

# Dizelski motori kao izvori onečišćenja zraka i mjere zaštite

---

**Zeba, Petar**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Polytechnic Nikola Tesla in Gospić / Veleučilište Nikola Tesla u Gospiću**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:107:331175>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-15**



*Repository / Repozitorij:*

[Polytechnic Nikola Tesla in Gospić - Undergraduate thesis repository](#)



**VELEUČILIŠTE „NIKOLA TESLA“ U GOSPIĆU**

Petar Zeba

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

**DIESEL ENGINES AS A SOURCES OF AIR POLLUTION AND  
PROTECTION MEASURES**

Završni rad

Gospić, 2017.



**VELEUČILIŠTE „NIKOLA TESLA“ U GOSPIĆU**

Prometni odjel

Stručni studij Cestovnog prometa

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

**DIESEL ENGINES AS A SOURCES OF AIR POLLUTION AND  
PROTECTION MEASURES**

Završni rad

MENTOR:

prof. dr. sc. Hrvoje Baričević

STUDENT:

Petar Zeba

MBS: 0296014892/14

Gospić, srpanj 2017.

Veleučilište „Nikola Tesla“ u Gospiću

Elektrotehnički odjel

Gospić, 29.05 2017.

### ZADATAK

za završni rad

Pristupniku Petar Felba MBS: 0296014892114

Studentu stručnog studija Centruma prometa izdaje se tema završnog rada pod nazivom Dizelnski motori kao izvori energije za brod i njihove garite

Sadržaj zadatka :

1. Uvod
2. Produkti izgaranja
3. Utjecaj ispušnih plinova
4. Tokonska regulativa garite broda
5. Tehničke norme namjenjene štetnih tvari
6. Druge norme namjenjene štetnih tvari
4. Zaključak

Završni rad izraditi sukladno odredbama Pravilnika o završnom radu Veleučilišta „Nikola Tesla“ u Gospiću.

Mentor: Blagoj Borčević zadano: 29.05.2017, Borčević  
(ime i prezime) (nadnevak) (potpis)

Pročelnik odjela: Martina Sulfač predati do: 30.07.17, Sulfač  
(ime i prezime) (nadnevak) (potpis)

Student: Petar Felba primio zadatak: 29.05.2017, Felba  
(ime i prezime) (nadnevak) (potpis)

Dostavlja se:

- mentoru
- pristupniku

## IZJAVA

Izjavljujem da sam završni rad pod naslovom Dezinfekcijski metodi kao izvorni  
ovisni o sredstvu za čišćenje i njemu nastaje izradio/la samostalno pod  
nadzorom i uz stručnu pomoć mentora prof. dr. sc. Koroja Boričića.

Petar Zeba

P. Zeba  
(potpis studenta)

## SAŽETAK

S razvojem cestovnog prometa od konstrukcije prvog automobila nastaje promet kakav se danas poznaje te je u neprekidnom rastu. Jedan od najvećih problema rasta cestovnog prometa vidljiv je s ekološkog aspekta, odnosno kroz onečišćenje zraka. Tema ovoga rada vezana je uz prikaz trenutnog stanja i mjera za smanjenje štetnosti ispušnih plinova koji nastaju prije svega radom dizelskih motora. Velike koncentracije ispušnih plinova manifestiraju se kroz štetne pojave poput: učinka staklenika, smoga i kiselih kiša, koji djeluju na zdravlje i životnu sredinu čovjeka. Kako bi se spriječile takve pojave i nepovoljni utjecaji sve se više radi na mjerama zaštite i sprječavanja kroz zakonske regulative, tehničke mjere koje se provode na i izvan motora, kao i pomoću drugih metoda, poput alternativnih goriva i/ili pogona, te edukacijom. Osnovni cilj predstavlja smanjenje emisija štetnih plinova iz motornih vozila, a na posljertku i vožnja s nultom emisijom.

Ključne riječi: ekologija, onečišćenje zraka, dizelski motori, mjere zaštite

## **SUMMARY**

With the development of road traffic from the construction of the first car, the traffic that is known today is in the constant growth. One of the biggest problems of road traffic growth is visible from the environmental aspect, through air pollution. The topic of this paper is related to the state of the current situation and measure for the reduction of the exhaust gases produced primarily by the operation of diesel engines. High concentration of exhaust gases manifests itself through harmful occurrences such as: green house effect, smog and acid rain, which affect on the health and environment of men. To prevent such occurrences and adverse impacts, more is being done on measures of protection and prevention through legal regulations, technical measures carried out on and off the engines, as well as using other methods, such as alternative fuels and/or drives, and education. The main objective is to reduce the emission of harmful gases from motor vehicles, and finally achieve a zero emissions ride.

Keywords: ecology, air pollution, diesel engines, protection measures



# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Problem i predmet istraživanja .....	2
1.2. Svrha i cilj istraživanja .....	2
1.3. Struktura rada .....	2
2. PRODUKTI IZGARANJA.....	4
3. UTJECAJ ISPUŠNIH PLINOVA .....	6
3.1. Učinak staklenika .....	7
3.2. Smog.....	8
3.3. Kisele kiše .....	9
4. ZAKONSKA REGULATIVA ZAŠTITE ZRAKA .....	11
4.1. Utjecaj regulativa na motorna vozila i pokazatelji .....	12
4.2. Eko zone .....	15
5. TEHNIČKE MJERE SMANJENJA ŠTETNIH TVARI.....	17
5.1. Tehničke mjere na motoru.....	17
5.1.1. Sustav ubrizgavanja goriva.....	17
5.1.2. Nabijanje motora .....	20
5.1.3. Povrat ispušnih plinova (EGR).....	21
5.2. Mjere izvan motora.....	21
5.2.1. Katalizatori .....	23
5.2.2. Pročistač čestica.....	24
5.2.3. Selektivna katalitička redukcija (SCR).....	25
5.2.4. Start–stop sustav .....	27
6. DRUGE MJERE SMANJENJA ŠTETNIH TVARI.....	29
6.1. Alternativni pogoni.....	29

6.1.1. Zemni plin .....	29
6.1.2. Biogoriva .....	30
6.1.3. Hibridna i električna vozila .....	31
6.1.4. Vodik kao pogonsko gorivo .....	32
6.2. Eko vožnja .....	33
6.3. Primjer Komunalnog društva Autotrolej .....	35
7. ZAKLJUČAK.....	37
LITERATURA .....	39
POPIS SLIKA .....	41
POPIS SHEMA .....	41
POPIS TABLICA.....	41
POPIS GRAFIKONA.....	41

## 1. UVOD

Još od vremena nastanka prvog automobila od strane Karla Benza 1886. godine dolazi do rapidnog razvoja cestovnog prometa, a time i proporcionalnog rasta zagađenja koje cestovni promet, odnosno motorna vozila uzrokuju. Upravo cestovni promet predstavlja najvećeg zagađivača zraka i okoliša od svoga nastanka pa do danas. Najveći udio motornih vozila u cestovnom prometu pogonjeno je dizelskim i Otto–motorima, koji koriste fosilna goriva kao sredstvo izgaranja, a čime se posljedično ostvaruje rad, ali i štetni produkti i spojevi nepotpunim izgaranjem.

U počecima prometa nije se mnogo razmišljalo o njegovom štetnom utjecaju na prirodu, okoliš i čovjeka, međutim, posljednjih desetljeća budi se svijest o štetnom utjecaju te se pronalaze načini kako spriječiti daljnji rast onečišćenja i postići njegovo smanjenje, a da se time ne ugrozi dosadašnji, urbani stil života. Kako bi se smanjile emisije štetnih tvari posebice iz prometa stvara se ekološka suradnja država koje kroz razne ugovore, konvencije i protokole ograničavaju emisije štetnih tvari. Sama suradnja među državama nije dovoljna, već je potrebna i suradnja s autoindustrijom te naftnom industrijom kako bi motorna vozila s unutarnjim izgaranjem, ali i goriva koja motorna vozila koriste bili unutar dopuštenih ograničenja.

Dizelski motori kroz povijest zadobili su epitet motora koji najviše onečišćuju zrak i okoliš te nepovoljno utječu na zdravlje čovjeka iz razloga što kao produkt nepotpunog izgaranja između ostaloga uzrokuju nastanak čestica čađe, neugodnog mirisa, dok pri radu stvaraju veću buku od Otto–motora. Osim negativnih, velik je broj i pozitivnih strana dizelskih motora poput veće štedljivosti goriva, većeg okretnog momenta, manje cijene goriva, itd. postavši time izrazito važan pogonski agregat osobnih, ali i teretnih motornih vozila i radnih strojeva.

## **1.1. Problem i predmet istraživanja**

Problem istraživanja rada predstavlja kako i na koji način dizelski motori pri svome radu uzrokuju pojavu štetnih tvari i kemijskih spojeva te način na koji ti produkti izgaranja fosilnih goriva (dizel goriva) utječe na zagađenje zraka. Zrak na Zemlji sačinjavaju smjese plinova koje su neophodne za život ljudi, biljaka i životinja pa je vrlo očita međusobna povezanost i razlog za zabrinutost. Na osnovi jasne problematike stvara se podloga za definiranje predmeta rada koji se odnosi na dizelske motore s aspekta njihovog utjecaja na onečišćenje zraka. Cjelokupan proces koji se u motoru odvija od ubrizgavanja goriva pa sve do emisije i utjecaja na okoliš predstavlja složen sustav podložan poboljšanjima ovisno o zahtjevima koji se nameću.

## **1.2. Svrha i cilj istraživanja**

Svrha i cilj ova rada je analizirati trenutno stanje nastalo djelovanjem ispušnih plinova iz dizelskih motora te prikazati kako se onečišćenje nastoji smanjiti koristeći se novim tehnologijama, ali i alternativnim metodama koje to omogućuju. Također vrlo važnu ulogu ima i čovjek koji uz prilagodbu tehnologiji i sam kao korisnik može pridonesti smanjenju onečišćenja zraka kroz potrebnu edukaciju i primjenu iste.

## **1.3. Struktura rada**

Struktura završnog rada sastoji se od sedam poglavlja koji su funkcionalno povezani te zajednički tvore cjelinu.

U prvom dijelu rada prikazani su počeci i razvoj cestovnog prometa, ali i istovremeno njegov utjecaj na onečišćenje zraka od samih početaka koji eksponencijalno raste. Uvodni dio sadrži i problem i predmet istraživanja, svrhu i cilj istraživanja, te strukturu rada.

U drugom dijelu rada navedeni su i opisani tvari i spojevi koji nastaju nepotpunim izgaranjem goriva u prostoru za izgaranje motora i njihova podjela prema škodljivosti.

Treći dio rada opisuje uzročnike štetnih ispušnih plinova i tvari u zrak poput prirodnih i antropogenih izvora. Opisane su i pojave koje pri tomu nastaju: učinak staklenika, smog i kisele kiše.

Četvrti dio rada pruža uvid u trenutno stanje vozila u Hrvatskoj prema dobnoj strukturi, zakonske regulative i norme usmjerene k autoindustriji i naftnoj industriji, te način smanjenje štetnih plinova iz cestovnog prometa u većim europskim gradovima.

Peti dio rada opisuje tehničke mjere koje je potrebno poduzeti kako bi se smanjila emisija štetnih ispušnih plinova iz vozila. Podjela se vrši na mjere i zahvate koje se provode na motoru, kao što je ubrizgavanje goriva, ali i na mjere koje se provode izvan njega koje ponajviše uključuju pročišćavanje štetnih ispušnih plinova.

Šesti dio rada obuhvaća druge pristupe koji omogućavaju bolju zaštitu zraka, poput alternativnih goriva i pogona, te edukacijom sadašnjih i budućih vozača. U ovome dijelu na konkretnom primjeru prikazana je upravo ta sinergije

U posljednjem dijelu rada prikazana je sinteza cjelokupnoga rada na temelju činjenica i spoznaja stečenih pri istraživačkom procesu.

## 2. PRODUKTI IZGARANJA

Kako se čovjek sve više razvija, tako dolazi i do razvoja industrije i prometa čiji utjecaj na okoliš od svoga nastanka sve se više povećava i to na štetu zraka, ljudi, životinja i biljaka. Promet, a naročito cestovni utječe uvelike na smanjenje kvalitete života iz razloga što je najučestalije sredstvo za pogon prometala nafta, odnosno naftni derivati. Temeljne sastojke nafte čine spojevi ugljika (C) i vodika (H), ali zbog nepotpunog izgaranja goriva u prostoru za izgaranje motora javljaju se i drugi spojevi i produkti, koji mogu izrazito nepovoljno utjecati na okolinu. Osim što se nepotpunim izgaranjem smanjuje efektivna snaga motora, spojevi i čestice nastali takvim nepotpunim izgaranjem mogu biti izrazito nezdravi po čovjeka.

Kao produkt izgaranja javljaju se spojevi i čestice koju mogu biti neškodljivi i škodljivi. Neškodljivi sastojci nastali kao produkt izgaranja (Golubić, 1999.):

- dušik –  $N_2$ ,
- vodena para –  $H_2O$ ,
- kisik –  $O_2$ ,
- ugljik (IV) oksid –  $CO_2$ .

Dok su škodljivi sastojci u ispušnim plinovima:

- ugljik (II) oksid –  $CO$ ,
- ugljikovodici –  $HC$ ,
- sumporov (IV) oksid –  $SO_2$ ,
- dušični oksidi –  $NO_x$ ,
- olovo –  $Pb$ ,
- čađa i dim.

