracija viša. Minimalne vrijednosti CO postižu se za faktor zraka  $\lambda=1$  (faktor zraka količnik je stvarno usisane i teoretski probne količine zraka), kada je usisana masa zraka jednaka teoretskoj. Ista količina propisana je i zakonom.

Osim negativnog utjecaja na ljudsko zdravlje, ovaj plin ima loš utjecaj i na okoliš, zbog čega mu se posvećuje i najveća pozornost.

#### 3.1.2. Dušični oksidi (poput NO i NO<sub>2</sub>)

Dušični oksidi, koji nastaju izgaranjem goriva pri visokim temperaturama su dušikov oksid (NO) i otrovan dušikov dioksid (NO<sub>2</sub>). Kao i prije navedeni plinovi, ovisni su o faktoru zraka. Najveća je koncentracija u području blago siromašne, dok opada u području bogate ili siromašne smjese. Prvi se stvara NO, a zatim NO<sub>2</sub>, koji brzo prodire u pluća gdje se spaja s hemoglobinom i proizvodi spojeve koji blokiraju njegovu normalnu funkciju. Posljedice su smanjenje funkcije dišnog sustava i smanjenje otpornosti na infekcije, a u prisutnosti CO ovaj plin izaziva i smrtna trovanja.

### 3.1.3. Ugljikovodici (HC)

Ugljikovodici su, također, produkt nepotpunog izgaranja. Sastojci su goriva, koje bi u potpunosti trebalo izgorjeti, ali se u realnim uvjetima izgaranja to nikada ne dogodi, pa se mogu u većoj ili manjoj količini naći u ispušnom plinu motornih vozila. Najmanja koncentracija HC postiže se u području blago siromašne smjese, a što je smjesa bogatija, to je njihova koncentracija (kao i kod CO) veća. Također, i u području naglašeno siromašne smjese njihova se koncentracija u ispušnim plinovima povećava.

Pare ugljikovodika djeluju na središnji živčani sustav i imaju narkotičko djelovanje. Niskomolekularni ugljikovodici, koji se nalaze u ispušnim plinovima benzinskih motora, djeluju nadražujuće, dok su visokomolekularni ugljikovodici, koje nalazimo kod dieselskih motora, toksični. Ako CH pri izgaranju ne oksidiraju, mogu nastati različiti aromatski spojevi, koji su toksični, a posebno treba izdvojiti najtoksičniji, benzen. On kod čovjeka može uzrokovati rak krvi i kostiju te razne tumore.

### 3.1.4. Čađa i dim

Čađa i dim javljaju se kao problem kod ispušnih plinova dieselskih motora. Čađa je filtrat ispušnih plinova, koji se sastoji od čestica ugljika, a nastaje uz manjak kisika i visoku temperaturu, zbog nepotpunog miješanja goriva i zraka. Ugljikovi spojevi u česticama čađe nisu sami po sebi štetni, ali na sebe vežu različite toksične tvari. Dim je bitno spomenuti zbog ometanja vidljivosti na prometnicama, čime se smanjuje sigurnost u prometu. [8]

Upravo je dušikov oksid, uz ispuštanje krutih čestica najveći problem dieselskih motora koji su prema tome mnogo štetniji i prljaviji od benzinskih.

Dieselski motori u prosjeku emitiraju 15% manje ugljikova dioksida (CO<sub>2</sub>) u atmosferu od benzinaca, ali u isto vrijeme emitiraju četiri puta više dušikova dioksida (NO<sub>2</sub>) te 22 puta više krutih čestica čađe.

Upravo su čađa i dušični oksidi razlog zbog kojeg najveće europske ali i svjetske metropole kao što su Mexico City, Atena, Pariz, London, München uvode određene restrikcije prema vozilima s diesel motorima. Jedan od načina su ekološke zone pa je primjerice u Njemačkoj u određenim dijelovima gradova promet ograničen vozilima određenih kategorija. Primjerice, automobili s dieselskim motorima registrirani prije 1997. godine (norma Euro1) i benzinski auti registrirani prije 1993. ne smiju prometovati u gradovima, dok su noviji podijeljeni u četiri kategorije i ovisno o klasi zagađenja plaćaju ekološke vinjete. Njemačka sada želi to još više postrožiti s ciljem potpune zabrane u budućnosti za najveće zagađivače, a naglasak je na emisijama NO<sub>x</sub>, koje većina dieselskih automobila neće moći ispoštovati.

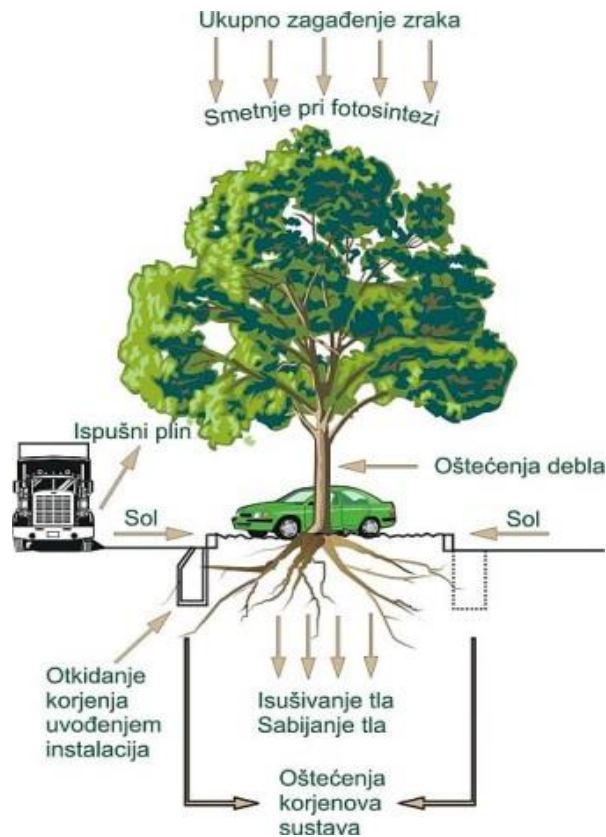
### 3.2. Učinak ispušnih plinova na vegetaciju

U usporedbi sa životinjama i ljudima, biljke su najosjetljivije i prve reagiraju na onečišćivače iz zraka. S obzirom na to, oštećenje vegetacije štetnim tvarima iz zraka jedan je od prvih indikatora onečišćenja zraka. Učinci se mogu manifestirati kao pigmentacijske, klorotične i nekrotične promjene, te morfološki učinci. Kod slabijih učinaka dolazi do poremećaja biokemijskih i fizioloških procesa, zbog kojih se javljaju promjene u rastu biljaka, sposobnosti za razmnožavanjem itd. Kronični učinci najčešće rezultiraju promjenom boje lišća, a kod najsnažnijih utjecaja može doći do uginuća biljnih vrsta i podbacivanju prinosa.

Standardi za kvalitetu zraka ruralnih područja stroži su nego standardi za urbana područja. smanjenje oštećenja vegetacije zbog djelovanja onečišćenog zraka može se postići smanjenjem koncentracije zagađivača u zraku ili zamjenom osjetljivih manje osjetljivim biljnim vrstama.

Neki od najvažnijih fototoksičnih zagađivača kojima je uzrok promet a koji štetno djeluju na biljke su :

- dušikov (IV) oksid – izaziva depresivna i stimulativna stanja u rastu biljaka. Znakovi trovanja dušičnim oksidom kod biljaka može biti rast lišća usred zime i to već pri kratkotrajnim koncentracijama od 0,5 – 1,0 mg/m<sup>3</sup>.
- sumporov (IV) oksid – SO<sub>2</sub> onečišćivači mogu štetiti asimilacijskom procesu biljaka. Koncentracije sumporovog (IV) oksida veće od 0,35 mg/m<sup>3</sup> mogu pri kratkotrajnom djelovanju nanijeti teške smetnje procesu asimilacije pojedinog igličastog drveća.
- etilen – jedina supstanca koja pri koncentracijama kakve se pojavljuju u slobodnom prostoru djeluje fitootrovno. Etilen izaziva u mnogim biljkama zastoj u rastu te smetnje u cvatu, pupanju i listanju.
- prašina – utječe na rast biljaka na način da izolira biljku od topline i svjetla ali i tako što začepkuje njihove pore. Čestice prašine najčešće su promjera svega 5 tisućinki milimetara, te dugo ostaju u zraku što dovodi do širokog rasprostiranja. [7]



**Slika 2.** Uzroci oštećenja drveća u gradovima i uz prometnice [2]

Na **Slici 2.** prikazani su razni uzroci oštećenja drveća u gradovima i uz prometnice. U gornjim slojevima dolazi do akumulacije teških metala, naročito olova i kadmija koji izazivaju stres kod drveća u vidu različitih nekroza lišća (iglica) i skraćivanja vegetacijskog perioda. U području korijenja dolazi do promjene uvjeta miješanjem slojeva tla prilikom građevinskih radova, odlaganjem otpada, soljenjem cesta zimi, zbijenosti uslijed parkiranja automobila, prolaska raznih instalacija i slično. Soljenje zimi, radi lakšeg čišćenja snijega i leda povećava osmotski potencijal tla. U trenutku kada se osmotski potencijal tla izjednači sa biljnim, biljka gubi mogućnost primanja vode i hranjivih tvari zbog čega ugiba. Voda i zrak onečišćeni su otrovnim tvarima koje postupno truju i tlo. Gradska prašina akumulirana na lišću i iglicama utječe na jaču apsorpciju ukupne radijacije valnih dužina između 400 i 1350. Isto tako gradska rasvjeta može nepovoljno utjecati na biljke iz razloga što produžuju vrijeme osvjetljavanja listova dnevno i na 24 sata. Kao posljedica toga, biljka čuva listove zelene do kasno u zimu, umjesto da ih normalno odbaci u jesen. Takva stabla stradavaju od ranih jesenskih mrazeva, a zimi se na njima nagomilava velika količina



snijega (zbog velike lisne površine) pod čijim teretom stabla pucaju i ostaju trajno oštećena. [9]

### **3.3. Učinak ispušnih plinova na materijale**

Izravnim djelovanjem onečišćivača iz zraka na materijale dolazi do njihovog postupnog propadanja zbog kemijskih reakcija koje se pritom javljaju. Na brzinu propadanja i stupanj oštećenja utječu količina vlage i svjetla te temperaturne promjene. Količina vlage u zraku veoma je bitna jer veliki broj štetnih tvari iz zraka reagira s materijalima s kojima dođe u kontakt tek u prisustvu vode.

