

Utjecaj cestovnog motornog prometa na klimatske promjene i mjere zaštite

Hernest, Marieta

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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:119:841105>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-30**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Marieta Hernest

UTJECAJ CESTOVNOG MOTORNOG PROMETA NA KLIMATSKE
PROMJENE I MJERE ZAŠTITE

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 20. travnja 2016.

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

ZAVRŠNI ZADATAK br. 2338

Pristupnik: **Marieta Hernest (0135221401)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

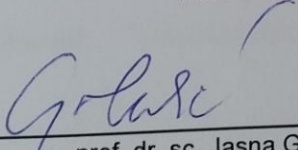
Zadatak: **Utjecaj cestovnog motornog prometa na klimatske promjene i mjere zaštite**

Opis zadatka:

U radu je potrebno objasniti utjecaj cestovnog prometa na povećanje emisija stakleničkih plinova. Navesti strategije EU glede emisija CO₂ koje se odnose na sektor cestovnog prometa kao i odrediti ulogu RH u strategiji niskougljičnog razvoja. Prikazati najvažnije mjere u cilju smanjenja stakleničkih plinova u cestovnom prometu.

Zadatak uručen pristupniku: 2. ožujka 2016.

Mentor:



prof. dr. sc. Jasna Golubić

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

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

**THE IMPACT OF THE ROAD TRANSPORT ON CLIMATE CHANGES AND
PROTECTION MEASURES**

Mentor: prof. dr. sc. Jasna Golubić

Student: Marieta Hernest, 0135221401

Zagreb, rujan 2016.

UTJECAJ CESTOVNOG MOTORNOG PROMETA NA KLIMATSKE PROMJENE I MJERE ZAŠTITE

SAŽETAK

Cestovni promet uvelike utječe na klimatske promjene, što se očituje u emitiranju emisija ispušnih plinova. Kako bi se smanjile te emisije poduzimaju se određene mjere zaštite. Glavna svrha rada je opisati utjecaj cestovnog motornog prometa na klimatske promjene i koje su mjere zaštite poduzete kako bi se taj utjecaj smanjio. U završnom radu opisan je utrošak energije koji nastaje odvijanjem prometa, opisana su motorna vozila kao izvori onečišćenja zraka, štetni i neštetni produkti izgaranja te su opisani staklenički plinovi. U nastavku rada opisan je utjecaj CO₂ emisija na klimu, strategije EU glede CO₂ emisija te je opisana strategija niskougličnog razvoja u Hrvatskoj. U daljnjem radu opisane su mjere smanjenja emisija koja se očituju primjenom alternativnih goriva, eko vožnjom, smanjenjem težine vozila i razvojem motora s manjom potrošnjom goriva.

KLJUČNE RIJEČI: energija, cestovna motorna vozila, produkti izgaranja, staklenički plinovi, smanjenje emisija CO₂, strategija, mjere zaštite

SUMMARY

Road traffic affects on climat changes, what is manifested in emission of exhaust gases. To reduce these emissions specific protection measures are taken. Main purpose of this final work is to describe how road traffic affects on climat changes and which protection measures are taken to reduce that affect. Energy consumption which is produced by road traffic, vehicles as sources of air pollution, harmful and non harmful products of combustion and greenhous gasses are described in this final work. The following describes the affect of CO₂ emissions on clime, strategies of EU about CO₂ emissions and strategy of low carbon development in Croatia. The end of this final work describes measures of reducing emissions what is manifested in use of alternative fuels, eco driving, reduced wight of vehicle and developed engine with lower consumption of fuel.

KEYWORDS: energy, motor vehicles, products od combustion, greenhoues gasses, CO₂ emission reduction, strategy, protection measures

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. UTROŠAK ENERGIJE U CESTOVNOM PROMETU	3
3. CESTOVNA MOTORNA VOZILA KAO IZVORI ONEČIŠĆENJA ZRAKA	6
4. ŠTETNI I NEŠTETNI PRODUKTI IZGARANJA.....	9
4.1 Štetni produkti izgaranja	9
4.2 Neštetni produkti izgaranja	11
5. STAKLENIČKI PLINOVI IZ CESTOVNOG PROMETA	13
5.1. Utjecaj CO ₂ emisija na klimu	15
5.2. Strategije EU glede CO ₂ emisija.....	17
5.3. Strategije niskougljičnog razvoja u RH	22
5.3.1 Referentni scenarij (NUR)	23
5.3.2 Scenarij postupne tranzicije (NU1).....	25
5.3.3 Scenarij snažne tranzicije (NU2).....	26
6. MJERE SMANJENJA CO ₂ EMISIJA IZ CESTOVNOG PROMETA	28
6.1. Primjena alternativnih goriva	32
6.1.1. Biogoriva	36
6.1.2. Alkoholi kao goriva	40
6.1.3. Električna energija.....	41
6.1.4. Vodik.....	41
6.1.5. Prirodni plin	42
6.2. Eko vožnja.....	43
6.3. Smanjenje težine vozila.....	45
6.4. Razvoj motora s manjom potrošnjom goriva	48
7. ZAKLJUČAK.....	51
LITERATURA	53
POPIS PRILOGA.....	57

1. UVOD

Cestovni promet uvelike utječe na klimatske promjene, što se očituje u emitiranju emisija ispušnih plinova. Kako bi se smanjile te emisije poduzimaju se određene mjere zaštite. S obzirom na vrstu prometa, cestovni promet ima najveći utjecaj na klimu i klimatske promjene te je time potrebno poduzeti određene zaštitne mjere kako bi se taj utjecaj smanjio.

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

1. Uvod
2. Utrošak energije u cestovnom prometu
3. Cestovna motorna vozila kao izvori onečišćenja zraka
4. Štetni i neštetni produkti izgaranja
5. Staklenički plinovi iz cestovnog prometa
6. Mjere smanjenja CO₂ emisija iz cestovnog prometa
7. Zaključak

U drugom poglavlju opisan je utrošak energije u cestovnom prometu baziran na Europskoj uniji i Republici Hrvatskoj.

U trećem poglavlju opisana su cestovna motorna vozila kao izvori onečišćenja zraka te su opisane direktive koje su donesene radi ograničenja onečišćenja nastalog cestovnim prometom.

Četvrto poglavlje objašnjava štetne i neštetne produkte izgaranja nastale utjecajem cestovnog motornog prometa.

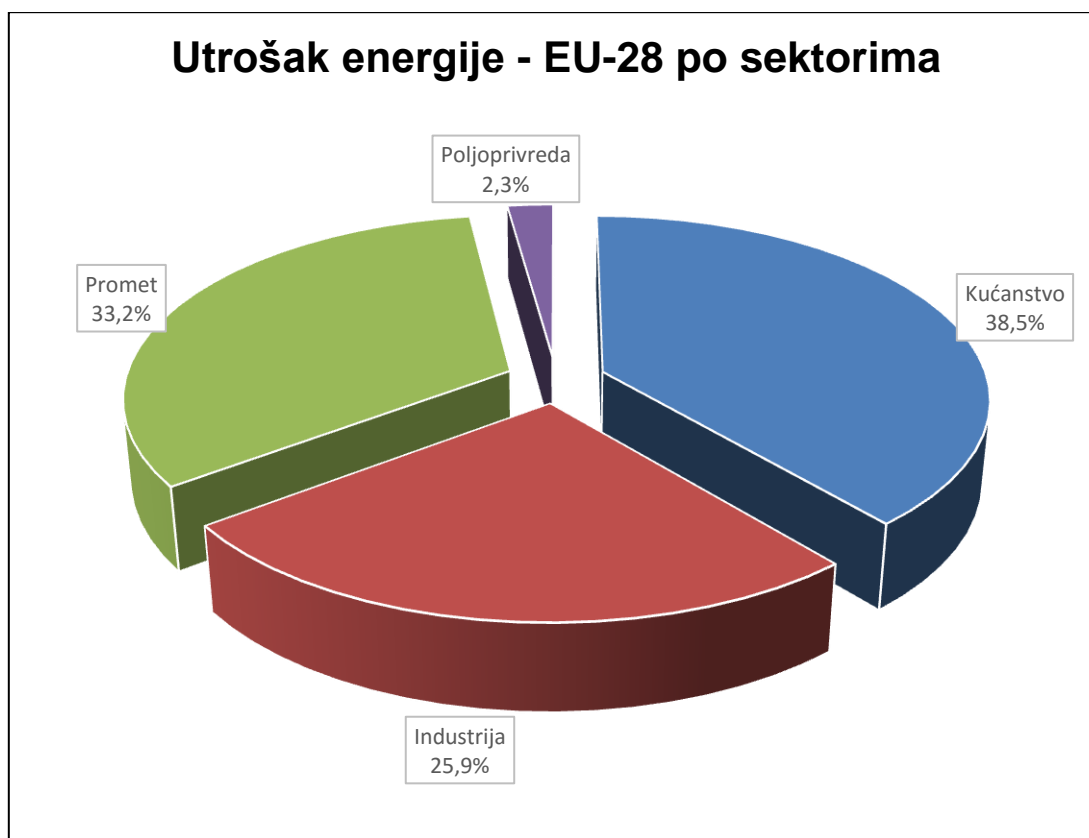
Peto poglavlje objašnjava stakleničke plinove iz cestovnog prometa, opisan je utjecaj CO₂ emisija na klimu, opisane su strategije Europske unije glede CO₂ emisija te je opisana strategija niskougličnog razvoja u Republici Hrvatskoj.

U šestom poglavlju opisane su mjere smanjenja CO₂ emisija iz cestovnog prometa. Pojašnjena je primjena alternativnih goriva, eko vožnja, smanjenje težine vozila te razvoj motora s manjom potrošnjom goriva.

U sedmom poglavlju na kraju rada nalazi se Zaključak u kojemu je sažeta misao cjelokupnog rada.

2. UTROŠAK ENERGIJE U CESTOVNOM PROMETU

U strukturi potrošnje energije u zemljama Europske unije zamjetna je također tendencija povećanja udjela potrošnje energije u prometnom sektoru. U Europi sektor prometa je sve veći potrošač energije. Najveći udio potrošnje u EU-28, 2014. godine ostvario je sektor kućanstva s udjelom od 38,5% energije. Potom je sektor prometa s 33,2% potrošnje energije, na trećem je mjestu sektor industrije koji je potrošio 25,9% energije, a na četvrtom mjestu je sektor poljoprivrede s 2,3% potrošnje energije. Može se zaključiti da je sektor prometa po potrošnji energije ispred industrijskog sektora. Ukupan udio utrošene energije s obzirom na sektore za zemlje Europske unije u 2014. godini prikazan je u **Grafikonu 1**.



Grafikon 1. Utrošak energije po sektorima za zemlje EU-28 u 2014. godini

Izvor: [1]

U **Tablici 1.** prikazan je utrošak energije s obzirom na vrstu prometa za zemlje članice Europske unije u 2014. godini. Iz tablice je vidljivo da je najveći utrošak energije u cestovnom prometu, a iznosi 82%, a najmanji u cjevovodnom prometu i

unutarnjoj plovidbi. Prema tome cestovni ima najveći utjecaj na potrošnju energije s obzirom na druge grane prometa.