Škodljivi sastojci kako im ime kaže najviše štode po pitanju ekološkog zagađenja zraka te ih je potrebno nadzirati i kontrolirati njihovu emisiju u okoliš. Ugljik (II) oksid plin je koji ukoliko se udiše može dovesti do smanjenja osjetila i drugih sposobnosti čovjeka koji su nužni za normalno funkcioniranje, a u konačnici prilikom dužeg vremena udisanja i do smrti. Naročitu opasnost ovoga plina predstavlja njegovo oksidiranje čime se pretvara u ugljik (IV) oksid te kao takav utječe na pojavu učinka staklenika.

Ugljikovodici kako im sam naziv sugerira pokazuje njihov sastav od elemenata ugljika i vodika. Ugljikovodici kao osnovni čimbeni sastav nafte oslobađaju se prilikom rada motora, a karakterizira ih kancerogenost i neugodan miris nakon nepotpunog izgaranja zbog nedostatka ili viška kisika. (Vadjon (ur.), 2012.)

Dušični oksidi su spojevi dušika i kisika pa im pripadaju spojevi poput dušičnog monoksida NO, dušičnog dioksida NO<sub>2</sub>. Prirodno emitiranje dušičnih oksida mnogo je veće od onih koje čovjek emitira svojim djelovanjem. Način na koji nastaju ovi oksidi u prirodi posebice su izazvane erupcijama vulkana i grmljavinom, a čovjek ih emitira uporabom fosilnih goriva u prometu i/ili industriji. Dušični dioksid posebice je značajan u urbanim sredinama te ukoliko je njegova količina dostatna pod određenim uvjetima dolazi do stvaranja smoga. ([www.vrijeme.hr](http://www.vrijeme.hr), 20. 03. 2017.)

Sumporov (IV) oksid još je jedan od produkata sa štetnim djelovanjem, koji se nerijetko pojavljuje u većim gradovima i urbanim područjima, nastaje kao produkt izgaranja naftnih derivat bogatih sumporom. Kako bi se smanjila količina sumporovih oksida u prirodi rafinerije nafte trebaju prilikom proizvodnje goriva, naročito dizelskog goriva smanjiti količinu sumpora, čime bi došlo i do smanjenja emisija poglavito iz motornih vozila koja takva goriva koriste. Najveći udio stvaranja sumporovih oksida antropogenog je nastanka, a kao plin izrazito je štetan za dišni sustav čovjeka, te dovodi do stvaranja kiselih kiša.

Čestice u zraku ili čađa sastavljeni su od različitih kemijskih elemenata i spojeva koje nastaju pri izgaranju. Pojava čađi uobičajena je pojava u blizini velikih prometnica poput autocesta, kao i u gradovima sa većom koncentracijom vozila. Osim iz vozila čestice čađe nastaju u industriji, kućanstvima i zgarištima. Čađa nastaje osim nepotpunim izgaranjem nastalim zbog pomanjkanja zraka i o vrsti goriva koja se koristi, odnosno o količini ugljika i vodika. Takve čestice stvaraju se pretežno u dizelskim motorima u količinama koje su u znatno veće od onih u Otto–motorima. Čestice čađe i dim za sebe vežu kancerogene spojeve te štetno utječu na dišni sustav čovjeka koji ih udiše. Kako bih se smanjile na što nižu razinu potrebno je osigurati pravovremeno ubrizgavanje goriva, optimalno stvaranje smjese goriva i zraka te postavljanje pročistača u ispušni sustav vozila koji bi svojim djelovanjem smanjio emisiju takvih čestica u zrak.

### 3. UTJECAJ ISPUŠNIH PLINOVA

Onečišćenje okoliša i prirode postao je problem na lokalnoj, regionalnoj i globalnoj razini s kojim se čovječanstvo susreće. Izvori onečišćenja najčešće se svrstavaju u dvije skupine i to kao prirodni i antropogeni izvori onečišćenja.

Prirodni izvori onečišćenja nisu pod utjecajem čovjeka te su najčešći izvori vulkani i veliki požari. Vulkani svojim erupcijama pridonose zagađenju zraka emitiranjem i izbacivanjem velikih količina spojeva i čestica koje mogu poremetiti atmosferski kemijski sastav. Prilikom erupcije vulkana oslobađaju se plinovi poput: CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub> itd. koji ostavljaju štetne posljedice na okoliš. Osim vulkana prirodne izvore onečišćenja čine i požari koji mogu nastati zbog velikih suša, neopreznosti čovjeka, električnog pražnjenja. Požari velikih razmjera najčešće nastaju izgaranjem naftnih bušotina, rafinerija, poljoprivrednog zemljišta i šuma te tako značajno utječu na kvalitetu zraka.

Antropogeni izvori onečišćenja zraka nastaju utjecajem čovjeka i njegovim razvojem u tehnološkom smislu. Utjecaj čovjeka na okoliš započinje izumom parnog stroja, a zatim i motora sa unutarnjim izgaranjem. Poslovi koji su se nekada obavljali ljudskom snagom sada rade strojevi i to mnogo brže i učinkovitije, a to zahtjeva gorivo čijim izgaranjem kao nusprodukt nastaju štetne tvari koje počinju mijenjati ekološko stanje Zemlje. Glavni uzročnici antropogenog onečišćenja su (Springer, 2008.):

- Tehnološka revolucija – povećava se upotreba fosilnih goriva kako bi strojevi što više i efikasnije radili.
- Razvoj prometa – od konstrukcije parnoga stroja od strane James Watta 1769. godine promet se počinje sve više razvijati i postaje nezamjenjiv dio ljudske i robne mobilnosti.
- Rast broja stanovnika – od 1900. do 2000. godine broj ljudi na Zemlji povećao se za gotovo 4,4 milijarde ljudi što zahtjeva veću proizvodnju, a time i veći utrošak energije i sirovina .
- Proizvodnja hrane – veći broj ljudi zahtjeva i veće količine hrane koje je potrebno proizvesti pod bilo koju cijenu, a to uključuje i primjenu različitih pesticida i gnojiva koji štetno djeluju na prirodu, zdravlje i okoliš.



### 3.1. Učinak staklenika

Sve većim širenjem i korištenjem industrije i prometa dovelo je do posljedica te se uvidjelo kako atmosfera ne može u neograničenim količinama prihvaćati plinove sa Zemlje. Upravo takva stvar dogodila se s CO<sub>2</sub>, čime je premašena proizvodnja od potrošnje i to za otprilike pet milijardi tona. Upravo sve većim gomilanjem CO<sub>2</sub> u atmosferu dovelo je do pojačanja učinka staklenika pa samim time i do porasta temperature na Zemlji. Osim ugljikova dioksida na efekt staklenika utječu i drugi plinovi poput (Springer, 2008.):

- metana (CH<sub>4</sub>),
- dušikov oksid (NO<sub>2</sub>),
- klorfluorugljika (CFC) te
- ozona (O<sub>3</sub>).

Naziv učinak staklenika potječe iz polja agronomije te služi kao primjer prikaza stanja o onome što se ustvari događa i na Zemlji. Pa tako staklenik propušta kroz staklo sunčeve zrake te se reflektiraju, ali ne uspijevaju napustiti staklenik čime dolazi do zagrijavanja. Sve većim utjecajem čovjeka u industriji, ali i prometu dolazi do povećanja koncentracije stakleničkih plinova, a time i do porasta temperature zraka. Ukoliko se staklenički plinovi nastave emitirati u velikoj mjeri, odnosno u mjeri koja je neodrživa može se očekivati globalno zatopljenje, koje u konačnici rezultira otapanjem ledenjaka, povećavanjem razine mora, uništavanjem koraljnih grebena itd. „Kad ne bi postojao prirodni staklenički učinak, temperatura na Zemlji bile bi niže za oko 15 °C, pa život u današnjem smislu uopće ne bi bio moguć.“ (Springer, 2008.)

Kako je promet jedan od uzročnika stakleničkih plinova, posljednjih godina se intenzivno radi s ciljem smanjenja njegova utjecaja na stvaranje stakleničkih plinova odnosno stakleničkog učinka. Najbolji primjer predstavljaju ECE pravilnici kojima se automobilima normira maksimalna dopuštene granice emisije pojedinih štetnih tvari, nastali kao produkt izgaranja fosilnih goriva.

U današnje vrijeme normalnu pojavu predstavlja i trgovanje kvotama emisije stakleničkih plinova, na način da ukoliko određene zemlje odnosno tvrtke ne ispune svoju maksimalnu kvotu plinova koja je dozvoljena za emitiranje u zrak, može je prodati drugim

zemljama odnosno tvrtkama koje su svoju kvotu ispunile ili će premašiti onu koja je planirana. Takva trgovina rezultirala je stvaranjem burzi na kojima je takav sustav trgovanja kvotama omogućen. „Osim trgovanja preko brokera i burzi postoji i izravno bilateralno tržište na kojemu se transakcije vrše izravno između kompanija“ (Pašičko, Kajba, Domac, 2009).

### 3.2. Smog

Urbana područja većih država svijeta susreću se sa problemima poput smoga. Nekada glavni uzročnik nastajanja bili su industrijska postrojenja, međutim, zbog sve većeg porasta broja motornih vozila i promet je postao jedna od djelatnosti koja uvelike uzrokuje nastanak smoga. Poglavitito cestovni promet u urbanim sredinama izgaranjem goriva i emitiranjem ispušnih plinova u zrak uzrokuje pojavu smoga, koji ne samo da smanjuje vidljivost nego je i izuzetno opasna po zdravlje. Podjela smoga vrši se prema načinu nastanka i to na:

- industrijski i
- fotokemijski.

Industrijski smog nastaje kao posljedica miješanja čestica dima nastalih iz industrijskih poduzeća i magle u određenim uvjetima. Kako se uporaba ugljena u industriji sve više smanjivala tako se smanjilo i nastajanje industrijskog smoga te je danas učestalija pojava fotokemijskog.

Fotokemijski smog nastaje kao produkt izgaranja fosilnih goriva poput benzina i dizela, te iz industrije na područjima velikih gradova, zbog velike emisije NO<sub>x</sub>, CO, čestica i drugih tvari. „Fotosmog nastaje za sunčeva vremena uz nisku relativnu vlagu u zraku bogatu dušičnim oksidima i ugljikovodicima.“ (Grubišič, 1990)

Mexico City kroz povijest se susretao sa velikim problemima zagađenja zraka i stvaranjem smoga. 1992. godine od strane Ujedinjenih naroda (UN) proglašen je najzagađenijim zrakom na svijetu. Od tada je Mexico City uvođenjem mjera poput premještanja industrije, rafinerije nafte i uporabom prirodnog plina za pogon motornih vozila uspio značajno smanjiti emisiju štetnih tvari u zrak, međutim i dalje postoje problemi zagađenja zraka te je potrebno učiniti više. Zbog nepovoljnog geografskog položaja grada, smještenog u dolini još više pogoduje koncentraciji štetnih tvari pa tako i nastajanju smoga.

**Slika 1. Smog u Mexico City**



Izvor: <http://www.castanet.net/news/World/161071/Mexico-City-lifts-smog-alert>, (25. 03. 2017.)

Kako je promet jedan od ključnih uzročnika nastajanja smoga, nastoje se smanjiti štetni ispušni plinovi ugradbom raznih dodatnih katalizatora i drugih pročistača. Koriste se i alternativni pogoni i goriva koja ne emitiraju štetne tvari u zrak poput električne ili energije na vodik, pritom je potrebno paziti da se na taj način štetne tvari ne emitiraju na drugim mjestima, odnosno na mjestima koja proizvode takvu vrstu goriva. (Springer i sur., 2001.)

### **3.3. Kisele kiše**

Kisele kiše nastaju kao još jedan produkt emitiranja štetnih plinova u atmosferu te osim zagađenja zraka uz vodenu paru dolazi do stvaranja kiša sa nižom pH vrijednosti, ispod 5,6. Takva zakiseljena kiša ima izrazito nepovoljan učinak prvenstveno na biljni i životinjski svijet.

Kako pH vrijednost kiše opada tako dolazi do mijenjanja sastava metala odnosno dolazi do porasta koncentracije štetnih metala poput žive, olova i drugih koji dovode do pomora riba, puževa i drugih vodenih organizama i mikroorganizama. Zakiseljavanje voda

predstavlja i opasnost od smanjenja pitke vode što je ujedno i problem na globalnoj razini. Isušivanja i oštećenja biljaka još su neke od opasnosti koje prijete kopnenom biljnom svijetu na način smanjivanja otpornosti biljaka na temperaturne promjene, mraz, itd. što u konačnici dovodi i do izumiranja šuma.

Za nastanak kiselih kiša utječu prirodni faktori koji uglavnom nastaju kao posljedica erupcije vulkana, kao i antropogeni koji su većinski, odnosno čovjekovim razvojem industrije i primjenom fosilnih goriva u vozilima čijim izgaranjem nastaju sumporni i dušikovi oksidi koji pogoduju nastanku kisele kiše. Kisele kiše osim svoga štetnog utjecaja po živi svijet također utječu i na propadanje građevinskih materijala, a ponajviše spomenika kulture izrađenih od vapnenca koji pod dugotrajnim utjecajem kiselih kiša mijenjaju sastav što na posljertku rezultira deformacijama i puknućima.

