

# Utjecaj cestovnog prometa na klimatske promjene i mjere zaštite

---

**Bakić, Domagoj**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*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:119:895908>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-20**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**DOMAGOJ BAKIĆ**

**UTJECAJ CESTOVNOG PROMETA NA KLIMATSKE PROMJENE I  
MJERE ZAŠTITE**

**ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 2020.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**  
**ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 29. ožujka 2019.

Zavod: **Zavod za prometno planiranje**  
Predmet: **Ekologija u prometu**

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 5140**

Pristupnik: **Domagoj Bakić (0135241978)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

**Zadatak: Utjecaj cestovnog prometa na klimatske promjene i mjere zaštite**

**Opis zadatka:**

U radu je potrebno prikazati utjecaj cestovnih motornih vozila na onečišćenje zraka. Objasniti utjecaj ugljičnog dioksida na klimatske promjene i objasniti Strategiju niskougljičnog razvoja EU i RH. Analizirati mjere smanjenja ugljičnog dioksida iz cestovnog prometa: prikazati razvoj novih motora s nižom potrošnjom goriva, eko vožnju, smanjenje težine vozila i primjenu najvažnijih alternativnih izvora energije. Navesti zakonsku regulativu glede emisija CO<sub>2</sub> kao i navesti prognozu rasta cestovnog prometa i dati procjenu dosadašnjih mjera za smanjenje onečišćenja zraka u urbanim sredinama.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

prof. dr. sc. Jasna Golubić

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**ZAVRŠNI RAD**

**UTJECAJ CESTOVNOG PROMETA NA KLIMATSKE PROMJENE I MJERE  
ZAŠTITE**

**ROAD TRAFFIC IMPACT ON CLIMATE CHANGE AND  
CORRESPONDING PROTECTIVE MEASURES**

Mentor: prof. dr. sc. Jasna Golubić

Student: Domagoj Bakić  
JMBAG: 0135241978

Zagreb, rujan 2020.

# Utjecaj cestovnog prometa na klimatske promjene i mjere zaštite

## SAŽETAK:

Cestovni promet uvelike utječe na klimatske promjene, što se očituje u emitiranju emisija ispušnih plinova. Glavni zagađivač okoliša je već spomenuti cestovni promet te za razliku od željezničkog i zračnog prometa ima veće negativne utjecaje na okoliš i zdravlje ljudi. Zbog tih negativnih utjecaja istražuju se načini smanjenja količine ispušnih plinova i izvode se zakonske regulative glede emisije ispušnih plinova u zraku. Smanjenje količine ispušnih plinova se može postići uporabom alternativnih izvora energije. U završnom radu opisana su cestovna motorna vozila kao izvori onečišćenja zraka, štetni i neštetni produkti izgaranja i njihov utjecaj na zdravlje i okoliš. U nastavku rada su opisani utjecaji stakleničkih plinova na cestovni promet, utjecaj ugljičnog dioksida na klimatske promjene, strategija niskougljičnog razvoja u EU i RH te zakonske regulativa glede emisije CO<sub>2</sub>. U daljnjem radu opisane su mjere smanjenja emisija plinova koje se opisuju primjenom razvoja motora s manjom potrošnjom goriva, eko vožnjom, smanjenjem težine vozila i primjenom alternativnih goriva.

## KLJUČNE RIJEČI:

Cestovna motorna vozila, staklenički plinovi, smanjenje CO<sub>2</sub>, zdravlje, alternativni izvori energije, mjere zaštite, energija

---

## SUMMARY:

Road transport has a major impact on climate change, which is evident in the emission of gases. The main polluter is the aforementioned road transport and has greater negative impacts on the environment and human health in comparison with rail and air transport. Due to these negative impacts, the ways of reducing exhaust gases are being investigated and legal regulations regarding the emission of exhaust gases into the air are being drafted. Reducing emissions can be achieved by usage of alternative energy sources. This thesis describes road motor vehicles as sources of air pollution, harmful and harmless combustion products and their impact on health and the environment. In addition, the thesis describes the impacts of greenhouse gases on road transport, the impact of carbon dioxide on climate change, the strategy of low-emissions development in the EU and the Republic of Croatia, and CO<sub>2</sub> emissions legislation. Finally, measures for reduction of gas emissions such as the usage of suitable engines with lower fuel consumption, environmentally-friendly driving, reduced vehicle mass and the use of alternative fuels are described and analyzed.

## KEYWORDS:

Motor vehicles, greenhouse gasses, CO<sub>2</sub> reduction, health, alternative energy sources, protection measures, energy

## Sadržaj

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. UVOD .....                                                              | 1  |
| 2. CESTOVNA MOTORNA VOZILA KAO IZVORI ONEČIŠĆENJA ZRAKA .....              | 2  |
| 2.1. ŠTETNI PRODUKTI IZGARANJA I NJIHOV UTJECAJ NA ZDRAVLJE I OKOLIŠ ..... | 5  |
| 2.1.1. Ugljik ( II ) oksid ( CO ) .....                                    | 5  |
| 2.1.2. Ugljikovodici ( CH ) .....                                          | 6  |
| 2.1.3. Sumpor ( IV ) oksid ( SO <sub>2</sub> ) .....                       | 7  |
| 2.1.4. Dušični oksidi ( NO <sub>x</sub> ) .....                            | 7  |
| 2.1.5. Olovo ( Pb ) i spojevi .....                                        | 8  |
| 2.1.6. Čađa i dim .....                                                    | 8  |
| 2.2. NEŠTETNI PRODUKTI IZGARANJA .....                                     | 9  |
| 3. PORAST STAKLENIČKIH PLINOVA .....                                       | 11 |
| 3.1. UTJECAJ UGLJIČNOG DIOKSIDA NA KLIMATSKE PROMJENE .....                | 13 |
| 3.2. STRATEGIJA NISKOUGLJIČNOG RAZVOJA U EU I RH .....                     | 14 |
| 3.2.1. Referentni scenarij (NUR) .....                                     | 18 |
| 3.2.2. Scenarij postupne tranzicije (NU1) .....                            | 18 |
| 3.2.3. Scenarij snažne tranzicije (NU2) .....                              | 18 |
| 3.3. ZAKONSKA REGULATIVA GLEDE EMISIJE CO <sub>2</sub> .....               | 19 |
| 3.3.1. Oporezivanje vozila .....                                           | 20 |
| 3.3.2. Oporezivanje osobnih vozila .....                                   | 20 |
| 3.3.3. Oporezivanje „PICK-UP“ vozila .....                                 | 24 |
| 3.3.4. Oporezivanje motocikala i „ATV“ vozila .....                        | 24 |
| 4. MJERE SMANJENJA CO <sub>2</sub> IZ CESTOVNOG PROMETA .....              | 26 |
| 4.1. RAZVOJ NOVIH MOTORA S MANJIM UTROŠKOM ENERGIJE .....                  | 28 |
| 4.2. EKO VOŽNJA .....                                                      | 30 |
| 4.3. SMANJENJE TEŽINE VOZILA .....                                         | 31 |
| 4.3.1. Utjecaj mase na vozne karakteristike .....                          | 31 |
| 4.3.2. Utjecaj mase na zaustavljanje .....                                 | 31 |
| 4.3.3. Utjecaj mase na upravljanje .....                                   | 32 |
| 4.3.4. Utjecaj mase na efikasnost .....                                    | 32 |
| 4.3.5. Utjecaj na sigurnost .....                                          | 33 |

|                                                                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4.4. PRIMJENA ALTERNATIVNIH IZVORA ENERGIJE .....</b>                                                         | <b>34</b> |
| <b>4.4.1. Prirodni plin .....</b>                                                                                | <b>35</b> |
| <b>4.4.2. Vodik .....</b>                                                                                        | <b>36</b> |
| <b>4.4.3. Alkoholi kao goriva .....</b>                                                                          | <b>37</b> |
| <b>4.4.4. Električna energija .....</b>                                                                          | <b>37</b> |
| <b>4.4.5. Biogoriva .....</b>                                                                                    | <b>38</b> |
| <b>5. PROGNOZA RASTA CESTOVNOG PROMETA I PROCJENA DOSADAŠNJIH MJERA NA<br/>SMANJENJE ONEČIŠĆENJA ZRAKA .....</b> | <b>42</b> |
| <b>6. ZAKLJUČAK.....</b>                                                                                         | <b>46</b> |
| <b>LITERATURA .....</b>                                                                                          | <b>48</b> |
| <b>POPIS PRILOGA .....</b>                                                                                       | <b>51</b> |

## 1. UVOD

Cestovna motorna vozila jedan su od najvećih onečišćivača pri ispuštanju velike količine emisija štetnih plinova koji još uvijek onečišćuju okoliš i narušavaju zdravlje čovjeka. Poduzimajući mjere kako bi se smanjile emisije ispušnih plinova količina i dalje raste radi povećanja koncentracije ugljičnog dioksida u Hrvatskoj, ali i u cijelome svijetu.

Tema završnog rada je utjecaj cestovnog prometa na klimatske promjene i mjere zaštite te je rad prikazan u 6 poglavlja, a to su:

1. Uvod
2. Cestovna motorna vozila kao izvori onečišćenja zraka
3. Staklenički plinovi cestovnog prometa
4. Mjere smanjenja CO<sub>2</sub> iz cestovnog prometa
5. Prognoza rasta cestovnog prometa i procjena dosadašnjih mjera na smanjenje onečišćenja zraka
6. Zaključak

U drugom poglavlju opisana su cestovna motorna vozila kao izvori onečišćenja zraka te su opisani štetni i neštetni produkti nastali izgaranjem cestovnog motornog vozila.

U trećem poglavlju objašnjeni su staklenički plinovi iz cestovnog prometa, utjecaj ugljičnog dioksida te strategije niskougljičnog razvoja u Republici Hrvatskoj i Europskoj uniji.

Četvrto poglavlje opisuje mjere smanjenja CO<sub>2</sub> iz cestovnog prometa i primjenu razvoja motora s manjim utroškom energije, eko vožnje, smanjenje težine vozila te alternativnih izvora energije.

U petom poglavlju prikazana je prognoza rasta cestovnog prometa te mjera smanjenja onečišćenog zraka

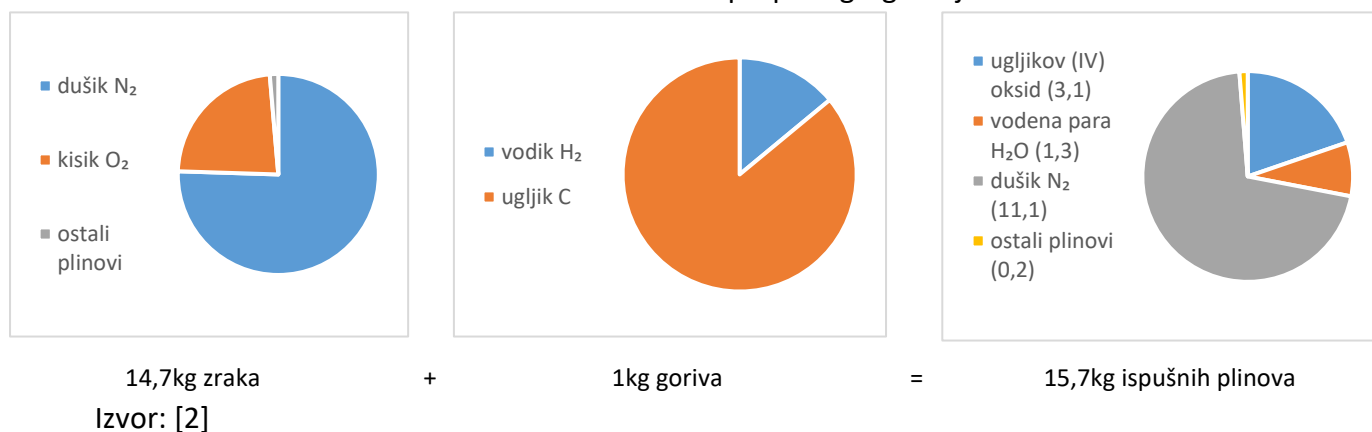
## 2. CESTOVNA MOTORNA VOZILA KAO IZVORI ONEČIŠĆENJA ZRAKA

Ekologija postaje glavna tema posljednjih godina 2000. te i nadalje. Sudionici transportnih, prometnih i gospodarskih sustava postaju sve svjesniji potreba poduzimanja odgovarajućih mjera kojima bi se spriječilo daljnje uništavanje prirode. Takve mjere čine: mjere ograničavanja onečišćenja atmosfere ispušnim plinovima i drugim otrovnim supstratima, mjere očuvanja resursa kao što su papir i drvo, mjere koje se odnose na proizvodnju proizvoda i ambalaže koji su ekološki prihvatljivi.

Cestovni promet se odvija umjetno izgrađenim raznim vrstama cesta i putova, pa i izvan njih, raznim vrstama cestovnih vozila: motornim, električnim i zaprežnim vozilima, biciklima i pješice. Cestovni transport preko nacionalnih granica uključuje brojnu različitu pravnu regulaciju. Dinamičan razvoj globalnoga cestovnog prometa, te porast broja vozila od svega nekoliko milijuna vozila početkom 20. stoljeća na više od 600 milijuna 1995. godine ili po procjenama na oko milijardu do 2010. godine glavni je generator (98 %) eksternih troškova prometa (prometne nesreće, buka, onečišćenje zraka, zagađivanja vode, uništavanja šuma, klimatske promjene i devastacija prostora uopće), koji čine oko 2,5 % domaćega bruto proizvoda država Europske unije. Posebice su povećane štetne emisije CO<sub>2</sub>, koje su izravno ovisne o potrošnji goriva, pa se, iako je primjetno smanjenje prosječne potrošnje goriva u cestovnom i zračnom prometu, zbog apsolutnoga povećanja prometa očekuje povećanje ukupne količine emitiranog CO<sub>2</sub> u navedenim oblicima prometa. [1]

Ugljik i vodik su najvažniji elementi motornih vozila. Kisik potreban za izgaranje oduzima se zraku, koji u motor ulazi iz atmosfere tvoreći s gorivom gorivu smjesu. Za potpuno izgaranje jedinične količine goriva potrebna je odgovarajuća količina zraka. Ova količina zraka se može odrediti na temelju kemijske analize goriva. Na temelju kemijske analize goriva koja se danas upotrebljava za pogon motora s unutrašnjim izgaranjem (MUI) ustanovljena je potrebna količina zraka od 14,7 kg za potpuno izgaranje 1 kg goriva / 1L /. Odnos stvarne količine zraka potrebne za potpuno izgaranje cjelokupne količine goriva, koje se dovede u motor naziva se faktor zraka ( $\lambda$ ).

**Graf 1. Masena bilanca potpunog izgaranja**



Kada je  $\lambda > 1$  postoji pretičak zraka (siromašna smjesa), a kad je  $\lambda < 1$  postoji manjak zraka (bogata smjesa) pri izgaranju. Izgaranjem goriva u motorima s unutrašnjim izgaranjem (MUI) nastaju produkti izgaranja za koje je uvriježen naziv ispušni plinovi.

Kako se motorna vozila poglavito sastoje od ugljika ( C ) i vodika ( H<sub>2</sub> ) u slučaju potpunog izgaranja nastaju sam ugljik ( IV ) oksid ( CO<sub>2</sub> ) i vodena para ( H<sub>2</sub>O ) kao i od zraka preostali dušik i kisik, ako je zrak bio siromašan. Budući da proces izgaranja u MUI nije kontinuiran, gotovo nikad se ne događa potpuno (idealno) izgaranje nego tzv. nepotpuno izgaranje. Zbog nepotpunog izgaranja nastaju i produkti koji su i dalje sposobni izgarati i kao takvi odlaze u okolinu. Zbog ove pojave gubi su nepovratno dio energije, što smanjuje stupanj djelovanja MUI. Osim gubitka dijela energije goriva, kao posljedica nepotpunog izgaranja u produktima izgaranja se pojavljuju sastojci koji ugrožavaju zdravlje čovjeka i okoliš.

Cestovna motorna vozila jedan su od najvećih onečišćivača u svijetu, pa tako i u Hrvatskoj raste iz godine u godinu. Ispušni plinovi koji utječu na onečišćenje zraka su: sumporovi spojevi nastali izgaranjem fosilnih goriva, dušikovi oksidi, ugljikovodici, čađa, čestice.

**Tablica 1.** Emisijske norme ispušnih plinova EU za osobna vozila

| BENZINSKA GORIVA |             |      |                    |                 |             |
|------------------|-------------|------|--------------------|-----------------|-------------|
| Norma            | CO          | HC   | HC+NO <sub>x</sub> | NO <sub>x</sub> | PM          |
|                  | g/km        |      |                    |                 |             |
| EURO 1           | 2,72 (3,16) | -    | 0,97 (1,13)        | -               | -           |
| EURO 2           | 2,2         | -    | 0,50               | -               | -           |
| EURO 3           | 2,3         | 0,20 | -                  | 0,15            | -           |
| EURO 4           | 1,0         | 0,10 | -                  | 0,08            | -           |
| EURO 5           | 1,0         | 0,10 | -                  | 0,06            | 0,005       |
| EURO 6           | 1,0         | 0,10 | -                  | 0,06            | 0,005       |
| DIZELSKA GORIVA  |             |      |                    |                 |             |
| EURO 1           | 2,72 (3,16) | -    | 0,97 (1,13)        | -               | 0,14 (0,18) |
| EURO 2, IDI      | 1,0         | -    | 0,7                | -               | 0,08        |
| EURO 2, DI       | 1,0         | -    | 0,9                | -               | 0,10        |
| EURO 3           | 0,64        | -    | 0,56               | 0,50            | 0,05        |
| EURO 4           | 0,50        | -    | 0,30               | 0,25            | 0,025       |
| EURO 5           | 0,50        | -    | 0,23               | 0,18            | 0,005       |
| EURO 6           | 0,50        | -    | 0,17               | 0,08            | 0,005       |

Izvor: [3]

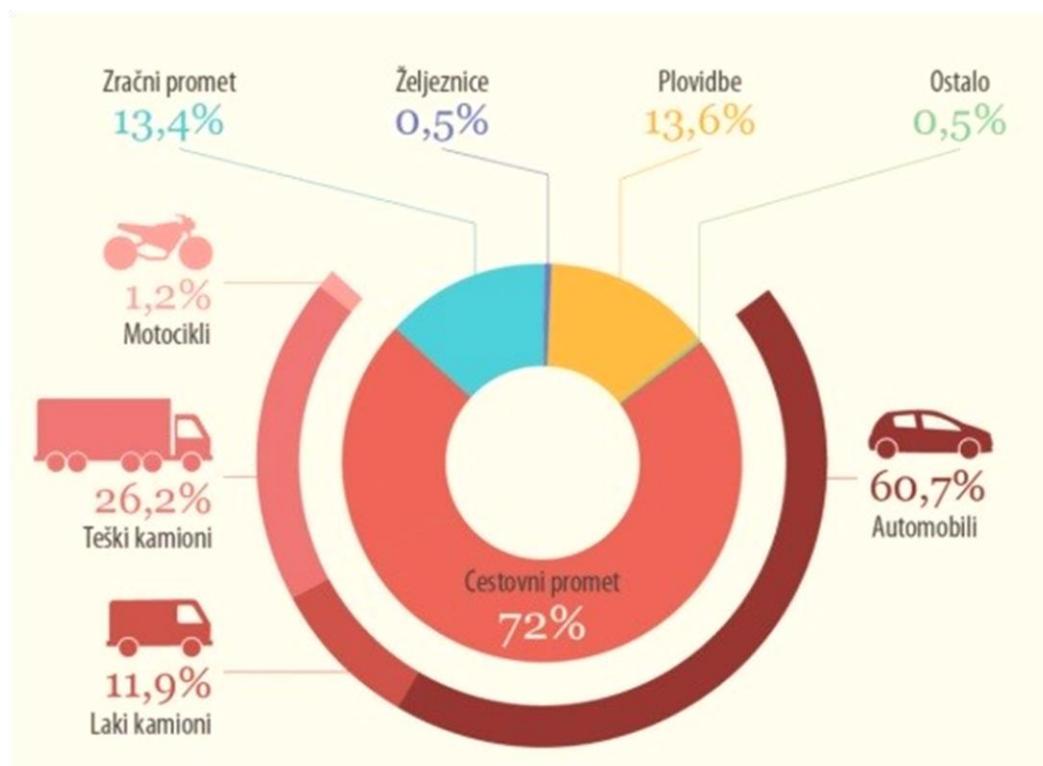
Iz podataka **Tablice 1.** prikazani su emisijske norme EU za osobna vozila sa graničnim vrijednostima ispušnih plinova za benzinske i dizelske motore. Iz tablice je vidljivo da EURO 6 norma ima najmanje vrijednosti ispušnih plinova te time i motori s EURO 6 normom najmanje zagađuju okoliš i zdravlje ljudi [3].