Tablica 1. Utrošak energije s obzirom na vrstu prometa za zemlje EU-28 u 2014. godini

EU-28	Cestovni promet	Željeznički promet	Zračni promet	Unutarnja plovidba	Cjevovodni promet	Ukupno
	82%	2%	14%	1%	1%	100%
Belgija	8,3	0,2	1,3	0,2	0,0	10,0
Bugarska	2,7	0,0	0,2		0,2	3,1
Češka	5,6	0,2	0,3	0,0	0,0	6,2
Danska	3,7	0,1	0,9	0,1	0,0	4,9
Njemačka	52,7	1,3	8,7	0,3	0,4	63,5
Estonija	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
Irska	3,7	0,0	0,8	0,0		4,5
Grčka	5,0	0,1	1,0	0,4	0,0	6,5
Španjolska	25,7	0,3	5,3	0,3	0,4	32,0
Francuska	41,4	0,9	6,4	0,5	0,3	49,5
Hrvatska	1,8	0,0	0,1	0,0	0,0	2,0
Italija	34,3	0,4	3,7	1,0	0,7	40,1
Cipar	0,6		0,2			0,8
Latvija	0,9	0,1	0,1	0,0	0,0	1,1
Litva	1,6	0,1	0,1	0,0	0,0	1,7
Luksemburg	2,1	0,0	0,4			2,5
Mađarska	3,6	0,1	0,2	0,0	0,0	4,0
Malta	0,2		0,1	0,0		0,3
Nizozemska	9,8	0,2	3,6	0,3		13,9
Austrija	7,5	0,2	0,7	0,0	0,3	8,7
Poljska	15,0	0,3	0,6	0,0	0,4	16,4
Portugal	5,2	0,0	1,1	0,1	0,0	6,5
Rumunjska	5,0	0,2	0,2	0,0	0,0	5,5
Slovenija	1,8	0,0	0,0			1,8
Slovačka	2,0	0,0	0,0		0,1	2,2
Finska	3,8	0,1	0,7	0,1	0,0	4,8
Švedska	7,4	0,2	0,8	0,1		8,5
UK	37,6	1,0	11,8	0,7		51,1

Izvor: [1]

Potrošnja energije u Republici Hrvatskoj u zadnjem desetljeću ima brži tempo porasta u odnosu na porast bruto domaćeg proizvoda što navodi na zaključak o porastu energetske intenzivnosti i smanjenju energetske učinkovitosti hrvatskoga

gospodarstva. Obje ove tendencije imaju negativne učinke na gospodarstvo koje su pojačane i činjenicom što se bilanca potrošnje energije u Republici Hrvatskoj kontinuirano balansira uvozom energije, posebno nafte, čije su cijene već dulje vremena u porastu. Ovakve tendencije imaju posebno nepovoljne posljedice na porast cijena inputa i pad konkurentne sposobnosti gospodarstva te na pogoršanje stanja platne bilance [2].

Tablica 2. Utrošak energije prema vrstama prometa u Republici Hrvatskoj

	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2014./13.	2009./14.
	PJ						%	
Željeznički promet	1,84	1,84	1,75	1,65	1,54	1,43	-7,2	-4,9
Cestovni promet	80,03	77,13	75,59	74,30	75,17	74,17	-1,3	-1,5
Zračni promet	4,38	4,65	4,92	5,07	5,55	5,56	0,2	4,9
Pomorski i riječni promet	2,07	1,65	1,65	1,58	1,79	1,93	7,8	-1,3
Javni gradski promet	1,43	1,45	1,41	1,35	1,36	1,35	-0,6	-1,1
Ostali promet	0,09	0,08	0,07	0,07	0,09	0,09	-0,4	-0,7
Ukupno	89,84	86,80	85,39	84,02	85,49	84,53	-1,1	-1,2

Izvor: [3]

U **Tablici 2.** prikazan je utrošak energije prema vrstama prometa u Republici Hrvatskoj za vremensko razdoblje od 2009. do 2014. godine. Iz tablice je vidljivo da je najveći utrošak energije u cestovnom prometu, ali je u opadanju od 2009. godine kao i u željezničkom prometu, pomorskom i riječnom prometu i javnom gradskom prometu, dok je u porastu po utrošku energije zračni promet.

3. CESTOVNA MOTORNA VOZILA KAO IZVORI ONEČIŠĆENJA ZRAKA

Onečišćenje zraka, kao negativni eksterni učinak prometa, veliki je problem današnjice budući da utječe na mnoge sfere ljudskog života. Najveća je prijetnja konstantni porast emisije stakleničkih plinova, koji se javljaju u prirodi a pridonose učinku staklenika [4].

Cestovna motorna vozila su jedan od najvećih onečišćivača zraka u svijetu, pa tako i u Hrvatskoj jer njihov broj raste iz godine u godinu. U današnje vrijeme sve se zemlje bore da smanje emisije štetnih plinova na što manju razinu. Ispušni plinovi cestovnih motornih vozila koji utječu na onečišćenje zraka su: spojevi sumpora nastali izgaranjem fosilnih goriva, ugljikov dioksid, dušikovi oksidi, ugljikovodici, čađa, čestice.

Tablica 3. Emisijski standardi EU za osobna vozila

Dizelski motor					
Norma	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
g/km					
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
Benzinski motor					
EURO 1	2,72 (3,16)	-	0,97 (1,13)	-	-
EURO 2	2,2	-	0,5	-	-
EURO 3	2,30	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

Izvor: [5]

U **Tablici 3.** prikazani su emisijski standardi EU za osobna vozila s граниčnim vrijednostima ispušnih plinova za dizelske i benzinske motore. Iz tablice je vidljivo da EURO 6 norma ima najmanje граниčne vrijednosti ispušnih plinova te time motori s tom normom najmanje zagađuju okoliš s obzirom na ostale norme.

U Republici Hrvatskoj u 2014. godini registrirano je ukupno 1 899 538 vozila, od kojih je osobnih vozila registrirano 1 474 495. U razdoblju od 2012. do 2014. godine broj registriranih vozila je porastao sa 1 863 741 na 1 899 538 vozila, što iznosi povećanje od 2%. Povećanjem broja vozila povećava se štetan utjecaj na okoliš koji dolazi iz tolikog broja vozila u prometu.

Tablica 4. Broj registriranih vozila u Republici Hrvatskoj od 2009. do 2014. godine

Godina	Ukupno vozila	Motocikli	Osobna vozila	Autobusi	Teretna vozila
2009.	2 005 210	63 691	1 532 549	5 071	164 761
2010.	1 969 587	62 210	1 515 449	4 877	157 731
2011.	1 969 405	62 876	1 518 278	4 841	154 884
2012.	1 863 741	58 006	1 445 220	4 655	141 567
2013.	1 869 370	58 311	1 448 299	4 789	141 491
2014.	1 899 538	59 643	1 474 495	5 040	143 660

Izvor: [6]

U **Tablici 4.** može se vidjeti broj vozila koja su registrirana u Republici Hrvatskoj od 2009. do 2014. godine. U tablici se može uočiti da je broj registriranih vozila u opadanju od 2009. godine do 2012. godine te nakon 2012. godine raste. Uzrok opadanja broja registriranih vozila može biti ekonomska kriza, a tim uzrokom i manje onečišćenje zraka iz cestovnog prometa.

Doneseno je nekoliko direktiva radi ograničenja onečišćenja nastalog cestovnim prometom određivanjem standarda emisijskog učinka za različite kategorije vozila kao što su automobili, laka gospodarska vozila, kamioni, autobusi i motocikli te utvrđivanjem kvalitete goriva (i udjela sumpora i olova u njemu). Od rujna 2014. emisijski standard Euro 6 za automobile i lake kombije primjenjuje se na sve nove modele automobila (homologacija). Jednu godinu kasnije stupio je na snagu i za registraciju i prodaju svih novih automobila i lakih kombija (svi rokovi produljuju se za jednu godinu za laka gospodarska vozila i automobile za posebne potrebe). Njime se određuju emisijska ograničenja za niz onečišćujućih tvari u zraku, posebno za dušikove okside (NOx) i čestice tvari (PM). Od država članica traži se da odbiju homologaciju, registraciju, prodaju i uvođenje vozila (i njihovih zamjenskih uređaja za kontrolu emisije) koja nisu usklađena s tim ograničenjima. U njega je uvrštena i odredba o preispitivanju ciklusa vožnje i postupka testiranja kako bi se zajamčilo da se testiranje održava u stvarnim voznim uvjetima. U Uredbi (EZ) br. 715/2007 nadalje

se utvrđuju pravila o sukladnosti u uporabi, trajnosti uređaja za kontrolu emisije, sustavima ugrađene dijagnostike i mjerenju potrošnje goriva te se uređuje pristup nezavisnih operatera podacima za popravke i održavanje vozila. Isto vrijedi i za Uredbu (EZ) br. 595/2009 kojom se određuju vrijednosti emisijskih ograničenja za teška radna vozila (autobuse i kamione, Euro 6 od siječnja 2013.). Kako bi dodatno smanjio onečišćenje koje nastaje emisijom iz automobila, EU je uveo zabranu stavljanja na tržište benzina s dodatkom olova i obvezu stavljanja na raspolaganje goriva bez sumpora. U Direktivi 2009/33/EZ o promicanju čistih i energetski učinkovitih vozila u cestovnom prijevozu od javnih se naručitelja zahtijeva da pri nabavi vozila u cestovnom prijevozu uzmu u obzir energetske učinke i učinke na okoliš tijekom životne dobi, uključujući potrošnju energije i emisiju CO₂ i određenih onečišćujućih tvari, radi promicanja i poticanja tržišta za čista i energetski učinkovita vozila [7].

4. ŠTETNI I NEŠTETNI PRODUKTI IZGARANJA

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. Onečišćenje zraka mjeri se kao vrijeme koje je potrebno da polovica količine onečišćivača koji je emitiran u zrak izađe iz atmosfere. To se vrijeme može mjeriti u danima, mjesecima ili čak godinama, ovisno o vrsti onečišćivača. Ako su onečišćivači nastali iz prirodnih izvora, onda se nazivaju primarnima, a ako je došlo do reakcija sastojaka zraka, to su onda sekundarni onečišćivači. Motorna vozila su primarni onečišćivači zraka, a od svih vrsta prometa, cestovni prednjači u onečišćenju okoliša, i to do 80% ukupnog onečišćenja okoliša štetnim sastojcima [8].

4.1 Štetni produkti izgaranja

Kada bi se u motorima odvijalo potpuno izgaranje, rezultat bi bili samo ranije navedeni neškodljivi ugljik (IV) oksid, vodena para i dušik. No, to u stvarnosti nije tako već je rezultat nepotpunog izgaranja u motorima puno složeniji, pa se osim ova tri navedena plina javljaju i mnogi drugi [9].

U škodljive sastojke ispušnih plinova ubrajamo [9]:

- ugljik (II) oksid (CO),
- ugljikovodike (CH),
- dušične okside (NO_x),
- sumpor (IV) oksid (SO_2),
- spojevi s olovom (Pb)
- čađu i dim.

Ugljik (II) oksid

Ugljik (II) oksid, kao produkt nepotpunog izgaranja, u najvećoj količini prisutan je u području bogate smjese, tj. što je smjesa bogatija to je njegova koncentracija viša. Minimalne vrijednosti CO postižu se za faktor zraka $\lambda=1$ (faktor zraka količnik je stvarno usisane i teoretski potrebne količine zraka), kada je usisana masa zraka jednaka teoretskoj. Ista količina propisana je i zakonom [9].

CO je otrovan plin bez boje i mirisa. Puno je brži u vezivanju za hemoglobin od kisika, čime smanjuje njegovu sposobnost prenošenja u krvi. Iz tog razloga već i mala koncentracija CO izaziva gubitak svijesti i trovanje pa čak i smrt. Zbog njegove velike otrovnosti, ne smije se dopustiti rad motora, odnosno emisija ispušnih plinova u zatvorenim prostorima. Osim negativnog utjecaja na ljudsko zdravlje, ovaj plin ima loš utjecaj i na okoliš, zbog čega mu se posvećuje i najveća pozornost [9].

Ugljikovodici

Ugljikovodici su, također, produkt nepotpunog izgaranja. Sastojci su goriva koje bi u potpunosti trebalo izgorjeti, ali se u realnim uvjetima izgaranja to nikada ne dogodi, pa se mogu u većoj ili manjoj količini naći u ispušnom plinu motornih vozila. Najmanja koncentracija HC postiže se u području blago siromašne smjese, a što je smjesa bogatija, to je njihova koncentracija (kao i kod CO) veća. Također, i u području naglašeno siromašne smjese njihova se koncentracija u ispušnim plinovima povećava. Pare ugljikovodika djeluju na središnji živčani sustav i imaju narkotičko djelovanje. Nisko molekularni ugljikovodici, koji se nalaze u ispušnim plinovima benzinskih motora, djeluju nadražujuće, dok su visoko molekularni ugljikovodici, koje nalazimo kod dizelskih motora, toksični. Ako se CH pri izgaranju ne oksidiraju, mogu nastati različiti aromatski spojevi, koji su toksični, a posebno treba izdvojiti najtoksičniji, benzen. On kod čovjeka može uzrokovati rak krvi i kostiju te razne tumore [9].