Kako bi se smanjio štetni utjecaj kiselih kiša na ekosustav potrebno je educirati, nadzirati, provoditi postupke neutralizacije te zaustaviti tamo gdje je sve počelo uvođenjem dodatnih mjera bilo tehnički ili zakonski u suprotnome posljedice mogu biti katastrofalne. „...stotine rijeka i jezera koje su ostale bez riba, ali će isto tako još tisuće njih biti u sličnoj situaciji, ako se nešto ne poduzme.“(Čož–Rakovac, 1995.)

## 4. ZAKONSKA REGULATIVA ZAŠTITE ZRAKA

Kako je kroz povijest onečišćenje zraka bilo sve veće, potrebno je bilo uspostaviti regulaciju štetnih ispušnih plinova. Takve regulacije na području Europske unije, kao i Republike Hrvatske uspostavlja Europska agencija za okoliš (EEA) koja navodi kako se tijekom posljednjih desetljeća smanjuje broj onečišćivača zraka iako su koncentracije još uvijek previsoke te da problemi kvalitete zraka još uvijek nisu uklonjeni.

Lebdeće čestice, dušični dioksid i prizemni ozon smatraju se najvećim onečišćivačima koji negativno utječu na zdravlje ljudi na način da dovode do ozbiljnih respiratornih problema i preuranjene smrti. Smatra se da je oko 90% europskih stanovnika koji žive u gradovima izloženo onečišćujućim tvarima koji se nalaze iznad dopuštene razine. Primjerice procjenjuje se da sitne lebdeće čestice u zraku skraćuju očekivani vijek života za više od osam mjeseci. Slična ako ne i još opasnija tvar je Benzo(a)piren koja je kancerogena te su koncentracije iznad dopuštene razine pronađene u nekoliko urbanih područja, a posebice na području srednje i istočne Europe. (<http://www.azo.hr>, 08. 04. 2017.)

Cilj Europske unije je postići optimalnu razinu kvalitete zraka koja neće imati negativne utjecaje na zrak, a samim time ni čovjeka. Načini na koji Europska unija pokušava smanjiti utjecaj štetnih tvari u zraku čini putem zakonodavstva, sektorima povezanih sa onečišćenjem, nacionalnim i nevladinim tijelima, te putem istraživanja. Prema Europskoj agenciji za okoliš imperativ predstavlja:

- „stavljanje na raspolaganje javnosti niza podataka o onečišćenju zraka,
- dokumentiranje i procjenu trendova u onečišćenju zraka te s time povezanih politika i mjera u Europi, te
- ispitivanje kompromisa i sinergija između onečišćenja zraka i politika u različitim područjima , uključujući klimatske promjene, energetiku, promet i industriju.“

Zaštita zraka na području Republike Hrvatske regulirana je Zakonom o zaštiti okoliša (Narodne novine, broj 80/2013, 78/15) i Zakonom o zaštiti zraka ( Narodne novine, broj 130/11, 47/14) i drugim propisima koji su doneseni na temelju tih zakona. (<http://www.mzoip.hr>, 08. 04. 2017.)

Republika Hrvatska je i potpisnica i sudionica nekoliko konvencija i protokola vezanih uz emisiju štetnih stvari u zrak i okoliš te za smanjenje istih. Republika Hrvatska stranka je Konvencije o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka ( LRTAP Konvencija) te za cilj ima do 2020. godine smanjiti emisiju štetnih tvari u određenom postotku i to: SO<sub>2</sub>–55%, NO<sub>x</sub>–31%, HOS–34%, NH<sub>3</sub>–1% i PM<sub>2,5</sub>–18%. (<http://www.mzoip.hr>, 08. 04. 2017.)

Među ostalima tu su Protokol Konvencija o zajedničkom praćenju i procjeni dalekosežnog prekograničnog prijenosa onečišćujućih tvari u Europi (EMEP protokol) te Kyoto protokol.

Sve veća spoznaja o pregrijavanju našeg planeta i stvaranja stakleničkih plinova dovela je do udruživanja zemalja svijeta i potpisivanja sporazuma. Prvi sporazum nalazio se u okviru Ujedinjenih naroda, a drugi mnogo poznatiji donesen je u japanskom gradu Kyotu 10. prosinca 1997. godine, a stupa na snagu tek 2005. godine kada ga je ratificirala Rusija. Konferencija u Kyotu koja je sadržala veliki broj znanstvenika predočila je predstavnicima vodećih zemalja kako čovječanstvo igra veliku ulogu u onečišćenju zraka posebice izgaranjem neobnovljivih izvora energije poput nafte i zemnog plina. Republika Hrvatska 1999. godine potpisuje Kyoto protokola, ali ga tada još ne ratificira. (Dominis, 2006)

U razdoblju od 2008. do 2012. godine prema podacima Ministarstvu zaštite okoliša i prirode, Republika Hrvatska je ispunila zadane ciljeve, odnosno smanjena je emisija u iznosu od 5%. Međutim još 2005. godine počinju pregovori o daljnjem smanjenju emisija štetnih tvari i nakon 2012. Godine, no nije postignut dogovor. U drugom obvezujućem razdoblju Republika Hrvatska se obvezala na smanjenje emisija u odnosu na 1990. godinu u iznosu od 20%. Pravni okvir UNFCCC konvencije predviđa sporazum kojim bi svaka zemlja potpisnica u 21.st uspjela ograničiti porast temperature do 2°C što ujedno predstavlja cilj na globalnoj razini smanjenja emisije stakleničkih plinova.

#### **4.1. Utjecaj regulativa na motorna vozila i pokazatelji**

Kako se Europska Unija sve više okreće k što čistijem i ekološki održivijem prometu tako se sve više regulira i proizvodnja samih motornih vozila, odnosno proizvođačima

motornih vozila nameću se ekološke norme koje je potrebno zadovoljiti kako bi se smanjio štetni utjecaj ispušnih plinova i sitnih čestica Otto i dizelskog motora.

Homologacijski propisi na području Europe poput ECE–pravilnika i EEC–smjernica uvjetuju da motorna vozila sa dizelskim i Otto–motorom moraju udovoljiti određenim standardima odnosno normama. U svojim počecima prvo se počela regulirati emisija CO, a tek postupno, od 1970. godine i limitirati emisija HC, a sedam godina kasnije i razina NO<sub>x</sub>. 1992. godine izlazi prva EURO 1 norma s kojom počinje intenzivnije razmišljanje o redukciji emisije štetnih tvari. Osim zadovoljenja konstrukcijskih normi proizvođača motornih vozila odnosno autoindustrije također se regulira i stanje goriva, točnije regulira se kvaliteta goriva ovisno o normama vozila.

**Tablica 1. EURO norme za dizelske i Otto–motore**

Stage	Date	CO	HC	HC+NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM	PN
		g/km					
<b>Compression Ignition (Diesel)</b>							
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)	-
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08	-
Euro 2, DI	1996.01 <sup>a</sup>	1.0	-	0.9	-	0.10	-
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05	-
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025	-
Euro 5a	2009.09 <sup>b</sup>	0.50	-	0.23	0.18	0.005 <sup>f</sup>	-
Euro 5b	2011.09 <sup>c</sup>	0.50	-	0.23	0.18	0.005 <sup>f</sup>	6.0×10 <sup>11</sup>
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005 <sup>f</sup>	6.0×10 <sup>11</sup>
<b>Positive Ignition (Gasoline)</b>							
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-	-
Euro 5	2009.09 <sup>b</sup>	1.0	0.10 <sup>d</sup>	-	0.06	0.005 <sup>e,f</sup>	-
Euro 6	2014.09	1.0	0.10 <sup>d</sup>	-	0.06	0.005 <sup>e,f</sup>	6.0×10 <sup>11</sup> e,g

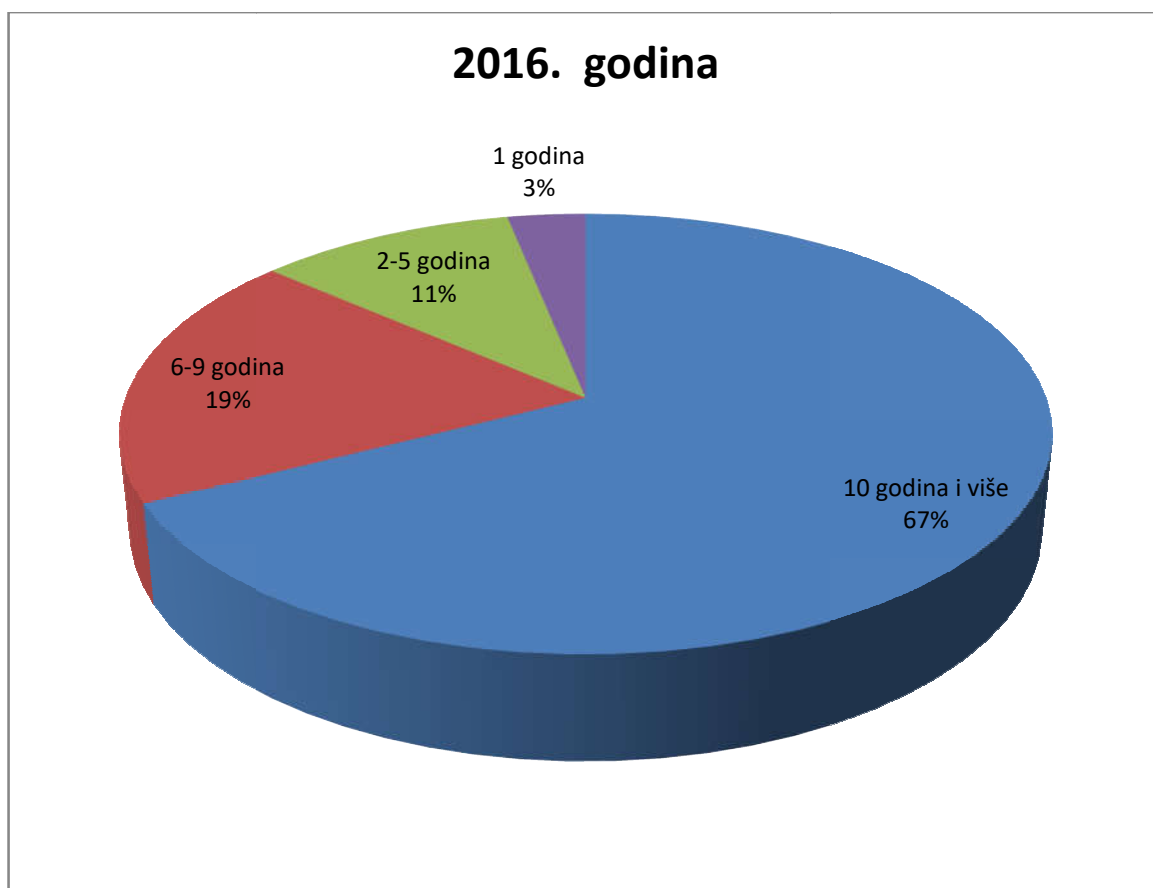
Izvor: <https://www.dieselnet.com/standards/eu/ld.php>, (10 . 04. 2017.)

Evidentno je kako svaka sljedeća EURO norma postaje sve zahtjevnija odnosno sve više se smanjuje udio štetnih tvari posebice kod dizelskih motora. Epitet dizelskih motora kao motora koji više zagađuju u odnosu na Otto–motore u posljednje se vrijeme pokazao kao

netočnim. Moderni dizelski automobili proizvedeni unutar EURO 6 norme pokazuju manju emisiju CO<sub>2</sub> u okoliš od ekvivalentnih automobila s Otto–motorom.

Prema navodima Centra za vozila Hrvatske prosječna starost automobila kategorije M1<sup>1</sup> iznosila je 12,71 godinu te u ukupnoj strukturi vozila iste kategorije najveći postotni udio zauzimaju upravo vozila stara 10 godina i više. Upravo zbog starosti voznog parka na području Republike Hrvatske najveći dio automobila ne zadovoljava najnovije EURO norme, čime se negativno utječe na zrak emisijom štetnih tvari iz motora.

**Grafikon 1. Starost automobila u Republici Hrvatskoj**



Izvor: izradio autor prema podacima Centra za vozila Hrvatske

---

<sup>1</sup> M1 kategorija – vozila koja osim sjedišta za vozača imaju još maksimalno 8 sjedišta



## 4.2. Eko zone

Eko zone (eng. low emission zones) predstavljaju urbana područja u kojima se vozilima koja stvaraju najveće emisije štetnih tvari zabranjuje ulazak u određeno područje grada. U nekim zonama smanjene emisije vozila koja stvaraju veće emisije moraju platiti više za razliku od vozila novije proizvodnje koja udovoljavaju najnovijim standardima i normama.

Eko zone predstavljaju najučinkovitiju mjeru za unaprjeđenje kvalitete zraka. Dizelska vozila koja ne raspolažu pročistačem grubih čestica ne mogu ući u područje zone smanjene emisije, pa se emisije vozila klasificiraju se preko EURO normi koju dotični automobil posjeduje.

Neke europske države čiji gradovi koriste nekakav oblik eko zona:

- Velika Britanija,
- Belgija,
- Nizozemska
- Njemačka,
- Italija...