**Tablica 2.** Tipični kemijski sastav ispušnih plinova cestovnih vozila

| KOMPONENTE             | VOZILA S OTTO MOTOROM | VOZILA S DIEZELSKIM MOTOROM | SREDNJI KEMIJSKI SASTAV % |
|------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Dušik N <sub>2</sub>   | 74 - 77               | 76 - 78                     | 75 - 77                   |
| Kisik O <sub>2</sub>   | 0,3 - 8,0             | 2 - 18                      | 4 - 9                     |
| Vodena para            | 3 - 5,5               | 0,5 - 4,0                   | 2 - 4                     |
| CO <sub>2</sub>        | 5,0 - 12,0            | 1,0 - 10,0                  | 5 - 12                    |
| CO                     | 5,0 - 10,0            | 0,01 - 0,5                  | 1 - 10                    |
| NO <sub>x</sub>        | 0,0 - 0,8             | 0,0002 - 0,5                | 0 - 0,8                   |
| Ugljikovodici ( CH )   | 0,2 - 3,0             | 0,009 - 0,5                 | 0,2 - 3,0                 |
| Čađa, g/m <sup>3</sup> | 0,0 - 0,04            | 0,1 - 1,1                   | 0,0 - 1,1                 |

Izvor: [2]

**Slika 1.** Podjela emisija CO<sub>2</sub> prema načinu prijevoza (2016.)



Izvor: [8]

## **2.1. ŠTETNI PRODUKTI IZGARANJA I NJIHOV UTJECAJ NA ZDRAVLJE I OKOLIŠ**

Neočišćen zrak je u osnovi plinska smjesa dušika (  $N_2$  ) 78% volumena, i kisika (  $O_2$  ) 21% volumena, određene količine plemenitih plinova, ugljik ( IV ) oksida (  $CO_2$  ) i metana, dušičnih oksida (  $NO_x$  ), vodika (  $H_2$  ), vodene pare i raznih ugljikovodika.

Klasični onečišćivači zraka mogu se podijeliti u pet štetnih skupina:

- Sumporni spojevi nastali izgaranjem fosilnih goriva
- Ugljik ( II ) oksid (  $CO$  )
- Dušični oksidi (  $NO_x$  )
- Ugljikovodici
- Čađa, čestice, aerosol

Ako su onečišćivači nastali iz prirodnih izvora nazivaju se primarnima, a ako je došlo do međusobnih reakcija sastojaka zraka, pa nastaju novi spojevi, to su sekundarni onečišćivači zraka.

Motorna vozila u gusto naseljenim mjestima zbog svoje velike brojčane zastupljenosti, nepovoljnih uvjeta rada motora i slabe cirkulacije zraka, primarni su onečišćivači zraka. Cestovni promet je glavni zagađivač okoliša i to do 50% ukupnog onečišćavanja okoliša štetnim sastojcima.

Štetni sastojci ispušnih plinova su:

- Ugljik ( II ) oksid (  $CO$  )
- Ugljikovodici (  $CH$  )
- Sumpor ( IV ) oksid (  $SO_2$  )
- Dušični oksidi (  $NO_x$  )
- Olovo (  $Pb$  ) i spojevi
- Čađa i dim

### **2.1.1. Ugljik ( II ) oksid ( $CO$ )**

Ugljik ( II ) oksid (  $CO$  ) nastaje kao produkt nepotpunog izgaranja kad u gorivoj smjesi nema dovoljno kisika. Otrovni je plin koji ima veliku sklonost vezivanja na hemoglobin u krvi i to oko 250 puta više od kisika koji šteti okolišu kao i čovjeku. Kemijskom reakcijom nastaje karboksihemoglobin koji izaziva nedostatak kisika u tijelu, što rezultira umorom, vrtoglavicom i padanju u nesvijest.

Iz toga se vidi da treba provesti razne mjere boljeg izgaranja da nastane produkt potpunog izgaranja  $CO_2$  koji nije otrovan za okoliš i čovjeka. Vrijednost od 0,5% do 1% se danas smatraju normalnim, a uz primjenu sustava za pročišćavanje one se još smanjuju.

Maksimalna dopuštena koncentracija ( MDK ) iznosi 50 ppm ( parts per milion ). Mjerenja su pokazala da se koncentracija CO u vozilu koje se ne kreće, a motor radi, povećava za 200 ppm, što je 5 puta više od maksimalne dopuštene koncentracije. Zbog velike otrovnosti CO, ne smije se dopustiti rad motora i emisije ispušnih plinova u zatvorenim prostorijama.

Uzrok tomu može biti:

- Loša podešenost sustava za napajanje ( rasplinjač ili ubrizgavanje )
- Zaprljan filter zraka
- Propusnost u usisnom sustavu
- Loš rad sustava za rad na toplo

### **2.1.2. Ugljikovodici ( CH )**

Ugljikovodici su organski kemijski spojevi ugljika i vodika. Sastoje se od "kostura" atoma ugljika na koje su vezani atomi vodika (i drugih elemenata).

Sastojak su goriva za motore s unutrašnjim izgaranjem, pa se u ispušnom plinu motornih vozila mogu naći u većoj ili manjoj količini zbog nepotpunog izgaranja goriva. Također su ispušni plinovi neugodnog mirisa i nadražujućeg djelovanja. Dovode do sekundarne kemijske reakcije i stvaranja smoga. Same pare ugljikovodika djeluju na središnji živčani sustav i imaju narkotičko djelovanje.

Iz skupine ugljikovodika treba izdvojiti skupinu aromatskih spojeva, posebno benzen koji je mnogo toksičniji od ostalih aromata. Benzen je jednostavni aromatski ugljikovodik, lako isparljiv, lako se odvaja od masnoća, zapaljiv je i u smjesi sa zrakom je eksplozivan. Motorni benzin u prosjeku sadrži 2,5% benzena koji u gorivu služi kao antidetonator. Više od 90% ispuštenog benzena, potječe od cestovnog prometa.

Pri prekoračenju dopuštenih koncentracija, benzen kod čovjeka može uzrokovati rak krvi, kostiju, tumor slezene, jetre i bubrega.

Uzročnici povećanoj koncentraciji CH u ispušnim plinovima Ottovih motora mogu biti slijedeće:

- Loša prilagođenost sustava za napajanje
- Pogrešna prilagođenost paljenja
- Zamašćenje svjećica
- Prekid na visokonaponskim kabelima i sl.

### 2.1.3. Sumpor ( IV ) oksid ( $\text{SO}_2$ )

Sumpor ( IV ) oksid negativno djeluje na čovjeka i biljke te uzrokuje koroziju. Čovjek udiše  $\text{SO}_2$  u obliku iznimno finih čestica koji obrambeni plućni mehanizam ne može iskašljati te može doći do nuspojava utjecaja sumporovog ( IV ) oksida kao što je nadražaj oči i grla, a u malo većim koncentracijama može doći do trovanja u roku od 1 do 3 minute.

Osobito kod dizel motora, sumpor ( IV ) oksid (  $\text{SO}_2$  ) nalazi se u ispušnom plinu te se očituje u tomu što sumpor ( IV ) oksid oksidira u atmosferi nakon čega nastaje  $\text{SO}_3$  koji u kontaktu s vodom prelazi u sulfatnu kiselinu koji izaziva nastanak "kiselih kiša".

Kako je sadržaj sumpora u Dizel - gorivu deset puta veći nego u motornom benzinu, ekspanzija potrošnje dizelskog goriva rezultirala je povećanom emisijom  $\text{SO}_2$  iz prometa. Istaloženi sulfati vrlo štetno djeluju na ljude zato što ih čovjek udiše u obliku iznimno finih čestica koji obrambeni plućno mehanizam ne može iskašljati.

### 2.1.4. Dušični oksidi ( $\text{NO}_x$ )

Dušični oksidi su niz spojeva dušika i kisika koji nastaju oksidacijom atmosferskog dušika pri visokim temperaturnim izgaranjima ( industrijski procesi ). Dušični oksidi zagađuju zrak u gradovima gdje nastaju u automobilskim motorima spajanjem kisika i dušika ( oko 2 g po kilometru prijeđenog puta ).

Dušični oksidi nastaju izgaranjem goriva u motorima s unutrašnjim izgaranjem pri visokim temperaturama. Kako je količina dušika u zraku vrlo velika ( oko 78% ), a u trenutku eksplozije u motoru vlada visoki pritisak i temperatura ( 2000 °C ), nastaju dušični oksidi. Za stvaranje NO odgovoran je atom kisika, koji je dostupan za vrijeme ili poslije izgaranja. Prvi se stvara NO, a za vrijeme izgaranja uz višak kisika nastaje u ispušnom plinu otrovan  $\text{NO}_2$ .

Na stvaranje količine dušičnih oksida utječu slijedeći čimbenici:

- Odnos zrak / gorivo u reakcijskoj zoni pri čemu ima utjecaj koncentracija aromatskog kisika, jer smanjenjem viška zraka smanjuje se i emisija NO;
- Temperatura u reakcijskoj zoni; osim temperaturnoj ovisnosti disocijacije kisika reakcija (  $\text{O} + \text{N}_2 \leftrightarrow \text{NO} + \text{N}$  ), strogo je ovisna o temperaturi i oba utjecaja dovode do stvaranja NO s povećanom temperaturom;
- Vrijeme zadržavanja plina u reakcijskoj zoni kod minimalne temperature; što je vrijeme zadržavanja kraće, niže su vrijednosti NO

Glavni nosilac otrovnosti je  $\text{NO}_2$ . U većim koncentracijama  $\text{NO}_2$  je zagušljiva mirisa. Koncentracija udisanja dušikovog oksida nakon dva sata dolazi do zapaljenje ždrijela, dušnika i bronhija, uz pojavu glavobolje i kašlja. Brzo prodire u pluća gdje se spaja s hemoglobinom proizvodeći spojeve koji blokiraju njegovu normalnu funkciju.

U prisutnost CO ( malih netoksičnih koncentracija ),  $\text{NO}_2$  izaziva smrtna trovanja. Naime, svaki od ta dva plina pogađa disanje drugim mehanizmom: dušični oksidi izazivaju edem pluća, a CO se veže za hemoglobin.

### **2.1.5. Olovo ( Pb ) i spojevi**

Olovo je srebrno-plav sjajan metal, stajanjem na zraku potamni zbog stvaranja zaštitnoga sloja oksida i karbonata. Mekano je i teško (gustoća 11,35 g/cm<sup>3</sup>), niska tališta (327,5 °C), a mehanički slabo.

Olovo i njegove soli su štetni za čovjeka te za akutno trovanje potrebne su velike doze. Utječe na funkcioniranje jetre te pri trovanju može doći do slabosti, opstipacije (nemogućnost ispražnjivanja crijeva), jakih grčeva u želucu, anemije, psihičke promjene i paralize. Najveća dozvoljena koncentracija olova u industrijskim prostorijama je 0,15 mg/m<sup>3</sup>.

Olovni se spojevi u benzinskom gorivu pojavljuju u obliku tetraetil – olova koja su teška, otrovna, bezbojna, uljasta tekućina gotovo netopljiva u odi. Otapa se u razrijeđenim mineralnim kiselinama dajući etil-olovne soli. Na povišenoj temperaturi brzo se raspada i sa zrakom stvara eksplozivnu smjesu. Upotrebljava se u velikim količinama kao antidetonator u radu motora s unutrašnjim izgaranjem pa je jedan od velikih zagađivača atmosfere i danas se njegova upotreba nastoji što više smanjiti uvođenjem bezolovnih benzina.

Benzini s unutarnjim izgaranjem oslobađaju okside olova koji se mogu naći u prizemnim slojevima zraka te onečišćuju okoliš. Za vrijeme vožnje od 40 do 110 km/h emitira se 5 - 60 mikrograma olova na litru ispušnih plinova. Smatra se da sadržaj olovnog aerosola od motornih vozila raste 5% na godinu u gradskom okolišu. Da bi se smanjila štetnost olova u ispušnom plinu Otto motora uvode se bezolovni benzini kao i alternativna goriva.

### **2.1.6. Čađa i dim**

Čađa i dim su posljedica ispuštanja ispušnih plinova. Čađa je tvrdi filter ispušnih plinova koji nastaje izgaranjem uz nedovoljno miješanje goriva i zraka pri visokoj temperaturi. Sastoji se od ugljena, čestica grafita, pepela, masti. Štetan je za zdravlje jer utječe na središnji živčani sustav, pluća, bolesti krvnožilnih sustava, jetru itd.

Dim stvara probleme jer smanjuje vidljivost na prometnicama pa može doći do prometnih nesreća. Osim smanjenja vidljivosti na dim se vežu vrlo toksične stvari koje su kancerogene.

Emisije čađe i dima mogu se ukloniti ako se pravilno uskladi vrijeme ubrizgavanja goriva i količine ubrizganog goriva u jednom ciklusu, a također i dobrim miješanjem smjese goriva i zraka.

## 2.2. NEŠTETNI PRODUKTI IZGARANJA

U ispušnom plinu cestovnih motornih vozila mogu se izdvojiti slijedeći neštetni sastojci ispušnih plinova:

- Dušik (  $N_2$  )
- Vodena para (  $H_2O$  )
- Kisik (  $O_2$  )
- Ugljik ( IV ) oksid (  $CO_2$  )

### - Dušik ( $N_2$ )

U elementarnom stanju dušik je glavni sastojak Zemljine atmosfere. Dušik (  $N_2$  ) čini 78% zraka koji udišemo.

Dušik se najviše upotrebljava za proizvodnju umjetnih gnojiva za što se troši 85% svjetske proizvodnje. Ostatak se koristi u raznim granama industrije.

Nema ulogu u motoru s izgaranjem jer u motor dolazi sa usisanim zrakom, svojim najvećim dijelom ne sudjeluje u procesu izgaranja i izlazi ponovno van u taktu ispuha.

### - Vodena para ( $H_2O$ )

Vodena para je voda u plinovitom obliku. Para se sastoji od mnogo slobodnih lebdećih molekula vode (  $H_2O$  ).

Zajedno sa  $CO_2$  glavni su produkti svakog procesa izgaranja i nastaju kao produkti oksidacije ( izgaranja ) ugljikovodika (  $CH$  ) goriva s kisikom iz usisanog zraka.

### - Kisik ( $O_2$ )

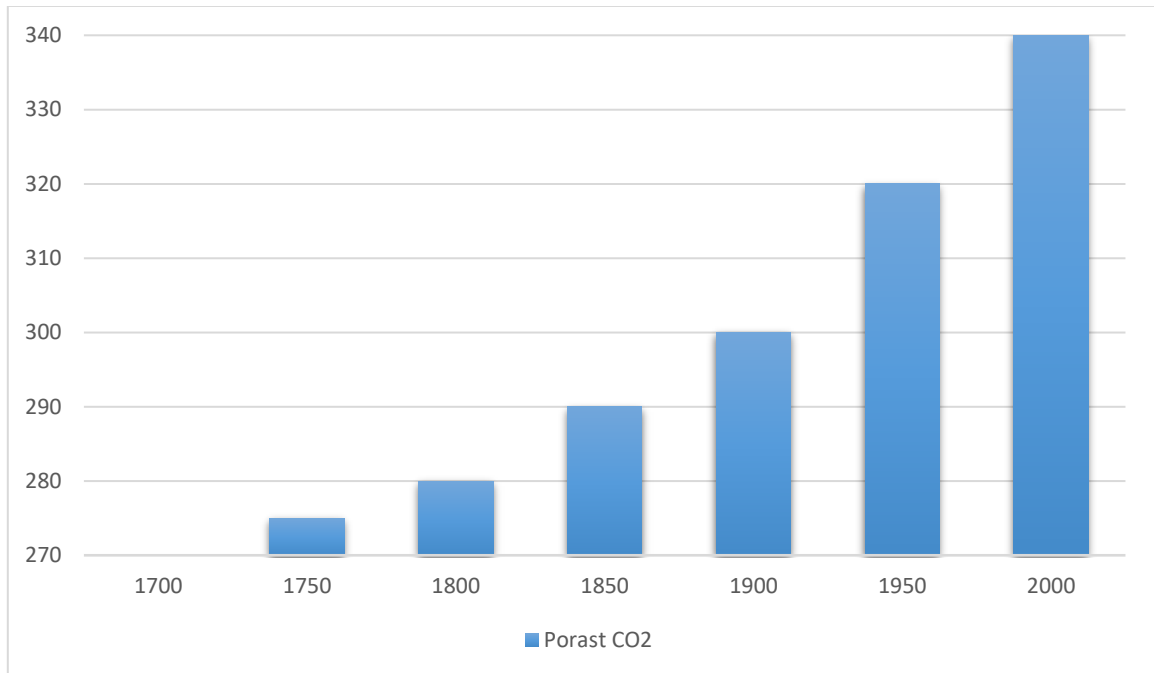
Sa dušikom (  $N_2$  ) jedan je od glavnih sastojaka Zemljine atmosfere jer čini približno 21% zraka koji udišemo te također ulazi u motor s usisanim zrakom. Jedan je od glavnih sudionika u procesu izgaranja. U ispušnim se plinovima pojavljuje u slučaju kada ga pretekne u procesu izgaranja ( siromašna smjesa ). Može se pojaviti u slučaju lošeg miješanja gorive smjese u prostoru izgaranja tako da se sav kisik ne potroši u oksidaciji goriva.