Dušični oksidi

Dušični oksidi, koji nastaju izgaranjem goriva pri visokim temperaturama, su dušikov oksid (NO) i otrovan dušikov dioksid (NO₂). Kao i prije navedeni plinovi, ovisni su o faktoru zraka. Najveća je koncentracija u području blago siromašne, dok opada u području bogate ili siromašne smjese. Prvi se stvara NO, a zatim NO₂, koji brzo prodire u pluća gdje se spaja s hemoglobinom i proizvodi spojeve koji blokiraju njegovu normalnu funkciju. Posljedice su smanjenje funkcije dišnog sustava i smanjenje otpornosti na infekcije, a u prisutnosti CO ovaj plin izaziva i smrtna trovanja [9].

Sumpor (IV) oksid

Sumpor (IV) oksid nalazi se u deset puta većoj koncentraciji kod dizelskih u odnosu na benzinske motore, zbog povećane količine sumpora u dizelskom gorivu. Ovaj plin nepovoljno djeluje na čovjeka i biljke te uzrokuje koroziju. Nataloženi sulfati štetno djeluju na ljude, pošto ih čovjek udiše u obliku vrlo sitnih čestica koje pluća ne mogu iskašljati. Još se jedna opasnost očituje u tome što sumpor (IV) oksid u atmosferi oksidira u SO_3 , koji u kontaktu s vodom prelazi u sulfatnu kiselinu, što rezultira nastankom „kiselih kiša“ [9].

Spojevi s olovom

Olovo i spojevi olova dodaju se benzinskom gorivu radi poboljšanja otpornosti na detonacije. Radom motora oslobađaju se oksidi olova, koji se tako mogu naći u prizemnim slojevima zraka te onečistiti okoliš. Olovo, kao i njegovi spojevi, je toksično, a posebno su osjetljivi fetusi, mala djeca i anemične osobe. Da bi se smanjila njegova koncentracija u ispušnim plinovima benzinskih motora, uvode se bezolovni benzini te alternativna goriva [9].

Čađa i dim

Čađa i dim javljaju se kao problem kod ispušnih plinova dizelskih motora. Čađa je filtrat ispušnih plinova, koji se sastoji od čestica ugljika, a nastaje uz manjak kisika i visoku temperaturu, zbog nepotpunog miješanja goriva i zraka. Ugljikovi spojevi u česticama čađe nisu sami po sebi štetni, ali na sebe vežu različite toksične tvari. Dim je bitno spomenuti zbog ometanja vidljivosti na prometnicama, čime se smanjuje sigurnost u prometu [9].

4.2 Neštetni produkti izgaranja

U ispušnim plinovima cestovnih motornih vozila mogu se izdvojiti sljedeći neškodljivi sastojci [9]:

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

Dušik(N₂)

Dušik sa 72,3% volumnog udjela u ispušnim plinovima benzinskog, i čak 76% u onima dizelskog motora, u motor ulazi sa usisanim zrakom, najvećim dijelom ne sudjeluje u procesu izgaranja te izlazi iz motora ispuhom [9].

Kisik (O₂)

Kisik u motor također ulazi sa usisanim zrakom. Jedan je od glavnih sudionika procesa izgaranja, a njegova prisutnost u ispušnim plinovima posljedica je nepotpunog izgaranja u slučaju lošeg miješanja gorive smjese. Pošto smjesa nije dobro izmiješana, javlja se područje bogate i siromašne smjese, a kada kisik prijeđe iz bogate u siromašnu smjesu, njegova količina se povećava, zbog toga što goriva ima manje od zraka pa sav kisik ne sudjeluje u izgaranju [9].

Vodena para (H₂O)

Vodena para produkt je svakog procesa izgaranja, a u cestovnim motornim vozilima nastaje oksidacijom ugljikovodika s kisikom iz usisanog zraka [9].

Ugljik (IV) oksid

Ugljik (IV) oksid neotrovan je plin, izravno neškodljiv, ali pridonosi učinku staklenika na Zemlji (u njegovom stvaranju sudjeluje sa čak 50%), zbog čega dolazi do povećanja njezine temperature. Isto tako utječe na stvaranje „kiselih kiša“, koje uništavaju biljni svijet. U odnosu na druge vrste prometa, važno je napomenuti da na cestovni promet otpada 72% onečišćenja zraka ugljik (IV) oksidom. S obzirom na to da ovaj plin nastaje izgaranjem nafte, kao i zemnog plina, ne postoji tehnologija koja bi omogućila njegovo uklanjanje iz ispušnih plinova, već je potrebno smanjiti potrošnju navedenih goriva i okrenuti se uporabi alternativnih [9].

5. STAKLENIČKI PLINOV IZ CESTOVNOG PROMETA

Klimu se danas često proučava kao sistem kojeg čine atmosfera, hidrosfera, kriosfera, biosfera i geosfera. Taj je sistem vrlo složen i povezan je brojnim interakcijama među pojedinim komponentama. Premda su danas istraživanja klime brojna, postoje brojne nepoznanice koje je potrebno istražiti i dokazati. Osnovni izvor energije za sve klimatske procese u atmosferi je Sunce. Danas se zna da promjene do kojih dolazi pri Zemljinoj rotaciji i revoluciji, kao i same promjene aktivnosti Sunca mogu dovesti do značajnih klimatskih promjena na Zemlji. Ipak, sam mehanizam tih promjena nije u potpunosti poznat. Od svoje pojave na Zemlji ljudi su nastojali promijeniti okoliš u kojem žive i prilagoditi ga svojim potrebama. Međutim, nakon industrijske revolucije taj utjecaj postaje toliki da počinje utjecati na Zemlju u cjelini. Posebno se to može vidjeti na primjeru klime. Promjene klime imaju veliko značenje budući da je to globalna pojava i ni jedna država nije od toga izuzeta. Premda danas znanstvenici nisu suglasni koliki je utjecaj čovjeka na klimatske promjene, nesumnjivo je da je čovjek utjecao na klimu. Promjene klime koje se za 21. stoljeće predviđaju mogle bi imati velike posljedice za život na Zemlji, pa i za samog čovjeka [10].

Efekt staklenika ima veliko značenje za život na zemlji. Bez njega bi površina Zemlje bila 36°C hladnija nego što je sada, što ukazuje na važnost atmosfere za izmjenu topline na Zemlji. Početkom 19. stoljeća čovjek je počeo značajnije utjecati na Zemlju u cjelini, na sastav njene atmosfere, a time i na fizikalne i kemijske procese koji se u njoj odigravaju. To je „put u nepoznato“, nepoželjni eksperiment s teško predvidivim posljedicama, iako je već prije stotinu godina švedski nobelovac Svante Arrhenius (1896.) upozorio da će se klima promijeniti ako se velike količine ugljičnog dioksida otpuštaju u atmosferu [11].

Najvažniji staklenički plinovi su vodena para (H₂O), ugljik (IV) oksid (CO₂), metan (CH₄), dušik (II) oksid (N₂O), klorofluorogljici (freoni – CFC; freon 11-CC 13F; freon A2-CC 12 F₂); ozon u troposferi (O₃); sumpor (IV) oksid (SO₂) itd. Smatra se da je u atmosferi ostalo otprilike 50% CO₂ koji je emitiran ljudskom aktivnošću. Zbog povećanog udjela stakleničkih plinova u drugoj polovici dvadesetog stoljeća, zamijećeno je povećanje temperature na zemlji [11].

U **Grafikonu 2.** prikazani su postoci najvažnijih prirodnih stakleničkih plinova koji pridonose efektu staklenika.



Grafikon 2. Doprinos najvažnijih prirodnih stakleničkih plinova efektu staklenika

Izvor: [11]

Tablica 5. Emisije stakleničkih plinova na području Europske unije u cestovnom prometu od 2010. do 2014. godine

Vrsta prometa	Emisija GgCO ₂ eq				
	2010.	2011.	2012.	2013.	2014
Godina	2010.	2011.	2012.	2013.	2014
Cestovni	884,05	874,75	841,78	838,46	845,31
Promet ukupno	1227,53	1221,90	1171,81	1158,48	1161,25
Sveukupno emisije	5072,94	4919,83	4839,02	4741,56	4554,28

Izvor: [1]

U **Tablici 5.** prikazane su emisije stakleničkih plinova na području Europske unije u cestovnom prometu od 2010. godine do 2014. godine izražene u milijunima tona CO₂eq. Iz tablice je vidljivo da emisije padaju u cestovnom prometu od 2010. godine do 2014. godine.

5.1. Utjecaj CO₂ emisija na klimu

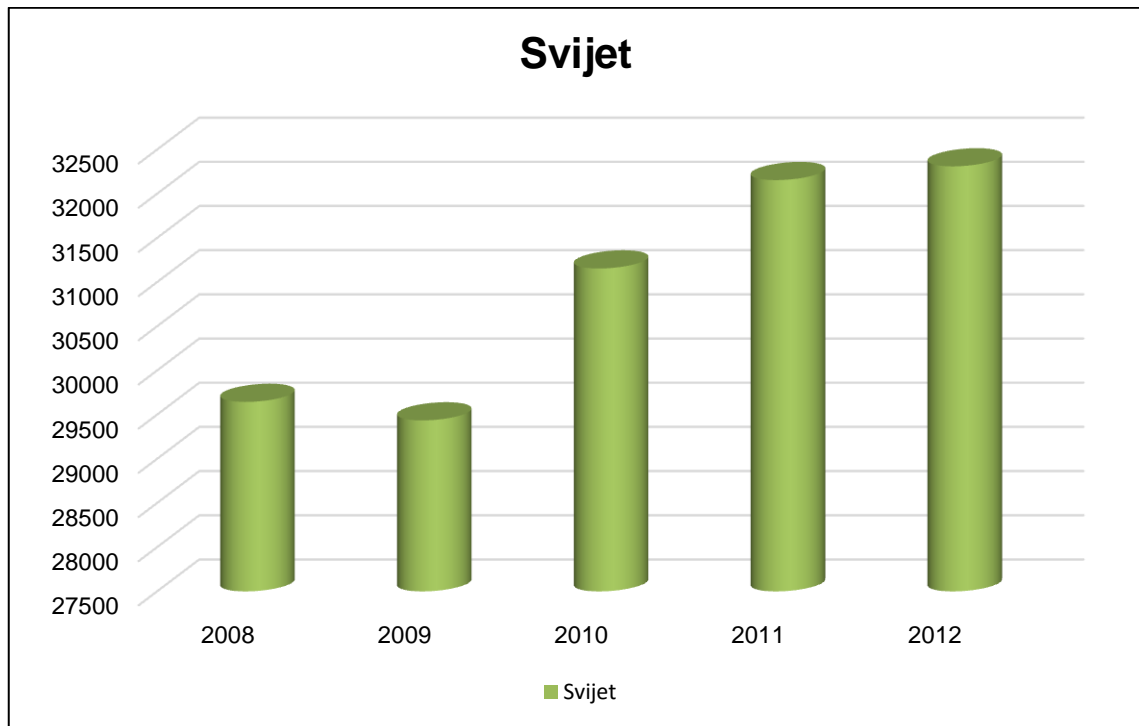
Kao posljedica ljudske aktivnosti koncentracija ugljičnog dioksida se značajno povećala tijekom prošlog stoljeća, a mjerenja temperature troposfere (kako bi se izbjegli utjecaji i nepreciznost termalnih zagađivača-gradova) pokazuje na povećanje od najmanje 0,4°C. Glavni uzrok povećanja koncentracije ugljičnog dioksida u atmosferi je izgaranje fosilnih goriva [12].