Utjecaj sunčeva svjetla očituje se u potpomaganju fotokemijskih reakcija koje dovode do stvaranja mnogih oksidanata, dok je utjecaj temperature očit zbog učinaka koje ona ima na brzinu kemijskih reakcija.

Pod propadanjem materijala podrazumijeva se korozija metala, uništavanje pročelja zgrada, oštećenje slojeva boje na obojenim površinama i slično. Također, čestice koje se emitiraju pri izgaranju fosilnih goriva utječu na materijale kroz zaprljanje površine. Za velik broj materijala najveće razorno djelovanje ima suho taloženje  $\text{SO}_2$ .  $\text{SO}_2$  i kisele kiše oštećuju sve materijale koji u sebi imaju lužnatu komponentu, a to su kamen (pogotovo vapnenac) i žbuka. Govoreći o metalima, iako vlaga u malim količinama pospješuje štetan utjecaj onečišćivača iz zraka, vlaga u većim količinama, tj. padaline umanjuju brzinu korozije. [7]

## 4. ZAKONSKA REGULATIVA GLEDE EMISIJA ŠTETNIH PLINOVA

Iz razloga što prilikom izgaranja goriva u motorima cestovnih vozila nastaju već navedeni ispušni plinovi koji sadrže više od stotinu različitih spojeva štetnih za okoliš i ljudsko zdravlje teži se smanjenju emisija štetnih komponenata u ispušnim plinovima automobila. Sadašnje i buduće granice dopuštene emisije ovise o pojedinoj državi, zajednici ili čak gradu koji donosi takve propise. Odgovarajuće institucije vode se pri donošenju propisa stanjem zraka na svom području koje ovisi o prometu, geografskom položaju i zračnim strujama. Homologacijskim propisima (u Europi ECE – pravilnici 1 i EEC – smjernice 2) određene su dopuštene granice emisija štetnih tvari i propisane metode ispitivanja štetnih sastojaka (primjerice ugljikovog monoksida (CO), ugljikovodika (HC), dušičnih oksida (NO<sub>x</sub>)).

### 4.3. Propisi u Europskoj uniji

Dugoročni je cilj Europske unije postići razine kvalitete zraka koje ne ugrožavaju i ne utječu negativno na ljudsko zdravlje i okoliš. Europska unija nastoji na različite načine smanjiti onečišćenje zraka: putem zakonodavstva, suradnjom sa sektorima koji su odgovorni za onečišćenje zraka te međunarodnim, nacionalnim i regionalnim tijelima i nevladinim organizacijama te putem istraživanja. Ciljevi Europske unije su smanjiti emisije i postaviti ograničenja i ciljne vrijednosti kvalitete zraka radi smanjenja izloženosti onečišćenom zraku. Krajem 2013. Europska komisija donijela je prijedlog paketa o kvaliteti zraka koji obuhvaća nove mjere za smanjenje onečišćenja zraka.

U početku je u Europi u ispušnim plinovima automobilskih motora bila ograničena samo emisija ugljikovog monoksida, a od 1970. godine ograničena je i emisija ugljikovodika. 1977. godine ograničena je emisija dušičnih oksida, a 1988. godine je ograničena i količina PM čestica kod dieselskih motora. Od 1992. godine pojedine razine dopuštenih emisija štetnih tvari nose naziv Euro.

Emisija štetnih tvari iz vozila regulira se za laka vozila (u koja spadaju osobni automobili i laka komercijalna vozila) i teška teretna vozila (u koja spadaju kamioni i autobusi), a prema EU regulativi skraćeno se označava s EURO 1, EURO 2, EURO 3, EURO 4, EURO 5, EURO 6. Standardima se ograničava emisija ugljikovog monoksida (CO), ugljikovodika (HC), dušičnih oksida (NO<sub>x</sub>) i čestica (PM).

**Tablica 2.** Euro standardi za osobna vozila s diesel motorima

Norma	Datum	CO	HC + NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM
Euro 1	1992.	2,72 g/km	0,97 g/km	-	0,14 g/km
Euro 2	1996.	1,00 g/km	0,70 g/km	-	0,06 g/km
Euro 3	2000.	0,64 g/km	0,56 g/km	0,50 g/km	0,06 g/km
Euro 4	2005.	0,50 g/km	0,30 g/km	0,25 g/km	0,025 g/km
Euro 5	2009.	0,50 g/km	0,23 g/km	0,18 g/km	0,005 g/km
Euro 6	2014.	0,50 g/km	0,17 g/km	0,08 g/km	0,05 g/km

Izvor [2]

#### 4.3.1. Euro 1 norma

Euro 1 normu (standard) za motorna vozila donijelo je Vijeće Europske unije 26. lipnja 1992. godine. Takva vrsta direktive Europske unije koja se odnosi na njene članice po prvi je puta ograničila emisiju štetnih tvari u ispušnim plinovima motornih vozila. Stupanje Euro 1 norme na snagu dolazi u lipnju 1993. godine te povlači za sobom vrlo drastično usklađivanje zakona država članica u vezi mjera koje se trebaju provesti protiv onečišćenja zraka ispušnim plinovima motornih vozila. Euro 1 norma tada je izjednačila dieselske i benzinske motore te su zahtjevi u vezi ispušnih plinova za te dvije vrste motora gotovo identični. Spojevi poput ugljičnog monoksida, dušičnih oksida, ne-metanskih ugljikovodika, sumpornih oksida i krutih čestica dobivaju svoja zakonska ograničenja u emisijama ispušnih plinova. [10]

Euro 1 ograničenja (1992.)

- CO – 2,72 g/km
- HC + NO<sub>x</sub> – 0,97 g/km
- PM – 0,14 g/km

#### 4.3.2. Euro 2 norma

Euro 2 norma uvedena je 1997. godine te je njome dodatno ograničena razina ugljičnog monoksida i smanjena je kombinirana granica za neizgorjele ugljikovodike i

dušikove okside. Isto tako ova norma prva je koja uvodi različite granične vrijednosti emisija za benzinske u odnosu na dieselske motore.

Euro 2 ograničenja za diesel motore (1996.)

- CO – 1,0 g/km
- HC + NO<sub>x</sub> – 0,7 g/km
- PM – 0,08 g/km

#### 4.1.2. Euro 3 norma

Euro 3 normom uvedenoj 2000. Godine izmjenjen je postupak ispitivanja kako bi se uklonilo vrijeme zagrijavanja motora. Također je uvedeno posebno ograničenje za dušične okside kod diesel motora.

Euro 3 ograničenja za diesel motore (2000.)

- CO – 0,64 g/km
- HC + NO<sub>x</sub> – 0,56 g/km
- NO<sub>x</sub> – 0,50 g/km
- PM – 0,05 g/km

#### 4.1.3. Euro 4 norma

Euro 4 (2005.) a kasnije i Euro 5 norma (2009.) bazirane su na čišćenje emisija iz dieselskih automobila, osobito na smanjenje čestica (PM) i dušičnih oksida (NO<sub>x</sub>) . Neki dieselski automobili koji su pripadali Euro 4 normi bili su opremljeni filterom za čestice.

Euro 4 ograničenja za diesel motore (2005.)

- CO – 0,50 g/km
- HC + NO<sub>x</sub> – 0,30 g/km
- NO<sub>x</sub> – 0,25 g/km
- PM – 0,025 g/km

#### 4.1.4. Euro 5 norma

Euro 5 normom dodatno su pooštrene granice za emisije čestica iz dieselskih motora i svi dieselski automobili morali su imati ugrađene filtere za čestice (DPF) kako bi zadovoljili nove zahtjeve. Došlo je i do zatezanja graničnih vrijednosti NO<sub>x</sub>

(smanjenje od 28% u usporedb s Euro 4 normom).

DPF filteri hvataju 99% svih čestica i ugrađuju se u svaki novi dieselski automobil. Automobili koji udovoljavaju Euro 5 standardima ispuštaju čestica ekvivalent od jednog zrna pijeska po kilometru.

Euro 5 ograničenja (2009.)

- CO – 0,50 g/km
- HC + NO<sub>x</sub> – 0,23 g/km
- NO<sub>x</sub> – 0,18 g/km
- PM – 0,005 g/km

#### 4.1.5. Euro 6 norma

Borba protiv štetnih ispušnih plinova započeta 1992. godine uvođenjem Euro 1 norme vrlo je progresivno napredovala i svakom novom normom ograničenja su postajala sve stroža. Najnovija ograničenja usmjerena su ponajprije na smanjenje emisija NO<sub>x</sub> i čestica čađe što naravno ima najveći utjecaj i najveće promjene događaju se na dieselskim motorima.

Zbog sve strožeg zakonodavstva koje se odnosi na emisije štetnih tvari u ispušnim plinovima, diesel motori moraju raditi čisto. Standardi za emisije dušičnih oksida NO<sub>x</sub> su postroženi za transportna vozila, izvancestovna (off-road) vozila i osobna vozila. U Euro 5 zahtjevu, emisije u skladu s propisima mogu se postići korištenjem različitih tehnologija, dok Euro 6 zahtjev nalaže korištenje selektivne katalitičke redukcije s AdBlueom. Novi zahtjevi Euro 6 norme u odnosu na prethodnu Euro 5 uključuju ozbiljno smanjenje dušičnih oksida iz ispuha vozila sa 0,18 na samo 0,08 g/km. Kod motora manje snage dovoljan je dodatni katalizator za pohranu dušikovih oksida koji za 60% smanjuje njihovu emisiju i ne zahtjeva aditiv AdBlue, no u slučaju snažnijih dieselskih motora koji proizvode veće količine dušičnih oksida, neophodna je ugradnja SCR katalizatora s kojim se uz pomoć ubrizgavanja AdBlue aditiva u ispušni sustav može ukloniti do 90% emisija NO<sub>x</sub>.

Ovisno o proizvođaču vozila, pripremljena su različita tehnička rješenja kojima se dolazi do udovoljavanja ekološkim normama.