### - Ugljik ( IV ) oksid ( $CO_2$ )

Bezbojan neotrovan plin, proizvod izgaranja ugljika i organskih spojeva uz dovoljnu prisutnost kisika te disanja ljudi i životinja, a zelene biljke ga troše i prerađuju u složene organske spojeve ( fotosinteza ).

Industrijskom revolucijom ( potkraj 18. stoljeća ) koncentracija  $CO_2$  u atmosferi povećala se za 30%.

**Graf 2.** Rast koncentracije CO<sub>2</sub> u zemljinoj atmosferi



Izvor: [2]

90% plinova koji izazivaju “učinak staklenika” dolazi iz najrazvijenijih zemalja Europe i SAD-a. U atmosferu se godišnje ispusti oko 100 milijuna tona CO<sub>2</sub> te jedan dio toga ostane u atmosferi, a jedan dio se taloži u oceanima i vegetaciji [29].

### 3. PORAST STAKLENIČKIH PLINOVA

Današnji izgled našeg planeta, kao i klimatski uvjeti koji omogućuju civilizaciju današnjice, rezultat su razvoja tijekom više stotina milijuna godina. Današnja je klima Zemlje još uvijek kontinuitet stabilizacije prilika koje su nastupile pred oko deset tisuća godina (klima, odgovarajući vegetativni pokrivač), od kada datira snažan razvoj ljudske vrste. Od tada do danas svjedoci smo triju velikih revolucija u razvoju čovječanstva: neolitske (stvaranje seoskih zajednica – oko 8000 g. prije Krista), urbane (stvaranje gradskih zajednica – oko 33 stoljeća prije Krista) i industrijske (od 1750. g. do danas), te postindustrijskog društva, na čijem smo početku.

Isključivši utjecaj vodene pare, danas možemo govoriti o tri skupine stakleničkih plinova. U prvoj se skupini nalaze najznačajniji plinovi, tj. ugljični dioksid ( $\text{CO}_2$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ) i dušikov (I) oksid ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Druga je skupina tzv. F-plinova<sup>1</sup> koje ne nalazimo u prirodi, već su rezultat ljudskih djelatnosti (sintetički plinovi), a osnovni su im predstavnici CFC-plinovi (npr. tetrafluorometan i heksafluoroetan), HCFC-plinovi (klorofluorouglikovodici) i sumporni heksafluorid ( $\text{SF}_6$ ). Treća su skupina tzv. indirektni staklenički plinovi, koji pridonose stvaranju (ali i razgradnji) ozona (koji u troposferi predstavlja vrlo nestabilan staklenički plin), od kojih valja istaknuti ugljični monoksid ( $\text{CO}$ ), dušikove okside ( $\text{NO}_x$ ) te nemetanske lako hlapljive ugljikovodike.

---

<sup>1</sup> Ovi plinovi snažno utječu na destrukciju ozona u stratosferskom sloju zemljine atmosfere.

S obzirom na značaj za staklenički učinak kao rezultat ljudskih djelatnosti, posljednjih su desetljeća u rakurs promatranja uzeti plinovi prve i druge skupine.

**Tablica 3.** Koncentracija važnijih stakleničkih plinova u troposferi 1750. g. i 2012. g.

| Staklenički plin/<br>koncentracije | Koncentracija u troposferi |          | Promjena koncentracije<br>2010.g. u odnosu na<br>1750.g. | Relativni<br>staklenički<br>plinovi |
|------------------------------------|----------------------------|----------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------|
|                                    | 1750.g.                    | 2012.g.  |                                                          |                                     |
| CO <sub>2</sub>                    | 280ppm                     | 393ppm   | +40.4%                                                   | 1                                   |
| CH <sub>4</sub>                    | 700ppb                     | 1.800ppb | +157.0%                                                  | 25                                  |
| N <sub>2</sub> O                   | 270ppb                     | 323ppb   | +20.4%                                                   | 298                                 |
| Ozon (O <sub>3</sub> )             | 25ppb                      | 34ppb    | +36.0%                                                   | ?                                   |
| CFC 11 (CCl <sub>3</sub> F)        | 0                          | 237ppt   | (100.0%)                                                 | 4.750                               |
| CFC 12 (CCl <sub>2</sub> F)        | 0                          | 531ppt   | (100.0%)                                                 | 10.900                              |
| HCFC 22 (CHClF <sub>2</sub> )      | 0                          | 226ppt   | (100.0%)                                                 | 1.810                               |
| Halon (CBrClF <sub>3</sub> )       | 0                          | 7.140ppt | (100.0%)                                                 | 65                                  |
| SF <sub>6</sub>                    | 0                          | 3.200ppt | (100.0%)                                                 | 22.800                              |

- ppm = parts per milion = milijunti volumni udio promatranog plina u zraku biosfere –  $10^{-6}$
- ppb = parts per bilion = milijarditi volumni udio promatranog plina u zraku biosfere –  $10^{-9}$
- ppt = parts per trilion = trilijarditi volumni udio promatranog plina u zraku biosfere –  $10^{-12}$
- Relativni staklenički potencijal predstavlja doprinos promatranog plina stakleničkom učinku u odnosu na doprinos ugljičnog dioksida

Izvor: [5]

Iz podataka **Tablice 3.** očigledan je porast koncentracije stakleničkih plinova posljednjih 250 godina u troposferskom sloju atmosfere. Prema nekim računima u tom razdoblju došlo je do povećanja mogućeg stakleničkog učinka za više od 40%.

S obzirom na snažan porast emisija stakleničkih plinova u promatranom razdoblju (od 1750.-2012. g.), opće je prihvaćen stav da su antropogene djelatnosti temeljni razlog povećanja inteziteta stakleničkih učinka i posljedica koje se njemu pripisuju.

### 3.1. UTJECAJ UGLIČNOG DIOKSIDA NA KLIMATSKE PROMJENE

Zemljina atmosfera, kao višeslojni plinski omotač oko Zemlje, najvećim dijelom pridonosi klimatskim prilikama. Tzv. “staklenički plinovi”, koji danas sudjeluju u tvorbi atmosfere s relativno malim volumnim udjelom (manjim od 0,04 %, odnosno s manje od 4 dcl na 1m<sup>3</sup>, odnosno 1000 litara zraka) “najzaslužniji” su za stakleničkih učinak Zemljine atmosfere, koji nastaje zadržavanjem odbijene Sunčeve emisije od površine Zemlje. Smatra se da staklenički plinovi, odnosno atmosfera, pridonose prosječnoj temperaturi na površini Zemlje za 33°C.

Povećane antropogene emisije stakleničkih plinova ne pridonose u cijelom iznosu povećanju stakleničkog učinka i ne odražavaju se linearnim povećanjem stakleničkog učinka na cijeloj Zemljinoj površini. Naime, najveći relativni udio antropogenih emisija stakleničkih plinova kompenziraju ogromne mase oceanskih mora (oko 30 %), dijelom povećani intenzitet fotosinteze zelenih biljaka i drugi procesi u biosferi, a udio nešto manji od 50 % pridonosi povećanju koncentracije stakleničkih plinova u troposferi.

Klimatske promjene, kojih smo svjedoci posljednjih desetljeća, osobito se ogledaju kroz[5]:

- povećanje prosječne temperature na Zemljinoj površini,
- povećanje temperatura oceana i povećanje razina soli u njima, uslijed čega se naglo mijenjaju uvjeti života u oceanima, a mijenja se i intenzitet glavnih morskih struja,
- širenje površina pustinja, a smanjenje površine šuma,
- otapanje glečera<sup>2</sup>,
- potencijalnu opasnost porasta površine mora u sljedećih 50 godina, što bi moglo uzrokovati ugrozu za 1/6 svjetskog stanovništva, s nesagledivo teškim posljedicama za cijeli svijet,
- smanjenje snježnog pokrivača u sjevernim dijelovima (u 40 godina u prosjeku za 10cm godišnje),
- povećanu učestalost padalina,
- povećanu učestalost prirodnih nepogoda (uragani, tajfuni, suše, poplave i dr.).

---

<sup>2</sup> Prema istraživanjima britanskih znanstvenika (podatak iz listopada 2009. g.), nastavi li se trend otapanja leda zabilježen posljednjih 15 godina, sav led na području sjevernog pola Zemlje otopit će se u sljedećih 20 godina. U razdoblju od 1990. do 2010. g. smanjila se ledena površina Arktika za gotovo 50 %.

### 3.2. STRATEGIJA NISKOUGLJIČNOG RAZVOJA U EU I RH

Ministarstvo zaštite okoliša i prirode izrađuje Niskougljičnu strategiju razvoja Republike Hrvatske, temeljni dokument koji će se obveze smanjenja emisija stakleničkih plinova prenijeti u određene sektorske politike. Cilj Strategije je postizanje konkurentnog niskougljičnog gospodarstva do 2050., u skladu s Europskim strateškim smjernicama i sukladno obvezama iz Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC).

Niskougljična strategija izrađena je u četiri koraka:

**Prvi korak** započeo je 2012. godine Strategija niskougljičnog razvoja Republike Hrvatske (engl. Low-emission Development Strategy ili skraćeno LEDS) Ministarstva zaštite okoliša i prirode u partnerstvu s Programom Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP), čime je kroz niz sektorskih radionica izrađen Okvir za izradu LEDS-a.

**U drugom koraku**, od 2014. do 2015. godine, uz sudjelovanje mnogobrojnih institucija izrađene su stručne podloge čiji su rezultat bile Zelena knjiga (detaljne tehničke analize ciljeva, mjera, scenarija i utjecaja) i Bijela knjiga (nacrt Niskougljične strategije). Prilikom izrade stručnih podloga održan je niz sektorskih radionica i javnih izlaganja, kako bi se stručna i zainteresirana javnost uključila u izradu stručnih podloga.

**U trećem koraku**, od 2016. do 2017. godine, provedeni su novi proračuni i uvedene su nove pojedinosti vezane za niskougljični razvoj. Razlog su bile promjene u povijesnom nizu podataka, novelacija cijena goriva i tehnologija te nove pretpostavke razvojnih politika. U konzultacijama s relevantnim ministarstvima napravljena je druga revizija Bijele knjige, odnosno prijedlog Niskougljične strategije. Započeo je postupak strateške procjene utjecaja na okoliš s glavnom ocjenom prihvatljivosti za ekološku mrežu te je provedeno javno savjetovanje o prijedlogu Niskougljične strategije i Strateškoj studiji utjecaja na okoliš Niskougljične strategije.

**U četvrtom koraku**, tijekom 2019. i 2020. godine, provedena je novelacija Bijele knjige, odnosno prijedloga Niskougljične strategije usklađivanjem energetske sektora sa Strategijom energetskog razvoja Republike Hrvatske do 2030. godine, s pogledom do 2050. godine i nacionalnim Integriranim energetske i klimatske planom za razdoblje od 2021. do 2030. godine (dalje u tekstu: Integrirani plan) te ažuriranjem referentnog i niskougljičnih scenarija ne-energetskih sektora. (industrijski procesi i uporaba proizvoda, poljoprivreda, otpad, korištenje zemljišta, prenamjene zemljišta i šumarstvo - LULUCF) [9].

Smjernice za niskouglični razvoj su:

**Do 2030. godine:**

- U sektoru prometa treba ojačati kapacitete za planiranje održive mobilnosti i integralno planiranje mobilnosti u gradovima.
- Potrebno je poticati razvoj integriranog prometa. Potrebno je poticati željeznički promet kako bi postao konkurentan drugim vidovima prometa. Jedan od preduvjeta za ostvarenje je unaprijediti infrastrukturu:
  - potrebno je unaprijediti i modernizirati pruge, sustave signalizacije i kontrole kako bi se omogućile veće brzine prometovanja
  - potrebno je ulagati u obnovu fonda lokomotiva i vagona
  - potrebno je razviti mrežu logističkih intermodalnih platformi, s time da se te platforme trebaju izgraditi u lukama i u glavnim potrošačkim središtima. Isto je potrebno i zbog uključivanja ishodišta opskrbnih lanaca u hrvatske luke koje konkuriraju drugim lukama na ovom području
  - potrebno je povezivati javne gradske i međugradske prometne sustave.
- Potreban je sustavan rad na unaprjeđenju unutarnjih plovni putova kad je riječ o organizaciji, modernizaciji flote, obrazovanju, izgradnji infrastrukture (vodni putovi i luke), održavanju i sigurnosti plovidbe, kao i poboljšanju suradnje sa susjednim zemljama. Potrebno je ispitati mogućnosti za proširenje unutarnjih plovni putova, posebno na rijeci Savi do Zagreba, što treba biti povezano s cjelovitim i višenamjenski hidrotehničkim rješenjem koje obuhvaća sustav zaštite, uređenja i korištenja rijeke Save i zaobalja u Hrvatskoj.
- Potrebno je ulagati u razvoj inteligentnih i integriranih urbanih i javnih prometnih sustava koji uključuju razvoj urbane biciklističke infrastrukture, optimiranje gradske logistike u prijevozu tereta, inteligentno upravljanje javnim prometom i parkirnim površinama te poticanje tehničkih inovacija u urbanom prometu s ciljem smanjenja emisija stakleničkih plinova. Posebno je važno osigurati razvoj infrastrukture i mogućnosti za primjenu alternativnih goriva u javnom prometu.
- Ključno je osigurati infrastrukturu za alternativna goriva, s naglaskom na urbana područja kako bi se potaknula primjena alternativnih goriva prvenstveno u javnom gradskom prometu.
- Potrebno je nastaviti sustavno provoditi promocije i kampanje s poticanjem transformacije mišljenja i djelovanja stanovnika u smjeru korištenja prometa kojima se smanjuju emisije stakleničkih plinova.

**Do 2050. godine:**

- Nastaviti aktivnosti ovisno o uspješnosti razvoja do 2030. godine. Ključno će biti daljnje korištenje alternativnih goriva za osobna vozila. Potrebno će biti nastaviti procese razvoja i unaprjeđenja prometa kao vrlo važnog čimbenika za smanjenje emisija i povećanje konkurentnosti gospodarstva.
- Biti će veliki značaj informacijske tehnologije za optimiranje prometnih sustava te integriranje s elektroenergetskim sustavom.
- Biti će jako važna primjena alternativnih goriva i integriranog gradskog prometa koji uključuje javni gradski promet, inteligentne sustave za prijevoz tereta te razvijenu biciklističku infrastrukturu kako bi se gotovo potpuno eliminirale emisije stakleničkih plinova iz urbanih sredina.

- Za smanjenje emisija u teškom teretnom prometu bit će potrebna alternativna goriva [10].

**Tablica 4.** Okvirni ciljevi smanjenja emisije stakleničkih plinova na putu prema niskougljičnom gospodarstvu, u odnosu na 1990.

| %                      | HRVATSKA |       | EU         |            |
|------------------------|----------|-------|------------|------------|
|                        | 2030.    | 2050. | 2030.      | 2050.      |
|                        | %        | %     | %          | %          |
| Energetska postrojenja | -58      | -92   | -54 do -68 | -93 do -99 |
| Industrija             | -43      | -83   | -34 do -40 | -83 do -87 |
| Promet                 | 20       | -54   | +20 do -9  | -54 do -67 |
| Kućanstva i usluge     | -37      | -88   | -37 do -53 | -88 do -91 |
| Poljoprivreda          | -36      | -42   | -36 do -37 | -42 do -49 |
| Ostalo                 | -72      | -70   | -72 do -73 | -70 do -78 |
| Ukupno                 | -38      | -76   | -40 do -44 | -79 do -82 |
| Ukupno, sa LULUCF      | -41      | -80   |            |            |

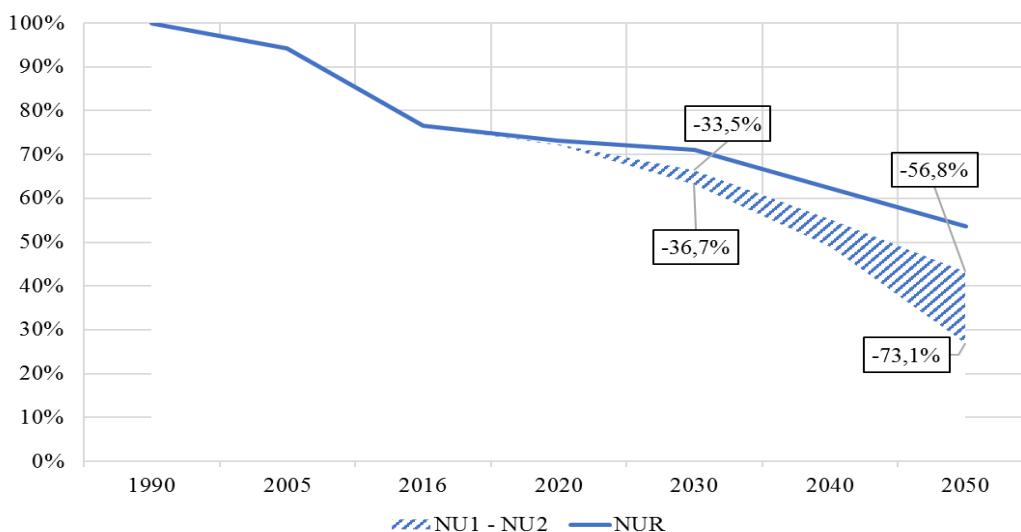
Izvor: [10]

Niskougljičnom strategijom identificirano je ukupno oko stotinu mjera koje se mogu primijeniti za smanjenje emisija (tehničkog i ne-tehničkog tipa), u različitim sektorima: proizvodnji električne energije i topline, proizvodnji i preradi goriva, prometu, općoj potrošnji (kućanstva i usluge), industriji, poljoprivredi, korištenju zemljišta, promjeni korištenja zemljišta i šumarstvu, gospodarenju otpadom i dr.

**Ove mjere su ugrađene u tri glavna scenarija:**

- Referentni scenarij (NUR),
- Scenarij postupne tranzicije (NU1)
- Scenarij snažne tranzicije (NU2).

**Graf 3.** Smanjenje emisije stakleničkih plinova NUR, NU1 i NU2 scenarijem



Izvor: [9]

Scenariji NU1 i NU2 vrlo su slični do 2030. godine, tako da ako Republika Hrvatska krene sa scenarijem postupne tranzicije (NU1) ima vremena preusmjeriti se na scenarij snažne tranzicije (NU2).

Cilj Niskouglične strategije je da putanja emisija stakleničkih plinova bude u rasponu između scenarija NU1 i NU2 (Graf 3).

**U 2030. godini u NU1 scenariju postiže se ukupno smanjenje od 33,5%, dok se u NU2 scenariju postiže smanjenje od 36,7%.**

Sektori koji bilježe smanjenje emisija u 2030. u odnosu na 1990. su:

- sektor industrije (43%)
- sektor proizvodnje i prerade goriva (18%)
- sektor poljoprivrede (15%)
- sektor proizvodnje električne energije i topline (14%)
- sektor opće potrošnje (10%).

Sektori koji bilježe porast emisija u 2030. u odnosu na 1990. godinu su promet i gospodarenje otpadom [9].