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 1m³, 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 (što znači da temperatura na Zemlji bez toga učinka ne bi bila +15 °C, već -18 °C) [13].

Klimatske promjene, kojih smo svjedoci posljednjih desetljeća, osobito se ogledaju kroz [13]:

- 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,
- 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 10 cm godišnje),
- povećanu učestalost padalina,
- povećanu učestalost prirodnih nepogoda (uragani, tajfuni, suše, poplave i dr.)

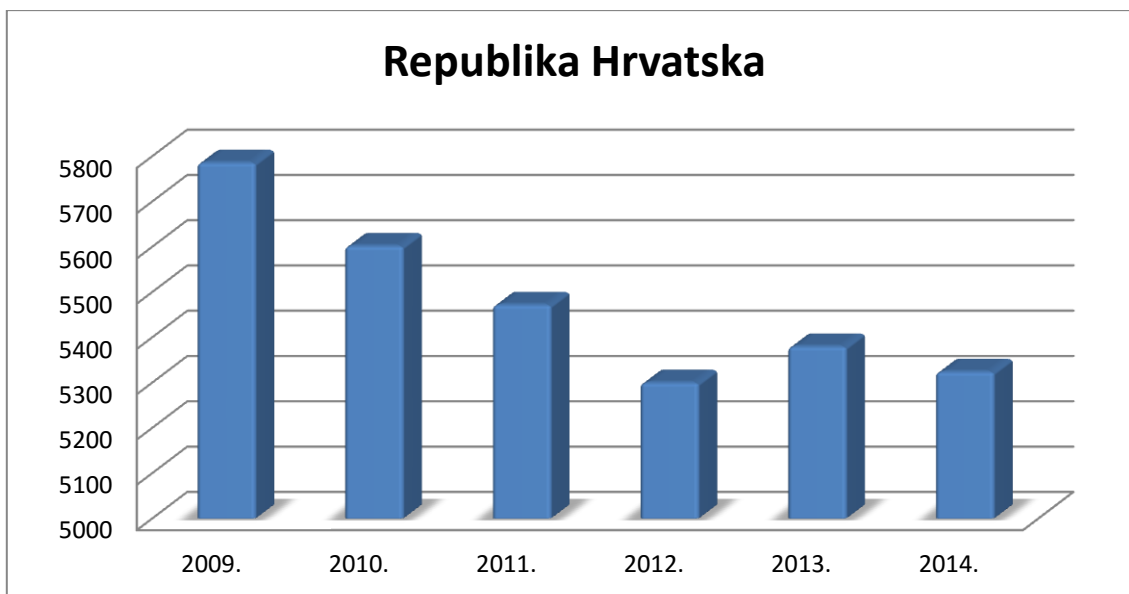
U **Grafikonu 3.** prikazane su emisije CO₂ izražene u milijunima tona u Svijetu u razdoblju od 2008. godine do 2012. godine. Iz grafikona je vidljivo da emisije CO₂ kontinuirano rastu iz godine u godinu te time utječu na temperaturu i klimu.



Grafikon 3. Emisije CO₂ u Svijetu od 2008. do 2012. godine

Izvor: [14]

U **Grafikonu 4.** prikazane su emisije CO₂ izražene u tisućama tona u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2009. godine do 2014. godine iz cestovnog prometa. Iz grafikona je vidljivo da emisije CO₂ padaju od 2009. godine te se opet povećavaju u 2013. godini, što može biti uzrok skuplje gorivo i ekonomska kriza.



Grafikon 4. Emisije CO₂ iz cestovnog prometa u Republici Hrvatskoj od 2009. do 2014. godine

Izvor: [3]

5.2. Strategije EU glede CO₂ emisija

Najvažniji propis o smanjenju stakleničkih plinova na svjetskoj razini, nakon dugotrajnih pregovora, donesen je 1997. godine u Kyotu – Kyotski protokol, a stupio je na snagu 2005. godine, nakon što je ratificiran u 55 država Priloga I konvencije čija emisija ukupno prelazi 55% emisije članica Priloga I (emisija iz 1990. godine). Države potpisnice Kyotskog protokola obvezale su se da će do razdoblja od 2008. do 2012. godine smanjiti emisije stakleničkih plinova na 5,2% ispod razine emisije iz 1990. Kyotskim protokolom EU preuzela je cilj smanjenja emisije za 8% (EU-15), s tim što su internom shemom dogovorene različite obveze za pojedine države. Iako je proteklih godina došlo do značajnog tehnološkog napretka u tehnologiji vozila, naročito na polju upotrebe energije, on nije bio dovoljan da neutralizira štetne učinke koji su nastali kao posljedica povećanja prometa i veličine automobila. Sadašnji prijedlog komisije usmjeren je na jačanje već postojeće strategije. Postojeća strategija, prihvaćena je prijedlogom Europske komisije još 1995. godine, a temeljila se na tri stupa. Prvi je dobrovoljna obveza europskih, japanskih i južnokorejskih automobilskih industrija o smanjenju CO₂ na 140 g/km na tržištu EU-a do 2008. za europske proizvođače ili 2009. za azijske. Drugi stup se sastoji od porasta svijesti među potrošačima. Direktivom se tražilo da se na svakom novom automobilu stavi

oznaka potrošnje goriva i stvaranja CO₂, kao i javno širenje oglasa i materijala o efikasnoj upotrebi energije. Treći stup nastoji promicati novu vrstu automobila kroz fiskalne mjere. U razdoblju između 1995. i 2004. godine došlo je do smanjenja emisije CO₂ sa 186 g/km na 163 g/km, što je ipak nedovoljno. Kao odgovor na takav neuspjeh, nova strategija donosi novi paket mjera. Namjera je bila da se novim automobilima smanjiti stupanj emisije na željenu razinu od 120 g CO₂/km u 2012. godini te su to i ostvarili, a teretnim vozilima dugoročno na 160 g/km do 2015. Nastoji se promicati kupovina novih automobila kroz oglašavanje i fiskalne zahvate, a posljednja mjera sastoji se u tome da se u duhu održivih obrazaca potrošnje potpiše Europski kodeks dobre prakse proizvođača na polju oglašavanja i marketinga. EU je postavila cilj smanjenja emisije za 20% u 2020. godini u odnosu na 1990. godinu, s tim što je spremna smanjiti emisije i do 30%, ako to učine i druge industrijske države [11].

U **Tablici 6.** prikazana je prosječna emisija ugljičnog dioksida iz osobnih vozila 2000., 2010. godine i utvrđeni standardi za 2020. godinu u gramima CO₂/km za SAD, EU, Kinu i Japan.

Tablica 6. Prosječna emisija CO₂ - standardi

Zemlja/godina	2000. g. gCO ₂ /km	2010. g. gCO ₂ /km	Promjena 2010./2000. [%]	Plan za 2020. g. gCO ₂ /km	Promjena 2020./2000. [%]
SAD	270	230	-15%	170	-37%
EU	260	220	-15%	140	-54%
Kina	-	180	-	130	-
Japan	170	130	-24%	105	-38%

Izvor: [13]

Iz **Tablice 6.** vidljivo je da najnižu prosječnu emisiju ugljičnog dioksida iz osobnih vozila ima Japan, a najvišu SAD. Najveća promjena s obzirom na 2000. i 2020. godinu je u EU koja iznosi smanjenje za 54%.

Jedanaest država članica EU propisuje pristojbe za putnička osobna vozila, koja su u potpunosti ili djelomično vezana za CO₂ emisiju ili potrošnju goriva [11]:

Austrija propisuje porez na potrošnju goriva (Normverbrauchsbsage ili NoVa) koji se primjenjuje pri prvoj registraciji osobnog vozila. Visina poreza računa se na sljedeći način:

- benzinski motor: 2% od cijene vozila x (potrošnja goriva u L/100 km - 3 litre)
- dizelski motor: 2% od cijene vozila x (potrošnja goriva u L/100 km - 2 litre)

Belgija propisuje porezni poticaj koji se dodjeljuje kupcima osobnog vozila koja ima emisiju manju od 115 g/km. Poticaj se sastoji od povrata poreza za kupovinu osobnog vozila pri sljedećim uvjetima:

- za vozila s emisijom manjom od 105 g/km: 15% cijene goriva, max. 4270 eura
- za vozila s emisijom između 105 i 115 g/km: 3% od cijene vozila, max. 800 eura.

Cipar - 1. mjera koja se provodi pri godišnjoj registraciji vozila (u ovisnosti o jačini motora) i usklađene su s emisijom CO₂ iz vozila. Za vozila emisije manje od 120 g/km smanjuje se cijena registracije za 30%, te uvećava za 20% za vozila s emisijom većom od 250 g/km, a 2. mjera koja se provodi u skladu s godišnjim porezom na cestovna motorna vozila, porez se umanjuje za 15% ako vozila imaju emisiju manju od 150 g/km.

Danska propisuje godišnji porez na cestovna motorna vozila koji se zasniva na potrošnji goriva:

- Za benzinski motor: porez varira od 520 DKK (~510 kn) za vozila koja prelaze 20 km s jednom litrom goriva, te do 18 460 DKK (-18 100 kn) za vozila koja prelaze manje od 4,5 km po utrošenoj litri goriva.
- Za dizelski motor: porez varira od 160 DKK (-155 kn) za vozila koja prelaze 32,1 km po utrošenoj litri goriva, pa sve do 25 060 DKK (-24 600 kn) za vozila koja prelaze manje od 5,1 km po utrošenoj litri goriva.

Francuska propisuje: 1. regionalni porez pri registraciji vozila uvećan je za vozila emisije veće od 200 g/km. Osnovni porez varira između 25 i 46 eura, ovisno o regiji. Za vozila koja imaju emisiju veću od 200 g/km plaća se dodatnih 2 eura za svaki dodatni gram između 200 i 250 g/km emisije, te dodatnih 4 eura za svaki gram

iznad 250 g/km. Primjerice, vlasnik vozila s emisijom od 275 g/km platit će dodatni porez u visini $(50 \times 2) + (25 \times 4) = 200$ eura.

2. porez na vozila koja glase na pravne osobe zasnovan je sukladno veličini CO₂ emisije:

- ≤ 100 g/km: 2 eura po gramu
- 100 i ≤ 120: 4 eura po gramu
- >120 i ≤ 140: 5 eura po gramu
- >140 i ≤ 160: 10 eura po gramu
- 160 i ≤ 200: 15 eura po gramu
- >200 i ≤ 250: 17 eura po gramu
- >250: 19 eura po gramu

Italija propisuje porezni poticaj od 800 eura i dvogodišnje oslobođenje od godišnjeg poreza na cestovna motorna vozila propisuje se pri kupnji novog osobnog vozila EURO 4 ili EURO 5 norme, te emisije od 140 g/km. Oslobođenje od godišnjeg poreza na cestovna motorna vozila produljuje se na tri godine ukoliko je obujam motora manji od 1300 ccm.

Luksemburg propisuje godišnji porez na cestovna motorna vozila zasnovan na emisiji CO₂. Visina poreza računa se tako da se veličina emisije izražena u g/km pomnoži sa 0,9 za dizel motore, odnosno 0,6 za ostala goriva, te emisijskim faktorom (0,5 za emisije ispod 90 g/km, te porast od 0,1 za svakih dodatnih 10 g/km).

Nizozemska - veličina poreza prilikom prve registracije vozila uvećana je ili smanjena u ovisnosti o iskoristivosti goriva u usporedbi s drugim vozilima jednakih dimenzija (širina x dužina). Maksimalni ostvarivi bonus iznosi 1000 eura za vozila koja imaju manju emisiju za 20% ili više u odnosu na prosječnu emisiju vozila jednakih dimenzija. Maksimalno povećanje poreza iznosi 540 eura za vozila koja imaju emisiju višu od 30% od prosječne emisije vozila njihovih dimenzija. Hibridna vozila imaju najveći mogući ostvarivi bonus u visini od 6000 eura.