SCR tehnologija je efikasno rješenje koje u katalizator ubrizgava otopinu uree (koristi se naziv AdBlue) od koje se dobiva amonijak koji se veže s NO<sub>x</sub> te nastaju produkti u obliku neopasnog dušika i vodene pare. Da bi se to moglo dogoditi vozilo mora biti opremljeno SCR katalizatorom i spremnikom AdBlue tekućine, koju je potrebno dopunjavati. [11]

Euro 6 ograničenja (2014.)

- CO – 0,50 g/km
- HC + NO<sub>x</sub> – 0,17 g/km
- NO<sub>x</sub> – 0,08 g/km

- PM – 0,005 g/km

## 4.2. Propisi u SAD-u

SAD su već 60-ih godina prošlog stoljeća počele uvoditi ograničenja vezana za emisije ispušnih plinova vozila, a kao predvodnica najstrožijih zakona glede ispušnih plinova je Kalifornija.

Tijekom godina Kalifornija ja donosila sve strože zakone koje autoindustrija svim silama pokušava pratiti. Posljednji zakon uveden je u siječnju 2012. i predstavlja model za smanjenje štetnih tvari iz ispušnih plinova vozila za razdoblje od 2015-2025. godine pod nazivom LEV III (Low Emission Vehicle). [10]

Tablica 2: standardi emisija ispušnih plinova u SAD-u

VRSTA VOZILA	KATEGORIJA VOZILA	NOX (g/mi)	CO (g/mi)	PM (g/mi)
OSOBNNA VOZILA	LEV	0.16	4.2	0.1
	ULEV125	0.125	2.1	0.1
	ULEV70	0.07	1.7	0.1
	ULEV50	0.05	1.7	0.1
	SULEV30	0.03	1	0.1
	SULEV20	0.02	1	0.1

Izvor [2]

## 4.3. Propisi u Republici Hrvatskoj

Republika Hrvatska postala je 1991. godine stranka Konvencije o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka iz 1979. godine (LRTAP Konvencija), te Protokola Konvencije o zajedničkom praćenju i procjeni dalekosežnog prekograničnog prijenosa onečišćujućih tvari u Europi (EMEP protokol). Time je Republika Hrvatska postala obvezna izrađivati svoje godišnje proračune o emisiji onečišćujućih tvari u zrak na području države. Obveza iskazivanja emisija proizlazi i iz Zakona o zaštiti zraka, a od 2005. izvješće izrađuje Agencija za zaštitu okoliša. Proračun se provodi prema EU metodologiji EMEP/CORINAIR. Proračunom se iskazuju emisije pet glavnih onečišćujućih tvari u zrak (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC, NH<sub>3</sub>), čestice (TSP, PM<sub>10</sub> i PM<sub>2.5</sub>), devet teških metala (Cd, Pb, Hg, As, Cr, Cu, Ni, Se, Zn) i četiri grupe postojećih organskih spojeva - policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAU), heksaklorocikloheksana (HCH),

heksaklorobenzena (HCB), dioksina i furana. Cilj je smanjenje emisija onečišćujućih tvari u zrak, kako na globalnom, tako i u Hrvatskoj, a u

skladu s nacionalnom Strategijom zaštite okoliša i Nacionalnim planom djelovanja za okoliš (N.N. 46/02). [12]

#### 4.3.1. Starost vozila u Republici Hrvatskoj

Od 2008. do danas broj prodanih novih vozila pao je za 60 posto. Prosječna starost 2008. bila je 10,3 godine, 2015. 12,3 godine dok je u 2016. prosjek bio gotovo 13 godina. Sve je veći uvoz rabljenih, starih vozila, a posljedica je da u Hrvatskoj raste broj poginulih u prometu. Na hrvatskim cestama na 100.000 stanovnika godišnje imamo 8,1 poginulog, dok je prosjek Europske unije nešto više od pet osoba. [13]

Vrsta vozila	Ukupno vozila	10 i više godina		6 - 9 godina		2 - 5 godina		1 godina		Prosječna starost vozila u godinama
		komada	% udio	komada	% udio	komada	% udio	komada	% udio	
L1	82.301	45.601	55,41	26.253	31,90	8.635	10,49	1.812	2,20	11,62
L2	69	34	49,28	17	24,64	15	21,74	3	4,35	13,33
L3	61.147	33.606	54,96	19.207	31,41	6.450	10,55	1.884	3,08	11,57
L4	60	54	90,00	6	10,00		0,00		0,00	48,95
L5	222	115	51,80	66	29,73	30	13,51	11	4,95	16,59
L6	324	82	25,31	165	50,93	75	23,15	2	0,62	7,80
L7	1.774	248	13,98	731	41,21	495	27,90	300	16,91	5,74
M1	1.528.119	1.030.247	67,42	289.897	18,97	159.746	10,45	48.229	3,16	12,76
M2	722	358	49,58	198	27,42	122	16,90	44	6,09	9,83
M3	4.903	3.023	61,66	1.284	26,19	358	7,30	238	4,85	12,00
N1	110.940	61.251	55,21	24.074	21,70	17.881	16,12	7.734	6,97	10,98
N2	16.504	12.951	78,47	2.358	14,29	829	5,02	366	2,22	17,52
N3	27.302	14.961	54,80	6.760	24,76	3.770	13,81	1.811	6,63	12,02
O1	22.182	14.113	63,62	3.074	13,86	2.032	9,16	2.963	13,36	17,30
O2	8.313	5.930	71,33	1.130	13,59	797	9,59	456	5,49	19,71
O3	10.790	9.725	90,13	582	5,39	315	2,92	168	1,56	30,52
O4	20.187	10.992	54,45	4.497	22,28	2.701	13,38	1.997	9,89	13,25
T	114.313	106.469	93,14	5.322	4,66	1.932	1,69	590	0,52	30,06
<b>UKUPNO</b>	<b>2.010.172</b>	<b>1.349.760</b>	<b>67,15</b>	<b>385.621</b>	<b>19,18</b>	<b>206.183</b>	<b>10,26</b>	<b>68.608</b>	<b>3,41</b>	<b>13,76</b>

**Slika 3.** Pregled starosti vozila prema vrstama vozila na redovnom tehničkom pregledu u 2016. godini [3]

Kategorije:

C – traktori i gusjeničari

L – mopedi, motocikli, četverocikli, bicikli s pomoćnim motorima i sl.

M – cestovna motorna vozila koja služe za prijevoz putnika i imaju najveću dopuštenu masu veću od 1t

N – cestovna vozila koja služe za prijevoz tereta i koja imaju najveću dopuštenu masu veću od 1t

O – priključna vozila tj. prikolice i poluprikolice koje se priključuju na cestovna motorna vozila

T – traktori na kotačima

Sa **slike 3** može se iščitati starost voznog parka u Republici Hrvatskoj za 2016. godinu s obzirom na vrstu vozila. Najbrojniji su naravno osobni automobili koji čine  $\frac{3}{4}$  ukupnog voznog parka. Podaci sa slike nam govore da je prosječna starost osobnih automobila u RH gotovo 13 godina, točnije 12,76 godina što nam sugerira da većina osobnih automobila spada u kategoriju Euro norme 3, a proporcionalno s povećanjem standarda i pooštavanjem propisa kojima se ograničava emisija ugljikovog monoksida (CO), ugljikovodika (HC), dušičnih oksida (NOx) i čestica (PM) opada broj registriranih vozila u koja zadovoljavaju te povećane standarde.

#### 4.3.2. Eko test u Hrvatskoj

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 dieselskim motorima. [13]

Prema odredbama Pravilnika obvezi Eko testa podliježu:

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

Slijedeća vozila oslobođena su obveza Eko testa:

- vozila opremljena dieselskim motorima ako su proizvedena prije 1970. godine
- vozila opremljena dieselskim 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

Mjerenja srednjeg koeficijenta zacrnjenja obavljaju se tako da se motor zagrije na radnu temperaturu, te nakon toga slobodno ubrzava od brzine vrtnje u praznom hodu do najveće brzine vrtnje i to najmanje tri puta. Sondom za uzimanje uzoraka postavljenom u ispušnu granu dobiva se signal na analizatoru koji proračunava vrijednost srednjeg koeficijenta zacrnjenja (k).[13]

#### 4.3.3. Eko vožnja

Osnovni cilj eko vožnje je smanjenje potrošnje goriva i smanjenje emisije ispušnih plinova. Eko vožnja je moderan, novi stil vožnje a temelji se na povećanju brige o svijesti očuvanja okoliša. U tom smislu Eko vožnja omogućuje prije svega uštedu u potrošnji goriva, a ako to gledamo u današnjim financijskim uvjetima onda su očite prednosti od primjene eko stila vožnje. Kako bi smo mogli govoriti o Eko stilu vožnje onda promatramo taj segment sa dva aspekt: prvi aspekt je onaj koji se odnosi na samu tehniku vožnje, a drugi aspekt je onaj koji se odnosi na osobnost, odnosno na razmišljanje i na povećanje svijesti tijekom upravljanja automobilom u svakodnevi.

Kada je riječ o tehnici vožnje, postoje upute i pravila koja se koriste prilikom eko stila vožnje a svode se prije svega na nježnost/umjerenost prilikom rada s papučicom gasa, prilikom mijenjanja brzina – vožnja u višoj brzini sa nižim brojem okretaja, održavanjem kontinuirane brzine i posebno izbjegavanje naglih ubrzavanja, naglih usporavanja ili kočenja i naravno ono što je vrlo važno a to je vožnja prema prometnim propisima s poštivanjem ograničenja brzine. U konačnici takav stil vožnje omogućuje ugodnu vožnju bez stresa i agresivnosti, i u konačnici sigurniju vožnju koja će doprinjeti smanjenju broja prometnih nesreće. Drugi aspekt je osobnost, odnosno povećanje svijesti građana, gdje je HAK kao nacionalna udruga građana koja između ostaloga mora brinuti i brine o sigurnosti cestovnog prometa a samim tim i o ekologiji gdje HAK želi potaknuti naše građane da povećaju svijest i brigu u očuvanju okoliša, a eko vožnja i smanjenje potrošnje goriva je jedan od najboljih i najučinkovitijih načina koji može u vrlo kratkom razdoblju i s vrlo malo edukacije dati rezultate. Dakle, cilj je da svaki vozač pronađe sebe i da kada sjedne u automobil počne razmišljati kako upravlja svojim automobilom.