**U 2050. godini u NU1 scenariju postiže se ukupno smanjenje od 56,8%, dok se u NU2 scenariju postiže smanjenje od 73,1%.**

Sektori koji bilježe smanjenje emisija u 2030. u odnosu na 1990. godinu su:

- sektor industrije (36%)
- sektor proizvodnje električne energije i topline (15%)
- sektor proizvodnje i prerade goriva (14%)
- sektor opće potrošnje (13%)
- sektor poljoprivrede (11%)
- sektor prometa (9%)
- sektor gospodarenje otpadom (1,3%) [9].

### **3.2.1. Referentni scenarij (NUR)**

U skladu s važećom regulativom i prihvaćenim ciljevima do 2030. godine. Referentni scenarij pretpostavlja tehnološki napredak i rast udjela obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti temeljem tržišne situacije i danas utvrđenih ciljnih energetskih standarda. U odnosu na niskouglijične scenarije za dostizanje ciljeva, to je scenarij s blažom penetracijom obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti. Emisije u ovom scenariju se smanjuju za 6,4 % u 2030. godini te 30 % u 2050. godini u odnosu na današnje stanje. Udio obnovljivih izvora u ovom scenariju je 40 % u 2030. godini, a 45,5% u 2050. godini.

### **3.2.2. Scenarij postupne tranzicije (NU1)**

Scenarij postupne tranzicije dimenzioniran je tako da se sigurno ispune ciljevi smanjenja emisije koji bi mogli biti obveza u okviru interne sheme obveza Europske unije i s tim u vezi ciljevi međunarodnog dugoročnog dogovora da se porast temperature održi unutar 2°C, a po mogućnosti i unutar 1,5°C. Smanjenje emisije se postiže primjenom niza troškovno učinkovitih mjera, snažnim poticanjem energetske učinkovitosti i primjenom obnovljivih izvora energije koji bi u proizvodnji električne energije nakon 2030. godine mogli velikim dijelom biti potpuno tržišno konkurentni. Scenarij pretpostavlja snažan rast cijena CO<sub>2</sub>, do 92,1 €/t CO<sub>2</sub> u 2050. godini, što je glavni pokretač tranzicije. Udio obnovljivih izvora energije u 2030. godini po ovom scenariju je 36,6%, a u 2050. godini mogao bi biti 53,2%. Ovim scenarijem smanjuje se emisija stakleničkih plinova za 33,5% u 2030. godini i 56,8% u 2050. godini, u odnosu na 1990. godinu.

### **3.2.3. Scenarij snažne tranzicije (NU2)**

Scenarij snažne tranzicije dimenzioniran s ciljem da se u 2050. godini postigne smanjenje emisije 80% u odnosu na 1990. godinu. U ovom scenariju kao i u NU1 pretpostavlja se snažan porast cijena CO<sub>2</sub> do 92,1 €/t CO<sub>2</sub> u 2050. godini te vrlo snažne mjere energetske učinkovitosti. U ovom scenariju, u 2050. godini, glavni zagađivač emisije CO<sub>2</sub> i dalje ostaje promet, zatim poljoprivreda i industrija. Primjenom danas poznatih mjera, uključivo i one koje su socio-gospodarskom pogledu prihvatljive za poljoprivredu, moglo bi se postići smanjenje emisije od 73,1%. Ostatak do 80% računa se na nove, danas nepoznate tehnologije.

### 3.3. ZAKONSKA REGULATIVA GLEDE EMISIJE CO<sub>2</sub>

Klimatske promjene postižu suradnju zemalja diljem svijeta glede smanjenja emisija CO<sub>2</sub> u svijetu. Svjetski čelnici i čelnice 2015. postigli su dogovor o ambicioznim novim ciljevima u borbi protiv klimatskih promjena uvođenjem Pariškog sporazuma o klimatskim promjenama (franc. Accord de Paris). Govori se o klimatskom sporazumu potpisan na 21. zasjedanju Konferencije stranaka Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC) u Parizu 2015. godine.

Sporazum je postignut 12. prosinca 2015. godine, a stupio je na snagu 4. listopada 2016. godine nakon ratifikacije Europske unije. Do prosinca 2016. godine sporazum su potpisale 194 države članice UNFCCC-a, a njih 118 odgovornih za najmanje 55 % globalnih emisija stakleničkih plinova ispunilo uvjet za ratifikaciju. Sve zemlje EU-a ratificirale su sporazum .

Njegovi su glavni elementi:

- **dugoročni cilj:** vlade su postigle dogovor da će porast prosječne svjetske temperature zadržati na razini znatno manjoj od 2 °C u usporedbi s predindustrijskim razinama te ulagati napore da se taj porast ograniči na 1,5 °C
- **doprinosi:** prije pariške konferencije i za vrijeme njezina trajanja zemlje su podnijele sveobuhvatne nacionalne planove klimatskog djelovanja za smanjivanje emisija
- **ambicija:** vlade su se složile da će svakih pet godina obavješćivati o svojim planovima djelovanja te da će se sa svakim novim planom postaviti ambiciozniji ciljevi
- **transparentnost:** zemlje su se dogovorile da će izvještavati jedne druge i javnost o tome kako napreduju u provedbi svojih ciljeva kako bi se osigurali transparentnost i nadzor
- **solidarnost:** EU i ostale razvijene zemlje i dalje će financirati borbu protiv klimatskih promjena kako bi zemljama u razvoju pomogle da smanje emisije i izgrade otpornost na učinke klimatskih promjena [30].

Sporazumom je određeno da se svi doprinosi država – potpisnica ostvaruju kroz nacionalne planove. Nacionalni planovi donose se periodično i svaki bi trebao biti napredak u odnosu na prethodni plan te održavati najviši mogući cilj svake države – potpisnice. Ističe se da bi razvijene zemlje trebale predvoditi provedbu ciljeva smanjenja emisija na razini cjelokupnog gospodarstva, dok bi zemlje u razvoju trebale ublažavati svoje emisije po pojedinim kategorijama, a tek s vremenom prijeći na smanjenje i ograničavanje emisija cjelokupnog gospodarstva te u tome bi im potporu trebale pružiti razvijene zemlje. Od posebne važnosti za Hrvatsku, ali i Europsku uniju je članak 18. koji govori da se stranke koje zajednički djeluju unutar regionalne organizacije za gospodarsku integraciju svaka zasebno smatraju odgovorne za svoju razinu emisija, dakle ako postoji članica koja ne ispuni svoje kvote i nacionalne planove, ona se smatra odgovornom te može biti penalizirana od strane Europske komisije.

Kako bi se olakšalo državama, Konferencija stranaka Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime uspostavila je mehanizam za doprinos ublažavanju emisija stakleničkih plinova i potporu održivom razvoju, kojim se stranke mogu dobrovoljno koristiti.

### **Ciljevi mehanizma su:**

- promicanje ublažavanja emisija stakleničkih plinova uz poticanje održivog razvoja;
- poticanje i olakšavanje sudjelovanja javnosti i privatnih subjekata u smanjenju emisija;
- doprinos smanjenju razina emisija u pojedinoj stranci na temelju drugih metoda ublažavanja u toj stranci ili drugim strankama;
- postizanje sveukupnog ublažavanja globalnih emisija.

Uz podnesene nacionalne planove moraju se dostavljati i izvješća o financiranju nerazvijenih zemalja. Konferencija stranaka svakih 5 godina sprovodi globalni pregled stanja kako bi procijenila kolektivni napredak postizanja svrhe Sporazuma, a prvi takav pregled na rasporedu je 2023. godine.

### **Klimatski ciljevi EU-a:**

EU je prva gospodarska sila koja je pod Pariškim sporazumom postavila svoje ciljeve za smanjenje emisija. Trenutni cilj EU-a je za 40% smanjiti emisije CO<sub>2</sub> do 2030. u usporedbi s razinom iz 1990. Međutim, sve je veći pritisak za ambicioznije djelovanje.

Prema izvještaju Međuvladinog panela o klimatskim promjenama (IPCC-a) o globalnom zatopljenju iz 2018., za postizanje cilja ograničavanja globalnog zatopljenja na 1.5 °C globalne emisije do 2050. trebaju biti nula.

#### **3.3.1. Oporezivanje vozila**

U smislu Zakona o posebnom porezu na motorna vozila ("Narodne novine", br. 15/2013, 108/2013, 115/2016 i 127/2017), Pravilnika o posebnom porezu na motorna vozila („Narodne novine“, 1/2017 i 2/2018) i Uredbe o načinu izračuna i visinama sastavnica za izračun posebnog poreza na motorna vozila („Narodne novine“, 109/2018) posebni porez na nova motorna vozila utvrđuje se na temelju emisije ugljičnog dioksida ( CO<sub>2</sub> ) izražene u g/km, prodajne cijene motornog vozila i razine emisije ispušnih plinova.

Prodajna cijena motornog vozila je maloprodajna cijena s uključenim porezom na dodanu vrijednost novog motornog vozila koju je generalni zastupnik ili uvoznik određene marke motornih vozila u RH dostavio Carinskoj upravi. Tvornički ugrađena dodatna oprema se uključuje u poreznu osnovicu prema važećem cjeniku trgovca na dan izdavanja računa o prodaji novog motornog vozila [31].

#### **3.3.2. Oporezivanje osobnih vozila**

Posebni porez na motorna vozila iz članka 5. stavka 1. točaka 1. i 3. Zakona te druga motorna vozila prenamijenjena u takva motorna vozila plaća se ovisno o vrsti goriva koje vozilo koristi za pogon prema izrazu:

$$PP = (VN + PC) + (ON + EN)$$

U kojemu je:

**PP** – posebni porez u kunama

**VN** – vrijednosna naknada u kunama

**PC** – naknada koja se utvrđuje na način da se od prodajne cijene motornog vozila oduzme najniži iznos za skupinu kojoj motorno vozilo pripada prema Tablici 5 i tako dobiveni iznos pomnoži s postotkom utvrđenim za skupinu kojoj motorno vozilo pripada prema Tablici 5

**ON** – osnovna naknada u kunama prema Tablici 6 ili 7

**EN** – naknada koja se utvrđuje na način da se od iznosa prosječne emisije ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) motornog vozila oduzme najniži iznos za skupinu kojoj motorno vozilo pripada prema Tablici 6 ili 7 i tako dobiveni iznos pomnoži s pripadajućim iznosom u kunama za jedan g/km CO<sub>2</sub>

**Tablica 5.** Prodajna cijena

|                    | Prodajna cijena motornog vozila u kn |            | VN u kn | %    |
|--------------------|--------------------------------------|------------|---------|------|
| Prva skupina       | 0,00                                 | 100.000,00 | 0       | 0    |
| Druga skupina      | 100.000,01                           | 150.000,00 | 0       | 0    |
| Treća skupina      | 150.000,01                           | 200.000,00 | 2.000   | 3,0  |
| Četvrta skupina    | 200.000,01                           | 250.000,00 | 3.500   | 5,0  |
| Peta skupina       | 250.000,01                           | 300.000,00 | 6.000   | 7,0  |
| Šesta skupina      | 300.000,01                           | 350.000,00 | 9.500   | 9,0  |
| Sedma skupina      | 350.000,01                           | 400.000,00 | 14.000  | 11,0 |
| Osma skupina       | 400.000,01                           | 450.000,00 | 19.500  | 13,0 |
| Deveta skupina     | 450.000,01                           | 500.000,00 | 26.000  | 14,0 |
| Deseta skupina     | 500.000,01                           | 550.000,00 | 33.000  | 15,0 |
| Jedanaesta skupina | 550.000,01                           | 600.000,01 | 40.500  | 16,0 |
| Dvanaesta skupina  | 600.00,01                            |            | 48.500  | 17,0 |

Izvor: [31]

**Tablica 6.** Dizelsko gorivo

|                 | Emisija CO <sub>2</sub> (g/km) | ON u kn | Iznos u kn za 1 g/km CO <sub>2</sub> |
|-----------------|--------------------------------|---------|--------------------------------------|
| Prva skupina    | 70 do 85                       | 185     | 55                                   |
| Druga skupina   | 85 do 120                      | 1.010   | 175                                  |
| Treća skupina   | 120 do 140                     | 7.135   | 1.150                                |
| Četvrta skupina | 140 do 170                     | 30.135  | 1.250                                |
| Peta skupina    | 170 do 200                     | 67.635  | 1.350                                |
| Šesta skupina   | 200 do                         | 108.135 | 1.450                                |

Izvor: [31]

**Tablica 7.** Benzin, ukapljeni naftni plin, prirodni plin i druga goriva osim dizelskog

|                 | Emisija CO <sub>2</sub> (g/km) | ON u kn | Iznos u kn za 1 g/km CO <sub>2</sub> |
|-----------------|--------------------------------|---------|--------------------------------------|
| Prva skupina    | 70 do 90                       | 95      | 35                                   |
| Druga skupina   | 90 do 120                      | 620     | 135                                  |
| Treća skupina   | 120 do 140                     | 7.135   | 450                                  |
| Četvrta skupina | 140 do 170                     | 13.670  | 700                                  |
| Peta skupina    | 170 do 200                     | 34.670  | 1.200                                |
| Šesta skupina   | 200 do                         | 70.670  | 1.300                                |

Izvor: [31]

**a/ Primjer izračuna kod dizelskog motora:**

Emisija - 82 g/km CO<sub>2</sub>

- osnovni model 220.000,00 kn

- dodatna oprema 50.000,00 kn

**Preporučena prodajna cijena u RH:** 270.000,00 kn

VN (vrijednosna naknada) = 6.000,00 kn

PC = (270.000,00 – 250.000,00) x 7% = 1.400,00 kn

(ON + EN) - posebni porez prema Tablici 2. - (185 + (82-70) x 55) = 845,00 kn

---

**Iznos posebnog poreza (PP) = (6.000,00 + 1.400,00) + 845,00 = 8.245,00 kn**

**b/ Primjer izračuna kod benzinskog motora:**

Emisija CO<sub>2</sub> - 175 g/km

- osnovni model 280.000,00 kn

- dodatna oprema 50.000,00 kn

**Preporučena prodajna cijena u RH:** 330.000,00 kn

VN (vrijednosna naknada) = 9.500,00 kn

PC = (330.000,00 – 300.000,00) x 9% = 2.700,00 kn

(ON + EN) - posebni porez prema Tablici 3. - (34.670 + (175-170) x 1.200) = 40.670,00 kn

---

**Iznos posebnog poreza (PP) = (9.500,00 + 2.700,00) + 40.670,00 = 50.870,00 kn**

**c/ Primjer izračuna motornih vozila sa 7+1 i 8+1 sjedala:**

Za motorna vozila s osam (7+1) sjedala iznos posebnog poreza utvrđen na temelju članka 12. stavka 1. Zakona se umanjuje za 50%, a za motorna vozila s devet (8+1) sjedala iznos se umanjuje za 75%.

Vrsta goriva - dizel

Emisija CO<sub>2</sub> - 180 g/km

**Preporučena prodajna cijena u RH:** 280.000,00 kn

Ukupan iznos posebnog poreza na dan 1. reg. [32]: 89.235,00 kn

---

Vozilo sa 7+1 sjedala - ukupan iznos posebnog poreza: **89.235,00 - 50 % = 44.617,50 kn**

Vozilo sa 8+1 sjedala - ukupan iznos posebnog poreza: **89.235,00 - 75 % = 22.308,75 kn**

**d/ Primjer izračuna za „PLUG-IN“ hibridno električno vozilo:**

Za „plug-in“ hibridna električna vozila iznos posebnog poreza utvrđen na temelju članka 12. stavka 1. Zakona se umanjuje za iznos koji odgovara doseg u kilometrima u potpuno električnom načinu rada.

Vrsta goriva - benzin

Emisija CO<sub>2</sub> - 63 g/km

Doseg u električnom načinu rada - 62 km

**Preporučena cijena vozila u RH:** 385.000,00 kn

Ukupan iznos posebnog poreza na dan 1. reg. [32]: 18.350,00 kn

Umanjenje iznosa posebnog poreza: -52% - 9.542,00 kn

---

**Iznos posebnog poreza za uplatu: 10.483,20 kn**

**e/ Primjer izračuna za kamper vozilo:**

Za kamper vozila iznos posebnog poreza utvrđen na temelju članka 12. stavka 1. Zakona se umanjuje za 85%.

Vrsta goriva - dizel

Emisija CO<sub>2</sub> - 162 g/km

**Preporučena cijena vozila u RH:** 475.000,00 kn

Ukupan iznos posebnog poreza na dan 1. reg. [32]: 107.935,00 kn

Umanjenje iznosa posebnog poreza: -85% - 91.744,75 kn

---

**Iznos posebnog poreza za uplatu: 16.190,25 kn**

### 3.3.3. Oporezivanje „PICK-UP“ vozila

„PICK-UP“ su vozila kojima je maksimalna unutarnja dužina prostora za prijevoz robe, mjerena na podu, veća od 50% dužine međuosovinskog razmaka vozila ili ako vozilo ima više od dvije osovine [31].