Portugal - veličina poreza prilikom registracije vozila ovisi o veličini motora i o količini emisije CO₂. Najniži porez plaća se za vozila s benzinskim motorom i emisijom manjom od 120 g/km, a iznosi 0,41 euro/g, te za dizelske motore s emisijom manjom od 100 g/km porez iznosi 1,02 eura/g. Najviši porez plaćaju vozila

s emisijom većom od 210 g/km za benzinske motore (29,31 eura x g/km) -5125,01, te za dizelske motore s emisijom višom od 180 g/km (34,2 eura x g/km) - 4664,64.

Švedska propisuje godišnji porez na cestovna motorna vozila za automobile koji zadovoljavaju EURO 4 normu zasnovan na veličini CO₂ emisije. Porez se sastoji od osnovne takse (360 SEK ili 280 kn) + 15 SEK (12 kn) za svaki gram CO₂/km iznad emisije vozila od 100 g/km. Za dizelska vozila ovaj iznos se množi s koeficijentom 3,5. Za vozila pogonjena alternativnim gorivima porez je 10 SEK za svaki g/km iznad 100 g/km.

UK propisuje godišnji porez na cestovna motorna vozila zasnovan na CO₂ emisiji. Takse variraju od 0£ (do 100 g/km) do 210£ (benzin) i 215£ (dizel) za vozila s emisijom iznad 225 g/km. Za vozila koja glase na pravne osobe porez iznosi 15% vrijednosti vozila za rang emisije manji od 140 g/km pa sve do 35% za vozila s emisijom višom od 240 g/km. Za dizelska vozila plaća se dodatni porez od 3% od vrijednosti vozila.

U **Tablici 7.** nalaze se Direktive za pojedine EURO standarde, godine od koje su u primjeni te koju kategoriju obuhvaćaju.

Tablica 7. Direktive za EURO standarde

Direktive za pojedine EURO standarde	Godina	Kategorija	Direktiva
EURO 1	1993.	Za osobne automobile Za osobne automobile i laka teretna vozila	91/441/EEC 93/59/EE
EURO 2	1996.	Za osobna vozila	94/12/EC 96/69/EC
EURO 3	2000.	Za sva vozila	98/69/EC
EURO 4	2005.	Za sva vozila	98/69/EC 2002/80/EC
EURO 5	2008./09./10.	Za sva vozila	COM(2005)683 prijedlog
EURO 6	2014.	Za sva vozila	EU Tematska strategija (2006)

Izvor: [4]

5.3. Strategije niskougličnog razvoja u RH

Strategija niskougličnog razvoja Republike Hrvatske (*engl. Low-emission Development Strategy* ili skraćeno LEDES) predstavlja inovativan strateški dokument koji daje osnovu za političke odluke, informirana ulaganja i promjene obrasca ponašanja s ciljem značajnog smanjivanja emisija stakleničkih plinova na teritoriju RH do 2050. godine. Time se Hrvatska pridružuje grupi država u svijetu koje aktivno promišljaju i planiraju politiku i mjere za smanjivanje emisija stakleničkih plinova i ublažavanje klimatskih promjena. Usvajanjem „Strateških odrednica za razvoj zelenog gospodarstva“ 2011. godine Vlada Republike Hrvatske je postavila početne odrednice za razvoj niskougličnog gospodarstva. Strategija polazi od vizija i ciljeva identificiranim u glavnim sektorima utjecaja (energetika, promet, industrija, poljoprivreda, turizam i gospodarenje otpadom) kako bi se političke odluke usmjerila istovremeno prema gospodarskom razvoju i ublažavanju klimatskih promjena. Strategija otvara prilike da se poboljšanjima postojeće infrastrukture i tehnoloških rješenja, inovacijama, prijenosom naprednih tehnologija, značajnim strukturalnim promjenama u svim sektorima, potakne investicijski ciklus, rast industrijske proizvodnje, razvoj novih djelatnosti, konkurentnost gospodarstva te otvore nova radna mjesta održive perspektive [15].

Tablica 8. Okvirni ciljevi smanjenja emisije stakleničkih plinova na putu prema niskougličnom gospodarstvu

%	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

Izvor: [15]

U **Tablici 8.** prikazani su okvirni ciljevi smanjenja emisije stakleničkih plinova na putu prema niskougljičnom gospodarstvu za Europsku uniju i Hrvatsku u 2030. i 2050. godini.

Tablica 9. Prioritetne mjere za tranziciju prema niskougljičnom razvoju, utvrđene LEDES projektom

Promet	Poticaji za prelazak na vozila niske potrošnje
	Prijevoz biciklima
	Učinkovitiji javni gradski prijevoz
	Bolje planiranje i organizacija prometa u gradovima
	Prelazak s cestovnog prometa na željeznički prijevoz
	Povećanje energetske učinkovitosti u prometu (agregirana mjera)

Izvor: [15]

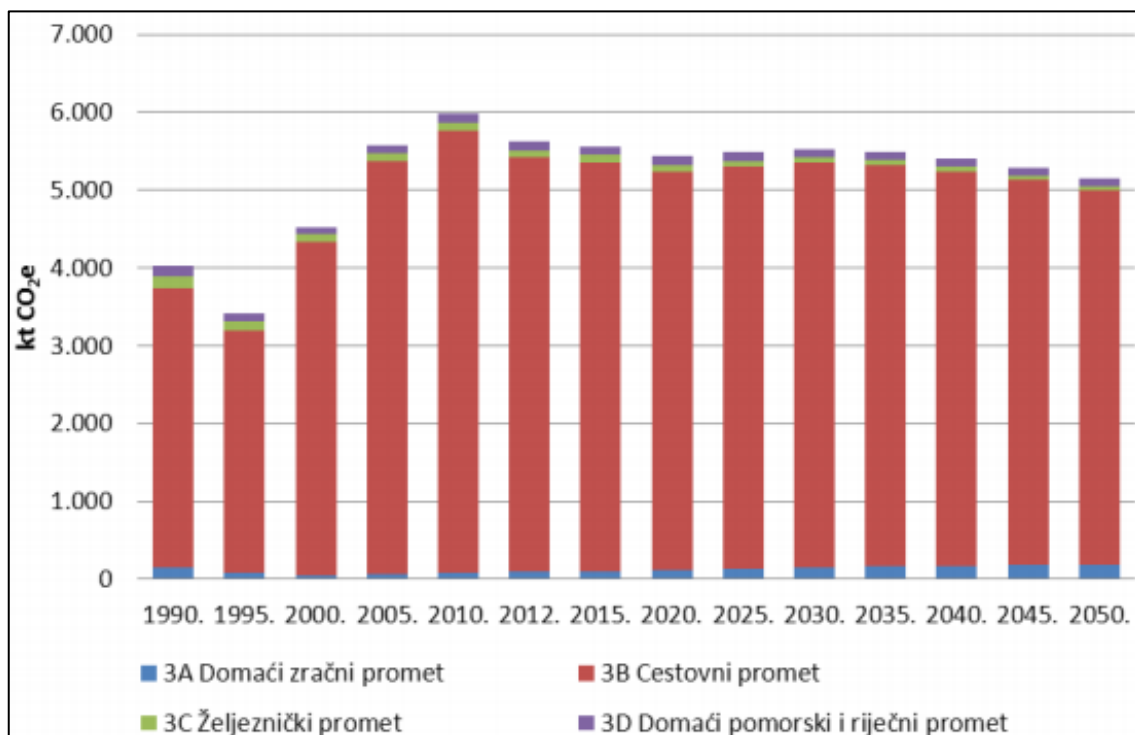
U **Tablici 9.** prikazane su prioritetne mjere za tranziciju prema niskougljičnom razvoju, utvrđene LEDES projektom.

5.3.1 Referentni scenarij (NUR)

U referentnom scenariju u sektoru prometa uračunate su sljedeće ključne pretpostavke. Očekuje se da će zbog porasta standarda i prihoda porasti broj automobila na 1000 stanovnika. Prosjek za Europsku uniju u 2012. godini iznosio je 501 automobil na 1000 stanovnika, dok je u Hrvatskoj taj broj iznosio 328. Procijenjeno je da će broj automobila u 2050. godini u Hrvatskoj porasti na 520 automobila na 1000 stanovnika. Navedeno znači da će, unatoč padu broja stanovnika, porasti ukupan broj automobila s 1 405 milijuna u 2012. godini na 1,712 milijuna u 2030., odnosno na 1,991 milijuna automobila u 2050. godini. Također je uračunato da će emisije svih novih osobnih automobila od 2020. godine će biti manje od 95 gCO₂/km (Uredba EU br. 333/2014). Pretpostavljen je porast udjela električnih automobila na 8% od ukupnog broja automobila u 2050. godini, 14% odnosi se na hibridna, a 1% na vozila koja koriste vodik. Pretpostavljeno je kako će do 2050. godine uslijed porasta BDP-a, ali i pada broja stanovnika doći do porasta broja lakih dostavnih vozila za 10% u odnosu na 2012. godinu, odnosno s 114 tisuća vozila na 126 tisuća vozila. Pretpostavljeno je kako će se prosječne emisije i potrošnja goriva lakih teretnih vozila smanjivati sukladno Uredbi EU br. 510/2011 emisije svih novih lakih teretnih vozila od 2017. godine biti će manje od 174 gCO₂/km, a od 2020. godine manje od 147 gCO₂/km. Pretpostavljeno je kako će do 2050. godine doći do

porasta broja teških dostavnih vozila za 5% u odnosu na 2012. godinu, odnosno s 28,6 tisuća vozila na 30 tisuća vozila. U obzir je uzeta i važeća EURO VI norma za teška teretna vozila od 2014. godine (Uredba EU br. 582/2011). Uslijed porasta životnog standarda, pada broja stanovnika, razvoja urbanog javnog prijevoza te porasta broja putovanja, pretpostavljen je porast međugradskih autobusa za 15% do 2050. godine u odnosu na 2012. godinu. Odnosno s 3573 vozila u 2012. godini na 4109 vozila u 2050. godini. Za urbane autobuse u javnom gradskom prometu pretpostavljen je porast broja vozila za 20% s 1070 vozila u 2012. godini na 1.284 vozila u 2050. godini. Dodatno, za obje kategorije autobusa pretpostavljeno je povećanje prijeđenih kilometara godišnje za 10% do 2050. godine. Kod urbanih autobusa pretpostavlja se kako će postepeno dolaziti do prodora alternativnih goriva te da će u 2050. godini 5% autobusa biti pogonjeno SPP-om, 2% UNP-om, 5% električnom energijom te 1% vodikom. Ostali dio bio bi pogonjen dizelskim gorivom s udjelom biodizela od 10%. Za međugradске autobuse u referentnom scenariju pretpostavljena je zastupljenost UPP-a od 5% te nije pretpostavljena primjena drugih alternativnih tehnologija [16].

Na **Slici 1.** prikazane su emisije stakleničkih plinova iz sektora prometa za slučaj referentnog scenarija.