Ovo su neki od načina kako uštedjeti eko vožnjom:

- Pravodobno planirajte svoje putovanje
- Izbjegavajte zagrijavanje motora prije polaska
- Izbjegavajte rad motora u neutralnom hodu
- Čim prije mijenjajte u višu brzinu

- Vozite pri niskom broju okretaja motora
- Ubrzavajte i usporavajte nježno i kočite pravovremeno
- Što je moguće češće kočite motorom
- Koristite dodatne uređaje i opremu u automobilu (pokazivač broja okretaja, putno računalo, tempomat, ekonometar, ograničivač brzine...)
- Racionalno koristite klima uređaj u vozilu
- Uklonite nepotreban teret s krova automobila
- Tijekom vožnje predviđajte odvijanje prometa
- Redovito provjeravajte propisani tlak zraka u gumama [14]

## 5. MJERE ZA SMANJENJE ŠTETNIH TVARI DIESEL MOTORA

Za smanjenje štetnih tvari kod diesel motora koriste se mjere unutar i izvan motora. Svaka od tih mjera na svoj način pomaže u tome da plinovi koji izlaze prilikom rada dieselskog motora budu što manje štetni za ljude, životinje, biljke i okoliš te da zadovolje propisane Euro norme.

Razvoj današnjih dieselskih motora okrenut je prema izravnim ubrizgavanjima goriva gdje su sve mane takvog ubrizgavanja (veća buka, neravnomjeran rad itd.) riješene elektroničkim nadzorom sustava za ubrizgavanje.[12]

### 5.1. Mjere unutar motora

Na kakvoću izgaranja u dieselovim motorima najveći utjecaj ima:

- početak dobave i ubrizgavanje
- predubrizgavanje
- oblikovanje prostora izgaranjem
- prednabijanje motora i hlađenje usisanog zraka
- povratno vođenje ispušnih plinova

Početak dobave je trenutak početka slanja goriva u vod prema brizgaljci, dok je početak ubrizgavanja trenutak kada se kroz sapnice brizgaljke gorivo počne ubrizgavati u prostor za izgaranje.

Da bi se ispunili sve stroži ekološki zahtjevi, danas se moderni dieselski motori sa sustavom izravnog ubrizgavanja goriva izvode sa regulacijom podešavanja kuta dobave u ovisnosti o opterećenju motora i brzini vrtnje (elektronička regulacija).

Početak ubrizgavanja ispod GMT (gornje mrtve točke) motor radi bučno, povećana je potrošnja goriva i emisija NO<sub>x</sub>. Kod novih se konstrukcija motora izvodi jedno ili više ubrizgavanje neznatne količine goriva (cca 5%) u prostor izgaranja prije glavnog ubrizgavanja. Prednosti predubrizgavanja su manja buka motora te manje neizgorenih HC i NO<sub>x</sub>.

Kombinacijom postojećih konstrukcija motora, sustav za ubrizgavanje s tehnikom elektroničkog upravljanja i regulacije, te naknadnim pročišćavanjem ispušnih plinova postižu se zadovoljavajući rezultati. Prednabijanje zraka usisa je konstrukcijski

zahvat koji se vrlo često koristi kod dieselskih motora. Postoji dinamičko, mehaničko prednabijanje i prednabijanje ispušnim plinovima.

Hlađenje usisanog zraka veoma je bitno jer kod prednabijanja zraka uvijek se povisuje i njegova temperatura, a hlađenjem zraka smanjujese i toplinsko opterećenje motora, spušta se temperatura ispušnih plinova te emisija  $\text{NO}_x$  kao i potrošnja goriva, emisija čvrstih čestica i neizgorenih HC.

Povratnim vođenjem ispušnih plinova dolazi do miješanja ispušnih plinova s usisanim zrakom u motoru te na taj način opada koncentracija kisika čime se smanjuje temperatura izgaranja i emisija  $\text{NO}_x$ .

Mjerama za smanjenje emisije  $\text{NO}_x$  često se povećava emisija čestica i obrnuto što dovodi do problema suprotnog učinka.[12]

## 5.2. Mjere izvan motora

Mjere kojima je moguće izvan motora smanjuju količine štetnih tvari pri radu dieselskog motora su zapravo kemijske reakcije koje možemo podijeliti na:

- termičke reakcije
- katalitičke reakcije

Termička reakcija – smanjuje razinu CH i HC u katalitičkom reaktoru uz visoku temperaturu te zahtjeva visoku temperaturu ispušnih plinova.

Katalitičke reakcije – zbog nemogućnosti primjene trostrukog katalizatora primjenjuju se sljedeća rješenja:

- selektivnu nekatalitičku redukcija
- selektivnu katalitičku redukcija (kod velikih dieselskih motora)
- neselektivnu katalitičku redukcija (smanjenje emisije  $\text{NO}_x$  uz dodavanje amonijaka kao redukcijskog sredstva)
- denox katalizator
- oksidacijski katalizator
- pročistač čestica

Tehnologije koje se danas primjenjuju za smanjivanje sadržaja NOX u ispušnim plinova Diesellovih motora su:

- uređaj EGR za djelomični povrat ispušnih plinova u usis
- b) apsorpcijski katalizator za NOX ,
- c) uređaj sa selektivnom katalitičkom redukcijom SCR, koji funkcioniра uz pomoć sredstva za redukciju urea (AdBlue)

### 5.2.1. *Selektivna nekatalitička redukcija*

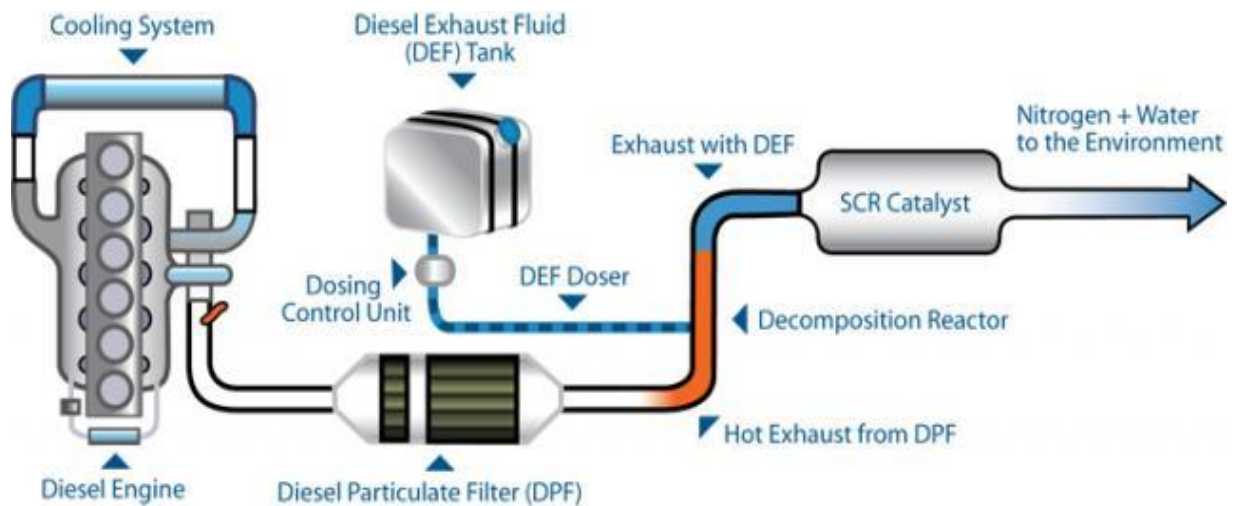
Omogućuje smanjenje emisije NO<sub>x</sub> uz dodavanje amonijaka kao redukcijskog sredstva; primjenjuje se kod većih stacionarnih diesel motora.

### 5.2.2. *Selektivna katalitička redukcija*

Ova metoda slična je prethodnoj, a razlikuje se u tome što se u ovom slučaju, uz dodatak amonijaka za smanjenje emisije NO<sub>x</sub>, koristi i katalizator (SCR). Količina amonijaka elektronski se regulira ovisno o režimu rada motora. Pri optimalnoj temperaturi (350-400°C) i stacionarnom radu motora, koncentracija NO<sub>x</sub> smanjuje se za više od 90%. Pri višim temperaturama dolazi do oksidacije amonijaka i stvaranja NO, a pri nižim redukcija NO<sub>x</sub> smanjuje se na svega 40-60%.

#### SCR katalizator

U katalizatoru se kemijskom reakcijom smanjuje sadržaj otrovnih dušikovih oksida (NO, NO<sub>2</sub>) u ispušnim plinovima dieselskih motora. Za to je potreban amonijak koji se dobiva iz uree čiji je udio u AdBlue tekućini 32,5 posto. Ostatak AdBlue tekućine čini demineralizirana voda. Neophodnu količinu AdBlue tekućine određuje sustav doziranja prema vrijednostima koje očitavaju različiti senzori (npr. senzor ispušnih plinova). Pumpa za doziranje posebnim ubrizgavačem ubrizgava otopinu u struju ispušnih plinova. Mercedes je prvi proizvođač koji je SCR sustav primijenio 2007. godine. Radi se o relativno jednostavnom, ali vrlo efikasnom rješenju prilikom koje se u ispuh ubrizgava otopina uree od koje nastaje amonijak koji se veže s NO<sub>x</sub> pri čemu nastaje neopasni dušik i vodena para. No ovakvo rješenje, osim ugradnje posebnog SCR katalizatora zahtjeva ugradnju dodatnog spremnika za AdBlue kojeg se mora također dopunjavati. Potrošnja AdBlue dodatka je oko 5% potrošnje goriva. AdBlue se ubrizgava izravno u vrući ispušni plin. Neki modeli rabe i ubrizgavače (AdBlue injector).[15]



**Slika 4:** Shematski prikaz djelovanja SCR katalizatora uz pomoć uree [4]

### 5.2.3. Neselektivna katalitička redukcija

Manji stupanj pretvorbe za dušične okside; potrebna je određena količina ugljikovodika, a to se postiže vanjskim ili unutarnjim mjerama na motoru

### 5.2.4. Denox katalizator

Denox je sinonim od 'de NOx', a naziv je uređaja, najčešće katalizatora, koji uklanja dušikove okside (vidi se iz naziva) iz ispušnih plinova dieselskih motora. Ti štetni plinoviti spojevi nastaju na mjestima povišenih sadržaja kisika i visokih temperatura u komori za izgaranje, a dijele se na dušikov oksid NO, koji je posebno otrovan i kancerogen, te nešto manje otrovne dušikov dioksid NO<sub>2</sub> i dušikov trioksid NO<sub>3</sub>. Uklanjaju se Denox katalizatorima, na dva načina:

- selektivnom katalitičkom redukcijom SCR (selective catalytic reduction), u kojoj se dušikovi oksidi reduciraju (gube kisik) i pretvaraju u neotrovan, inertan dušik
- selektivnom nekatalitičkom redukcijom SNCR (selective non-catalytic reduction), u kojoj se dušikovi oksidi spajaju s te nastaje dušik i vodena para [16]

Denox katalizator predviđen je za rad u području siromašne smjese ( $\lambda < 1$ ) i služi za smanjenje emisija NO<sub>x</sub> za oko 20%. Kao reduksijsko sredstvo može se primjenjivati HC koji se dovodi u plinovitom stanju, dok u kombinaciji s vraćanjem ispušnog plina u usis dolazi do smanjenja NO<sub>x</sub> i iznad 50%.