Iznos posebnog poreza za ovo motorno vozilo utvrđen na temelju članka 5. stavka 1. točke 3. Zakona te druga motorna vozila prenamijenjena u takva motorna vozila plaća se prema izrazu:

$$PP = (S \times KS)$$

U kojemu je:

**PP** – posebni porez u kunama

**S** – snaga motora u kilovatima (kW)

**KS** – koeficijent snage motora u iznosu od 225,00 kn

**Primjer izračuna „PICK - UP“ vozila:**

Snaga motora – 125 kW

---

**Iznos posebnog poreza :**     $125 \times 225,00 = 28.125,00 \text{ kn}$

### 3.3.4. Oporezivanje motocikala i „ATV“ vozila

Posebni porez na motorna vozila iz članka 5. stavka 1. točaka 2. i 4. Zakona te druga motorna vozila prenamijenjena u takva motorna vozila plaća se prema izrazu [31]:

$$PP = (O \times KO)$$

U kojemu je:

**PP** – posebni porez u kunama

**O** – obujam motora u kubičnim centimetrima (cm<sup>3</sup>)

**KO** – koeficijent obujma motora prema Tablici 8 koji se uvećava ovisno o razini emisije ispušnih plinova na način da se za razinu emisije ispušnih plinova: EURO III uvećava za 5, EURO II uvećava za 10 i EURO I uvećava za 15

**Tablica 8.** Obujam motora

| Obujam motora u kubičnim centimetrima (cm <sup>3</sup> ) | KO |
|----------------------------------------------------------|----|
| 51 do 125                                                | 4  |
| 126 do 300                                               | 6  |
| 301 do 700                                               | 7  |
| 701 do 1000                                              | 8  |
| 1001 do                                                  | 10 |

Izvor: [31]

**Primjer izračuna motocikla i „ATV“ vozila:**

**1. Primjer**

Obujam motora – 998 cm<sup>3</sup>

Razina emisije ispušnih plinova - EURO IV

---

**Iznos posebnog poreza:  $998 \times 8 = 7.984,00$  kn**

**2. Primjer**

Obujam motora – 660 cm<sup>3</sup>

Razina emisije ispušnih plinova - EURO III

---

**Iznos posebnog poreza:  $(660 \times (7+5)) = 649 \times 12 = 7.920,00$  kn**

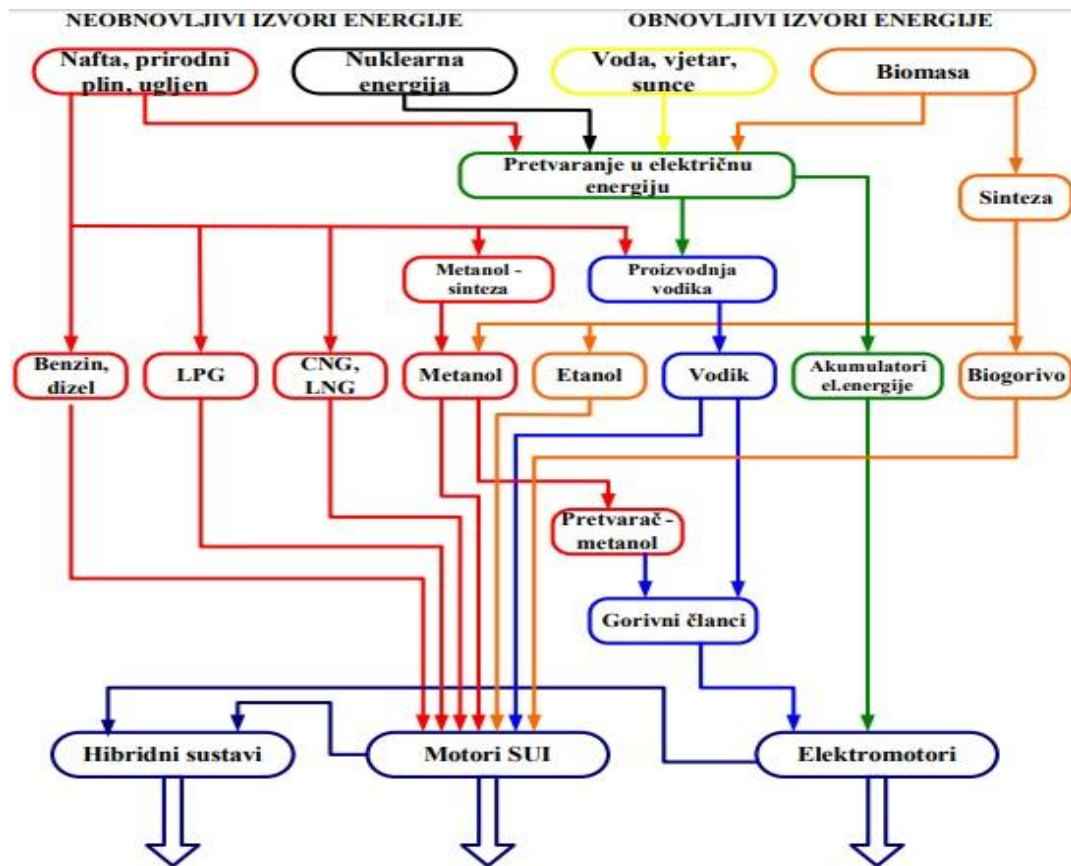
## 4. MJERE SMANJENJA CO<sub>2</sub> IZ CESTOVNOG PROMETA

Sa stajališta cestovnih motornih vozila, na emisije zagađivača najveći utjecaj imaju: tehničko-tehnološka rješenja koja se koriste na motorima s unutarnjim izgaranjem, radni ciklus motora, vrsta i kvaliteta goriva, koncentracija i prohodnost vozila u pojedinim zonama, uvjeti (režimi) vožnje. Promatrajući motor s unutarnjim izgaranjem kao zasebnu cjelinu smanjenje emisije zagađivača u cestovnom vozilu moguće je postići na tri načina: povećanjem kvalitete korištenih goriva, optimizacijom radnih procesa u motoru i naknadnim tretmanom ispušnih plinova. Primjenom suvremenih konstruktivnih rješenja i naprednih elektronskih regulacijskih sustava optimiziraju se procesi u motoru, prije svega dobava goriva i proces izgaranja, i na taj način se dobivaju povoljnije karakteristike ispušnih plinova. Kao karakteristični primjeri mogu se navesti: common rail sustav za visokotlačno direktno ubrizgavanje goriva kod dizelskih motora, direktno ubrizgavanje goriva kod Otto motora, recirkulacija ispušnih plinova, varijabilno upravljanje ventilima, itd. Neizbježan dio suvremenih vozila su i sustavi za naknadni tretman ispušnih plinova (tzv. katalizatori) kojima se postiže dodatno smanjenje emisije zagađivača. Kombinacijom navedenih rješenja mogu se postići niske emisije štetnih komponenti, koje mogu zadovoljiti zahtjeve definirane ECE pravilnicima. Navedena tehnička rješenja direktno su vezana s godinom proizvodnje vozila, pa se pomlađivanje voznog parka može navesti kao jedan od načina za smanjenje emisije zagađivača od cestovnih vozila i poboljšanje ekološke slike.

Organizacija prometa u urbanim sredinama i korištenje alternativnih prijevoza je drugi način na koji se može utjecati na smanjenje emisije zagađivača.

Treći način na koji je moguće utjecati na smanjenje emisije zagađivača od cestovnih vozila, naročito u urbanim sredinama, jest uporaba alternativnih goriva. Ovdje treba istaći da tehničko-tehnološka rješenja na motorima, u cilju postizanja zadovoljavajuće ekološke slike, postaju preskupa, pa alternativna goriva predstavljaju rješenja koja zadržavaju i razumnu razinu cijene vozila [11].

**Slika 2.** Izvori energije za pogon cestovnih vozila



Izvor: [11]

Brojne analize koje su razmatrale mogućnosti primjene alternativnih goriva, uzimajući u obzir navedene kriterije za odabir alternativnog goriva, kao i specifičnosti vezane za analizirano područje, pokazale su da je u ovom trenutku prirodni plin prijelazno rješenje u energetsom pogonu za cestovna vozila u većini zemalja.

#### **4.1. RAZVOJ NOVIH MOTORA S MANJIM UTROŠKOM ENERGIJE**

Cestovna motorna vozila većinski koriste različite vrste tekućih i plinovitih goriva (najzastupljeniji benzin i dizel). Cestovni promet je imao udio ukupnih emisija stakleničkih plinova u 1990. godini oko 12,2%, a u 2018. godini 27,1%. Emisije cestovnog prometa u razdoblju od 1990. do 2018. godine porasle su za 72,7%, uglavnom zbog povećanja broja vozila (većinom osobna i kombi vozila) i zbog veće potrošnje dizelskog goriva za 3,8 puta kod svih vrstama vozila dok je u istom razdoblju potrošnja benzina je smanjena za oko 35%. Razdoblje od 2008. godine do 2014. godine emisije iz cestovnog prometa popraćene su neznatnim smanjenjem zbog manje potrošnje goriva uzrokovane ekonomskom krizom u Republici Hrvatskoj, kao i provedbe mjera za smanjenje emisije CO<sub>2</sub>.

Zakonodavni okvir Europske unije postavio je ciljeve smanjenja emisija CO<sub>2</sub> za nova automobila i kombi vozila te se predviđa kako će se prosječne emisije svake godine smanjivati kako će industrija vozila prevoditi mjere. Kad je riječ o potrošnji goriva, cilj u 2015. godini je bio otprilike ekvivalent od 5,6 L/100km benzina, odnosno 4,9 L/100km dizela, dok je cilj za 2021. godinu potrošnja od oko 4,1 L/100km benzina, odnosno 3,6 L/100km dizela. Ciljevi za smanjenje emisija osobnih automobila za 2015. i kombi vozila za 2017. godinu ostvareni su već 2013. godine.

Odluka je prihvaćena od strane Europske unije o ograničavanju emisija ugljičnog dioksida novih automobila. Predstavnici, Ministarskog vijeća zemalja članica Europske unije, glasali su za prijedlog da se do 2025. godine mora smanjiti emisija stakleničkog plina CO<sub>2</sub> svih novih automobila za 15 % u odnosu na 2021. godinu, a do 2030. godine se mora smanjiti za 37.5 % u usporedbi sa 2021. godinom.

Prema podacima Europske komisije, prosječna razina emisije novih vozila u 2016. godini je iznosio 118,1 g/km CO<sub>2</sub> što je znatno manje za razliku iz podataka u 2015. godini kad je iznosio 130 g/km CO<sub>2</sub>. Trenutni propisi nalažu da proizvođači automobila 2021. godine moraju u cijeloj svojoj floti imati prosječnu emisiju od 95 g/km CO<sub>2</sub>, prošlogodišnji prosjek bio je 118.5 g/km CO<sub>2</sub>. dok u 2015. godini Prva opcija je proizvodnja mnogo električnih automobila, koji će morati dolaziti na tržište već početkom 2020. godine jer se samo tako može smanjivati emisije CO<sub>2</sub>, a druga opcija je da proizvođači automobila plaćaju visoke penale Europskoj uniji.

Glavni uzroci što u posljednje vrijeme rastu automobilske prosječne emisije CO<sub>2</sub> je u tome što je sve veća popularnost proizvodnje SUV automobila koji troše više goriva te s time i emitiraju više CO<sub>2</sub> u atmosferu te sve slabija prodaja dizel automobila koji emitiraju manje CO<sub>2</sub> [34].

Električni automobili trenutno jesu najbolje ekološko rješenje u usporedbi sa dizelskim i benzinskim automobilima, ali da uopće ne utječu na zagađivanje atmosfere, globalno zatopljenje i ispuštanje emisija CO<sub>2</sub> ne odgovara istini. Automobili izravno ne ispuštaju nikakve štetne plinove u atmosferu jer ih pokreće struja, no prilikom proizvodnje te struje u atmosferu se nerijetko izbacuju ogromne količine štetnih plinova.

Prilikom proizvodnje električnog automobila, prije svega zbog proizvodnje njegove baterije, u atmosferu se izbacuje otprilike dvostruko više CO<sub>2</sub> nego pri proizvodnji klasičnog automobila. Nimalo zanemariva činjenica da se prilikom proizvodnje klasičnog gradskog automobila izbacuje oko 8500 kilograma CO<sub>2</sub> je ista količina koju ćete izbaciti tijekom 80.000 kilometara vožnje električnog automobila.

U prosjeku emisija CO<sub>2</sub> dizelskih motora (121,5 g CO<sub>2</sub>/km) sada su vrlo blizu emisijama benzinskih motora (123,4 g CO<sub>2</sub>/km). Razlika od 1,9 g CO<sub>2</sub>/km bila je najniža unazad posljednjih promatranih 5 godina [43].

U usporedbi s automobilima sličnog segmenta SUV-ovi su obično teži te imaju snažnije motore i veći prednji kraj od kojih su jedne od značajka koje povećavaju potrošnju goriva. Većina prodanih SUV-ova pokretana je benzinom, s prosječnom emisijom od 133 g CO<sub>2</sub>/km, što je za oko 13 g CO<sub>2</sub>/km više od prosječne emisije drugih novih automobila na benzin.

Električni automobili ekološki su u samo nekim državama, dok su u drugim čak i veći CO<sub>2</sub> zagađivači od dizela i benzina. Prosječno je zaslužan za emisiju od 102 g/km CO<sub>2</sub> što je otprilike onoliko koliko izbacuje benzinski auto kad troši 4,4 L/100 km. U Indiji, koja oko 90 posto svoje struje dobiva sagorijevanjem ugljena i nafte, električni automobili zapravo predstavljaju pravu CO<sub>2</sub> katastrofu s ispuštanjem od 270 g/km CO<sub>2</sub>, koji odgovara potrošnji automobila na 100km od 11,6L/100km.

Najmanju emisiju CO<sub>2</sub> u atmosferu stvara električni automobil u Islandu koji je maksimalno iskoristio energiju svojih vodotoka i geotermalnu energiju. Ipak i tamo su električni automobili zaslužni za CO<sub>2</sub> emisiju koji na razini benzinskog automobila imaju potrošnju od 2,2 L/100 km te su zato i nazvani "najčišći" auti današnjice u "najčišćoj" državi stvarajući minimalno CO<sub>2</sub> onečišćenje [36].

**Tablica 9.** Emisija CO<sub>2</sub> za električni automobil po državama (g/km) i ekvivalent potrošnje benzina za tu vrijednost

| Država           | Emisija CO <sub>2</sub> (g/km) za električne automobile | Potrošnja benzina   |
|------------------|---------------------------------------------------------|---------------------|
| Indija           | 270                                                     | 11,6 L/100 km       |
| Australija       | 213                                                     | 9,2 L/100 km        |
| Kina             | 188                                                     | 8,1 L/100 km        |
| Poljska          | 177                                                     | 7,6 L/100 km        |
| SAD              | 147                                                     | 6,3 L/100 km        |
| Velika Britanija | 138                                                     | 5,9 L/100 km        |
| Njemačka         | 131                                                     | 5,6 L/100 km        |
| Rusija           | 113                                                     | 4,9 L/100 km        |
| <b>Hrvatska</b>  | <b>102</b>                                              | <b>4,4 L/100 km</b> |
| Kanada           | 84                                                      | 3,6 L/100 km        |
| Francuska        | 68                                                      | 2,9 L/100 km        |
| Brazil           | 65                                                      | 2,8 L/100 km        |
| Švedska          | 59                                                      | 2,5 L/100 km        |
| Island           | 51                                                      | 2,2 L/100 km        |

Izvor: [36]

## 4.2. EKO VOŽNJA

EKO vožnja iz razloga jer je to jedan moderni, 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 očiti benefiti i koristi od primjene eko stila vožnje. Kako bi smo mogli govoriti o EKO stilu vožnje onda promatrajmo 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 svakodnevici.

U tom smislu, 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, vožnju bez stresa i agresivnosti, i u konačnici sigurniju vožnju koja će doprinijeti 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.

Uštedom eko-vožnje možemo pravodobno planirati svoja putovanja, izbjegavati zagrijavanje motora prije polaska, izbjegavati rad motora u neutralnom hodu, što prije prebacivanje u viši stupanj prijenosa (2000 do 2500 okretaja u minuti), voziti pri niskom broju okretaja motora, pravovremeno ubrzavanje i usporavanje te je preporučeno češće kočenje motorom, racionalno korištenje klima uređaja u vozilu, uklanjanje nepotrebnog tereta s krova vozila i redovito provjeravanje propisani tlak zraka u gumama.

Svjetska automobilska federacija (FIA) usvojila je, na prijedlog Svjetskog vijeća za mobilnost i automobile, na svojoj Generalnoj skupštini u listopadu 2007. godine u Parizu, Deklaraciju o kakvoći zraka, klimatskim promjenama i ekonomičnosti goriva, kao osnovu na provedbu ovogodišnje globalne svjetske kompanije „Make cars green“. Potpisavši Deklaraciju, Hrvatski autoklub postao je nositelj provedbe kampanje – „učinimo automobile zelenima“ u našoj državi, čime „eko-vožnja“ postaje novi stil vožnje ekološki osviještenih vozača.

Istraživanja su pokazala da npr. automobil koji u prosjeku troši 7,04 L goriva na 100 km može „zelenom vožnjom“ potrošnju goriva smanjiti i za 2,11 L, odnosno 30% [6].

Eko-vožnjom imamo prednost smanjenja emisija stakleničkih plinova, smanjenje lokalne emisija štetnih plinova, smanjenje buke, povećanje sigurnosti u cestovnom prometu koja doprinosi odgovornijoj vožnji, poboljšanje vozačke sposobnosti, smanjenje potrošnje goriva, smanjenje troškova održavanja vozila, smanjenje troškova uslijed prometnih nesreća, smanjuje stres za vrijeme vožnje te povećanje ugodnosti u vožnji za vozače i putnike [33].

### **4.3. SMANJENJE TEŽINE VOZILA**

Ljudi su prinuđeni da sve češće kupuju nove automobile, pa se posebna pažnja mora posvetiti prilikom konstruiranja istih. Zahtjeva se da vozila budu lakša za upravljanje, energetski efikasnija i sigurnija, što se jedino može ispuniti dobrim inženjeringom od samog starta, koristeći novije materijale, kako bi se masa dovela na prihvatljiv nivo. Današnja vozila imaju prilično veliku masu, jer se najvećim dijelom sastoje iz legura čelika, materijala koji se pokazao veoma čvrstim, ali pritom ima i veliku masu. Danas postoji veliki broj alternativnih materijala, čija je proizvodnja skuplja, međutim, postoji svjesnost za neophodno smanjenja mase automobila, pa se zato ulažu velike količine novaca u nova istraživanja i dalja usavršavanja alternativnih materijala. Veoma mali broj ljudi se zapita kakav utjecaj ima masa njihovog automobila na vozne karakteristike, tako i na sigurnost, potrošnju goriva i emisiju ugljikovog dioksida ( $\text{CO}_2$ ), koji je u današnje vrijeme jedan od najvećih problema sa kojima se čovjek suočava. Svi smo donekle upoznati sa podacima o prevelikoj koncentraciji  $\text{CO}_2$  u atmosferi, efekta stakleničkih plinova, stvaranju ozonskih rupa i drugih, ali mali broj ljudi je svjestan kolika razlika u masi od 100kg može doprinijeti ublažavanju tih pojava, kao i efikasnijem korištenju vozila sa energetski efikasnijom potrošnjom i povećanom sigurnošću, koji se direktno odražavaju na financijski aspekt i mnogo važniju sigurnost vožnje i održivi razvoj.

#### **4.3.1. Utjecaj mase na vozne karakteristike**

Problem mase automobila i njen utjecaj na vozne karakteristike razloženi su na nekoliko segmenata, kako bi iz što većeg broja uglova bio sagledan problem i kako bi na najefikasniji način odredili u kojoj mjeri, zapravo masa automobila utječe na entitete kao što su ubrzanje, kočenje i upravljivost, ne računajući najveću brzinu, jer masa na nju utječe tek neznatno. Dio koji se tiče ubrzanja, a relevantan je za ovaj rad, odnosi se na poboljšanje ubrzanja putničkih automobila putem smanjene mase, jer od toga direktno zavisi kvaliteta vožnje, primjer kretanja u gradskoj vožnji, tako i bitnija sigurnost u smislu lakšeg i sigurnijeg uključivanja na autoput, lakšeg postizanja željene brzine, kao i lakšeg pretjecanja na magistralnim i drugim putevima.

#### **4.3.2. Utjecaj mase na zaustavljanje**

Postoje velike debate oko toga u kojoj mjeri masa vozila zapravo utječe na zaustavni put, odnosno samo kočenje, jer se ovdje ne mogu uzeti samo grube vrijednosti brzine, mase i sile trenja, jer postoje velike raznolikosti koje se mogu uočiti kod automobila, u smislu različite raspodjele mase. Jedan od većih problema je taj, da se za zaustavni put konstantno uzima negativno ubrzanje, tj. usporenje, koje je u praksi teško izvodljivo.

Iz tog razloga koristi se formula izračunavanja kinetičke energije koje tijelo ima prilikom kretanja kojom bi se dokazala razlika u kinetičkoj energiji koju nose dva vozila koja se kreću istom brzinom, a imaju različite mase.

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Gdje je:

$E_k$  - kinetička energija koju ima vozilo

$m$  - masa vozila

$v$  brzina vozila, iz koje se može zaključiti da veći efekt na kinetičku energiju ima brzina vozila jer se kvadrira.