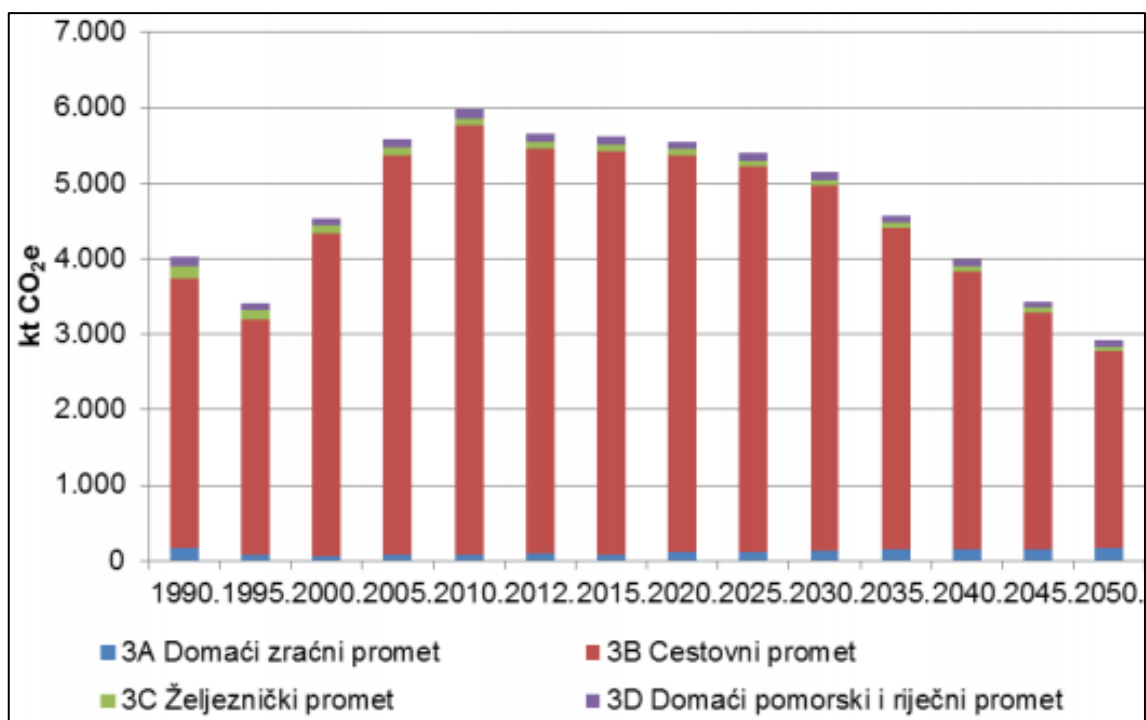
Slika 1. Emisije stakleničkih plinova iz sektora prometa (scenarij NUR), [16]

5.3.2 Scenarij postupne tranzicije (NU1)

U sektoru prometa uračunate su sljedeće mjere u scenariju postupne tranzicije u odnosu na referentni scenarij [16]:

- porast udjela električnih automobila na 25% od ukupnog broja automobila u 2050. godini, odnosno 70,1 tisuća vozila u 2030. godini te 497,7 tisuća električnih automobila u 2050. godini,
- porast broja hibridnih i plug-in hibridnih vozila na 40% (20% hibridnih i 20% plug-in hibridnih) od ukupnog broja osobnih vozila do 2050. godine, čime bi broj hibridnih vozila u 2030. godini iznosio 154 tisuća, a plug-in hibridnih 131 tisuću. U 2050. godini broj vozila za obadvije kategorije bi iznosio po 398,2 tisuće vozila,
- porast broja vozila koja koriste vodik nakon 2030. godine na 2% od ukupnog broja osobnih vozila, odnosno na 39,8 tisuća vozila u 2050. godini,
- porast udjela biogoriva u benzinskim i dizelskim gorivima na prosječnih 20% do 2050. godine,
- razvoj bio mlaznog goriva nakon 2030. godine te ostvarenje udjela od 20% u ukupnoj potrošnji goriva u zračnom prometu do 2050. godine,
- uspješno promicanje integriranog i intermodalnog gradskog i međugradskog prometa s naglaskom na razvoj željeznice za prijevoz putnika i tereta. U scenariju postupne tranzicije procijenjeno je da bi se do 2050. godine 20% prijevoza putnika i robe moglo prebaciti s cestovnog prometa na željeznički i urbani biciklistički promet.

Na **Slici 2.** prikazane su emisije stakleničkih plinova iz sektora prometa za slučaj scenarija postupne tranzicije.



Slika 2. Emisije stakleničkih plinova iz prometa (scenarij NU1), [16]

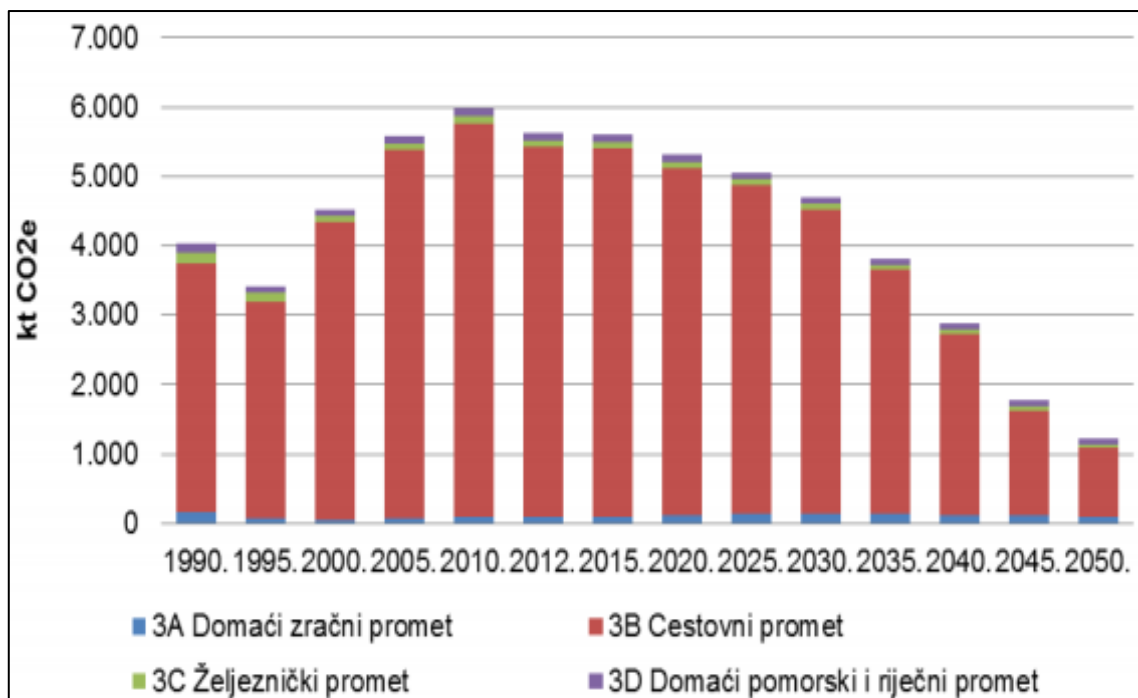
5.3.3 Scenarij snažne tranzicije (NU2)

U sektoru prometa uračunate su sljedeće mjere u scenariju postupne tranzicije u odnosu na referentni scenarij [16]:

- porast udjela električnih automobila na 75% od ukupnog broja automobila u 2050. godini,
- porast broja hibridnih i plug-in hibridnih vozila na 10% u 2050. godini,
- porast broja vozila koja koriste vodik u iznosu od 8% nakon 2030. godine od ukupnog broja osobnih vozila, odnosno na 159,3 tisuće vozila u 2050. godini,
- porast udjela biogoriva u benzinskim i dizelskim gorivima na prosječnih 30% u teretnim vozilima i autobusima te 80% u vancestovnim strojevima do 2050. godine,
- razvoj bio mlaznog biogoriva nakon 2030. godine te ostvarenje udjela od 50% u ukupnoj potrošnji goriva u zračnom prometu do 2050. godine,
- uspješno promicanje integriranog i intermodalnog gradskog i međugradskog prometa s naglaskom na razvoj željeznice za prijevoz putnika i tereta. U scenariju postupne tranzicije procijenjeno je da bi se do 2050. godine 20%

prijevoza putnika i robe moglo prebaciti s cestovnog prometa na željeznički i urbani biciklistički promet.

Na **Slici 3.** prikazane su emisije stakleničkih plinova iz sektora prometa za slučaj scenarija snažne tranzicije.



Slika 3. Emisije stakleničkih plinova iz sektora prometa (scenarij NU2), [16]

6. MJERE SMANJENJA CO₂ EMISIJA IZ CESTOVNOG PROMETA

Smanjenje emisije CO₂ u prometu je veliki izazov i vjerojatno će se ostvarivati kombiniranim nizom mjera. Temelj svih mjera treba biti porez ili naknada na emisije CO₂ i poticaji iz tako prikupljenih financijskih sredstava za povećanje energetske učinkovitosti i korištenje novih tehnologija. Plaćanje poreza i naknade prema količini utrošenog goriva je najbolja mjera poticanja za one koje troše puno goriva zbog motora niske učinkovitosti ili velikog broja kilometara ili zbog jednog ili drugog razloga, da traže rješenja kroz novu tehnologiju, korištenjem biogoriva, goriva s manjim emisijama ili kombiniranog prijevoza, u kombinaciji s korištenjem poticajnih sredstava. U sektoru tehnologije proizvodnje biogoriva se očekuje odmak od biogoriva 1. generacije koja se temelji na sirovinama iz ratarstva (uljarice za biodizel te škrobnih biljaka za bioetanol). Njihova uloga je bila u većem dijelu usmjerena na mijenjanje paradigme na tržištu goriva i tranziciju s fosilnih na biogoriva. Cijene biogoriva 1. generacije imaju visoku korelaciju s cijenama nafte jer je vrlo visoki udio proizvodnih inputa fosilnog porijekla čime se ne ostvaruju osnovni ciljevi energetske politike: smanjenje ovisnosti o potrošnji fosilnih goriva, smanjenje emisija stakleničkih plinova, održivost. Tek se razvojem biogoriva 2. generacije s proizvodnjom iz lignoceluloznih ostataka iz poljoprivrede i šumarstva očekuju puni učinci prijelaza s fosilnih na biogoriva [17].

Troškovi tehničkih zahvata, smanjivanje jedne tone emisije CO₂, koju motorizirano vozilo emitira u okoliš, tri do osam puta su veći od troškova zahvata s istim ciljem u drugim sektorima industrije, energetike i domaćinstava. Emisiju CO₂ motoriziranih cestovnih vozila načelno je moguće smanjiti [18]:

- optimiranjem procesa izgaranja, efektivnih radnih parametara motora, uključujući uređaj za naknadni tretman ispušnih plinova, radne parametre vozila, sve s ciljem maksimiranja energetske ekonomičnosti i smanjenja specifične potrošnje goriva (g/kWh, l/km),
- prelaskom na goriva s manjim sadržajem ugljika (plinovita goriva, alkoholi), biogoriva, smjese bio- i fosilnih goriva, te goriva bez sadržaja ugljika, npr. vodik.

U realizaciji ovih zahtjeva značajnu, stratešku ulogu imaju [18]:

- naftna industrija, s razvojem i proizvodnjom kvalitetnih motornih goriva, mazivih ulja, izgradnjom suvremenih rafinerija i infrastrukture, ponudom raznih vrsta goriva, njihovih smjesa i emulzija, te njihovu jednostavnu i brzu uporabu (u dovoljnoj količini),
- motorna industrija s inovativnim razvojem i kvalitetnom proizvodnjom motora i vozila,
- društvena zajednica s ekološki povoljnom zakonskom regulativom, ekonomskom, financijskom i poreznom politikom.

Dugoročna i teška zadaća prometne politike bit će ne dopustiti povećanje prometa i drugih puteva već ići za njihovim preusmjeravanjem u cilju omogućavanja mobiliteta svih učesnika prometa [19].

Tri osnovne strategije od kojih se počinje su [19]:

1. starogradsku jezgru gradova zatvoriti za automobile – čime će profitirati pješaci i biciklisti
2. prilaz gradskom centru treba otežati automobilima
3. moraju se ponuditi odgovarajuće i mnoge alternative osobnom vozilu

Koraci u cilju ekološkog prometnog sustava su [20]:

1. Postepeno uklanjanje automobila
2. Preusmjeravanje prometa
3. Tehniku vožnje poboljšati
4. Smirivanje prometa

Postepeno uklanjanje automobila

To podrazumijeva vođenje takve prometno-urbanističke politike koja će omogućavati da područja osnovnih ljudskih aktivnosti (stanovanje, posao, trgovina, rekreacija) budu što manja, tj. da se mogu prelaziti pješice, biciklom ili javnim gradskim prijevozom [20].