### 5.2.5. Oksidacijski katalizator

Oksidacijski katalizator je najjednostavniji oblik katalizatorai i radi s viškom kisika te omogućuje oksidaciju HC, CO i gorivog dijela čestica pri temperaturi katalizatora iznad 170 °C. U cilju smanjenja emisije NO<sub>x</sub> redovito se primjenjuje vraćanje ispušnog plina u usis.

### 5.2.6. DPF - filter bez aditiva u gorivu

S obzirom na stroge zahtjeve Euro normi, proizvođači automobila su prisiljeni ugrađivati na diesel vozila sisteme za redukciju čestica čađe iz ispušnih plinova kako bi se smanjila njihova emisija u atmosferi. DPF je filter koji se sastoji od dvije komponente, oksidacijskog katalizatora i filtera čestica. Čestice čađe se talože izgaranjem diesel goriva u dieselskom motoru. Filter čestica čađe zaustavlja do 90% čađe koja bi inače ispušnim sustavom izašla u atmosferu.

DPF filter pripada u sustav za smanjenje štetnih plinova i u sustav izbacivanja štetnih plinova iz vozila te mu je funkcija da zarobljava čestice čađe koje bi se inače ispustile iz automobila. Svaki filter, kako bi dobro radio i vršio optimalno filtriranje, potrebno je redovito čistiti kako ne bi došlo do zagušenja motora. U slučaju DPF filtera, proces čišćenja naziva se regeneracija, a izvodi se tako da se pod visokim temperaturama tretira sakupljena čađa te se na taj način pretvori u malu količinu pepela koja se odbaci iz sustava.

U praksi postoje dvije vrste regeneracije, ona pasivna i ona aktivna. Pasivna se odvija u samom automobilu kada se temperatura digne na određene vrijednosti, a čestice čađe krenu same gorjeti, odnosno tijekom dužih putovanja otvorenom cestom, zbog povišene temperature ispušnih plinova (temperature između 350 i 500 °C), proces se polako i kontinuirano odvija unutar DPF-a čija je jezgra presvučena katalitičkim slojem platine. Katalitički presvučen DPF smješten je blizu motora, te je temperatura ispušnih plinova dovoljno visoka (500 °C) da se čestice čađe zapale. Zbog toga se čađa spali i pretvara u manju količinu pepela.[17]

### 5.2.7. FAP – filter s aditivima u gorivu

Prilikom voženje u gradu na principu kreni – stani, ispušni plinovi ne mogu postići dovoljnu temperaturu (350 do 500°C) kako bi se pokrenuo proces zapaljenja čestica čađe te se naslage skupljaju na filteru što dovodi do njegovog zagušenja. Tada se pokreće regeneracija filtera koju nazivamo "aktivna" regeneracija jer u njoj sudjeluje kontrolna jedinica motora odnosno ECU (Engine Control Unit) te preuzima kontrolu nad procesom regeneracije. Kada zagušenje filtera čađom postigne vrijednost od 45% ili više pokreće se ubrizgavanje aditiva te računalo motora poduzima mjere da

bi se temperatura ispušnih plinova podigla iznad  $600^{\circ}\text{C}$  , te na taj način čestice čađe oksidiraju na ovoj temperaturi. Cijeli proces traje 5-10 minuta. [17]

FAP filter koriste francuski proizvođači (Citroen i Peugeot) i to je skuplji i kompleksniji način reduciranja čestica nego kod DPF filtera. FAP u radu koristi aditiv smješten u odvojenom spremniku od goriva, a doziranje i ubrizgavanje u gorivo je automatsko.

Jedna litra aditiva dovoljna je za oko 2800 l goriva. Strategija miješanja aditiva je komplicirana i složena, tako da komplicira ionako komplicirane sustave; ovisno o marki, aditiv se mora dolijevati od 60 000 km pa na više. Također, može doći i do začepljenja filtra, gašenja motora, pa se treba računalom obnoviti ciklus rada filtra, tj. mogući su kvarovi pa treba pravodobno reagirati. Nesagorjele čestice dieselskog goriva ili čađa mjere se mikronima i preko pluća direktno ulaze u krv, tako da svaki napor danas ide ka njihovom smanjenju.

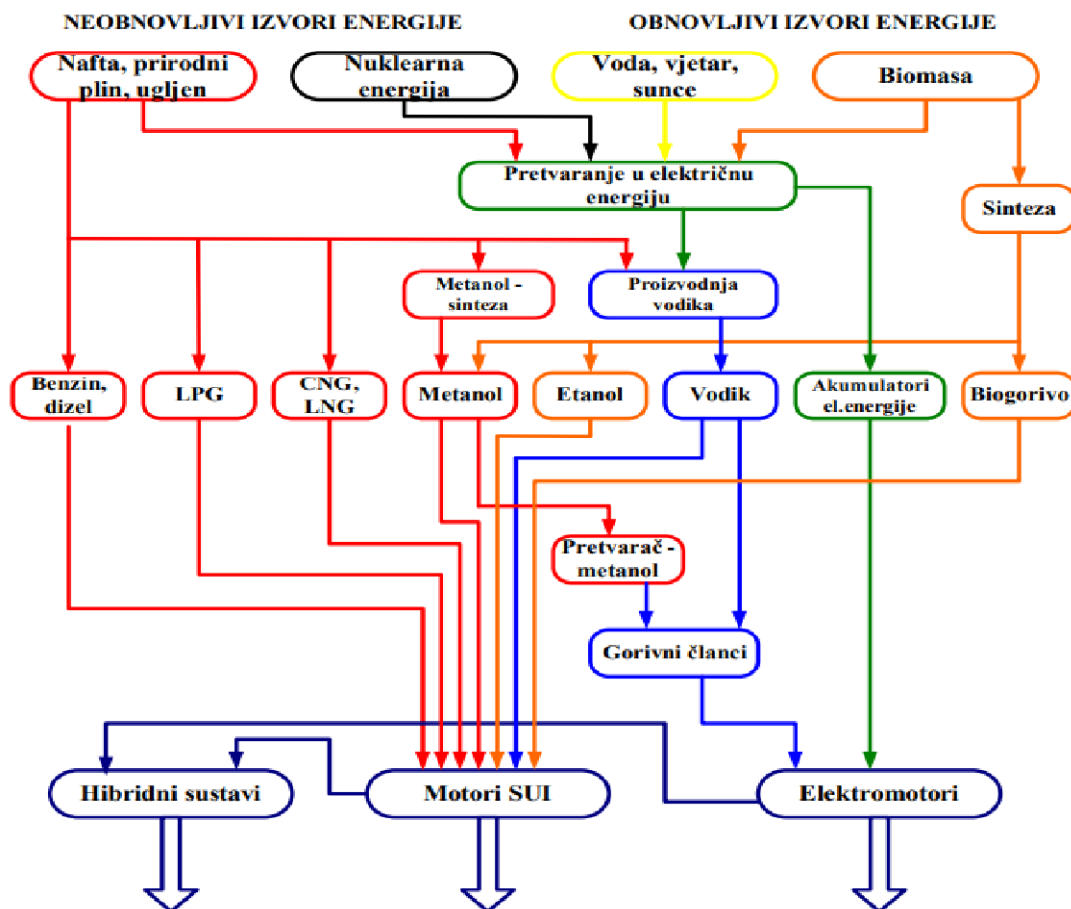


**Slika 5:** DPF pročištač čestica, izvor [5]



## 6. MOGUĆNOST PRIMJENE ALTERNATIVNIH GORIVA ZA DIESEL MOTORE

Uporaba alternativnih goriva za pogon cestovnih vozila predstavlja jedan od realno mogućih načina za smanjenje štetne emisije ispušnih plinova iz vozila. Pored toga, primjena alternativnih goriva vodi ka smanjenju ovisnosti o konvencionalnim pogonskim gorivima, dobivenim iz nafte, čije su rezerve ograničene. Stoga se pitanje izbora adekvatnog alternativnog goriva može promatrati i u mnogo širem kontekstu. Općenito se izvori energije mogu podijeliti na obnovljive i neobnovljive, a njihova podjela i moguća primjena u domeni cestovnih vozila je prikazana na slici 5. [18]



**Slika 6:** Izvori energije za pogon cestovnih vozila [6]

U alternativna goriva za pogon motora SUI spadaju sva goriva, osim benzina i dieselskih goriva, koja mogu efikasno izgarati u motoru SUI i koja imaju mogućnost masovne proizvodnje iz obnovljivih izvora energije (npr. prirodni plin, metanol, vodik, biogorivo).