#### 4.3.3. Utjecaj mase na upravljanje

Upravljanje je veoma bitna stavka u automobilskoj industriji koja se svakodnevno razvija i dopunjuje. Nju karakterizira brojni elementi kao što su dužina, visina vozila, bočno ubrzanje, visina težišta, zapremnina, širina i debljina pneumatika i jednako bitna, masa vozila i njena raspodjela. Najčešće je primijenjena raspodjela mase kod putničkih automobila, 60% naprijed i 40% nazad, jer se veći dio mase nalazi u prednjem dijelu auta, gdje se najčešće nalazi agregat, kao najmasivniji entitet. Na primjeru kočenja auta, jasno se može vidjeti kako se masa prebacuje znatno više opterećujući prednju osovinu i oba prednja kotača dok se na primjeru oštne krivine u lijevo može vidjeti kako se masa auta prebacuje na desnu stranu auta, pogotovo na prednji desni kotač koji sam trpi oko 40% ukupne mase vozila od 900 kg.

Kako masa utječe na upravljivost može se vidjeti na jednoj izvedbenoj formuli:

$$W_d = \frac{l_a \cdot cg \cdot m}{sw}$$

Gdje je:

$W_d$  - raspodjela mase

$l_a$  - bočno ubrzanje

$cg$  - visina težišta

$m$  - masa auta

$sw$  - najveća širina vozila, tj. širina na zadnjoj osovini.

#### 4.3.4. Utjecaj mase na efikasnost

Veliki broj ljudi svakodnevno koriste svoje automobile, a tek jedan djelić se zapita koliki su zapravo troškovi goriva za jedan prosječan životni vijek auta i u kojoj mjeri se oni mogu smanjiti. Potrošnja manja u prosjeku za 1 L/100 km može uštedjeti oko 1.500 € na svakih 100.000 prijeđenih kilometara, što predstavlja 15% manje troškova za auto prosječne potrošnje B ili C segmenta. Jedan od načina smanjenja potrošnje, za koji ljudi danas ne mare previše upravo je redukcija viška mase na autu. Svakih 100 kg viška tereta u autu mogu se dodati 0,3 L/100 km, što možda i ne zvuči puno, ali pet osoba prosječne težine 75 kg i prtljažnik pun stvari mogu povećati potrošnju za 1.5 L/100 km što je za neko duže putovanje i više nego veliko povećanje.

#### 4.3.5. Utjecaj na sigurnost

Jedan od velikih problema sa kojim se bori gotovo svaka zemlja je sigurnost u prometnoj nesreći koji se ne može izostaviti. Prilikom uspoređivanja dva vozila, jedno mase 1200 kg, a drugo 800 kg, koji se kreću jedan prema drugom jednakim brzinama od 90 km/h.

$$p_1 = 1200kg \cdot 25 \frac{m}{s}$$

$$p_1 = 3000kg \frac{m}{s}$$

$$p_2 = 800kg \cdot 25 \frac{m}{s}$$

$$p_2 = 2000kg \frac{m}{s}$$

Pored očigledno manjeg impulsa lakšeg vozila, bitno je napomenuti da bi vozilo manje mase trebalo da se kreće od 37,5 m/s (135 km/h) da bi imalo istu količinu impulsa kao vozilo veće mase, što je za 45 km/h veća brzina. Sa druge strane, da bi vozilo veće mase imalo istu količinu impulsa kao vozilo manje mase, mora se kretati brzinom od 16,67 m/s (60 km/h), što je za čitavih 30 km/h manja brzina [16].

#### **4.4. PRIMJENA ALTERNATIVNIH IZVORA ENERGIJE**

Predstavljanje problema u vezi nafte je u tome što ovisnost europskog prometa ovisi o nafti (oko 94 %) od koje veći dio dolazi iz uvoza (oko 83,4 %). Budući da uvezena nafta uglavnom dolazi iz nestabilnijih područja u svijetu, to dodatno povećava nesigurnost opskrbe i ugrožavanje funkcioniranja prometa. Radi toga dolazi jasna nužnost u uvođenju alternativnih izvora energije u promet.

Alternativna goriva definiraju se kao goriva ili izvori energije koji služe kao nadomjestak za izvore fosilnih goriva u opskrbi prometa energijom i koji imaju potencijal poboljšanja ekološke učinkovitosti u prometnom sustavu.

Vrste alternativnih goriva su:

- Prirodni plin (UNP – ukapljeni naftni plin; SPP – stlačeni prirodni plin; UPP – ukapljeni prirodni plin)
- Vodik
- Alkoholi kao goriva
- Električna energija
- Biogoriva

Uporabom alternativnih goriva u prometu očekuju se mnogi rezultati koji rezultiraju smanjenju emisija CO<sub>2</sub>, povećanje prekograničnog prometa građana, stvaranje novih radnih mjesta u proizvodnji i postavljanju infrastrukture za alternativna goriva na području cijele Europske unije, povećanje investicija u materijale i usluge za građenje i održavanje infrastrukture te povećanje razvoja i konkurentnost europskog gospodarstva.

Razvoj cjelokupnog prometa u pogledu alternativnih goriva suočava se sa nedovoljnom potražnjom na tržištu za alternativno pogonjena goriva te sa visokom cijenom alternativno pogonjena vozila. S druge strane, kupci ne žele nabavljati takva vozila budući da su skupa te zbog nepostojanja odgovarajuće infrastrukture. Stoga je nedvojbeno potrebna potpora javnih tijela kako bi se premostili navedeni problemi, a koja je na razini Europske unije ostvarena Direktivom 2014/94/EU [17].

#### 4.4.1. Prirodni plin

U zemlji nalazimo prirodni plin kao smjesu metana (90%), manjih težinskih udjela etana, propana, butana i težih ugljikovodika, "ostalih plinova"- dušika, ugljičnih dioksida i drugih elemenata, ovisno o vrsti stijena, kolektora te tipu ležišta. Razne su teorije o postanku prirodnog plina, tzv. anorganskog ili organskog podrijetla, što se uglavnom definira kroz starost stijena te uvjeta tlaka i temperature za određeno povijesno razdoblje.

Prirodni plin naziva se još i zemni plin, a uz naftu i ugljen jedan je od najbitnijih i najraširenijih energenata na svijetu. Upotrebljava se u svim granama industrije za proizvodnju električne energije, za toplinske potrebe i kao gorivo za pogon motornih vozila. Često se pojavljuje otopljen u nafti, ali najčešće u plinskim ležištima. U prirodnom stanju pronalazi se kao smjesa ugljikovodika, obradom se izdvajaju teže frakcije kao što su propan i butan te viši ugljikovodici kako bi ostao metan [18].

Prirodni plin se može koristiti u motornim vozilima kao:

- Ukapljeni naftni plin (UNP),
- Stlačeni prirodni plin (SPP)
- Ukapljeni prirodni plin (UPP).

**Ukapljeni naftni plin** (UNP, engl. LPG – Liquefied Petroleum Gas) je smjesa ukapljenih ugljikovodika dobivena preradom nafte ili frakcionim izdvajanjem iz zemnog plina. Proizvod se sastoji većim dijelom od zasićenih nižih ugljikovodika propana i butana te malom koncentracijom drugih ugljikovodika. Tvari u proizvodu se pri normalnim uvjetima nalaze u plinovitom stanju, dok pri tlaku od 1,7 bara prelaze u tekuće stanje, gdje se volumen smanjuje čak i do 270 puta. Zbog izuzetne prihvatljivosti za primjenu, prevozi se i skladišti kao kapljevina, a koristi kao plin.

Proizvod je bez boje, mirisa i okusa te mu je potrebno dodati miris (odorizacija) kako bi se mogao osjetiti. Proizvod posjeduje izuzetna ekološka svojstva jer se njegovom uporabom smanjuje emisija štetnih plinova ( $\text{CO}_2$  i  $\text{NO}_x$ ), čime se doprinosi ublažavanju klimatskih promjena. Iz tog razloga sve više se koristi kao supstitucijski energent sa znatno povoljnijim ekološkim svojstvima, osobito kod industrijskih potrošača.

Prednosti UNP-a u odnosu na ostale energente:

- Visoki stupanj iskoristivosti energije (do 95%)
- Ekološki je čist energent (izgara bez čađe i dima)
- Pokrivenost mnogih energetske potrebe objekta (npr. grijanje, kuhanje, zagrijavanje sanitarne vode i dr.)
- Lako održavanje i sigurno rukovanje (instalacija, oprema i trošila)
- Mogućnost kombiniranja s ostalim gorivima (benzin, dizel, ostali alternativni oblici energije)

Nedostatci UNP-a:

- teško startanje pri niskim temperaturama,
- više temperature izgaranja,
- otrovnost,
- higroskopnost [19]

U Republici Hrvatskoj je u 2016. godini bilo registrirano ukupno 57.911 vozila koja koriste pogon na UNP, od čega 56.914 osobnih vozila, 875 teretnih automobila, 8 mopeda i motocikla, 16 autobusa te 98 traktora i ne-cestovnih pokretnih strojeva.

Trenutno je samo 10 registriranih radionica za ugradnju i servisiranje plinskih instalacija u vozila u RH, a broj punionica UNP-a iznosi 530 [41].

**Stlačeni prirodni plin** (SPP ili eng. CNG – compressed natural gas) je prirodni plin u plinovitom stanju stlačen na tlak od 220 bar pri 15°C koji se koristi za pogon motornih vozila kao alternativno gorivo. Gorivo koje danas nudi najbolji kompromis između ekoloških karakteristika, dostupnosti energetske resursa i tehnološkog razvoja te zbog jednostavnog kemijskog sastava i emisije ispušnih plinova su manje u odnosu na ostala goriva.

SPP je ekološki puno prihvatljiviji i jamči znatno čišće izgaranje, a njegove prednosti kod vozila očituju se u:

- nižim troškovima održavanja,
- duljem životnom vijeku motora
- značajnim uštedama u cijeni goriva u odnosu na dizelsko gorivo i motorni benzin.

Upotreba SPP goriva u svijetu raste iz godine u godinu pa se tako broj SPP vozila u upotrebi povećava po godišnjoj stopi od oko 30 posto.

Veće korištenje SPP-a potaknut će i planovi EU da do 2020. udio plina u prometu bude 10 %, a to gorivo se prihvaća kao karika između klasičnih i hibridnih vozila na struju. Većina svjetskih autoindustrija već proizvodi vozila koja su tvornički prilagođena korištenju benzina i SPP-a [21].

U Republici Hrvatskoj je u 2016. godini bilo registrirano 208 osobnih vozila, 84 teretnih automobila, 10 mopeda, 6 motocikala, 108 autobusa te 11 traktora s pogonom na SPP. Trenutno postoje samo 2 javno dostupne punionice za SPP (Zagreb i Rijeka) [20].

**Ukapljeni prirodni plin** (UPP ili eng. LNG – liquified natural gas) je povoljnijom cijenom i značajno manjim emisijama od klasičnih naftnih goriva (HFO od engl. heavy fuel oil) alternativno gorivo najpovoljnije za korištenje u pomorskom prometu i prometu unutarnjim plovnim putovima, a k tome je i jedina alternativa dizelskom gorivu za uporabu u teškim teretnim vozilima zbog dometa koje nudi. Veliku prepreku predstavlja vrijeme potrošnje zbog ograničenosti UPP-a u spremniku, manjak dostupnosti infrastrukturne mreže za punjenje duž EU autocesta.

U Republici Hrvatskoj postoji jedna infrastruktura za UPP na području grada Rijeke [20].

#### **4.4.2. Vodik**

Predstavlja najbolje rješenje za zamjenu ugljikovodika u gorivima srednjih/većih automobila na većim udaljenostima zbog usporedivosti automobila na vodik s konvencionalnim automobilima s motorima s unutrašnjim sagorijevanjem po svojim performansama (slično ubrzanje), autonomiji (oko 600 kilometara), te periodu punjenja spremnika (manje od 5 minuta). Međutim, infrastruktura za punjenje vodikom je u usporedbi s drugim alternativnim oblicima goriva najmanje razvijena, a preduvjet daljnjeg razvoja je usavršavanje i smanjenje troškova postupaka proizvodnje i skladištenja vodika namijenjenog za pogonsko gorivo.

U Republici Hrvatskoj ne postoji infrastruktura za vodik, no registrirano je 6 vozila na vodik, od toga 4 osobna automobila (koja vodik koriste u alternativi s klasičnim gorivima) i 2 mopeda [20].

#### **4.4.3. Alkoholi kao goriva**

Etanol i metanol su najniži alkoholi i na sobnoj temperaturi dolaze kao bezbojne kapljevine. Etanol se može dobivati fermentacijom kultura bogatih šećerima i škrobom, a to je gorivo za koje se smatra da kratkoročno ima najveći potencijal. Metanol se ekstrahira katalizacijom sintetičkog plina koji se filtrira destilacijom. I etanol i metanol mogu se miješati s benzinom u različitim omjerima i imaju otprilike isti sadržaj energije.

Prednosti ova dva alkohola su što je jedna dubinska analiza pokazala da je metanol proizveden od šumskog otpada glavni kandidat za zamjenu benzina. On je također zanimljiv i dugoročno budući da može funkcionirati bez ikakvih preinaka. Nedostaci su što je metanol relativno štetan za ljudsko zdravlje i njime se mora baratati u potpuno hermetički zatvorenim sustavima. U uzgoju i proizvodnji moraju se koristiti obnovljivi izvori energije kako bi se spriječio negativan utjecaj etanola na klimu [22].

#### **4.4.4. Električna energija**

Pogodnosti korištenja električne energije u prometu posebno dolaze do izražaja u gradskom prometu, jer kod korištenja e-vozila ne postoje emisije štetnih tvari u okoliš na lokalnoj razini ni zagađenje bukom. Prednost je također veća učinkovitost elektromotora u pretvorbi pohranjene energije u energiju potrebnu za vožnju te mogućnost vraćanja neiskorištene energije natrag u energetske sustav. Ograničavajući čimbenici su znatno veća cijena ovih vozila u usporedbi s konvencionalnim oblicima vozila i hibridima zbog cijene baterije, čiji se pad očekuje s masovnom proizvodnjom, duže vrijeme potrebno za punjenje, ograničeni doseg postojećih električnih automobila i nedostatak javne i privatne infrastrukture za punjenje.

U skladu sa za sada raspoloživom tehnologijom, uzimajući u obzir europsko okruženje i pravni okvir Europske unije, u Republici Hrvatskoj donesen je Zakon o uspostavi infrastrukture za alternativna goriva (NN 120/16), kojim se utvrđuju minimalni zahtjevi za izgradnju infrastrukture za alternativna goriva, uključujući mjesta za punjenje, utvrđuju se zajedničke tehničke specifikacije za mjesta za punjenje i opskrbu, zahtjevi za informiranje korisnika, kao i način izvršavanja obveza izvješćivanja o provedbi mjera uspostavljanja infrastrukture za alternativna goriva.

U 2020. godini je u RH započet program poticanja kupnje električnih vozila (vozila koja koriste isključivo električnu energiju, vozila koja uz električnu energiju koriste i tradicionalna goriva te vozila koja ne koriste vanjsko napajanje električnom energijom, ali ju stvaraju pri korištenju tradicionalnih goriva). Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost 2020. je godine osigurao 44 milijuna kuna za sufinanciranje kupnje energetski učinkovitih vozila - 22 milijuna za fizičke i 22 milijuna za pravne osobe. Dodjeljuje se do 40% bespovratnih sredstava za kupnju vozila koje u trenutku unosa, uvoza ili prodaje u Republici Hrvatskoj ili ranije nije bilo registrirano. Vozilo može biti kupljeno u Hrvatskoj, Europi ili svijetu, međutim treba biti registrirano u Hrvatskoj [33].

Aдекватno prateći rast tržišta električnih vozila, nužno je osigurati slijedeće uvjete:

- 2020. godina – minimalno 296 utičnih mjesta; na 164 punionice
- 2025. godine – minimalno 602 utična mjesta; na 348 punionice
- 2030. godine – minimalno 806 utičnih mjesta; na 479 punionica

Prema podacima Centra za vozila Hrvatske, u 2019. godini je bilo registrirano 730 potpuno električnih vozila te su postavljene više od 130 javnih infrastruktura za punjenje električnih vozila [41].

#### **4.4.5. Biogoriva**

Biogoriva su goriva koja se dobivaju preradom biomase. Njihova energija je dobivena fiksacijom ugljika, tj. redukcijom ugljika iz zraka u organske spojeve. Za razliku od ugljika koji oslobađaju fosilna goriva mijenjajući klimatske uvjete na Zemlji, ugljik u biogorivima dolazi iz atmosfere, odakle ga biljke uzimaju tijekom rasta.

Kako bi se spriječilo da povećanje korištenja biogoriva ima negativan utjecaj na dostupnost i cijene hrane Europska unija 2015. godine donosi novi niz strožih pravila unutar kojih će minimizirati utjecaj korištenja biogoriva, a to je da se rast korištenja biogoriva temelji na biogorivima proizvedenim iz sirovina koje nisu konkurencija hrani. Danas se u svijetu koristi manje od 3% poljoprivrednog zemljišta za proizvodnju biogoriva, a u EU oko 2%. Predloženi klimatski i energetske okvir za obnovljivu energiju u EU do 2030. želi građanima osigurati održiv, siguran i dostupan energetske sustav [23].

Biogoriva se dijele na:

- Biogoriva prve generacije
- Biogoriva druge generacije
- Biogoriva treće generacije

#### **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 koje daje škrob [21].

U biogoriva prve generacije pripadaju bioetanol, metanol, biodizel i bioplin.

- **Bioetanol** je gorivo koji se proizvodi od biljnog ili životinjskog ulja i masti. Sastoji se od metilnih estera masnih kiselina (eng. FAME). U Europi se najviše proizvodi iz uljane repice, korištenog jestivog ulja i životinjskih masti. Biodizel je biorazgradiv, a njegovim izgaranjem dobiva se gotovo jednako energije kao i korištenjem običnog dizela.

**Slika 3.** Etanol kao gorivo



Izvor: [26]

- **Metanol** je alkohol s jednim ugljikovim atomom, bezbojna, zapaljiva i dosta hlapljiva tekućina, neugodna mirisa, koja miriše gotovo jednako kao etanol.

Ima nižu točku zapaljivosti nego benzin, ali viši oktanski broj i slabije hlapi. Zbog slabe ogrjevne moći i manjeg stehiometrijskog omjera sa zrakom (6,42 : 1) potrebna je veća količina goriva. Metanol se može miješati s etanolom i benzinom u raznim omjerima, ali su potrebne velike preinake motora. Pozitivna stvar je što uvelike čisti ispuh ali zato daje motoru kraći vijek trajanja [24].

- **Biodizel** (metilni ester repičinog ulja) je gorivo koje se proizvodi najviše od sirovina iz kojih se proizvodi šećer. Svaki dizel motor može koristiti dizelsko gorivo s 5 % udjela biodizela, ali izrazito je masno gorivo pa može začepiti brizgaljke motora [24].