Preusmjeravanje prometa

Oko polovice motoriziranog individualnog prometa može se zamijeniti pješaćenjem, biciklom i javnim gradskim prijevozom, i to bez znatnoga gubitka u udobnosti i vremenu. To pretpostavlja kvalitetniju i odgovarajuću ponudu u nemotoriziranom prometu i javnom gradskom prometu te ravnopravnost svih sudionika prometa. Jedna od mjera poboljšanja javnoga gradskog prometa jest "park and ride" mreža. Prema austrijskoj studiji proizlazi da bi se rješavanjem glavnine prometa „park and ride“ mrežom u godini smanjili udjeli CO za 2000 tona, HC 200 tona, NO_x 280 tona, olova 1,2 tona, SO₂ 6,5 tona i čade 0,3 tone, dok bi se poslovni promet smanjio za 10%, povećao stupanj sigurnosti (400 nezgoda manje), a čak 1,1 milijun putničkih kilometara u danu manje bi se prelazilo. Preusmjeravanjem prometa ne smatra se samo unapređenje nemotoriziranog prometa već i to da se mjerama porezne politike djeluje destimulativno na korištenje automobila, zatim smanjenje ponude na parkirališnim mjestima, razdioba cestovnog prostora i sl. [20].

Tehniku vožnje poboljšati

Poboljšanjem tehnike vožnje smatra se obvezna primjena katalizatora, smanjenje potrošnje goriva i zakonsko utvrđivanje gornje granice potrošnje, optimiziranje motora i uređaja na vozilu za niže brzine i reciklaža vozila [20].

Smirivanje prometa

Mjerama smirivanja prometa djeluje se na sudionike u prometu tako da poštuju prometnu signalizaciju i ostale sudionike u prometu što se postiže na dva načina, fizički i psihički. Da bi se postignuo najbolji učinak, psihološke i fizičke mjere treba primjenjivati u kombinaciji. Smirivanje prometa u gradu znači - autoorijentiranu prometnu strukturu prilagoditi čovjeku u gradu. Prema tomu, tamo gdje postoji visoki stupanj motorizacije potrebno je primjenjivati navedene mjere (postupno uklanjanje prometa, njegovo preusmjerivanje, poboljšanje tehnike vožnje, smirivanje prometa), istodobno te trajno i istodobno djelovati na samu nabavku osobnog vozila. Među odgovarajućim alternativama osobnom vozilu, čije se primjene testiraju u nekim europskim gradovima, bilo bi osuvremenjivanje željeznice, slobodna vožnja za bicikliste, „zeleni valovi“ za pješake, tzv. „zajednički korišten automobil“ i povećanje poreza na benzin [20].

U Republici Hrvatskoj je vozni park prema podacima o redovnom tehničkom pregledu u 2015. godini bio prosječne starosti od 13,50 godina s obzirom na sve vrste vozila, a za M1 kategoriju u koju spadaju najzastupljenija osobna vozila prosječna starost vozila je iznosila 12,52 godine.

U **Tablici 10.** prikazana je starost vozila prema vrstama vozila na redovnom tehničkom pregledu u 2015. godini.

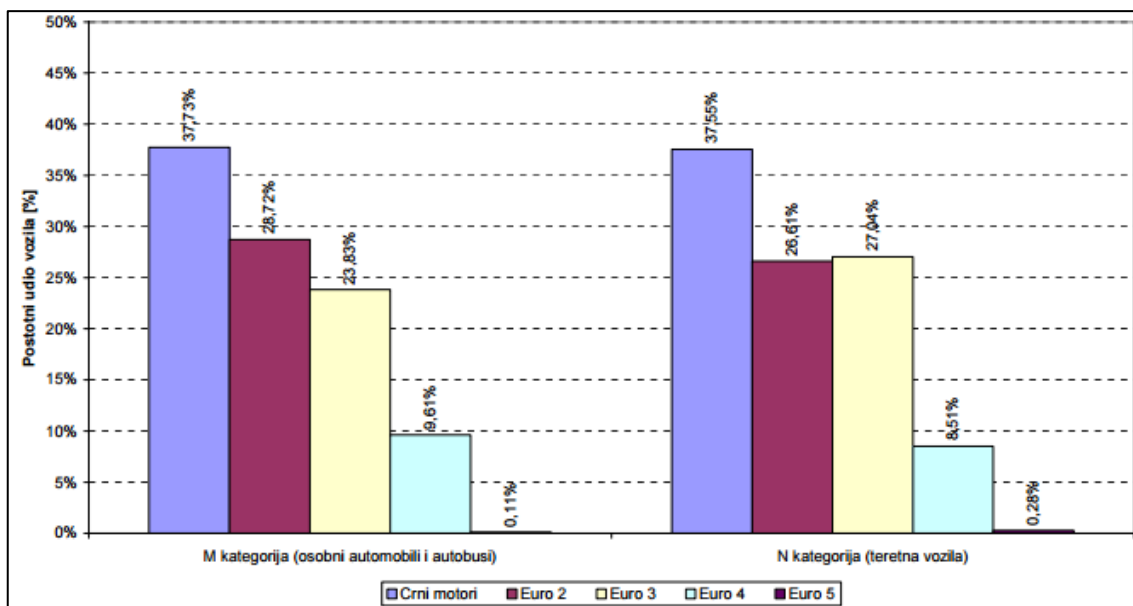
Tablica 10. Pregled starosti vozila prema vrstama vozila na redovnom tehničkom pregledu u 2015. godini

Vrsta vozila	Ukupno vozila	10 i više godina		6 – 9 godina		2 – 5 godina		1 godina		Prosječna starost vozila u godinama
		kom	% udio	kom	% udio	kom	% udio	kom	% udio	
L1	84867	40948	48,25	32729	38,57	9328	10,99	1862	2,19	10,89
L2	71	35	49,30	16	22,54	19	26,76	1	1,41	12,99
L3	59274	28272	47,70	23074	38,93	6373	10,75	1555	2,62	10,98
L4	60	53	88,33	7	11,67		0,00		0,00	47,68
L5	218	112	51,38	65	29,82	25	11,47	16	7,34	16,42
L6	348	49	14,08	206	59,20	91	26,15	2	0,57	6,99
L7	1522	123	8,08	784	51,51	407	26,74	208	13,67	5,63
M1	1476229	962173	65,18	318277	21,56	156113	10,58	39666	2,69	12,52
M2	674	304	45,10	220	32,64	112	16,62	38	5,64	9,31
M3	4688	2846	60,71	1360	29,01	304	6,48	178	3,80	12,02
N1	103608	54986	53,07	27569	26,61	14853	14,34	6200	5,98	10,86
N2	16570	12601	76,05	2823	17,04	821	4,95	325	1,96	17,14
N3	25549	13762	53,87	7306	28,60	2995	11,72	1486	5,82	12,01
O1	22882	15457	67,55	3108	13,58	2026	8,85	2291	10,01	18,41
O2	7619	5294	69,48	1271	16,68	710	9,32	344	4,52	19,44
O3	10413	9330	89,60	640	6,15	313	3,01	130	1,25	29,81
O4	18518	9822	53,04	4933	26,64	2266	12,24	1497	8,08	13,33
T	112035	103187	92,10	6610	5,90	1892	1,69	346	0,31	29,26
Ukupno	1945145	1259354	64,74	430998	22,16	198648	10,21	56145	2,89	13,50

Izvor: [21]

Iz **Tablice 10.** vidljivo je da je u 2015. godini ukupno registrirano 1 945 145 vozila, od čega je 64,74% vozila staro 10 i više godina, 22,16% vozila je starosti od 6 do 9 godina, 10,21% vozila je starosti između 2 i 5 godina, dok je samo 2,89% vozila starosti do 1 godine.

Na **Slici 4.** prikazana je raspodjela motornih vozila M i N kategorije prema pojedinim ekološkim kategorijama motora ili vozila po pitanju ispušnih plinova.



Slika 4. Raspodjela motornih vozila M i N kategorije prema pojedinim ekološkim kategorijama motora ili vozila po pitanju ispušnih plinova, [22]

U Republici Hrvatskoj još uvijek prevladavaju tzv. „Crni motori“ za koje ne postoje homologacijske granične vrijednosti ispušnih plinova. Ovi motori i kod M i kod N kategorije vozila čine više od trećine voznog parka. Što je ekološka kategorija motora zahtjevnija to je i broj takvih motora sve manji i manji. U Hrvatskoj se svake godine kupi približno 70000 novih automobila s najnovijim ekološkim standardima (Euro 4 ili više) što je zanemariva brojka u odnosu na ukupni broj vozila da bi došlo do bitnog obnavljanja voznog parka [22].

6.1. Primjena alternativnih goriva

Uporaba alternativnih goriva za pogon cestovnih vozila predstavlja jedan od realno mogućih načina za smanjenje štetne emisije ispušnih plinova iz vozila. Pored toga, primjena alternativnih goriva vodi ka smanjenju ovisnosti o konvencionalnim pogonskim gorivima, dobivenim iz nafte, čije su rezerve ograničene. Stoga se pitanje izbora adekvatnog alternativnog goriva može promatrati i u mnogo širem kontekstu. Općenito se izvori energije mogu podijeliti na obnovljive i neobnovljive. U alternativna goriva za pogon motora s unutrašnjim izgaranjem spadaju sva goriva, osim benzina i dizelskih goriva, koja mogu efikasno izgarati u motoru s unutrašnjim izgaranjem i koja imaju mogućnost masovne proizvodnje [23].

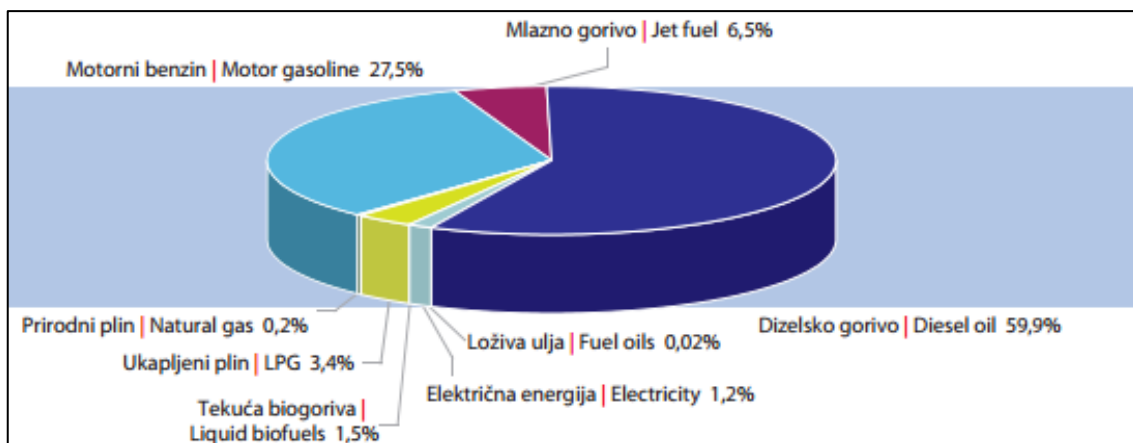
Da bi se neko alternativno gorivo uspješno primijenilo za pogon cestovnog vozila, moraju biti ispunjeni brojni zahtjevi. Osnovni kriteriji bitni za ocjenu primjenjivosti alternativnih goriva su [23]:

- emisija ispušnih plinova,
- potrošnja goriva,
- cijena alternativnog goriva,
- performanse vozila s pogonom na alternativna goriva,
- nalazišta, način dobivanja i rezerve alternativnog goriva,
- troškovi konverzije ili proizvodnje vozila,
- načini i mogućnosti uskladištenja goriva na vozilu,
- mogućnost punjenja gorivom i potrebna infrastruktura i
- opća sigurnost vozila.

U alternativna goriva koja se danas nalaze u primjeni spadaju [23]:

- biogoriva I, II i III generacije,
- alkoholna goriva (metanol i etanol),
- električna energija,
- sunčeva energija,
- vodik,
- ukapljeni naftni plin (LPG) i
- prirodni plin.