Osnovni kriterij za ocjenjivanje potencijalnog alternativnog goriva:

- mogućnost masovne proizvodnje
- specifičnost pripreme smjese
- utjecaj na okoliš
- ekonomski uvjeti tj. konkurentnost cijene
- stupanj opasnosti pri manipulaciji [19]

U alternativna goriva koja se danas nalaze u primjeni za pogon Dieselskih vozila:

- biogoriva I.,II. i III. generacije
- ukapljeni naftni plin (UNP)
- stlačeni prirodni plin (SPP)
- ukapljeni prirodni plin (UPP)
- električna energija
- sunčeva energija
- vodik

Sva navedena alternativna goriva, zbog jednostavnije kemijske strukture u odnosu na benzinsko ili dieselsko gorivo, imaju potencijal za smanjenje emisije štetnih ispušnih plinova. Zbog manjeg sadržaja atoma ugljika, alternativna goriva pri izgaranju proizvode manju količinu CO<sub>2</sub>, a u slučaju uporabe vodika emisija CO<sub>2</sub> potječe isključivo od izgaranja ulja za podmazivanje. Bitno je napomenuti da se uporabom alternativnih goriva ne može u potpunosti postići tzv. „nulta“ emisija štetnih ispušnih plinova, i zbog kemijske strukture ugljikovodičnog goriva (i pri idealnim uvjetima izgaranja prisutan je CO<sub>2</sub>), i zbog same konstrukcije motornog mehanizma koja zahtijeva određen stupanj podmazivanja (u ispuhu su prisutni produkti izgorjelog ulja čak i pri uporabi vodika kao pogonskog goriva).

### **6.1. Biogoriva prve generacije**

Prva generacija biogoriva su biogoriva sastavljena od šećera, škroba, biljnog ulja i životinjskih masti, korištenjem konvencionalnih tehnologija. Osnovne sirovine za proizvodnju biogoriva prve generacije često su žitarice i sjemenje poput pšenice koja daje škrob, zatim fermentacijom prelazi u bioetanol. Korištenjem suncokretovih sjemenki se dobiva biodiesel. [20]

Najpoznatije vrste prve generacije biogoriva su:

- Bioetanol
- biodiesel



Slika 7: Prikaz crpke s raznim vrstama biogoriva [7]

### 6.1.1. Bioetanol

#### **Karakteristike:**

Bio-etilni alkohol koji se koristi kao gorivo dobiva se iz suncokreta, šećerne trske, šećerene repe i ostalih biljnih vrsta. CO<sub>2</sub> koji se ispušta kroz plinove, biljke upiju procesom fotosinteze. [20]

**Prednosti:** čišći ispuh, veće iskorištenje motora

**Nedostaci:** veća potrošnja, potrebne preinake motora

### 6.1.2. Biodiesel

#### **Karakteristike:**

Biodiesel nije toksičan, biorazgradiv je i u atmosferu ispušta 10 do 50% manje ugljičnog monoksida (CO), ali i 2 do 10 % više dušikovog oksida (NO<sub>x</sub>) nego fosilna diesel goriva. Emisije ugljičnog monoksida variraju ovisno o ulju iz kojega je biodiesel dobiven, a CO<sub>2</sub> koji se oslobađa, biljke koriste u procesu fotosinteze.

Bez preinaka svaki diesel motor može koristiti dieselsko gorivo s 5% udjela biodiesela. No biodiesel je izrazito masno gorivo i može začepiti brizgaljke motora. [20]

**Prednosti:** čišći ispuh, mogućnost kućne proizvodnje

**Nedostaci:** Niska točka smrzavanja, slaba infrastruktura, zagađenje okoliša pesticidima biljaka [19]

## **Biogoriva druge generacije**

Zagovornici biogoriva tvrde da je učinkovitije rješenje druga generacija biogoriva koja se proizvodi od različitih nejestivih usjeva. To uključuje otpadnu biomasu, stabljike pšenice, drvo, kukuruz. Druga generacija biogoriva koristi biomasu u tekućoj tehnologiji, uključujući i celulozna goriva od nejestivih kultura. Time se ne uzima, tj. ne dolazi do poremećaja u ljudskom i životinjskom hranidbenom lancu.

Biogoriva druge generacije su biogoriva dobivena iz održivih sirovina. Održivost sirovine se definira dostupnošću sirovine, utjecajem na emisije staklenički plinova i utjecajem na bioraznolikost i korištenje obradivih zemljišta. Mnoga su još u razvoju, npr. celulozni etanol, biovodik, biometanol, itd. U proizvodnji celuloznog etanola se koriste usjevi koji se ne mogu koristiti u prehrani, celuloza – drvenasti dio strukture biljke. Ove sirovine ima dovoljno, a često se javlja i problem skladištenja takvog otpada (piljevina, kora citrusnog voća). [20]

Biogoriva druge generacije koja su trenutačno u proizvodnji su:

- biohidrogen,
- bio – DME (biodimetileter),
- biometanol,
- DMF (dimetilformamid),
- HTU diesel (HydroThermalUpgrading),
- Fischer – Tropsch diesel
- mješavine alkohola.

## **Biogoriva treće generacije**

Biogoriva treće generacije su biogoriva proizvedena iz algi. Na temelju laboratorijskih ispitivanja alge mogu proizvesti i do trideset puta više energije po hektaru zemljišta od žitarica kao što su soja. Sa višim cijenama fosilnih goriva, postoji dosta veliko zanimanje za uzgoj algi. Jedna od velikih prednosti ovakvog biogoriva je u tome što je biorazgradivo, tako da je relativno bezopasno za okoliš ako se prolije. United States Department of Energy procjenjuje kako će u budućnosti alge gorivo zamijeniti sva naftna goriva u SAD-u. Dodatna velika prednost je što alge rastu 50 do 100 puta brže od ostalih tradicionalnih kultura koje se koriste za proizvodnju biogoriva. Biogoriva temeljena na algama definitivno imaju potencijala pokrenuti revoluciju u energetske industriji i mogla bi igrati vodeću ulogu u borbi protiv spakleničkih plinova i klimatskih promjena. [17]

## 6.2. Ukapljeni naftni plin (UNP)

### Karakteristike:

Radi se o mješavini ugljikovodikovih plinova, najčešće propana i butana u omjeru 60:40 posto. Proizvodi se rafinacijom sirove nafte te ekstrakcijom nafte i plina. Na normalnoj temperaturi i tlaku isparava zbog čega se pohranjuje u bocama pod pritiskom do najviše 85 % kapaciteta boce kako bi se ostavilo mjesta toplinskom širenju. Ima 20% manju emisiju CO<sub>2</sub> nego benzin. [20]

**Prednosti:** Ugradnja je moguća u gotovo svim tipovima automobila, čisti ispuh, niska cijena auto plina

**Nedostaci:** visoka cijena ugradnje (do 15-ak tisuća kuna)

## 6.3. Ukapljeni prirodni plin (UPP)

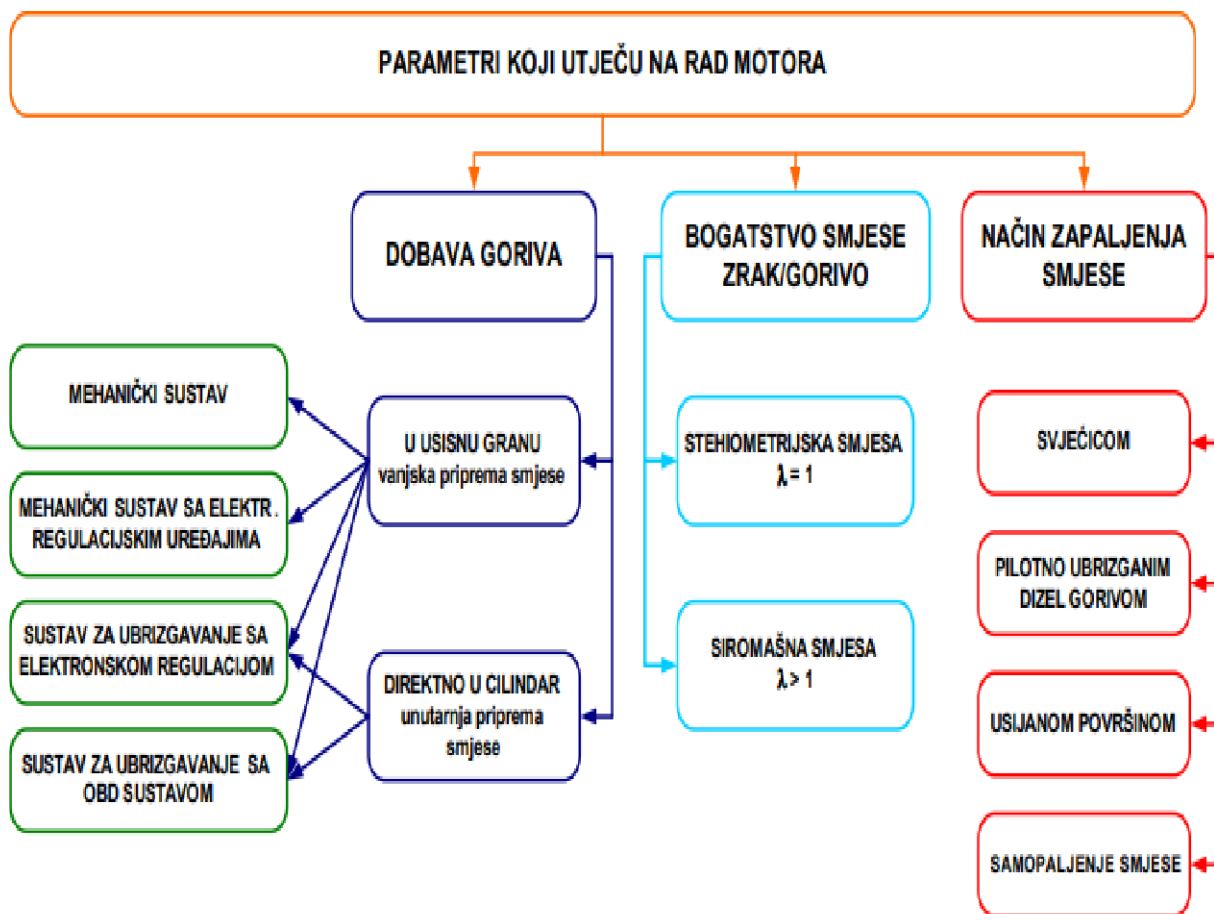
### Karakteristike:

Udio metana u zemnom plinu iznosi od 70 do 98%, a skladišti se u spremnicima pod tlakom od 200 do 275 bara. Može se koristiti u Otto i diesel motorima.