Slika 2. Ekološka zona u Njemačkoj



Izvor: <http://www.hak.hr/ino/eko-zone/> (10. 04. 2017)

Njemačka koristi oblik eko zone u koju kako bi se ušlo vozila moraju imati istaknutu ekološku vinjetu na vjetrobranskom staklu, takva vinjeta obavezna je za sve osobna i teretna vozila, te autobuse i kampere. Obavezu pribavljanja vinjete imaju vozila iz Njemačke, ali i inozemstva. Razliku se vinjete u trima bojama (crvena, žuta i zelena). Svaka boja vinjete klasificira se ovisno o EURO normi koju određeno vozilo posjeduje pa tako Hrvatski autoklub navodi:

- crvena vinjeta – dizelski motor EURO 2/EURO 1 i filter, benzinska vozila EURO 1
- žuta vinjeta – dizelski motor EURO 3/EURO 1 filter
- zelena vinjeta – dizelski motor EURO 3/EURO 4 i novije uz posjedovanje filtra, te vozila s Otto–motorom EURO 1 i noviji.

Vidljivo je kako države koje imaju nekakav oblik eko zone koriste EURO standarde kao univerzalno mjerilo procjene emisije štetnih tvari motornih vozila. Većina država nema „prepisan“ sustav eko zona te se blago razlikuju u određenim aspektima poput naplate, obilježja na vozilima, tipu vozila koja mogu ili ne mogu ući u zone i slično. Bitna stavka je ne miješati ekološke zone sa naplatom zagušenja (eng. congestion charge) pošto se radi o dva različita pojma. Congestion charge je uveden kako bi se smanjila prometna zagušenja u užim gradskim područjima, dok su eko zone primarno usredotočene na smanjenje štetnih emisija.

## **5. TEHNIČKE MJERE SMANJENJA ŠTETNIH TVARI**

Izvor problema emisije štetnih plinova i spojeva u atmosferu iz područja prometa čine vozila odnosno njihovi motori, tako je potrebno usredotočiti se na samu izvedbu rada motora, ali i ispušnog sustava, gdje emisije nastaju, ali gdje ih je najpotrebnije suzbiti i/ili reducirati. Takvo suzbijanje vrši se mjerama:

- korištenjem odgovarajućeg goriva,
- zahvatima koje je potrebno poduzeti na motoru,
- zahvati izvan motora tj. obrada ispušnih plinova.

### **5.1. Tehničke mjere na motoru**

Kako bi motor funkcionirao stvarajući što manje emisije štetnih spojeva potrebno je voditi računa o sljedećim komponentama (Golubić, 1999.):

- dobava i ubrizgavanje goriva,
- postupak predubrizgavanja goriva,
- nabijanje motora,
- usisni zrak i njegovo hlađenje,
- povrat ispušnih plinova.

#### **5.1.1. Sustav ubrizgavanja goriva**

Sustav ubrizgavanja i predubrizgavanja goriva značajno utječe na smanjenje emisije štetnih tvari, jer se pravilnim ubrizgavanjem goriva osigurava najbolje miješanje goriva i zraka, a samim time i najoptimalnije izgaranje u radnom prostoru motora. Ako se postupak ubrizgavanja vrši prije nego što klip dođe do gornje mrtve točke (GMT) dolazi do pojave stvaranja dušikovih oksida, motor radi bučnije, te dolazi do povećane potrošnje goriva. Ukoliko se ubrizgavanje vrši kada klip prođe GMT riskira se nepotpuno izgaranje goriva, a time se povećava stvaranje čađe i ugljikovodika.

Kako se tijekom godina povećavala svijest o zagađenju zraka tako se proizvođačima automobila pod sve većim pritiscima o dozvoljenim emisijama ispušnih plinova regulacija ubrizgavanja goriva prebacila sa tradicionalne mehaničke na elektroničku regulaciju.

EDC (eng. Electronic Diesel Control) regulacija ubrizgavanja goriva omogućila je preciznije ubrizgavanje goriva pod točno određenim uvjetima i režimima rada motora te na taj način između ostaloga omogućila smanjenje štetnih tvari na količine propisane odredbama, smanjenje potrošnje goriva, kao i tiši rada motora.

*Common Rail* sustav ubrizgavanja goriva predstavlja inovaciju ubrizgavanja goriva posljednjih godina. Cijeli sustav je elektronski reguliran te upravo na taj način pruža optimalno ubrizgavanje goriva u prostor za izgaranje. Konstrukciju *Common Rail* sustava i osnovne dijelove čine (Vadjon (ur.), 2012.):

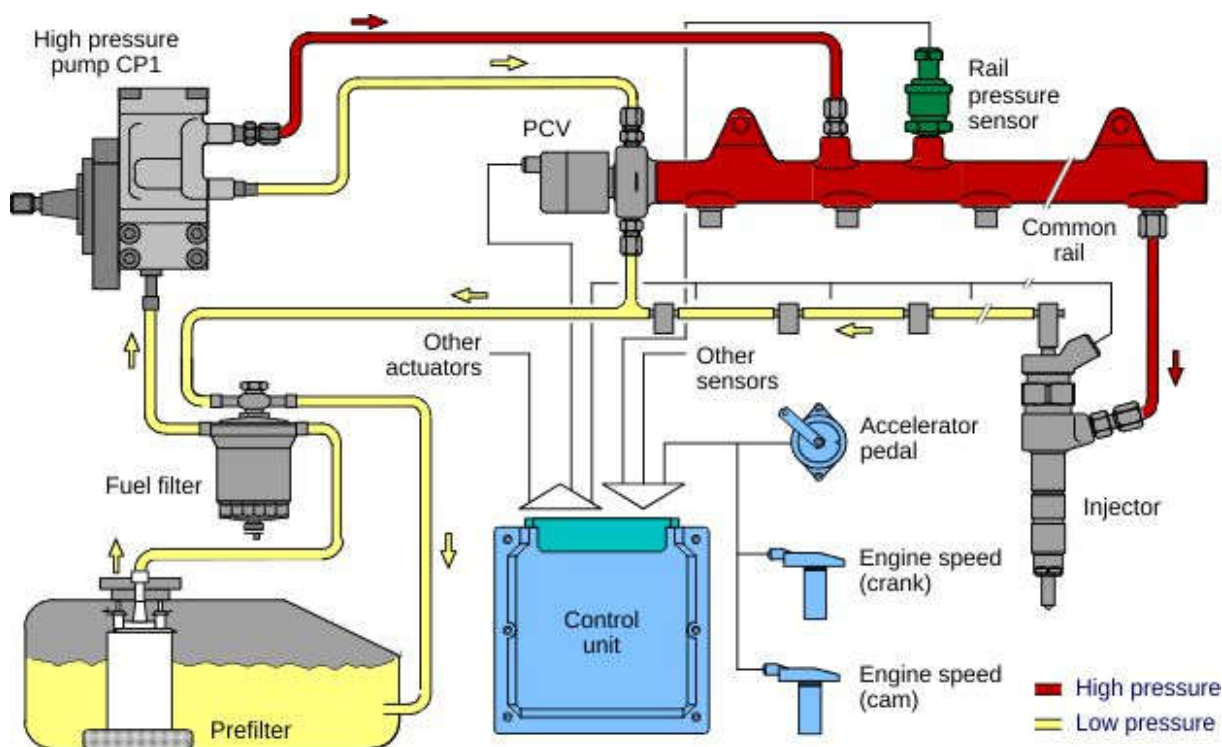
- „niskoltačni krug – čine ga krug dobavnog tlaka, krug pred – dobave i povrat goriva. Osnovni dijelovi su spremnik goriva, predgrijavanje goriva, dobavna pumpa, filter goriva, elektronički isklonni ventil i hladnjak;
- visokoltačni krug – visokotlačna pumpa i visokotlačne cijevi, Rail i brizgaljke na svakom cilindru;
- elektronika – upravljački sklop, senzori, magnetski ventil brizgaljki, isklonni ventil i senzor tlaka.“

Princip rada ovog sustava je taj što je stvaranje tlaka i ubrizgavanje goriva odvojeno. Pomoću niskotlačne pumpe gorivo se dovodi iz spremnika u visokoltačnu pumpu, koja usmjerava gorivo u zajednički vod, iz zajedničkog voda se gorivo optimalno raspoređuje u svaku brizgaljku, a potom i cilindre gdje se odvija proces izgaranja goriva i zraka. *Common Rail* sustav sve se više koristi u modernim dizelskim automobilima zbog niza prednosti koje osigurava u odnosu na standardne sustave ubrizgavanja goriva. Prema knjizi Tehnika motornih vozila prednosti koje osigurava ovakav sustav ubrizgavanja su:

- skraćuje se vrijeme paljenja,
- u prostoru za izgaranje omogućuje se meko izgaranje smjese goriva i zraka,
- smanjuju se štetni produkti izgaranja,
- smanjuje se potrošnja goriva,
- manja buka.

Primjena ovog sustava osigurava ubrizgavanje pod stalnim tlakom, koji ne ovisi o brzini vrtnje motora, što kod drugih sustava ubrizgavanja nije slučaj. Kako se ubrizgavanjem regulira elektronskim putem, tako je za razliku od mehaničkih rješenja ovo mnogo učinkovitija, jeftinija i jednostavnije izvedbe. (Zavada, 2000.)

Shema 1. Common Rail sustav



Izvor: [https://www.dieselnet.com/tech/diesel\\_fi\\_common-rail\\_control.php](https://www.dieselnet.com/tech/diesel_fi_common-rail_control.php), (15. 04. 2017)

Još jedan elektronski reguliran sustav ubrizgavanja predstavlja sustav pumpa – brizgaljka koja omogućuje stvaranje visokih tlakova, do 2.050 bara, što ju čini pogodnom za gospodarska vozila i automobile visoke snage. Ono što je specifično kod sustava pumpa – brizgaljka je što se ugrađuje u glavu cilindra. Klip se pogoni direktno preko klackalice ili ekscentra postavljenom na bregastom vratilu.

Dodatna karakteristika ovoga sustava ubrizgavanja je ta, da se koristi proces predubrizgavanja kao i proces glavnog ubrizgavanja. Predubrizgavanje se vrši ubrizgavanjem manje količine goriva i pod niskim tlakom te se na taj način pospešuje meko izgaranje, kao i smanjenje emisije štetnih tvari nastalih pri tom postupku. Glavno ubrizgavanje slijedi nakon porasta tlaka. U tom trenutku se ubrizgava glavnina goriva pod visokim tlakom u obliku fine magle kako bih se omogućilo optimalno izgaranje.

Prema navodima iz knjige Tehnika motornih vozila prednosti ubrizgavanja goriva ovim sustavom su:

- manje štetnih tvari,
- manji specifični utrošak goriva,
- moguće predubrizgavanje i isključivanje pojedinih cilindara.

Značajan faktor ubrizgavanja goriva predstavljaju i brizgaljke koje vrše raspršivanje goriva u prostor za izgaranje omogućivši tako stvaranje optimalne smjese goriva i zraka. Niz je faktora kojih se u tom slučaju trebaju biti u potpunosti ostvareni, poput optimalne količine ubrizganog goriva, trenutka ubrizgavanja, te oblik koji mlaz u tome trenutku treba formirati kao i kut pod kojim se ubrizgavanje vrši. Brizgaljke se razlikuju u dva osnovna tipa i to s izdankom ili provrtom.

Brizgaljke utječu na (Vadjon (ur.), 2012.):

- rad motora,
- proces izgaranja,
- buku motora, posebice u praznom hodu,
- emisiju štetnih tvari.

### **5.1.2. Nabijanje motora**

Sustavom nabijanja motora omogućuje kompresiju usisnog zraka koji u prostor za izgaranje ulazi preko usisnog ventila pod visokim tlakom, kako bi na taj način pospješilo izgaranje veće količine goriva. Na taj način nasuprot atmosferskim motorima omogućuje se: povećanje snage, manje emisije štetnih tvari, smanjenje specifične potrošnje goriva, te povećanje efektivne korisnosti. Osnovna podjela sustava nabijanja motora su dinamičko i vanjsko. (Vadjon (ur.), 2012.)

Za komprimiranje svježeg zraka u prostor za izgaranje koristi se turbopunjač koji se u osnovi sastoji od kompresijskog i turbinskog kola. Uloga turbinskog kola je da pomoću ispušnih plinova omogući pogon kompresijskog kola koji usisani zrak komprimira i predaje cilindrima. Prilikom tlačenja zraka temperatura zraka se povisi te je potrebno hlađenje kojim

bi se omogućilo povećanje gustoće zraka, a time se postiže veća količina ubrizganog goriva, kao i povećanje snage motora.

Moguće probleme ovoga sustava kod dizelskih motora predstavljaju tlakovi prilikom izgaranja koji ukoliko su previsoki mogu dovesti do prevelikog mehaničkog naprezanja čime bih se dovelo do eventualnog kvara motora.

### **5.1.3. Povrat ispušnih plinova (EGR)**

Povrat ispušnih plinova predstavlja važnu ulogu za smanjenje štetnih tvari i spojeva nastalih u prostoru za izgaranje. Recirkulacija dijela ispušnih plinova motora omogućuje smanjenje emisije štetnih tvari ponovnim izgaranjem, a posebice  $\text{NO}_x$ , na način da se ispušni plinovi miješaju sa zrakom te ponovno ulaze u prostor izgaranja, čime se gubi neznatan dio snage vozila. (Filipović, 90. str.)