- **Bioplin** nastaje od biomase i/ili od biorazgradivoga dijela otpada, koje se može pročistiti do kvalitete prirodnoga plina kako bi se koristilo kao biogorivo ili generatorski plin. Bioplin se obično sastoji od metana (približno 52,5 do 72,5%) i ugljikovog dioksida, uz prisustvo i drugih spojeva. Osnovna komponenta bioplina je metan i njegov sadržaj direktno utječe na ogrjevnu vrijednost plina. Da bi se bioplin koristio kao gorivo mora se pročistiti na razinu 97 - 98% udjela metana u plinu. Kao takav se može miješati sa prirodnim plinom te se može distribuirati [25].

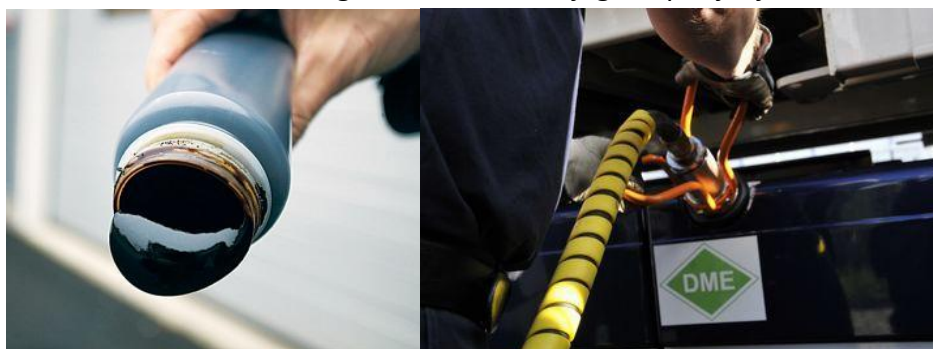
### **Biogoriva druge generacije**

Druga generacija biogoriva dobivena je preradom poljoprivrednog i šumskog otpada. Za razliku od prve generacije, biogoriva ove generacije znatno bi mogla reducirati emisiju CO<sub>2</sub>, a uz to ne koriste izvore hrane kao temelj proizvodnje i neke vrste osiguravaju bolji rad motora. U biogoriva druge generacije pripadaju: biohidrogen, bio – DME, biometanol, DMF, HTU dizel i Fischer – Tropsch dizel.

- **Biohidrogen** je vrsta biogoriva koja bi mogla biti najzastupljenija u budućnosti, budući da je obnovljiva, ne uzrokuje emisiju stakleničkih plinova pri sagorijevanju, već oslobađa energiju te se lako pretvara u električnu energiju pomoću ćelija za gorivo [25].

- **Bio – DME** jako je sličan biometanolu, a može se proizvesti neposredno iz sintetičkog plina, koji je još uvijek u razvitku. Međutim, u kemijskoj industriji, DME se proizvodi iz čistog metanola procesom katalitičke dehidracije, kojom se kemijski razdvaja voda od metanola. Ovakav metanol može se proizvesti iz ugljena, prirodnog plina ili biomase. Često se produkcija metanola i DME obuhvaća jednim procesom. Tek nedavno se na DME počelo gledati kao na mogući izvor goriva. Zbog svoje niske temperature sagorijevanja i visokog oktanskog broja pogodan je kao gorivo u dizelskim motorima [25].

**Slika 4. i 5.** Izgled Bio – DME i njegovo punjenje

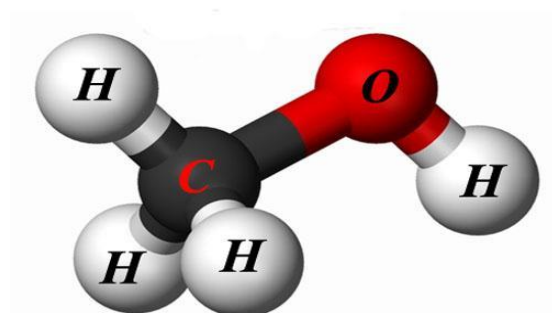


Izvor: [26]

- **Biometanol** također može biti proizveden iz sintetičkog plina, koji se dobiva iz biomase. Može se koristiti kao zamjena nafte u paljenju motora na iskru zbog visokog oktanskog broja. Baš kao i kod bioetanola, kod upotrebe ovog goriva trebali bi u obzir uzeti niski tlak isparavanja, nisku energiju gustoće i nekompatibilnost s materijalima u motoru [26].

10 – 20% biometanola pomiješanog s naftom može se koristiti u motorima bez potrebe za njihovom modifikacijom. Budući da biometanol gori nevidljivim plamenom i znatno je otrovan, treba prilikom uporabe poduzeti stroge mjere opreza [25].

**Slika 6.** Struktura metanola



Izvor: [26]

- **DMF ili dimetilformamid** se dobiva procesom reakcije dimetil-amina i ugljičnog monoksida pri niskom tlaku i temperaturi. Svoju upotrebu, osim kao gorivo, pronalazi u farmaciji, proizvodnji pesticida, sintetičkih vlakana i sličnih materijala [26].

- **HTU DIZEL (HydroThermalUpgrading)** je tehnologija pretvorbe biogoriva iz izvora kao što je mokra biomasa životinjskog podrijetla. Za sada tehnologija se koristi samo u Nizozemskoj [26].

- **Fischer – Tropsch proces** je katalitičke kemijske reakcije prilikom koje se ugljikov monoksid i vodik pretvaraju u tekući ugljikovodik različitih oblika. Pri tome se koriste tipični katalizatori kao željezo ili kobalt.

Osnovni cilj ovog procesa je produkcija sintetičke zamjene nafti, prvenstveno od ugljena ili prirodnog plina, a da bi se upotrijebila kao sintetičko ulje za podmazivanje ili sintetičko gorivo [26].

### **Biogoriva treće generacije**

Biogoriva treće generacije su biogoriva proizvedena iz jednostavnih ili primitivnih algi (mikro-alga). 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. Iz mikroalgi se mogu kemijskom obradom proizvesti različiti tipovi biogoriva. Važniji su proizvodnja bioplina metana putem biološkog ili termičkog procesa rasplinjavanja proizvodnja etanola putem procesa fermentacije, proizvodnja biodizela te izravno izgaranje biomase na bazi mikro-algi u svrhu proizvodnje toplinske i električne energije. Proizvodnja mikro-algi još uvijek je skupa. Trenutni troškovi proizvodnje biomase iz mikroalgi su ekonomski neprihvatljivi [26].

## 5. PROGNOZA RASTA CESTOVNOG PROMETA I PROCJENA DOSADAŠNJIH MJERA NA SMANJENJE ONEČIŠĆENJA ZRAKA

Kao i općenito u Europi, stopa motorizacije značajno se povećala zbog veće kupovne moći obitelji te promjene načina života stanovnika (tj. tendencije preseljenja u prigradska područja većih gradova), što se vezuje uz veće potrebe za dnevnom migracijom stanovništva. Posljednja globalna ekonomska kriza dovela je do blagog usporavanja rasta stope motorizacije, no brojevi za 2014. godinu opet su pokazali uzlazni trend. Tijekom ekonomske krize došlo je do odjavljivanja registriranih vozila, a posljednjih godina znatno se povećao i unos rabljenih vozila iz drugih europskih zemalja.

U Republici Hrvatskoj u 2019. godini je registrirano ukupno 2 226 975 vozila. Iz **Tablice 10.** je vidljiv porast za razliku od 2014. godine kada je bilo 1 885 015 registriranih vozila što je za 321 871 više vozila u 2019. godini.

Povećanje broja vozila u prometu povećava se i štetan utjecaj na okoliš i zdravlje ljudi što je negativna stvar.

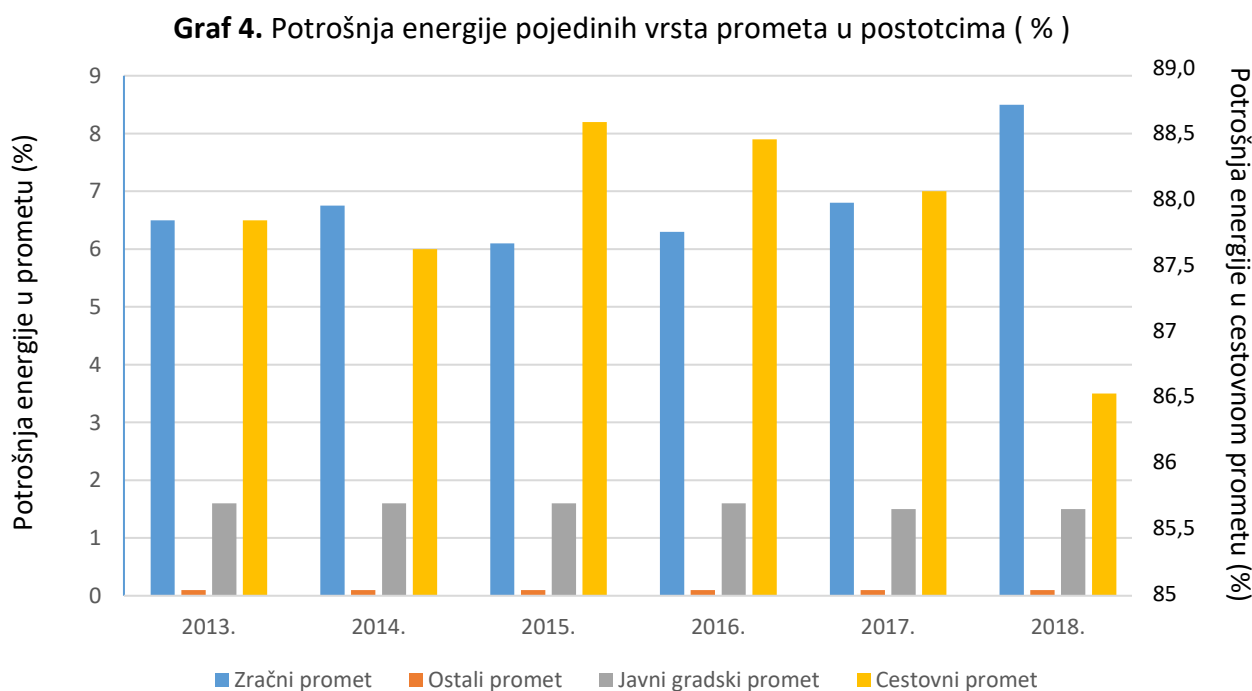
**Tablica 10.** Broj registriranih vozila u Republici Hrvatskoj od 2014. do 2019.

| MOTORNA VOZILA       | 2014.            | 2015.            | 2016.            | 2017.            | 2018.            | 2019.            |
|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Mopedi               | 98 975           | 96 471           | 87 507           | 85 121           | 83 362           | 80 738           |
| Motocikli            | 61 688           | 61 208           | 65 366           | 69 148           | 73 997           | 78 650           |
| Osobna vozila        | 1 474 496        | 1 499 802        | 1 552 904        | 1 596 087        | 1 666 413        | 1 724 900        |
| Autobusi             | 5 040            | 5 276            | 5 513            | 5 698            | 5 877            | 6 041            |
| Kamioni              | 132 045          | 136 854          | 146 230          | 156 724          | 169 175          | 180 674          |
| Cestovni tegljači    | 8 662            | 9 329            | 10 443           | 11 334           | 12 229           | 12 976           |
| Specijalna vozila    | 11 257           | 11 439           | 12 083           | 12 824           | 13 548           | 14 514           |
| Traktori             | 112 941          | 113 588          | 116 010          | 119 191          | 123 461          | 128 482          |
| <b>UKUPNO VOZILA</b> | <b>1 905 104</b> | <b>1 933 967</b> | <b>1 996 056</b> | <b>2 056 127</b> | <b>2 148 062</b> | <b>2 226 975</b> |

Izvor: [4]

Promet izravno utječe na okoliš ispuštanjem štetnih tvari u zrak i vodu, ali i posredno uslijed iscrpljivanja prirodnih resursa. Mjere kao što su poboljšanje standarda kakvoće goriva i modernizacija cestovnog voznog parka rezultirali su smanjenjem emisija onečišćujućih tvari u zrak.

U razdoblju 2013. do 2018. godine ukupna potrošnja energije u prometu rasla je 3% godišnje. Prosječna godišnja stopa porasta potrošnje energije u zračnom prometu iznosila je 8,4%, dok je potrošnja energije u cestovnom prometu rasla s prosječnom godišnjom stopom od 2,3%. Trend porasta potrošnje energije ostvaren je s prosječnim godišnjim stopama od 1 % u javnom gradskom prometu. Potrošnja energije u željezničkom prometu, koji se smatra okolišno najprihvatljivijim, smanjivala se prosječnom godišnjom stopom od 4%. Također, u prometni sektor, svrstava se i promet opasnih tvari cjevovodima (nafta i njeni derivati, prirodni plin, itd.), koji je u promatranome razdoblju rastao s najvišom godišnjom stopom od čak 12%. Ipak, promatrajući trend potrošnje energije u svim vrstama prometa, vidljivo je da se nakon 2015. pojavljuje poželjan trend njenoga smanjenja, što je popraćeno i smanjenjem emisija stakleničkih plinova.



Izvor: [27]

Najznačajnija dugoročna posljedica skandala Dieseldgate – koji je izbio u rujnu 2015. godine kada su američki regulatori objavili da je kompanija Volkswagen u automobile ugradila uređaje kako bi krivotvorila podatke o emisiji štetnih plinova koji su pokazivali drugačije podatke nego u vožnji, utjecalo je na smanjenje potražnje i proizvodnje pa potom lagano odumiranje automobila s dizelskim motorima. Što se tiče komercijalnih vozila, tu će se stvari mijenjati nešto sporije u slučaju kamiona, a nešto brže što se tiče vozila poput automobila i kombija koji ulaze u gradove. Vozila s dizelskim motorima ne zagađuju mnogo emisijom ugljičnog dioksida, ali ispuštaju više čestica čađe od benzinaca, a posebno hibrida. Svjesni situacije, zakonodavne vlasti uvele su posebnu naknadu za prenatrpanost u centralnom Londonu, tj. zonu ultraniskih emisija, koja je stupila na snagu 2003. godine. Iz godine u godinu je rasla cijena plaćanja naknade svim automobilima, a u travnju 2019. godine zonu ultraniskih emisija ispušnih plinova naplaćuje se naknade pri svakom ulasku u središte grada oko 15 eura dnevno svakom benzincu koji ne zadovoljava normu o čistoći ispušnih plinova Euro 4. Cijena za dizele je ista, no oni će za ulazak u zonu ultraniskih plinova morati zadovoljiti normu o čistoći ispušnih plinova Euro 6. Dakle, London od 2019. penalizira gotovo svakog dizelaša koji je proizveden prije rujna 2015. godine [40].

Također, prvi njemački grad koji je zabranio prometovanje dizel vozilima je Hamburg u kojem dizelska vozila koji ne ispunjavaju normu Euro 6. Drugi njemački grad koji je zabranio prometovanja dizelskim vozilima je grad Stuttgart, što je zahvatilo više od 200.000 starijih dizel vozila koji su registrirani u tom gradu, a ne ispunjavaju normu Euro 5.

Uspostava ekološke zone širi se svijetom te u narednim godinama možemo očekivati još veći pad proizvodnje i prodaje dizel vozila kao što je to bilo posljednjih godina radi uspostave onečišćenja zraka i okoliša, te primjenom alternativnih i energetski učinkovitijih vozila.

Potpisivanjem sporazuma 2008. godine u Ljubljani nastao je jedan od glavnih projekata pod nazivom CIVITAS ELAN, čiji je cilj poboljšanje kvalitete života građana uspostavom kvalitetnijih rješenja u gradskom prometu te promicanju i poticanju održivim, čistim i energetski učinkovitim načinom odvijanja prometa. Projekt se provodio u pet velikih nacionalnih i regionalnih europskih centara jake kulturne tradicije, kao što su Ljubljana (Slovenija), Zagreb (Hrvatska), Gent (Belgija), Porto (Portugal) i Brno (Češka). Kao dio projekta CIVITAS ELAN-a u Hrvatskoj, grad Zagreb je želio smanjiti korištenje automobila, promijeniti putne navike građana i poboljšati veze između različitih vrsta prijevoza. Uložen je veliki trud u poboljšanje uvjeta za korištenje alternativnih načina prijevoza, te grad je javni prijevoz učinio prihvatljivijim, sigurnijim i energetski učinkovitijim. U sklopu projekta, u javni gradski prijevoz uvedeno je 70 energetski učinkovitih niskopodnih tramvaja, 100 niskopodnih autobusa na biodizel i 60 autobusa na plin i s time su sigurnost i zaštita u javnom gradskom prijevozu povećane, a broj nesreća smanjen je za 37,6% [38].

Primjenom tehnologija hibridnih pogona kod Otto i dizelskih motora, moguće je dodatno povećati učinkovitost motora s unutrašnjim izgaranjem i to do 50 %. Iako, glavninu pogonskih sustava osobnih automobila današnjice čine motori s unutrašnjim izgaranjem, može se reći da je budućnost pogonskih sustava kao najučinkovitiji energetskih oblik električna energija, te se u tekućem desetljeću može očekivati poticanje proizvodnje novih tehnologija infrastrukture za punjenje elektromobila, tako i proizvodnja novih koncepata električnih vozila kojima je plan u idućih 10 godina uložiti nekoliko milijardi eura istraživanja, razvoja rješenja i poslovnih modela e-mobilnosti, s prednošću manje ovisnosti o fosilnim gorivima [37].

U Republici Hrvatskoj, HEP želi biti vodeći u regiji na području e-mobilnosti u izgradnji infrastrukture za punjenje električnih vozila kako bi omogućile međugradske i međudržavne

vožnje, a osnovu projekta čini ideja da se električna energija iz obnovljivih izvora koristi kao pogonsko gorivo za električna vozila.

Razvojni projekt kojim HEP grupa, kao energetska lider u Republici Hrvatskoj prati ciljeve energetske strategije Europske unije, postavljena pod brendom ELEN, pokriva autoceste i druge važne cestovne pravce u Hrvatskoj te se prostire na području grada Zagreba i 19 županija. HEP je zasad postavio i pustio u pogon više od 130 javnih punionica ELEN diljem zemlje, koje omogućavaju punjenje na više od 260 parkiranih mjesta te trenutno u realizaciji i planovima ima postavljanje više od stotine drugih novih punionica diljem Hrvatske. Uz sufinanciranje iz fondova EU, HEP je u srpnju prošle godine pustio u rad prve brze punionice na hrvatskim autocestama, snage 50kW, a u veljači 2020. godine na odmorištu Vukova Gorica i prvu ultrabrzu punionicu na hrvatskim prometnicama, snage čak 175kW. U lipnju ove godine na odmorištu Zir postavljena je dosad najsnažnija punionica ikad postavljena u Hrvatskoj – dvostruko ultrabrz DC punionica potencijalne ukupne snage od 350 kW (2 x 175kW).

Prema energetske strategiji Europske unije za postavljanje stanica za električna vozila, u zemljama Europske unije do 2020. godine planira se postaviti 800.000 punionica i 9 milijuna električnih vozila. Izgradnjom vlastite infrastrukture, HEP želi povezati cijelu Hrvatsku, priključiti se europskoj energetske autocesti te pridonijeti smanjenju emisija CO<sub>2</sub> i očuvanju okoliša [39].