**Prednosti:** ispuh upola čišći nego kod benzina, slaba infrastruktura

**Nedostaci:** potrebni su veliki spremnici jer je omjer stlačenog i efektivnog goriva u omjeru 1:4, prilikom punjenja spremnika pod tlakom troši se 1 kWh električne energije

Motori na prirodni plin koji se danas koriste za pogon cestovnih vozila predstavljaju u osnovi konvencionalne motore s unutarnjim izgaranjem koji su prilagođeni korištenju prirodnog plina, bilo da se radi o novim motorima koje isporučuju proizvođači, bilo da se radi o naknadnoj prilagodbi motora. Kako su fizičko-kemijske osobine prirodnog plina mnogo bliže osobinama benzina nego dieselska goriva, motori na prirodni plin rade po Otto ciklusu, odnosno to su motori s prinudnim paljenjem smjese. Na energetske efikasnost motora, kao i na emisiju ispušnih plinova najveći utjecaj ima proces izgaranja smjese. Ključni utjecaj na proces izgaranja imaju način stvaranja smjese zrak/gorivo, bogatstvo smjese, te način paljenja smjese, a ovi parametri se reguliraju sustavom za dobavu goriva, odnosno sustavom za paljenje. Prema navedenom postoje različite izvedbene varijante na motorima na prirodni plin, a shematski su prikazane na slici 7. [20]



Slika 8: Prikaz parametara koji utječu na rad motora [16]

Svi tipovi motora na prirodni plin mogu se izvesti tako da koriste isključivo prirodni plin kao pogonsko gorivo, tzv. monovalentni plinski motori. Motori s paljenjem smjese pomoću svječiće ili pilotnim ubrizgavanjem dieselskog goriva mogu se izvesti tako da za pogon koriste ili prirodni plin ili konvencionalno gorivo (benzin, odnosno dieselsko gorivo), tzv. bivalentni motori, pri čemu korisnik na vrlo jednostavan način u tijeku vožnje odabire koje će gorivo koristiti. Ova dva tipa motora se već nalaze u komercijalnoj uporabi.

Uporabom prirodnog plina za pogon motornih vozila postoje realne osnove za smanjenje emisije štetnih ispušnih plinova. U odnosu na benzin postiže se smanjenje emisije CO, NO<sub>x</sub>, uz istodobno smanjenje kancerogenosti ispušnih plinova i njihovog utjecaja na stvaranje smoga. Emisija plinova koji pomažu efekt staklenika, izražena preko ekvivalentne emisije CO<sub>2</sub>, također je smanjena. U odnosu na dieselsko gorivo znatno se smanjuje emisija NO<sub>x</sub>, uz iznimno nisku emisiju čestica, dok emisija CO, te ekvivalentna emisija CO<sub>2</sub> ostaje na razini dieselovog motora. Bitno je napomenuti da se navedene karakteristike postižu bez uporabe

naknadnog tretmana ispušnih plinova. Primjenom naknadnog tretmana ispušnih plinova kod motora na prirodni plin može se postići dodatno smanjenje emisije.

#### *6.3.1. Prednosti prirodnog plina*

- Ekonomske prednosti (jeftiniji i do 65%)
- Raspoloživost (sljedećih 200 godina)
- Lakši od zraka
- Viša temperatura zapaljivosti
- Neškodljiv za ljudsko zdravlje
- Manje emisije štetnih tvari
- Manja emisija CO za 80%
- Manja emisija NO<sub>x</sub> za 70%
- Manja emisija HC za 45%
- Nema emisije sumpornih spojeva
- Nema čađe
- Nema mirisa

#### *6.3.2. Nedostaci prirodnog plina*

- Veća potrošnja goriva
- Manja snaga motora
- Emisija NO<sub>x</sub> kao kod benzinskih motora
- Povećava se težina spremnika 5-7 puta

### **6.4. Električna energija**

Električni automobili imaju nekoliko mogućih prednosti u odnosu na konvencionalne automobile s unutarnjim izgaranjem, koje uključuju značajno smanjenje onečišćenja zraka u gradovima, jer oni ne ispuštaju onečišćenja iz svojih izvora energije tijekom rada, smanjene emisije stakleničkih plinova, ovisno o gorivu i tehnologiji koja se koristi za proizvodnju električne energije za punjenje akumulatora, manju ovisnost o nafti, što je u razvijenim zemljama i zemljama u razvoju uzrok zabrinutosti zbog njihove izloženosti naglim promjenama cijene i poremećaja u opskrbi. Također, za mnoge zemlje u razvoju, a posebno za najsiromašnije u Africi, visoke cijene nafte imaju nepovoljan utjecaj na bilancu plaćanja, ometajući njihov gospodarski rast.

Unatoč potencijalnim prednostima, široko prihvaćanje električnih automobila suočava se s nekoliko prepreka i ograničenja. Električni automobili su znatno skuplji od konvencionalnih vozila s unutarnjim izgaranjem i hibridnih električnih vozila zbog dodatnog troška njihovih litij-ionskih akumulatora. Međutim, cijena akumulatora pada s masovnom proizvodnjom i očekuje se da će nastaviti padati. Druge prepreke

za opće korištenje električnih automobila su nedostatak javne i privatne infrastrukture za punjenje i strah vozača od nestanka energije prije dostizanja svog odredišta zbog ograničenog dosega postojećih električnih automobila. Nekoliko vlada je ponudilo političke i gospodarske poticaje za prevladavanje postojećih zapreka, promoviranje prodaje električnih automobila i za financiranje daljnjeg razvoja električnih vozila, isplativijih izvedbi akumulatora i njihovih komponenti.

Prednosti električnih automobila nad konvencionalnim automobilima jest lokalno smanjenje zagađenja zraka. Električni se automobili pogone električnom energijom koja ukoliko se dobiva npr. obnovljivim izvorima energije uzrokuje minimalno zagađenje za okoliš. Stupanj iskorištenja električnog automobila je oko 80% dok je iskoristivnost konvencionalnog automobila oko 36%.

#### *6.4.1. Punjenje e-vozila*

Za razliku od automobila s motorima s unutarnjim izgaranjem koje na svakoj benzinskoj postaji možemo napuniti za minutu-dvije, proces punjenja električnih vozila traje duže, no prednost e-vozila je što se mogu puniti i na kućnoj utičnici (koja je najčešće smještena u garaži) s odgovarajućim kabelom standardiziranog priključka. Tako se baterija automobila može puniti npr. tijekom noći (kada je cijena električne energije najjeftinija) pa vlasnici ovakvih automobila često niti neće imati potrebu za stajanjem na punionici. Ovisno o načinu punjenja i pretvaraču samog vozila, postoje i tzv. brze DC punionice koje omogućavaju punjenje istosmjernom strujom i AC punionice na kojima će punjenje baterije trajati po nekoliko sati najviše iz razloga nemogućnosti 'primanja' veće količine snage električne energije u bateriju pa proizvođači e-vozila stavljaju pretvarače od 3.7 kW u sama vozila.[21]





**Slika 9:** Suvremena punionica za električna vozila u Hrvatskoj [9]

#### 6.4.2. Onečišćenje zraka

Električni automobili pridonose čistijem zraku u gradovima, jer oni ne ispuštaju štetne tvari u okolinu, kao što su čestice (čadnja), ugljikovodici, ugljični monoksid, ozon, olovo, i razni dušikovi oksidi. Koristi od čistog zraka su najčešće lokalne, zbog toga što su, ovisno o izvoru električne energije koja se koristi za punjenje akumulatora, emisije štetnih tvari u zrak pomaknute na mjesto proizvodnje električne energije. Električni automobili nisu u potpunosti dobri za okoliš zbog baterija koje su teške, a proizvođači automobila pokušavaju svoje automobile učiniti što lakšima te moraju koristiti materijale koji su veoma laki, ali i čvrsti kao npr. aluminij i kompoziti ugljičnih vlakana koji iziskuju mnogo energije za proizvodnju. Također sastavni dijelovi baterije koje se koriste u električnim automobilima imaju štetne posljedice za okoliš. Nepravilnim rukovanjem baterijama možemo znatno naštetiti okolišu.

## 6.5. Vodik

Vodik je kao alternativno gorivo zakonom priznat 1992. godine, iako se već davne 1870. godine govorilo o značaju vodika kao gorivo. U današnje vrijeme vodik se smatra jednim od najozbiljnijih kandidata za gorivo budućnosti. Velika prednost vodika, kao goriva, je ta što je vodik obnovljivo gorivo. Vodik se proizvodi raznim postupcima iz vode kao što su :

- solarna energija
- energija vjetra
- kemijskim reakcijama termolize i hidrolize ugljikovodika
- morski valovi, plima i oseka

### Prednosti vodika

- vodik je mnogostruki nosač energije, koji se može koristiti za proizvodnju struje, topline i kao pogonsko gorivo
- vodik je neutralan, dakle ugodan za čovjekov okoliš, u idealnom slučaju nastaju samo voda i dušični oksidi
- ispuštanje štetnih plinova smanjeno je na zanemariv minimum. Automobili su gotovo bešumni, a motorima više ne treba ulje. Po snazi, ubrzanju i krajnjoj brzini bitno ne razlikuje od standardnih osobnih automobila a s punim spremnikom voze podjednako daleko
- zbog velike brzine širenja plamena i zbog granica zapaljivosti ima visok stupanj iskorištenja i nisku emisiju NOX. Nije pogodan za diesel motore zbog niskog cetanskog broja, a spada među najčišća goriva

### Nedostaci vodika

- veliki nedostatak je skladištenje
- pri proizvodnji vodika troši se 90% energije (pri elektrolizi vode)
- iskoristivost varira od 50 do 90 % [17]

## 7. ZAKLJUČAK

Svakim danom u svijetu se koristi sve veći broj automobila i vozila općenito. Sukladno porastu broja vozila raste i količina emisija štetnih plinova nastalih unutarnjim izgaranjem goriva koje negativno utječu na okolinu. Prema vrstama prometa za zemlje članice Europske unije, cestovni je promet najveći potrošač energije zbog toga što broj vozila neprestano raste iz godine u godinu, a Hrvatska ne zaostaje za tim negativnim trendom.