Da bi ovakav sustav radio što bolje potrebna je optimalna zagrijanost motora, jer prilikom paljenja hladnog motora moguća sa manja podrhtavanja. EGR sustav kao relativno novija tehnologija koja se primjenjuje kako na dizelskim tako i na Otto–motorima ponajviše je plod sve većih regulacija štetnih ispušnih plinova. Bitan dio ove tehnologije predstavlja EGR ventil kojemu je najučestaliji problem kod dizelskih motora predstavlja začepljenje čađom, dok je takav kvar kod Otto–motora značajno manji.

Ono što najčešće dovodi do začepjenja EGR ventila kod dizelskih motora je: vožnja na kratkim relacijama, učestalo paljenje i gašenje vozila, previše ulja u uljnome koritu, upotreba pogrešnog ulja i slično. Uklanjanjem ventila vozilo više neće pokazivati jednake vrijednosti po pitanju emisije štetnih ispušnih plinova.

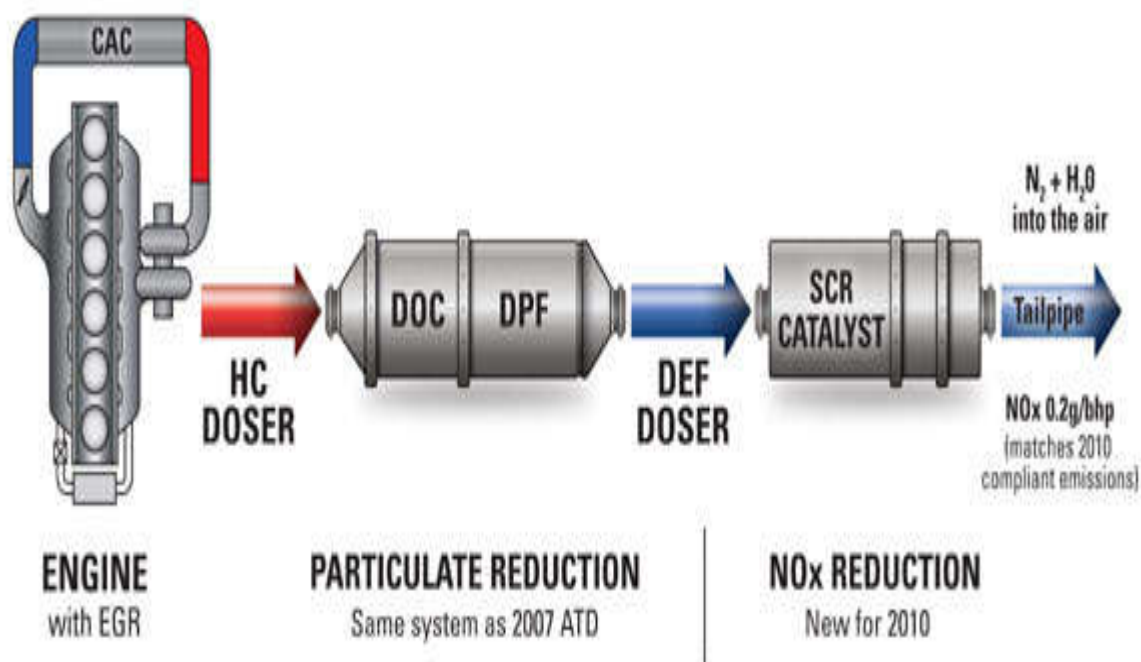
## **5.2. Mjere izvan motora**

Mjere izvan motora najčešće uključuju smanjenje štetnih tvari putem pročišćavanja ispušnih plinova nastali radom motora. Takvo pročišćavanje ispušnih plinova vrši se pomoću kemijskih reakcija, ali i pročišćavanjem čestica koje se nalaze u ispušnim plinovima kao produkt nepotpunog sagorijevanja goriva u cilindrima motora.

Kemijske reakcije koje uključuju smanjivanje štetnih plinova u sebi sadrže termičke i katalitičke reakcije. Cilj termičkih reakcija je pomoću visoke temperature ispušnih plinova ukloniti štetne produkte ugljik (II) oksida i ugljikovodika. Kako dizelski motori ne postižu tako visoke temperature tijekom svoga rada najčešće se primjenjuju katalitičke reakcije koje se po izvedbi razlikuju na (Golubić, 1999. str 60.):

- „...selektivna nekatalitička redukcija,
- selektivna katalitička redukcija,
- neselektivna katalitička redukcija,
- DENOX – katalizator,
- oksidacijski katalizator.“

Shema 2. Prikaz ispušnog sustava



Izvor: <http://www.factsaboutscr.com/scr/>, (17.04.2017)



### 5.2.1. Katalizatori

Katalizatori u današnje vrijeme predstavljaju osnovu svakog ispušnog sustava motornog vozila, bilo da se radi o dizelskim ili Otto–motorima. Kako motorna vozila uzrokuju onečišćenja svojim radom te sve strožim ekološkim kriterijima koji su postavljeni pred proizvođače motornih vozila, uvođenjem katalizatora i njihovim ispravnim radom smanjenje onečišćenja je i omogućeno te zadržano unutar dozvoljenih vrijednosti. Osnovne dijelove katalizatora čine (Vadjon (ur.), 2012.):

- metalni ili keramički nosač,
- međusloj, te
- katalitički sloj.

U odnosu na keramičke nosače katalizatora, metalni su kvalitetniji po toplinskoj otpornosti, otpornosti na fizičke udarce, krećem vremenu zagrijavanja na radnu temperaturu, itd. tako je njihova primjena učestalija na vozilima sa većom snagom motora, kako bi se veće opterećenje podnijelo bez eventualnih kvarova i oštećenja.

Najčešće primjenjivani katalizator kod Otto–motora je katalizator trostrukog djelovanja koji obavlja tri procesa redukcije dušikovih oksida i oksidacije ugljik (II) oksida i ugljikovodika. Međutim kako takav katalizator nije primjenjiv i na dizelskim motorima zbog temperaturne razlike rada motora, ali i zbog razlike u sastavu ispušnih plinova najčešće se primjenjuju:

- oksidacijski i
- DENOX katalizatori

Prema knjizi Tehnika motornih vozila oksidacijski katalizator primjenjuje se na dizelskim vozilima kao jedno od rješenja kojim se uz pomoć katalitičke reakcije omogućuje smanjenje, odnosno pretvorba ugljikovodika i ugljik (II) oksida u spojeve kao što su voda i ugljikov (IV) oksid uz smanjenje čestica. Da bi došlo do reakcije kojom bi se postiglo uspješno smanjenje štetnih produkata, naročito HC i CO potrebna je postići određenu temperaturu katalizatora kojom bi se to i omogućilo. Upravo iz tog razloga oksidacijski katalizator najbliži je motoru iz razloga što bržeg postizanja odgovarajuće temperature, a time i početka katalitičke reakcije.

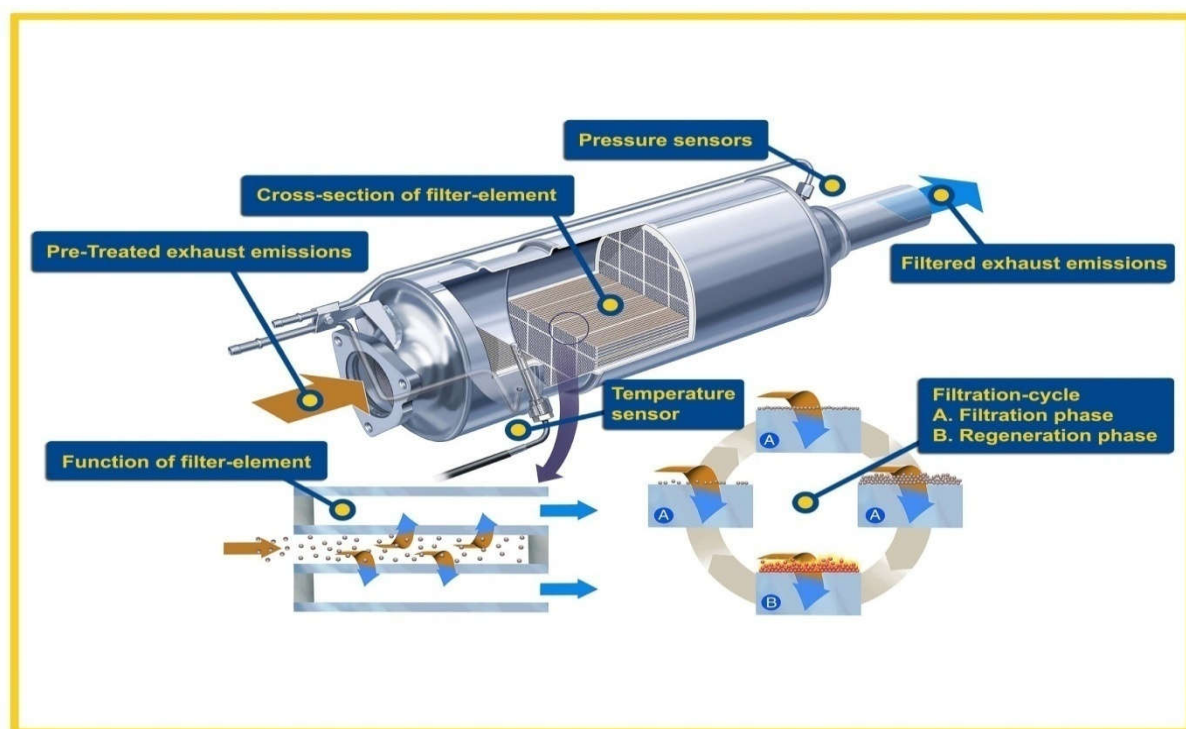
DENOX katalizatori upotrebljavaju se u dizelskim motorima s ciljem smanjenja  $\text{NO}_x$  u ispušnim plinovima od kud dobiva i naziv „de  $\text{NO}_x$ “. Postupak uklanjanja  $\text{NO}_x$  iz ispušnih plinova ovim katalizatorima vrši se pomoću dva principa (<http://autoportal.hr>, 20. 04. 2017.):

- Selektivnom nekatalitičkom redukcijom (SNCR) i
- Selektivnom katalitičkom redukcijom (SCR).

### 5.2.2. Pročistač čestica

Pročistač čestica, DPF (eng. diesel particulate filter) je namijenjen dizelskim motorima, a u proizvodnji automobila obavezan je od 2009. godine uvođenjem EURO 5 norme, međutim neki proizvođači automobila koristili su ga i ranije. Osnovna funkcija pročistača čestica je ta da u sebi zadrži čestice PM nastale izgaranjem goriva u motoru, a koje bi u suprotnom bile emitirane u zrak. (<https://www.silux.hr>, 20. 04. 2017)

Shema 2. Pročistač čestica



Izvor: [http://www.autoportal.hr/clanak/pogresni\\_izrazi\\_26\\_dpfilter\\_](http://www.autoportal.hr/clanak/pogresni_izrazi_26_dpfilter_), (20. 04. 2017.)

Pročistač čestica zamišljen je da traje jednako dugo koliko i vozilo na kojem je postavljen, ali su mogući i određeni problemi u radu. Najčešći problem koji se događa, predstavlja upravo njegovo začepljenje odnosno prevelika koncentracija čađi unutar samog pročistača. Najčešći uzrok začepljenja predstavljaju vožnje automobilom na kratkim relacijama odnosno vožnja u gradu sa čestim paljenjem i gašenjem pri čemu se temperatura motora i ispušnih plinova ne podigne na dovoljnu razinu koja bi osigurala efektivno uklanjanje čestica.

Problemi začepljenja rješavaju se na nekoliko načina i to regeneracijom ili zamjenom u ovlaštenom servisu. Regeneracija se dijeli na aktivnu i pasivnu. Pasivna regeneracija odvija se u trenutku vožnje automobila kada temperatura dosegne određenu vrijednost. Sva vozila nisu uvijek u mogućnosti postići takve uvijete, te je iz tog razloga primjenjiva i aktivna regeneracija. Prilikom aktivne regeneracija ključnu ulogu obavlja kontrolna jedinica motora (ECU) koja kada detektira začepljenost DPF-a iznad 45% započinje proces ubrizgavanja kako bi se radna temperatura u ispušnom sustavu podigla te započeo postupak regeneracije. Postupak se odvija u stabilnim uvjetima vožnje, kada se vozi stalno brzinom bez prevelikih oscilacija. Ako se zapusti briga o DPF sustavu, začepljenost može doseći razinu iznad 75% te tako dovesti i do eventualnog kvara motora. Cijena zamjene je izuzetno velika te može doseći polovinu cijene automobila. (<https://www.silux.hr>, 20. 04. 2017.)