Prema podacima Energetskog instituta Hrvoje Požar, u ukupnom Hrvatskom prometu emisije CO<sub>2</sub> iznose oko 5,6 milijuna tona, od čega gotovo 3 milijuna opada na promet. U Hrvatskoj je danas registrirano više od 2 milijuna cestovnih vozila, od čega je 1,7 milijuna osobnih automobila. Prosječna starost vozila je više od 12 godina te prosječno osobno vozilo u Republici Hrvatskoj godišnje emitira oko 3 tone emisije CO<sub>2</sub>, hibridno svega 1 tonu, dok električna vozila uopće nemaju emisija.

S ciljem poticanja onečišćenja okoliša i čistog transporta u Hrvatskoj, pokrenut je projekt u 2014. godini pod nazivom Vozimo ekonomično, kroz koji se građanima i tvrtkama dodjeljuju bespovratna sredstva za kupnju energetske učinkovitih vozila. Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost je od 2014. do 2019. godine sa 109,5 milijuna kuna sufinancirao nabavu 3.681 vozila kao što su električni, hibridni i „PLUG-IN“ vozila. Prema podacima Centra za vozila Hrvatske, evidentan je porast električnih i hibridnih vozila u posljednjih nekoliko godina. U Hrvatskoj je 2012. godine bile evidentirano 12 električnih automobila, 2014. godine ih je bilo 74, 2017. godine povećanje na svega 277 vozila, a 2019. godine 730 vozila [33].

## 6. ZAKLJUČAK

Utjecaj cestovnog prometa na klimatske promjene ima veliki utjecaj jer vozila još uvijek ispuštaju velike količine emisija štetnih plinova koji onečišćuju atmosferu, okoliš i vegetaciju. Cestovni promet je najrašireniji, ali i među najvećim potrošačima energije zbog porasta vozila iz godine u godinu te povećanjem broja vozila raste i onečišćenje zraka. Na smanjenju onečišćenja radi se svakodnevno preko određenih zakonodavnih mjera kako bi se zaustavilo, odnosno smanjilo onečišćenje. Nažalost već je značajno došlo do klimatskih promjena uslijed onečišćenja zraka i oštećenja radi porasta koncentracije ugljičnog dioksida uslijed izgaranja goriva koje se koriste za pogon vozila.

Uvođenjem strogih zakona u vezi emisija, Europska unija je odredila ciljeve smanjenja emisija za određeno razdoblje u budućnosti. Neke od država članica uvele su u zakon i dodatne pristojbe za putnička osobna vozila koje su vezane za emisije CO<sub>2</sub>, potrošnju goriva i EURO standarde od kojih je na snazi EURO 6 norma koja se odnosi na sve skupine vozila.

Pri svakodnevnom poboljšanju smanjenja, uvode se dodatni popusti na vozila koje ne zagađuju okoliš, subvencije države pri kupnji istih, korištenjem obnovljivih izvora i energetske učinkovitosti, te se očekuje smanjenje emisija štetnih plinova za 40 % do 2030. godine, odnosno 57 % do 2050. godine.

Da bi se smanjile emisije CO<sub>2</sub> potrebno je ostvariti mnoštvo kombiniranih mjera, koje se uz korektne mjere budu ostvarile u narednim godinama. Da bi se održao promet koje je potreban trebalo bi postojeća vozila zamijeniti sa vozilima koja koriste alternativna goriva koje ne emitiraju veliku emisiju štetnih plinova ili ih u potpunosti zamijeniti sa ekološki prihvatljivim električnim vozilima.

Potrebno je postepeno bolje osigurati organizaciju prometnih puteva, smanjiti broj vozila te poboljšati tehniku vožnje, u cilju ekologije prometnih sustava ako je to ikako moguće.

U Republici Hrvatskoj je u 2020. godini vozni park prosječne starosti 15,12 godina, za M1 kategoriju gdje spadaju osobni automobili dok je 2019. godine bila prosječna starost 13,83 godina.

Od 1. rujna 2017. određena nova vozila dobivaju tipsko odobrenje prema ispitnom postupku za osobna i laka gospodarska vozila (eng. World Harmonised Light Vehicle Test Procedure, WLTP), novom i realnijem ispitnom postupku za mjerenje potrošnje goriva i emisije CO<sub>2</sub>. Od 1. rujna 2018. godine WLTP je zamijenio dotadašnji ispitni postupak, pod nazivom "Novi europski ciklus vožnje" (eng. New European Driving Cycle, NEDC) koji je pokazivao mnogo veću potrošnju goriva i emisija štetnih plinova (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ...) nego na službenim mjerenjima. Uvođenjem WLTP testiranja u kojem su ubrzanja sličnija uvjetima u svakodnevnom prometu, prosječna brzina je povećana na 131 km/h i cijeli proces mjerenja traje 23.5 kilometara u odnosu na 11 km NEDC ciklusa. No, proizvođači automobila prilagodili su se pa je stvarna potrošnja veća u odnosu na WLTP mjerenja za čak 23 %, a procjena je da će 2025. godine biti veća za 31 %.

Nakon uvođenja ispitivanja WLTP-a provedena su u laboratorijskim uvjetima pod strogim nadzorom s ciljem mjerenja ekonomičnosti potrošnje goriva, razine emisija CO<sub>2</sub> i nivoa

zagađivanja u novim osobnim automobilima. Potrošnja energije električnih i PLUG-IN hibridnih vozila također se mjeri. Cilj novih ispitivanja pružanje je realističnije slike korisnicima o potrošnji i emisiji vozila u svakodnevnim uvjetima vožnje.

Uz WLTP u Europi se od rujna 2017. mjerenja provode i prema ispitnom postupku pod nazivom "Realne emisije ispušnih plinova" (eng. Real Driving Emissions, skraćeno RDE). Za razliku od standarda NEDC i WLTP kod ovog se postupka emisija ne mjeri na ispitnim valjcima, nego u realnom cestovnom prometu. Tijekom mjerenja prema RDE postupku dionica jednom trećinom prolazi kroz grad, jednom trećinom međugradskim cestama i jednom trećinom autoputom, i to uz nasumično ubrzavanje i kočenje i uz stalno pridržavanje propisa cestovnog prometa. Prosječna brzina u gradu iznosi između 15 i 40 km/h – maksimalno do 60 km/h, na međugradskim cestama iznosi između 60 i 90 km/h, a na autoputu do 130 km/h te nakratko i do 160 km/h. Vozilo je opremljeno mobilnim sustavom za mjerenje emisija, PEMS mjernim uređajem ("Portable Emission Measurement System") koji mjeri emisiju štetnih tvari (dušikovi oksidi i ugljični monoksid). Vožnja traje između 90 i 120 minuta. Vanjska temperature pritom mora biti između -7 i +35 °C. Može se uključiti klima-uređaj.

U pripremi je novi način obračunavanja trošarine koji bi trebao spriječiti drastičan rast cijena novih automobila nakon 1. siječnja 2021. godine. Cilj je da se trajno snizi opterećenje kupnje novog vozila te samim time unaprijedi vozni park u Hrvatskoj, smanji prosječna starost voznog parka koji bi trebao imati pozitivan utjecaj na energetske - ekološku obnovu prometa te u budućnosti, svaki novi automobil i lako gospodarsko vozilo bit će opremljeno takozvanim On-Bord Fuel Consumption Meterom (OBFCM) ili uređajem koji će mjeriti stvarnu potrošnju goriva pojedinačnog automobila na cesti.

## LITERATURA

- [1] Zelenika, R.; Nikolić, G. Multimodalna ekologija – Čimbenik djelotvornoga uključivanja Hrvatske u europski prometni sustav, URL: [hrcak.srce.hr/file/13084](http://hrcak.srce.hr/file/13084), (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [2] Golubić, J.: Promet i okoliš, Zagreb, Fakultet prometnih znanosti, 1999.
- [3] Emission Standards, Summary of worldwide engine and vehicle emission standards, URL: <https://www.dieselnit.com/standards/eu/ld.php>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [4] Državni zavod za statistiku. Preuzeto sa: <https://www.dzs.hr/>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [5] Brozović I., Regent A., Grgurević M.: Emisije stakleničkih plinova, osobito iz prometa Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol. 2, 2014, pp. 275-294
- [6] Golubić, J.: Utjecaj zakonske regulative na redukciju stakleničkih plinova iz prometa, Zagreb, Fakultet prometnih znanosti, 2011.  
Preuzeto sa: <https://bib.irb.hr/datoteka/506179.rad1.doc>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [7] Energetski institut Hrvoje Požar, Obveze smanjenja emisija stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj, 2018.,  
Preuzeto sa: <http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2018/11/promet.pdf>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [8] Europski parlament, Zakonodavna vlast Europske unije, Preuzeto sa: <https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/society/20190313STO31218/emisije-co2-u-prometu-eu-a-cinjenice-i-brojke>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [9] Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja Republike Hrvatske. Preuzeto sa: <https://mzoe.gov.hr/o-ministarstvu-1065/djelokrug-4925/klima/strategije-planovi-i-programi-1915/strategija-niskouglijicnog-razvoja-hrvatske/1930>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [10] Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) u Hrvatskoj, 2013. Preuzeto sa: [https://mzoe.gov.hr/UserDocsImages/NASLOVNE%20FOTOGRAFIJE%20I%20KORIŠTENI%20LOGOTIPOVI/doc/tranzicija\\_prema\\_niskouglijicnom\\_razvoju\\_hrvatske.pdf](https://mzoe.gov.hr/UserDocsImages/NASLOVNE%20FOTOGRAFIJE%20I%20KORIŠTENI%20LOGOTIPOVI/doc/tranzicija_prema_niskouglijicnom_razvoju_hrvatske.pdf), (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [11] Filipović, I., Pikula, B., Bibić, D., Trobradović, M., Primjena alternativnih goriva u cilju smanjenja emisije zagađivača cestovnih vozila, Mašinski fakultet, Sarajevo, 2005. Preuzeto sa: <https://hrcak.srce.hr/6645>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [12] Baričević H., Vilke H.: Urbani promet i okoliš, Predavanje 3., Rijeka, Pomorski fakultet u Rijeci. Preuzeto sa: [https://www.pfri.hr/web/dokumenti/uploads\\_nastava/20190328\\_171219\\_vilke\\_PREDAVANJE\\_3.pdf](https://www.pfri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20190328_171219_vilke_PREDAVANJE_3.pdf), (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [13] Mlinarić, I., Missoni, E.: Prometna medicina, FPZ, Zagreb, 1994.

- [14] Gruden, D. und 19 Mitautoren: „Die ökologische Dimension des Automobils“, Expert Verlag, 1996.
- [15] HAK-Hrvatski autoklub. Preuzeto sa: <https://www.hak.hr/sigurnost-u-prometu/projekti/ekologija/ekovoznja/>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [16] Lazović J. Ana, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, 2011.  
Preuzeto sa: [http://www.cgm.rs/2015/cd3/pdf/papers/focus\\_1/6.pdf](http://www.cgm.rs/2015/cd3/pdf/papers/focus_1/6.pdf), (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [17] Nacionalni portal energetske učinkovitosti. Preuzeto sa: <https://www.enu.hr>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [18] Crodux plin. Preuzeto sa: <https://crodux-plin.hr/prirodni-plin/o-prirodnom-plinu/>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [19] INA - Industrija nafte, d.d. Preuzeto sa: <https://www.ina.hr/veleprodaja/>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [20] Zakon o uspostavi infrastrukture za alternativna goriva.  
Preuzeto sa: <http://www.propisi.hr/print.php?id=14616>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [21] Energo d.o.o. Preuzeto sa: <https://energo.hr/index.php/stlaceni-prirodni-plin-spp-eng-cng/>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [22] Alternativna goriva, Ekologija, Fakultet prometnih znanosti. Preuzeto sa: [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: kolovoz 2020.)
- [23] INA – Industrija nafte d.o.o: Bio-goriva. Preuzeto sa: [https://www.ina.hr/wp-content/uploads/2020/01/NOVO-bio-goriva-brošura\\_4\\_1\\_2017\\_v01.pdf](https://www.ina.hr/wp-content/uploads/2020/01/NOVO-bio-goriva-brošura_4_1_2017_v01.pdf), (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [24] Arhiva vidi auto. Preuzeto sa: <http://arhiva.vidiauto.com/autotech/goriva/>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [25] Miškulin, S. Razvoj prometa u funkciji očuvanja energetske resursa, Diplomski rad, Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2013.
- [26] Gradski ured za gospodarstvo, energetiku i zaštitu okoliša.  
Preuzeto sa: <https://eko.zagreb.hr/biogoriva/92>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [27] Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Zavod za zaštitu okoliša i prirode, Preuzeto sa: <http://www.haop.hr/hr/publikacije/okolis-na-dlanu-i-2020>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [28] Zenzerović Z.: Ekološki aspekti željezničkog i cestovnog masovnog tereta, Rijeka, Pomorski fakultet u Rijeci, 2002.

- [29] Hrvatska agencija za okoliš i prirodu. Preuzeto sa: [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022\\_reg\\_oneciscivaca/ROO/Pri\\_ucnik\\_izracun\\_emisija\\_zrak\\_E\\_PRTR.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022_reg_oneciscivaca/ROO/Pri_ucnik_izracun_emisija_zrak_E_PRTR.pdf), (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [30] Vijeće Europske unije. Preuzeto sa: <https://www.consilium.europa.eu/hr/policies/climate-change/paris-agreement/>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [31] Ministarstvo financija, Carinska uprava RH. Preuzeto sa: <https://carina.gov.hr/pristup-informacijama/propisi-i-sporazumi/trosarinsko-postupanje/visine-i-nacin-obracuna-trosarina-posebnih-poreza/motorna-vozila/3633>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [32] Kalkulator uvoza auta. Preuzeto sa: <https://uvozauta.com>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [33] Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost. Preuzeto sa: [https://www.fzoeu.hr/hr/energetska\\_ucinkovitost/poticanje\\_energetske\\_ucinkovitosti\\_u\\_prometu/eko\\_voznja/](https://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/poticanje_energetske_ucinkovitosti_u_prometu/eko_voznja/), (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [34] Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske. Preuzeto sa: <https://mup.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/2020/MUP%20Vodic%20o%20ekonomickosti%20potrosnje%202020.pdf>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [35] Korak u prostor, Preuzeto sa: <https://korak.com.hr/category/e-mobilnost/>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [36] ORYX asistencija. Preuzeto sa: <https://www.oryx-asistencija.hr/savjeti-za-vozace/test/koliko-zeleni-elektricni-automobili-10704>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [37] Poslovni.hr. Preuzeto sa: <https://www.poslovni.hr/svijet/alternativna-goriva-u-prometu-do-2020-godine-153425>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [38] CIVITAS ELAN, URL: <https://civitas.eu/content/elan>, (Pristupljeno: rujan 2020.)
- [39] ELEN: izvor električne energije, HEP. Preuzeto sa: <https://elen.hep.hr/default.aspx>, (Pristupljeno: rujan 2020.)
- [40] tportal.hr. Preuzeto sa: <https://www.tportal.hr/tehnolo/clanak/dizelasi-ce-nestati-brze-nego-sto-smo-mislili-evo-i-zasto-20170405>, (Pristupljeno: rujan 2020.)
- [41] myLPG.eu. Preuzeto sa: <https://www.mylpg.eu>, (Pristupljeno: rujan 2020.)
- [42] Centar za vozila Hrvatska. Preuzeto sa: <https://www.cvh.hr/naslovnica>, (Pristupljeno: rujan 2020.)
- [43] tportal.hr. Preuzeto sa: <https://www.tportal.hr/autozona/clanak/zabrinjavajuci-podaci-europske-agencije-za-okolis-umjesto-da-smanjujemo-mi-povecavamo-emisije-co2-20190823>, (Pristupljeno: rujan 2020.)

## POPIS PRILOGA

### Popis slika

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Slika 1.</b> Podjela emisija CO <sub>2</sub> prema načinu prijevoza (2016.) ..... | 4  |
| <b>Slika 2.</b> Izvori energije za pogon cestovnih vozila .....                      | 27 |
| <b>Slika 3.</b> Etanol kao gorivo .....                                              | 39 |
| <b>Slika 4. i 5.</b> Izgled Bio – DME i njegovo punjenje .....                       | 40 |
| <b>Slika 6.</b> Struktura metanola.....                                              | 40 |

### Popis grafikona

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Graf 1.</b> Masena bilanca potpunog izgaranja .....                               | 2  |
| <b>Graf 2.</b> Rast koncentracije CO <sub>2</sub> u zemljinoj atmosferi.....         | 10 |
| <b>Graf 3.</b> Smanjenje emisije stakleničkih plinova NUR, NU1 i NU2 scenarijem..... | 17 |
| <b>Graf 4.</b> Potrošnja energije pojedinih vrsta prometa u postotcima ( % .....     | 43 |

### Popis tablica

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablica 1.</b> Emisijske norme ispušnih plinova EU za osobna vozila .....                                      | 3  |
| <b>Tablica 2.</b> Tipični kemijski sastav ispušnih plinova cestovnih vozila .....                                 | 4  |
| <b>Tablica 3.</b> Koncentracija važnijih stakleničkih plinova u troposferi 1750. g. i 2012. g.....                | 12 |
| <b>Tablica 4.</b> Okvirni ciljevi smanjenja emisije stakleničkih plinova na putu prema .....                      | 16 |
| niskougljičnom gospodarstvu, u odnosu na 1990.....                                                                | 16 |
| <b>Tablica 5.</b> Prodajna cijena .....                                                                           | 21 |
| <b>Tablica 6.</b> Dizelsko gorivo.....                                                                            | 21 |
| <b>Tablica 7.</b> Benzin, ukapljeni naftni plin, prirodni plin i druga goriva osim dizelskog .....                | 22 |
| <b>Tablica 8.</b> Obujam motora .....                                                                             | 24 |
| <b>Tablica 9.</b> Emisija CO <sub>2</sub> za električni automobil po državama (g/km) i ekvivalent potrošnje ..... | 29 |
| benzina za tu vrijednost .....                                                                                    | 29 |
| <b>Tablica 10.</b> Broj registriranih vozila u Republici Hrvatskoj od 2014. do 2019. ....                         | 42 |

## METAPODACI

**Naslov rada:** Utjecaj cestovnog prometa na klimatske promjene i mjere zaštite

**Student:** Domagoj Bakić

**Mentor:** prof. dr. Jasna Golubić

**Naslov na drugom jeziku (engleski):**

Road traffic impact on climate change and corresponding protective measures

**Povjerenstvo za obranu:**

doc. dr. Željko Šarić (predsjednik)

prof. dr. Eduard Missoni (član)

prof. dr. Jasna Golubić (mentor)

prof. dr. Rajko Horvat (zamjena)

**Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj:**

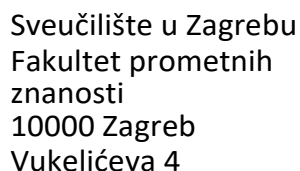
Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

**Zavod:** Samostalna katedra

**Vrsta studija:** Preddiplomski

**Studij:** Cestovni promet

**Datum obrane završnog rada:** \_\_\_\_\_



Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad

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.

Svojom potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada

pod naslovom **Utjecaj cestovnog prometa na klimatske promjene i mjere zaštite**

Student/ica:

U Zagrebu, 08/09/2020

(potpis)