Svjesni opasnosti kojima emisije ispušnih plinova utječu na okoliš ali i zdravlje ljudi i životinja te rast biljaka, Europska unija uvela je određene strategije i norme kojima se pokušava svesti zagađenje na najnižu razinu.

Godine 1993. uvedena je prva norma za osobne automobile u svrhu ograničenja ispušnih plinova nazvana EURO 1 norma. Tom normom odlučeno je da emisije ugljikovog monoksida (CO), ugljikovodika (HC) i čestica (PM) moraju biti ograničene i od tog trenutka nisu se smjela proizvoditi vozila koja ne zadovoljavaju propisana ograničenja. Nije prošlo puno vremena od prvih ograničenja i donešena je nova EURO 2 norma koja je ovog puta obuhvaćala ne samo osobna vozila nego i motocikle te su propisana još stroža pravila u odnosu na EURO 1 normu, a količina štetnih čestica koje vozila ispuštaju morale su biti još manje. Ulaskom u novo tisućljeće uvodi se EURO 3 norma koja ovog puta ograničava i količinu dušičnih oksida (NO<sub>x</sub>). Svakom novom odredbom razine štetnih tvari smanjivale su se za proizvođače novih vozila. Tako su s godinama donešene EURO 4, EURO 5, a danas imamo EURO 6 normu uvedenu 2014. godine, a uključuje osobna i komercijalna vozila. U Republici Hrvatskoj je u 2015. godini vozni park bio prosječne starosti 13,50 godina s obzirom na sve vrste vozila, dok je za M1 kategoriju gdje spadaju osobni automobili, prosječna starost 12,52 godine što znači da u prosjeku vozila u RH spadaju u EURO 4 normu što je daleko od najnovijih ograničenja.

Diesel motori usprkos primjenama najnovije tehnologije konstantno nailaze na nove probleme i negodovanja od strane ljudi koji brinu o zaštiti okoliša. Uvođenjem Euro 6 norme standardi su podignuti toliko visoko da već sada proizvodnja novih vozila s najnovijim tehnologijama zaduženim za smanjenje emisija štetnih plinova u konačnici završava veoma skupim modelima vozila koja si "obični" građani teško mogu priuštiti. Neke države i gradovi uvode dodatna ograničenja za starija vozila koja ne spadaju u najnoviju Euro 6 normu. Tako neki gradovi zabranjuju ulazak u centar grada vozilima koji ne spadaju u skupinu Euro 5 ili Euro 6, a vlasti Pariza, Madrida, Atene i Mexico Cityja odlučile su da od 2025. godine njihovim ulicama uopće neće smjeti prometovati vozila s diesel motorima.

Potrebne su brze promjene u svijetu autoindustrije iz razloga što je fosilnih goriva sve manje, te bi se sve više trebali okrenuti primjeni alternativnih goriva. U Republici Hrvatskoj od alternativnih goriva najviše se koristi biodiesel, prirodni plin i električna energija. Kako bi se smanjila potrošnja goriva i količina ispušnih plinova potaknula se svijest o eko vožnji. Kod konstruiranja vozila počeli su se koristiti alternativni materijali, pa se umjesto legura čelika počeo sve više primjenjivati aluminij. Jedno je jasno, fosilna goriva posljednjih se godina koriste više nego ikad i samo je pitanje vremena kada će se i posljednje zalihe iscrpiti, a tada ćemo biti primorani na uporabu alternativnih goriva koja su realna i svjetla budućnost za svijet i okoliš.

Teška vremena predstoje za proizvođače diesel vozila jer postaju nepoželjni diljem svijeta te se zahtjeva njihovo potpuno izbacivanje iz prometa i proizvodnje. Sve je izglednije da ćemo sve češće na ulicama gledati vozila na neke od alternativnih goriva koji minimalno ili uopće ne zagađuju okoliš i ne utječu štetno na zdravlje ljudi, životinja i biljaka.

## 8. LITERATURA:

- [1] URL: <https://www.enu.hr/gradani/info-edu/promet/>, (pristupljeno: travanj 2017.)
- [2] URL: [https://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2016\\_en](https://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2016_en), (pristupljeno: travanj 2017.)
- [3] Popović, G.: Tehnika motornih vozila, Zagreb 2006., URL: <http://documents.tips/documents/253983580-tehnika-motornih-vozila-popovicpdf.html>
- [4] URL: <http://ciak-auto.hr/novosti/princip-rada-dizel-motora/>, (pristupljeno: svibanj 2017.)
- [5] URL: <http://www.prometna-zona.com/dizel-motor/>, (pristupljeno: travanj 2017.)
- [6] Golubić, J.: Nastavni materijali iz kolegija: Ekologija u prometu, nastavna cjelina "Cestovni promet i okoliš 1", Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, akademska godina 2016./2017.
- [7] Golubić, J.: Promet i okoliš, Zagreb, 1999.
- [8] Miklič, I., Milanović B.: Sustavi za redukciju emisije ispušnih plinova motornih vozila, seminarski rad, Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2011.
- [9] URL: <http://portal.hrsume.hr/index.php/hr/>, članak: "Što se događa s drvećem u ulicama i parkovima", (pristupljeno: svibanj 2017.)
- [10] URL: <https://www.dieselnet.com/>, (pristupljeno: svibanj 2017.)
- [11] URL: <https://www.theaa.com/driving-advice/fuels-environment/euro-emissions-standards>, (pristupljeno: kolovoz 2017.)
- [12] URL: <http://www.azo.hr/EmisijaOneciscujucihTvari>, (pristupljeno: svibanj 2017.)
- [13] URL: <https://lider.media/aktualno/soping-automobila-doslo-doba-za-umirovljenje-trinaestogodisnjaka/>
- [14] Golubić J., Štrumberger N.: Smanjenje štetnosti ispušnih plinova dizelskog motora, Zagreb 1993, članak str. 181-186  
URL: <https://www.cvh.hr/>
- [15] URL: <http://www.hak.hr/sigurnost-u-prometu/projekti/ekologija/ekovoznja/>, (pristupljeno: lipanj 2017)
- [16] <http://www.kamion-bus.hr/tehnika/item/760-sto-je-adblue-i-cemu-sluzi>, (pristupljeno: lipanj 2017.)
- [17] URL: [http://autoportal.hr/clanak/denox\\_katalizatori\\_za\\_uklanjanje\\_dushi\\_kovih\\_oksida\\_iz\\_ishushnih\\_plinova](http://autoportal.hr/clanak/denox_katalizatori_za_uklanjanje_dushi_kovih_oksida_iz_ishushnih_plinova), (pristupljeno: lipanj 2017.)
- [18] URL: <http://noncarbon.eu/noncarbon/ciscenje-dpf-filtera-cestica/>, (pristupljeno: srpanj 2017.)
- [19] "Goriva i maziva: časopis za tribologiju, tehniku podmazivanja i primjenu tekućih i plinovitih goriva i inženjerstvo izgaranja", godina izdavanja 2005., broj 4

- [20] Golubić, J.: Nastavni materijali iz kolegija: Ekologija u prometu, nastavna cjelina "Alternativna goriva", Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, akademska godina 2016./2017.
- [21] URL: <http://www.izvorienergije.com/biogoriva.html>, (pristupljeno: lipanj 2017.)

### **Slike:**

- [1] Slika 1: URL: <http://ciak-auto.hr/novosti/princip-rada-dizel-motora/>, (pristupljeno: svibanj 2017.)
- [2] Slika 2: URL: <http://portal.hrsume.hr/index.php/hr/>, članak: "Što se događa s drvećem u ulicama i parkovima", (pristupljeno: svibanj 2017.)
- [3] Slika 3: URL: <https://www.cvh.hr/>, (pristupljeno: svibanj 2017.)
- [4] Slika 4: URL: <http://www.alcachimica.com/>, (pristupljeno: kolovoz 2017.)
- [5] Slika 5: URL: <http://www.mycitroen.hr/citroen-grand-c4-picasso/zastita-okolisa/>, (pristupljeno: svibanj 2017.)
- [6] Slika 6: URL: [http://e-student.fpz.hr/Predmeti/E/Ekologija\\_u\\_prometu/Materijali/Nastavni\\_materijal\\_alternativna\\_goriva.pdf](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/E/Ekologija_u_prometu/Materijali/Nastavni_materijal_alternativna_goriva.pdf), (pristupljeno: lipanj 2017.)
- [7] Slika 7: URL: <http://www.izvorienergije.com/biogoriva.html>, (pristupljeno: lipanj 2017.)
- [8] Slika 8: URL: "Goriva i maziva: časopis za tribologiju, tehniku podmazivanja i primjenu tekućih i plinovitih goriva i inženjerstvo izgaranja", godina izdavanja 2005., broj 4, pdf file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/Masinski\_f\_FilipovicOKIspravak.pdf, (pristupljeno: lipanj 2017.)
- [9] Slika 9: URL: [https://dnevnik.hr/vijesti/hrvatska/u-zagrebu-otvorena-najsuvremenija-stanica-za-punjenje-elektricnih-vozila---443803.html?utm\\_medium=dnevnik&utm\\_source=articleRelated&utm\\_campaign=Lt est](https://dnevnik.hr/vijesti/hrvatska/u-zagrebu-otvorena-najsuvremenija-stanica-za-punjenje-elektricnih-vozila---443803.html?utm_medium=dnevnik&utm_source=articleRelated&utm_campaign=Lt est), (pristupljeno: lipanj 2017.)

### **Tablice:**

- [1] Tablica 1: URL: <https://www.theaa.com/driving-advice/fuels-environment/euro-emissions-standards>, (pristupljeno: kolovoz 2017.)
- [2] Tablica 2: URL: [https://www.dieselnet.com/standards/us/ld\\_ca.php](https://www.dieselnet.com/standards/us/ld_ca.php), (pristupljeno: kolovoz 2017.)

## **Grafikoni:**

Grafikon 1: URL: [https://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2016\\_en](https://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2016_en), (pristupljeno: travanj 2017.)



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ završnog rada  
pod naslovom **Dizelski motori kao izvori onečišćenja zraka i mjere zaštite**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 5.9.2017

Student/ica:

Lektorić Eni  
(potpis)