Ukoliko se želi samostalno obaviti postupak regeneracije potrebno je voditi računa o sljedećem:

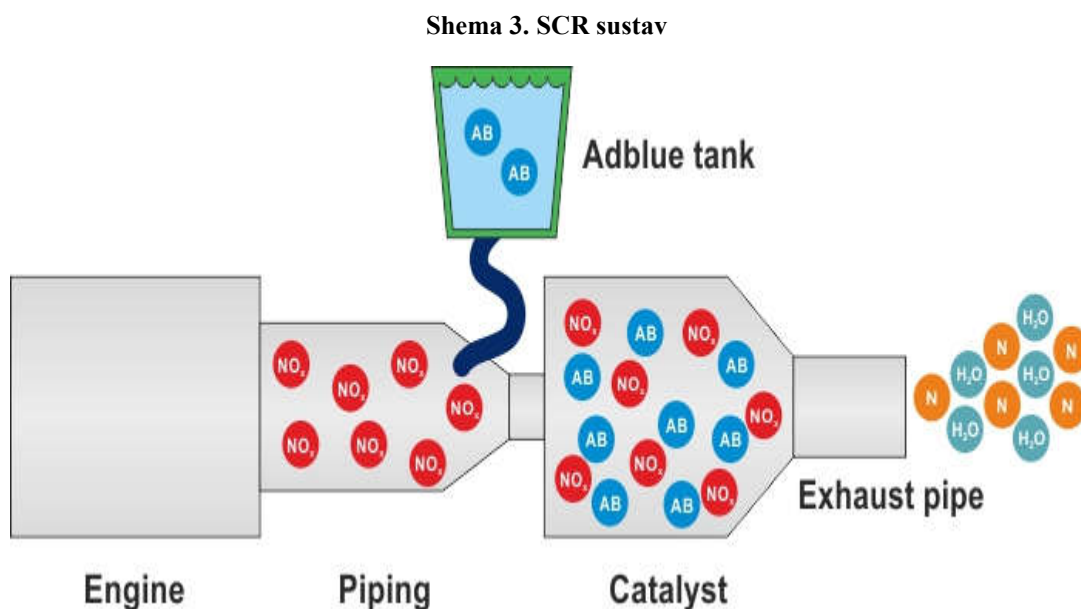
- kretanje brzinom od 60 km/h,
- između 20 i 30 minuta,
- broj okretaja motora ne manji od 3000 u minuti.

### **5.2.3. Selektivna katalitička redukcija (SCR)**

Porastom potrebe za smanjenjem štetnih emisija nastali izgaranjem fosilnih goriva motora s unutarnjim izgaranjem (MSUI) te sve većim pritiskom koje vrše institucije nadležne za smanjenje onečišćenje zraka, zahtijevala se primjena učinkovitijih tehnologija. Jedna od tih tehnologija koja bi trebala omogućiti smanjenje emisije NO<sub>x</sub> predstavlja tehnologija

selektivne katalitičke redukcije. Implementacija takve tehnologije u sve automobile i teretna motorna vozila novije proizvodnje osigurano je mjerama nametnutim autoindustriji, posebice EURO 6 normom.

Koliko je ova tehnologija zapravo efikasna govori podatak da kako korištenjem SCR omogućuje reduciranje  $\text{NO}_x$  za čak 90%. Osim primarne zadaće koju ova tehnologija izvršava što je reduciranje opasnih sastojaka, isto tako omogućava uštedu goriva od 3 do 5%. Princip po kojem SCR sustav funkcionira je taj da dodavanjem otopine uree u ispušne plinove omogući reakciju kojom se štetni dušikovi oksidi  $\text{NO}_x$  pretvaraju u dušik N, vodu  $\text{H}_2\text{O}$  te male iznose ugljikova dioksida  $\text{CO}_2$ .



Izvor: <http://www.def4you.co.nz/what-is-scr.html> (23 . 04. 2017.)

Adblue je aditiv koji se dodaje u ispušni sustav dizelskog motora, a predstavlja 32,5%-tnu otopinu uree u demineraliziranoj vodi. Aditiv se ubrizgava u SCR katalizator kako bi potaknuo kemijsku reakciju. Spremnik s AdBlue aditivom nalazi se odvojen od spremnika s gorivom te s njim nipošto ne miješa. (<http://www.ina-maziva.hr>, 25.04.2017.)

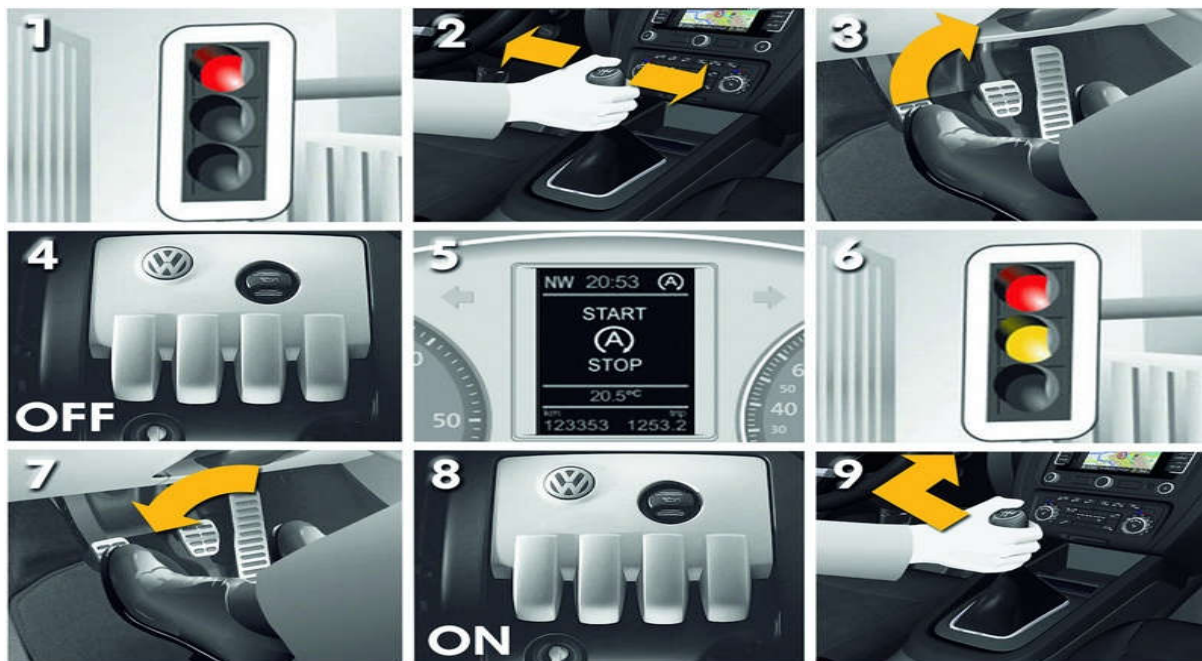
Kako je SCR tehnologija svoju primjenu našla u teškim motornim vozilima, autobusima i drugim većim dizelski pokretanim vozilima od osobnih automobila te pokazavši se uspješna, sve više europske automobilske industrije počinje ju primjenjivati i na svojim vozilima. Neki od njih su Volkswagen i PSE grupa, koji posjeduju najveći udio proizvodnje i prodaje osobnih automobila na području Europe.

Prije uvođenja SCR sustava, regulaciju NO<sub>x</sub> u dizelskim motorima bilo je teže regulirati, odnosno koristio se sustav povrata ispušnih plinova EGR. Danas ovisno o proizvođaču vozila pokretanih dizelskim motorom koristi se obe navedene tehnologije kako bi se što efikasnije izvršio proces smanjenje NO<sub>x</sub> u atmosferu. Uvođenjem SCR tehnologije postupno se povećala cijena vozila koji ju posjeduju, međutim opada potrošnja goriva pa dugoročno predstavlja isplativost, a posebice s aspekta zaštite i očuvanja kvalitete zraka.

#### 5.2.4. Start–stop sustav

Start–stop sustav posljednjih godina se vrlo efikasno implementirao u auto industriju počevši kao sustav koji se u počecima ugrađivao u vozila na hibridni pogon kako bi smanjio potrošnju goriva i baterije. Razvoj ovoga sustava započinje još sedamdesetih godina prošloga stoljeća kada je Toyota na svoja električna vozila ugradila ovakav sustav koji bi se aktivirao kada je vozilo mirovalo 1,5 sekundi. Ubrzo nakon toga svjetski proizvođači automobila privajaju ovo tehnologiju i implementiraju u svoja vozila koja se pokreću izgaranjem fosilnih goriva.

Slika 3. Start-stop sustav



Izvor: <http://www.sestabrzina.com/2010/10/27/kako-radi-start-stop-sustav-objasnjeno-na-primjeru-vw-jette/>,

(25.04.2017)

Start–stop sustav djeluje na način kada se vozilo u potpunosti zaustavi, primjerice kada je upaljeno crveno svjetlo na semaforu te vozač pomoću mjenjača izbací vozilo iz brzine i otpusti papučicu spojke do kraja. U trenutku kada je vozač otpustio papučicu spojke automobil se gasi. Kada se na semaforu upali žuto svjetlo vozač pritišće papučicu spojke te se na taj način motor pali. Ubacivanjem mjenjača u prvi stupanj prijenosa vozač može nastaviti vožnju.

Kako su vodeći svjetski proizvođači preuzeli ovaj sustav od Toyote tako su ga i unaprjeđivali. Tako se danas automobili ne gase u potpunosti, već zbog uporabe baterije automobila sva elektronika i dalje ostaje aktivna. Prema statistikama vozila u prosjeku godišnje prelaze oko 11.500 kilometara, a ukoliko bi svako vozilo koristilo ovakav sustav na godišnjoj razini bi se smanjila emitiranje štetnih plinova u atmosferu za 30.000 tona u zemlji poput Njemačke.

Može se reći kako većina suvremenih start–stop uređaja rade po principu Boschevog sustava koji zauzima veliki sektor autoindustrije pa je sve više tražen od proizvođača automobila. Uporabom ovog sustava korisnici imaju velike koristi time što je ušteda goriva sve veća, a emisija štetnih plinova sve manja. (<https://www.silux.hr>, 27.04. 2017)

Tvrtka Bosch očekuje u budućnosti da će ovakav sustav biti dio standardne opreme svakog automobila. Start–stop sustav tvrtke Bosch i dalje se unaprjeđuju pa novost predstavlja izvedenica start–stop sustav na inerciju koji bi vozilo gasio kada god se ne koristi motor, primjerice spuštanjem vozilom niz nizbrdicu, a u onome trenutku kada bi vozač dotaknu papučicu gasa ili kočnice motor bi se ponovno pokrenuo. ( <http://www.bosch.hr>, 27.04.2017)

## **6. DRUGE MJERE SMANJENJA ŠTETNIH TVARI**

Kako su zahtjevi za što većom zaštitom okoliša postali sve aktualniji, tako se uvidjelo da nafta i naftni derivati postaju neodrživi s aspekta količine i zagađenja pošto se radi o neobnovljivim izvorima energije. Vođeni tim saznanjima sve se više počinju istraživati alternativna goriva kao nadomjestak tradicionalnim, dobivenim preradom nafte, a s ciljem još efikasnijeg smanjenja emisije štetnih plinova i zaštitom prirode i okoliša. Osim primjene alternativnih goriva koja smanjuju emisije štetnih tvari i pogona koji bi omogućili vožnju sa nultom emisijom potrebno je vršiti edukaciju trenutnih i budućih vozača te ih usmjeriti kako i na koji način voziti ekološki prihvatljivo i uz što manje troškove.

### **6.1. Alternativni pogoni**

Alternativni pogoni motornih vozila predstavljaju budućnost autoindustrije, osnovni razlog tome je ograničenost i štetnost dosada najupotrebljivijih benzinskih i dizelskih goriva koji dokazano štetno djeluju svojim radom. Kao alternativa tradicionalnim motornim gorivima razvoj se sve više usmjerava k motorima pokretanim na (Vadjon (ur.), 2012.):

- zemni plin,
- biogoriva,
- alkohol,
- vodik,
- električnu energiju koja se može kombinirati sa benzinskim i dizelskim gorivom ili djelovati samostalno.

#### **6.1.1. Zemni plin**

Zemni plin se sve više upotrebljava kao pogonsko gorivo motornih vozila iz razloga manjeg onečišćenja zraka, ali i cijene. Ono što karakterizira primjenu zemnog plina je to da je vrlo sličan benzinu te je prilagodba Otto–motora mnogo jednostavnija, a time i jeftinija nego

prilagodba dizelskih na takvu vrstu energije. Upotreba zemnog plina najčešće je kao ukapljeni UNP ili stlačeni SPP. Prednosti korištenja zemnog plina su (Golubić, 1999.):

- ekonomska prihvatljivost,
- raspoloživost,
- manja težina od zraka,
- temperatura zapaljivosti,
- manje emisije štetnih tvari, posebice CO i SO<sub>4</sub>,
- ne šteti zdravlju

### 6.1.2. Biogoriva

Biogoriva predstavljaju još jedno zamjensko gorivo tradicionalnomu, nastaju kao plod prerade životinja i biljaka, te njihovih produkata, ali i iz otpada korištenih u poljoprivredi i industriji. Upotreba biogoriva značajno utječe na smanjenje emisije štetnih tvari, a posebice CO<sub>2</sub> čime se postiže manji utjecaj na stvaranje učinka staklenika. Razlikuju se tri generacije proizvodnje biogoriva i to ([www.eko.zagreb.hr](http://www.eko.zagreb.hr), 28.04.2017):

- Prva generacija – nastaje od životinja i biljaka.
- Druga generacija – nastaje preradom otpada ponajviše šumskog i poljoprivrednog.
- Treća generacija – nastaje preradom algi. Kako bi se što više smanjila sječa šuma i iskorištavanja zemljišta u svrhu proizvodnje biogoriva, alge su se pokazale kako mogu proizvesti više potrebne energije od žitarica poput soje i do 30 puta.

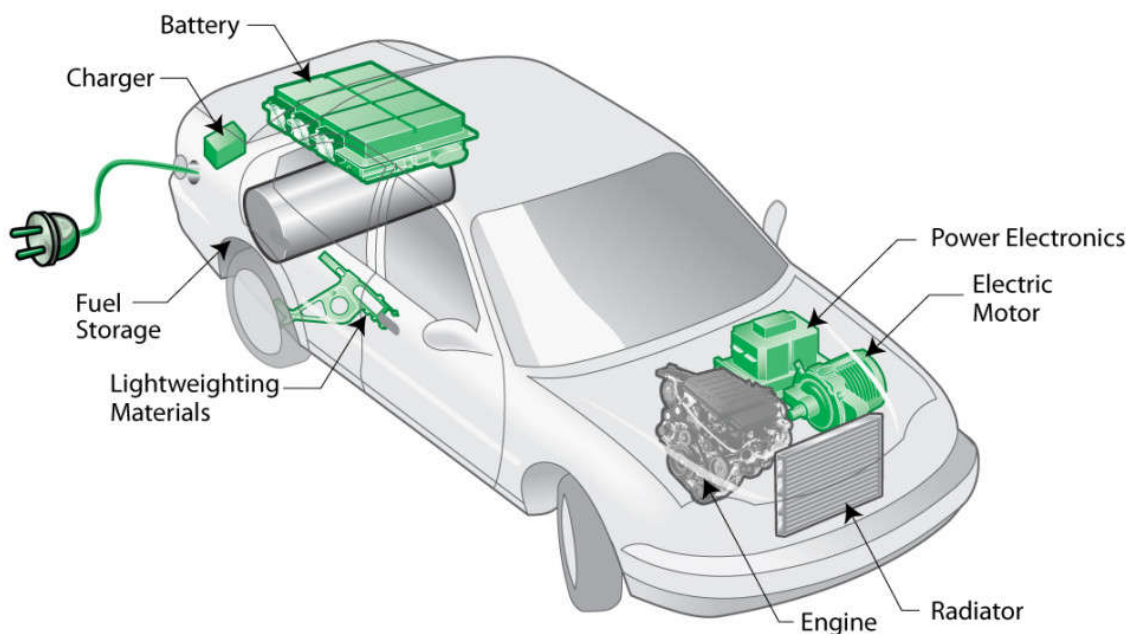
Najučestalije biogorivo je biodizel koji se može koristiti u dizelskim motorima uz neznatne preinake. Prednosti biodizela u odnosu na klasični dizel dobiven preradom nafte ponajviše se očituju ukoliko se promatraju s ekološkog aspekta i to smanjenjem čestica, ugljikovodika i ugljik (IV) oksida. Potencijalni problem nastaje prilikom snižavanja temperature zraka čime se povećava viskoznost biodizela, a time se onemogućuje postupak dobave i ubrizgavanja goriva. Još jedan od problema vezan je za nastanak biogoriva, točnije zemljišta koja su potrebna da bi se žitarice uzgojile i iz njih preradom dobilo gorivo, jer je neminovno krčenje šuma s ciljem zadovoljenja potražnje. (Stojanović, 2013)



### 6.1.3. Hibridna i električna vozila

Pod nazivom hibridna vozila podrazumijeva se vozilo koje za pogon koristi više od jednog izvora, najčešću kombinaciju čine motori s unutarnjim sagorijevanjem (Otto ili dizel) i elektromotori. Ono što se hibridnom vozilima pokušava postići je da se iskoristi najbolje od oba pogona. Elektromotor se najčešće koristi pri vožnji na kraćim relacijama ne emitirajući tako štetne tvari u okoliš i stvarajući manju buku, dok se motor s unutrašnjim izgaranjem uključuje prilikom agresivnije vožnje, većim opterećenjem, duljim relacijama. (Vadjon (ur.), 2012.)

Shema 4. Prikaz hibridnog automobila



Izvor: <http://blog.juicedhybrid.com/tag/lead-acid-battery/> (29. 04. 2017.)

Kako se u hibridnim automobilima najčešće koristi električna energija kao dodatni izvor snage ili čak kao samostalni pogon na dijelu puta, tako se sve većim razvojem posljednjih godina električna energija primjenjuje kao jedini izvor energije potreban za pokretanje automobila.

Karakterističnost automobila na električni pogon predstavlja elektromotor koji pri svome radu prije svega ne emitira štetne tvari u okoliš, te je tiši što je s ekološkog aspekta

gledanja značajna razlika u odnosu na konvencionalna goriva. Razlika elektromotora i konvencionalnih motora sa unutrašnjim izgaranjem ogleda se i u ukupnoj korisnosti s kojom električna vozila ostvaruju manju potrebu za pogonskom energijom i njenom proizvodnjom. (Vadjon (ur.), 2012.)

Međutim, problemi nastaju sa pohranom i stvaranjem energije. Baterije koje se koriste za spremanje električne energije izrazito su skupe te podrška infrastrukture za punjenje baterija nije na razini kao za konvencionalna goriva. Osnovni nedostaci električnih vozila također su: cijena, težina vozila, limitiranost kretanja.

Ministarstvo zaštite okoliša i prirode kao i Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost pokrenuli su projekt pod nazivom „Vozimo ekonomično“ 2014. godine koji je za cilj imao sufinanciranje vozila na električni ili hibridni pogon, osiguravši tako građanima i tvrtkama pomoć pri kupnji takvih vozila. Novčani iznos poticaja ovisio je o vrsti vozila koje se kupuje pa je tako za električna vozila dosežao i do 70.000 kuna. (<http://www.fzoeu.hr>, 01. 05. 2017.)

#### **6.1.4. Vodik kao pogonsko gorivo**

Najozbiljnije gorivo budućnosti predstavlja vodik koji je obnovljiv, a dobiva se iz vode elektrolizom. Ono što vodik karakterizira kao najbolje gorivo budućnosti je to što se njegovim korištenjem gotovo ne stvaraju nikakve štetne tvari koje bi mogle utjecati na okoliš. Proizvodnja vodika vrlo je raznovrsna, ali najbolja je solucija stvaranja pomoću obnovljivih izvora energije poput svjetlosne, vjetra, plime, oseke, itd. čime se osigurava trajna ekološka održivost. (Golubić, 1999.)

Goriva ćelija predstavlja uređaj koji uz pomoć elektrokemijske reakcije proizvodi električnu struju potrebnu za rad elektromotora. Za rad gorivih ćelija i produkciju električne struje kao gorivo koristi se vodik koji reagira s kisikovim molekulama, pri čemu u vanjskom strujnom krugu nastaje električna struja. Kako bi se postigla dovoljna količina električne energije za pogon automobila gorive se ćelije spajaju u seriju prema točno određenoj količini. Sam postupak dobivanja vodika može biti izveden unutar ili izvan vozila. (Vadjon (ur.), 2012.)

Kako bi se vodik implementirao kao gorivo koje se koristi u konvencionalnim motorima potrebne su određene preinake koje je jednostavnije provesti na Otto nego na dizelskim motorima iz razloga vrlo niskog cetanskog broja. Da bi vodik postao sveprisutno gorivo u autoindustriji potrebno je provoditi i daljnja usavršavanja na tehničkoj razini rješavajući probleme poput skladištenja i povećanja ekonomičnosti proizvodnje.

## **6.2. Eko vožnja**

S porastom broja vozila na globalnom tržištu sve više javlja i potreba za pravovremenom edukacijom vozača, a posebice instruktora vožnje i polaznika autoškola kako bi se razvila spoznaja o štetnim utjecajima ispušnih plinova iz motornih vozila. Osim s ekološkog aspekta, eko vožnjom nastoji se smanjiti i potrošnja goriva, a samim time i uštedu novčanih sredstava. Eko vožnju također se može promatrati s aspekata tehnike vožnje koja uključuje vožnju automobila u većem stupnju prijenosa sa što nižim brojem okretaja, vožnja što je moguće više stalnom brzinom bez naglih promjena ubrzanja i usporjenja, te vožnja u skladu sa prometnim propisima. Drugi aspekt eko vožnje usmjeren je k podizanju svijesti vozača o drugim sudionicima u prometu, te da se praćenjem savjeta o eko vožnji može ne samo uštedjeti, već očuvati i zaštititi okoliš. ([www.hak.hr](http://www.hak.hr), 03. 05. 2017)

Sve veći broj proizvođača automobila također nastoji implementirati određene programe u svoja vozila koja pokazuju trenutno stanje potrošnje goriva pa savjetuje vozače tijekom vožnje o načinima smanjenja. Jedan od takvih proizvođača je i grupacija Volkswagen, koja u automobile novije generacije ugrađuje tzv. „trenere“ koji vozačima tijekom vožnje savjetuju kako i na koji način mogu svoje vozilo voziti još učinkovitije i ekološki prihvatljivije.

Slika 4. Volkswagen eko trener



Izvor: <http://www.volkswagen.nl/over-volkswagen/technik/app-connect>, (04. 05. 2017.)

O važnosti ovako održivog načina vožnje govori podatak da je prema Pravilniku o osposobljavanju kandidata za vozača (NN 13/09) kao obvezni dio predstavlja „...učenje racionalne i ekonomične vožnje i razvijanje svijesti o potrebi očuvanja okoliša, zdravlja i života ljudi te čuvanju imovine i vrijednosti...“

„Pravila eko vožnje su ([www.fzoeu.hr](http://www.fzoeu.hr), 05. 05. 2017):

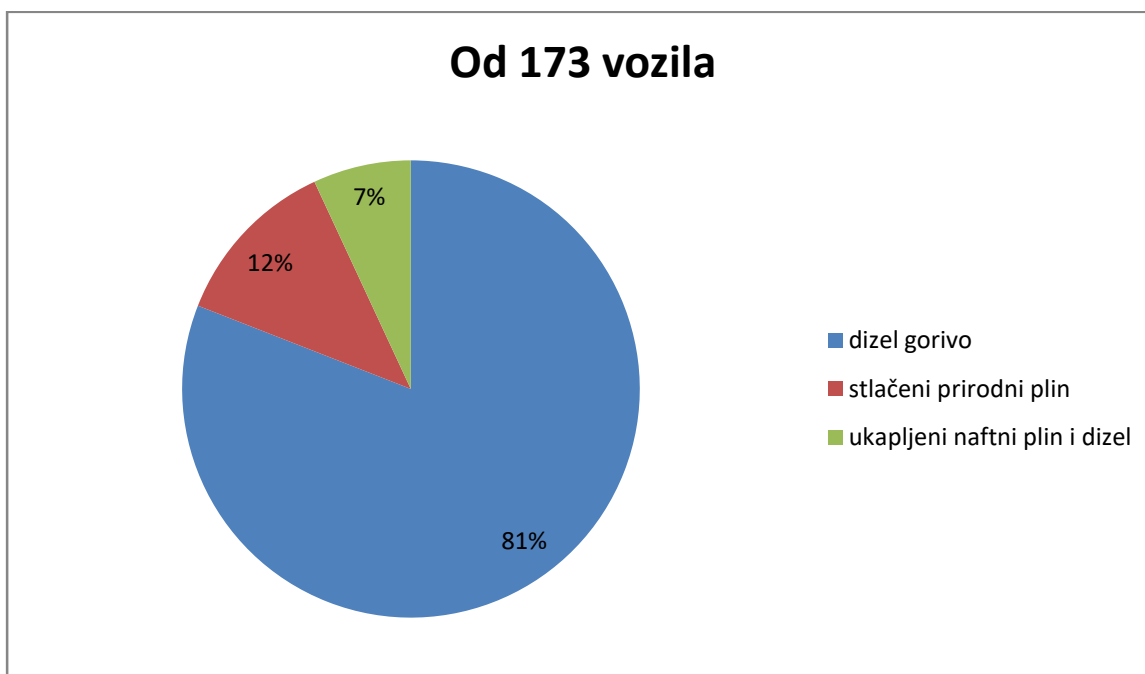
- što ranije prebacujete u višu brzinu i to između 2000 i 2500 rpm,
- održavajte konstantnu brzinu i vozite u maksimalnoj mogućoj brzini pri niskom broju okretaja,
- na vrijeme uočavajte prometne situacije te sukladno njima prilagođavajte vašu vožnju,
- kada trebate usporiti ili se zaustaviti, kočite ugladeno otpuštanjem papučice akceleratora na vrijeme te ostavljanjem motora u brzini
- redovito provjeravajte tlak u gumama jer se 25% nižim tlakom od nominalnog u pneumaticima povećava trenje kotrljanja za 10%, a samim time i potrošnja goriva za 2%“.

### 6.3. Primjer Komunalnog društva Autotrolej

Primjer sinergije alternativnih goriva i eko vožnje najbolje predstavlja KD Autotrolej. „KD Autotrolej d.o.o. Rijeka obavlja prijevoz na 51 liniji, povezujući 12 gradova i općina sa županijskim središtem (Grad Rijeka). Godišnje se preveze oko 45.000.000 putnika i ostvari preko 10.000.000 kilometara.“([www.autotrolej.hr](http://www.autotrolej.hr), 07. 05. 2017)

Prema viziji razvitka KD Autotrolej od 2014. do 2018. godine bitan element sačinjava zaštita okoliša kako bi se korisnicima svojih usluga, ali i drugih građana i mještana osiguralo što je moguće više ekološki održivu i zdraviju životnu sredinu. Kontinuiranim unaprjeđenjem svoji usluga na tehničkoj, tehnološkoj, ekonomskoj i ekološkoj razini javnog prijevoza putnika (JPP) nastoji se postići razina kvalitete u kojoj zajednički sudjeluju zaposlenici društva kao i korisnici usluga čime se stvara sinergija i povjerenje korisnika. Postizanjem povjerenja i kvalitetne razine usluga posljedično će pridonijeti smanjenju individualnog prometa, koji je izrazito nepovoljan s aspekata zagušenja i ekološke prihvatljivosti.

Grafikon 2. Struktura voznog parka KD Autotrolej



Izvor: izradio autor prema podacima KD Autotrolej (<https://www.autotrolej.hr/autotrolej/>, 07 . 05. 2017.)

Jedan od temeljnih ciljeva koje Autotrolej nastoji postići upravo je ekološka održivost slijedeći smjernice Akcijskog plana energetske održivosti – SEAP. Na temelju navedenog plana i uz ekološku osviještenost, KD Autotrolej kontinuirano razvija svoj vozni park te provodi edukaciju zaposlenika. S ciljem održivosti provode se i mjere kao što su ([www.autotrolej.hr](http://www.autotrolej.hr), 08. 05. 2017.):

- smanjenje emisija CO<sub>2</sub> javnog prijevoza,
- obuka vozača za eko vožnju,
- uvođenje hibridnih i električnih autobusa u javni gradski prijevoz,
- pregradnja autobusa sa pogona na dizel gorivo na pogon kombinacije dizel/UNP,
- nastavak uvođenja plinskih autobusa (SPP) u javni gradski prijevoz.

Dakako KD Autotrolej nastoji razviti i druga rješenja kojima bi se koja bi pridonijela ekološkoj održivosti, među kojima su:

- Implementacija Park & Ride sustava koji bi omogućio korisnicima usluge parkiranja automobila na perifernim dijelovima grada uz nižu cijenu parkiranja od cijene u središtu Grada, te u koju je uključena i vožnja javnim prijevozom.
- Učiniti biciklistički sustav dostupnim što većem broju potencijalnih korisnika, a s ciljem smanjenja zagušenja, koje ujedno i pridonosi smanjenju ispušnih plinova na lokalnoj razini.
- Razvoj inteligentnog transportnog sustava (ITS) uz koji se postiže optimalno funkcioniranje i upravljanje prometom te je od značajnog strateškog interesa, posebice u budućnosti. Primjenom ITS – a između ostalog osigurat će se bolja protočnost autobusa uz što manji broj zaustavljanja podižući tako razinu usluge na veću razinu.

## 7. ZAKLJUČAK

Cestovni promet je od svoga nastanka do danas omogućio izuzetno veliku povezanost ljudi, robe i informacija, što je izrazito doprinijelo stvaranju globalizacije. Međutim, kako se cestovni promet sve više razvijao došlo je i do stvaranja negativnih efekata, među kojima je definitivno jedan od najznačajniji ekološki. Izrazito veliki broj motornih vozila za rad motora koristi fosilna goriva, koja tijekom nepotpunog izgaranja u motoru stvaraju škodljive i neškodljive tvari i spojeve koji se emitiraju u atmosferu. Upravo te tvari koje nastaju radom motora pridonose onečišćenju zraka, a samim time i stvaranjem nezdrave životne sredine, uzrokujući pojave poput: učinka staklenika, smoga, kiselih kiša.

Zbog sve većeg širenja industrije, te porasta broja motornih vozila iz godine u godinu, uvidjelo se kako emisije štetnih tvari u atmosferu moraju biti regulirane. Jedan od najznačajniji dokumenata za ograničenje emisije štetnih tvari predstavlja Kyoto protokol potpisan u istoimenom gradu u Japanu. Vođeni primjerom Kyoto protokola, Europska Unija nastoji na području Europe ograničiti emisije štetnih tvari, posebno iz cestovnog prometa stvarajući EURO norme ( od 1 do 6 ) koja vozila moraju zadovoljiti.

Norme su najviše utjecale na dizelske motore koji su stvarali najveća onečišćenja zraka, posebice zbog čestica čađe koje nastaju kao produkt rada dizelskog motora. Iako su dizelski motori kroz povijest okarakterizirani kao vodeći zagađivači u cestovnom prometu danas je situacija znatno drugačija, a najveći problem stvaraju dizelska vozila koja ne zadovoljavaju posljednje norme, odnosno zabrinjavajući podatak je veliki udio starijih automobila na području Republike Hrvatske. Veći europski gradovi također nastoje ograničiti emisije štetnih tvari u užem centru grada stvarajući eko zone u kojima vozači s manjom emisijom štetnih tvari njihovih vozila plaćaju jeftinije vinjete.

Kako bi dizelska vozila funkcionirala na što optimalniji način uz što manje emisije štetnih tvari, potrebno je provesti tehničke mjere na, ali i izvan motora. Jedna od najvažnijih mjera koje je potrebno poduzeti na motora predstavlja sustav ubrizgavanja goriva. Pravilnim ubrizgavanjem omogućuje se stvaranje optimalne smjese goriva i zraka, čime se osigurava najbolje izgaranje sa što manje štetnih produkata. Najučestaliji sustav ubrizgavanja goriva današnjice je *Common Rail* sustav koji ubrizgavanje vrši pod stalnim tlakom neovisno o brzini vrtnje motora. Druge značajnije mjere unutar motora čini sustav nabijanja motora

pomoću zraka pod visokim tlakom te sustav povrata ispušnih plinova koji dio plinova nastalih radom motora miješa sa čistim zrakom, vraćajući ih nazad u motor radi boljeg i potpunijeg izgaranja.

Tehničke mjere izvan motora ponajviše se odnose na što bolje pročišćavanje ispušnih plinova nastalih radom motora, ali i rad motora samo onda kada je potreban, što omogućuje start–stop sustav. Pročišćavanje se vrši pomoću raznih kemijskih reakcija, kao i apsorpiranjem čestica unutar pročistača, da bi na kraju ispušnog sustava bilo što manje škodljivih tvari koje će se emitirati u atmosferu.

S ciljem što veće zaštite zraka iz područja cestovnog prometa sve više do izražaja dolaze alternativni pogoni i goriva, koja omogućuju značajno smanjenje emisije štetnih tvari u zrak, pa čak i nultu emisiju u konačnici. Bitan faktor predstavlja i edukacija sadašnjih i budućih vozača kako bi što više pridonijeli zaštiti Zemlje za buduće naraštaje. Najbolji primjer takve sinergije predstavlja Komunalno društvo Autotrolej iz Rijeke koje svoja vozila na fosilna goriva sve više marginalizira, a uvodi vozila na alternativne pogone kako bi svojim sugrađanima omogućili što kvalitetniju i zdraviju životnu sredinu.



(potpis studenta)



## LITERATURA

### Knjige

1. Baričević, H., Smojver, Ž. (2015). „Prilog primjeni SPP tehnologije u javnom prijevozu putnika“, Zbornik s međunarodnog simpozija, Internacionalni univerzitet, Novi Travnik.
2. Filipović, I. (2006). Motori i motorna vozila, Mašinski fakultet Univerziteta u Tuzli, Tuzla.
3. Golubić, J. (1999). Promet i okoliš, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb.
4. Springer, O. i D. (2008). Otrovani modrozeleni planet, Meridijani, Samobor.
5. Springer, O. (gl. ur.). (2001). Ekološki leksikon, Barbat, Zagreb
6. Vadjon, V. (ur.). (2012). Tehnika motornih vozila, Hrvatska obrtnička komora, Pučko otvoreno učilište, Zagreb.
7. Zavada, J. (2000). Prijevozna sredstva, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb.

### Internet

1. Čož-Rakovec, R., Hacmanjek, H., Teskeredžić, Z., Tomec, M., Teskeredžić, E., Šojat, V., Borovečki, D. (1995). KISELE KIŠE – PROBLEM DANAŠNJICE. *Croatian Journal of Fisheries : Ribarstvo*, 53(1), 25-42. Preuzeto s <http://hrcak.srce.hr/46264> (pristupljeno 23. 03. 2017.)
2. Dominis, Ž. (2006). POSLJEDICE STUPANJA NA SNAGU PROTOKOLA IZ KYOTA. *NAŠE MORE : znanstveno-stručni časopis za more i pomorstvo*, 53(3-4), 125-139. Preuzeto s <http://hrcak.srce.hr/8099> (pristupljeno: 08. 04. 2017.)
3. Grubišić, V. (1990). Ozon u atmosferi, polarne ozonske rupe i fotosmog. *Geofizika*, 7(1), 95-106. Preuzeto s <http://hrcak.srce.hr/20797> (pristupljeno: 23. 03. 2017.)
4. Jelavić, V. (voditelj). (2015). Stručne podloge za izradu strategije niskougljičnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje do 2030. s pogledom na 2050. godinu. Zelena knjiga. MZOIP, Zagreb., Dostupno na [http://www.mzoip.hr/doc/zelena\\_knjiga.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/zelena_knjiga.pdf) (pristupljeno: 08. 04. 2017)

5. Pašičko, R., Kajba, D., Domac, J. (2009). Konkurentnost šumske biomase u Hrvatskoj u uvjetima tržišta CO2 emisija. *Šumarski list*, 133(7-8), 425-438. Preuzeto s <http://hrcak.srce.hr/40470> (pristupljeno 23. 03. 2017.)
6. Stojanović, M. (2013). Uporaba biodizela kao pogonskog goriva u cestovnom prometu. *Pomorski zbornik*, 47-48(1.), 133-143. Preuzeto s <http://hrcak.srce.hr/120364> (pristupljeno: 01. 05. 2017.)
7. [http://autoportal.hr/clanak/denox\\_katalizatori\\_za\\_uklanjanje\\_dushikovih\\_oksida\\_iz\\_is\\_pushnih\\_plinova](http://autoportal.hr/clanak/denox_katalizatori_za_uklanjanje_dushikovih_oksida_iz_is_pushnih_plinova) (pristupljeno: 20. 04. 2017.)
8. <https://www.autotrolej.hr/autotrolej/> (pristupljeno: 07. 05. 2017.)
9. <https://www.autotrolej.hr/autotrolej/vizija-drustva/> (pristupljeno: 08. 05. 2017.)
10. <http://www.azo.hr/NovoIzvjescjeEEA> (pristupljeno: 08. 04. 2017.)
11. [http://www.bosch.hr/hr/hr/newsroom\\_10/news\\_10/news-detail-page\\_47552.php](http://www.bosch.hr/hr/hr/newsroom_10/news_10/news-detail-page_47552.php) (pristupljeno: 27. 04. 2017)
12. <https://www.eea.europa.eu/hr/themes/air/intro> (pristupljeno: 08. 04. 2017)
13. [www.eko.zagreb.hr](http://www.eko.zagreb.hr) (pristupljeno: 28. 04. 2017)
14. [http://www.fzoeu.hr/hr/energetska\\_ucinkovitost/cistiji\\_transport/sufinanciranje\\_nabave\\_elektricnih\\_i\\_hibridnih\\_vozila/](http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/cistiji_transport/sufinanciranje_nabave_elektricnih_i_hibridnih_vozila/) (pristupljeno: 01. 05. 2017.)
15. [http://www.fzoeu.hr/hr/energetska\\_ucinkovitost/cistiji\\_transport/eko\\_voznja/](http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/cistiji_transport/eko_voznja/) (pristupljeno: 05. 05. 2017.)
16. <http://www.hak.hr/ino/eko-zone/> (pristupljeno: 10. 04. 2017)
17. <http://www.hak.hr/sigurnost-u-prometu/projekti/ekologija/ekovoznja/> (pristupljeno: 03. 05. 2017.)
18. <http://www.ina-maziva.hr/hr/proizvod/adblue/101> (pristupljeno: 25. 04. 2017.)
19. <http://www.mzoip.hr/hr/okolis/zrak.html> (pristupljeno: 08. 04. 2017)
20. <https://www.silux.hr/motorsport-vijesti/44/kako-radi-start-stop-sistem> (pristupljeno: 27. 04. 2017.)
21. <https://www.silux.hr/motorsport-vijesti/51/sto-je-dpf-filter-i-cemu-sluzi> (pristupljeno: 20. 04. 2017.)

## Pravilnici

1. Pravilniku o osposobljavanju kandidata za vozača (NN 13/09)

## **POPIS SLIKA**

Slika 1. Smog u Mexico City .....	9
Slika 2. Ekološka zona u Njemačkoj .....	15
Slika 3. Start-stop sustav .....	27
Slika 4. Volkswagen eko trener .....	34

## **POPIS SHEMA**

Shema 1. Common Rail sustav .....	19
Shema 2. Pročistač čestica .....	24
Shema 3. SCR sustav .....	26
Shema 4. Prikaz hibridnog automobila .....	31

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. EURO norme za dizelske i Otto–motore .....	13
---	----

## **POPIS GRAFIKONA**

Grafikon 1. Starost automobila u Republici Hrvatskoj .....	14
Grafikon 2. Struktura voznog parka KD Autotrolej .....	35