Na **Slici 5.** prikazani su udjeli oblika energije u neposrednoj potrošnji energije u prometu za 2014. godinu. U Republici Hrvatskoj u 2014. godini od alternativnih goriva, prirodni plin je zastupljen 0,2%, ukapljeni plin (LPG) 3,4%, tekuća biogoriva su zastupljena 1,5% dok je električna energija zastupljena sa 1,2%.



Slika 5. Udjeli oblika energije u neposrednoj potrošnji energije u prometu za 2014. godinu, [3]

Sva navedena alternativna goriva, zbog jednostavnije kemijske strukture u odnosu na benzinsko ili dizelsko gorivo, imaju potencijal za smanjenje emisije štetnih ispušnih plinova. Zbog manjeg sadržaja atoma ugljika, alternativna goriva pri izgaranju proizvode manju količinu CO₂, a u slučaju uporabe vodika emisija CO₂ potječe isključivo od izgaranja ulja za podmazivanje. Bitno je napomenuti da se uporabom alternativnih goriva ne može u potpunosti postići tzv. „nulta“ emisija štetnih ispušnih plinova i zbog kemijske strukture ugljikovodičnog goriva (i pri idealnim uvjetima izgaranja prisutan je CO₂) i zbog same konstrukcije motornog mehanizma koja zahtijeva određen stupanj podmazivanja (u ispuhu su prisutni produkti izgorjelog ulja čak i pri uporabi vodika kao pogonskog goriva) [23].

Glavni izvori energije u dvadesetom stoljeću su neobnovljivi izvori energije, a to su [24]:

- ugljen,
- nafta,
- prirodni plin i
- nuklearna energija

Ugljen, nafta i prirodni plin nazivaju se još i fosilna goriva. Dva osnovna problema kod neobnovljivih izvora energije su da ih ima u ograničenim količinama i da onečišćuju okoliš. Sagorijevanjem fosilnih goriva oslobađa se velika količina CO₂ koji je staklenički plin. Najvjerojatnije je zbog toga došlo do globalnog porasta temperature na Zemlji. Nuklearna goriva nisu opasna za atmosferu, ali tvari nastale

kod nuklearne reakcije ostaju radioaktivne još godinama i trebaju biti uskladištene u posebnim prostorijama. Kod obnovljivih izvora energije nema takvih problema [24].

Najznačajniji obnovljivi izvori energije su [24]:

- energija vjetra,
- energija sunca,
- bioenergija i
- energija vode.

Obnovljivi izvori energije ne zagađuju okoliš u tolikoj mjeri kao neobnovljivi, ali nisu ni oni svi potpuno čisti. To se poglavito odnosi na energiju dobivenu iz biomase koja kao i fosilna goriva prilikom sagorijevanja ispušta CO₂. Ako izuzmemo energiju vode glavni problemi kod obnovljivih izvora su cijena i mala količina dobivene energije. Potencijali obnovljivih izvora energije su golemi, ali trenutna tehnološka razvijenost ne dopušta nam oslanjanje samo na njih [24].

U svibnju 2015. godine je u Republici Hrvatskoj bilo registrirano 436 vozila koja koriste napajanje električnom energijom iz vanjskih izvora, te, u skladu s podacima Energetskog instituta Hrvoje Požar (EIHP) nešto više od 40 javno dostupnih punionica na 20 lokacija. U RH 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. U Republici Hrvatskoj ne postoji infrastruktura za ukapljeni prirodni plin (UPP). Također ne postoji niti jedno registrirano vozilo ili plovilo koje koristi ovaj energent. U svibnju 2015. godine bilo je registrirano 244 osobnih vozila, 120 teretnih automobila, 13 mopeda, 7 motocikala, 177 autobusa te 12 traktora s pogonom na stlačeni prirodni plin (SPP) te trenutno postoje tri punionice stlačenog prirodnog plina, od kojih su dvije javno dostupne (Zagreb i Rijeka). U 2015. godini bilo je registrirano ukupno 63151 vozila koja koriste pogon na ukapljeni naftni plin (UNP), od čega je 61994 osobnih vozila, 1022 teretna automobila, 14 mopeda i motocikla, 4 autobusa te 110 traktora i ne-cestovnih pokretnih strojeva. Ukupan broj registriranih radionica za ugradnju i servisiranje plinskih instalacija u vozila u Hrvatskoj 2014. godine bio je 153, a broj punionica UNP-a je 334. U RH postoje 3 pogona za proizvodnju biogoriva, od kojih 2 kao sirovinu koriste ulje uljarica a 1 otpadno jestivo ulje. Biogoriva se u Republici Hrvatskoj u najvećoj mjeri koriste umiješana u motorni benzin ili dizelsko gorivo u udjelu do 5% odnosno 7% i takvo se

gorivo ne mora posebno označivati na prodajnim mjestima (benzinskim postajama), stoga podatak o broju javnih punionica nije dostupan [25].

Na Slici 4. prikazana je prva ELEN LEAF punionica za električna vozila koja se nalazi u Zagrebu na Trgu Stjepana Radića. ELEN LEAF stanica sastoji se od dvije nadstrešnice sa solarnim panelima i ultra brzom punionicom za punjenje električnih vozila snage 50 KW DC i 43 KW AC, uz mogućnost istovremenog punjenja dvaju vozila. Pritom se kao pogonsko gorivo za električna vozila koristi energija dobivena iz solarnih panela. Pomoću solarnih panela ELEN LEAF stanica će godišnje proizvoditi 3000 KWh električne energije iz obnovljivog izvora (sunčeve energije) [26].



Slika 6. ELEN LEAF solarna punionica za električna vozila u Zagrebu, [26]

6.1.1. Biogoriva

Biogoriva su ona goriva koja se dobivaju preradom biomase. Biogoriva su uglavnom u tekućem obliku a mogu se koristiti za napajanje cestovnih vozila. Tu spadaju goriva koja mogu biti proizvedena neposredno iz biljaka ili posredno iz industrijskog, komercijalnog, poljoprivrednog ili domaćeg otpada [27].

Biogoriva se dijele na [27]:

- prvu,

- drugu i
- treću generaciju.

6.1.1.1 Biogoriva prve generacije

U najpoznatije vrste biogoriva prve generacije spadaju bioetanol, metanol, biodizel i bioplin [27].

Bioetanol predstavlja alternativu benzinu a proizvodi se iz tri vrste biomase: šećera (šećerne trske, melase), škroba (kukuruz) i celuloze (drva, poljoprivrednih ostataka). Sirovine bogate šećerima pogodne su za proizvodnju etanola jer sadržavaju jednostavne šećere glukozu i fruktozu koji direktno fermentiraju u etanol. Kad se etanolu doda 22% benzina, dobivena mješavina se može koristiti za pokretanje klasičnih Otto motora [27].

Metanol se dobiva iz prirodnog plina, sirove nafte, biomase ili komunalnog otpada. Najčešće se metanol proizvodi katalitičkom sintezom ugljik dioksida, dobivenog modificiranom reakcijom vodenog plina. Trenutno, najekonomičnija proizvodnja metanola je iz prirodnog plina. Metanol kao gorivo ima poželjne karakteristike vezane za sagorijevanje i emisiju ispušnih plinova te je kao takvo pogodno gorivo za klasične motore u omjeru od 85% metanola i 15% benzina (M85) [27].

Biodizel je motorno gorivo koje se proizvodi iz biljnih ulja, recikliranih ulja za pečenje i životinjske masti. Biodizel je neotrovan, biorazgradiv nadomjestak za mineralno gorivo. Današnji sve zahtjevniji ekološki standardi kao i obveze smanjivanja emisije stakleničkih plinova daju snažan poticaj njegovom korištenju [28].

Biodizel predstavlja alternativu običnom dizelu proizvedenom iz fosilnih goriva a proizvodi se najviše iz ulja uljane repice i recikliranog otpadnog jestivog ulja. Singapur je najveći proizvođač biodizela na svijetu, sa kapacitetom od 800 tisuća tona godišnje. Većina sirovine koju koriste dolazi od biljnih ulja i otpadnih proizvoda prehrambene industrije. Drugi najveći proizvođač je Brazil koji se služi sojom kao sirovinom, dok je treći po veličini proizvođač biodizela Kanada [27].

Iako biodizel teško može potpuno zamijeniti fosilna goriva, postoji niz prednosti i dobrih razloga zašto je njegova proizvodnja opravdana, a to su [29]:

- sirovine za biodizel su obnovljive i znatno manje pridonose globalnom zatopljenju zbog zatvorenog kruga ugljikovog dioksida.
- ispušni plinovi nastali pri sagorijevanju biodizela sadrže manje ugljikovog monoksida, neizgorenih ugljikovodika, čvrstih čestica, a posebice policikličkih aromata i supstancija koje imaju mutageno djelovanje, nego u slučaju fosilnog goriva,
- biodizel posjeduje znatno boju mazivosti od petrodizela. Dodatak 1-2% biodizela fosilnom dizelu poboljšava njegovu mazivost, što je nedostatak današnjeg goriva s veoma malim udjelom sumpora,
- biodizel ima bolju razgradivost od ulja iz kojih je napravljen, dok je razgradivost metilnih i etilnih estera podjednaka,
- više plamište biodizela je daljnja njegova prednost koja ima praktičnu važnost jer omogućava sigurniji rad i skladištenje. Plamište biodizela je veće od 100°C,
- prednost je novo tržište za višak proizvedenih ulja i masti i
- biodizel može smanjiti zavisnost od uvoza nafte.

Nedostaci biodizela [29]:

- glavni nedostatak je manji sadržaj energije. Oko 11% kisika u biodizelu pomaže smanjenu čađi, ali ne pridonosi energiji. U prosjeku je sadržaj energije biodizela manji za oko 12,8%,
- dušikovi oksidi, opće formule NO_x, u ispušnim se plinovima pojavljuju u većoj koncentraciji pri sagorijevanju biodizela,
- biodizel ima relativno visoku temperaturu tečenja i općenito lošija svojstva tečnosti pri niskim temperaturama,
- biodizel nije tako stabilan, tijekom skladištenja može doći do oksidativnih procesa,
- biodizel može uzrokovati začepljenje različitih filtara zbog izlučivanja kristalića estera zasićenih masnih kiselina pri nižim temperaturama ili zbog produkata nastalih otapanjem taloga u spremnicima goriva,

- cijena i raspoloživost sirovina postaje problem. Postavljeni ciljevi zamjene fosilnih goriva i proizvodnja vegetabilnih ulja nisu usklađeni. Zbog toga i porast cijena najvažnijih sirovina ugrožava konkurentne cijene biodizela. Nejestiva ulja i masti te otpadna ulja su jeftina, ali ih nema dovoljno,
- biodizel posjeduje redukcijska svojstva zbog kojih treba izbjegavati kontakt s metalima kao što su bronca, olovo, kositar i cink,
- dobra svojstva biodizela kao otapala uzrok su nepovoljnog utjecaja na gumu ili lakove, pa stoga treba pažljivo odabrati materijal od kojeg su napravljene brtve, cijevi i slično i
- biodizel je higroskopan tj. pokazuje određeni afinitet prema vodi. Relativno brzo apsorbira vodu do graničnih vrijednosti za dane uvjete vlažnosti zraka.

Bioplin se proizvodi energetskim transformacijama iz životinjskog izmeta, kanalizacijskog otpada i krute biomase. Da bi se koristio kao gorivo mora se pročistiti na razinu 97-98% udjela metana u plinu. Dorađeni bioplin (biometan) se kao pogonsko gorivo koristi u Švedskoj, Njemačkoj i Švicarskoj te je broj privatnih vozila, vozila u javnom prometu i kamiona koji koriste ovakav oblik goriva u značajnom porastu. Sve je veći broj europskih gradova koji zamjenjuju gradske autobuse na dizelsko gorivo s onima koji koriste biometan. Vozila na biometan imaju prednosti u usporedbi s vozilima na benzinsko ili dizelsko gorivo u manjoj emisiji ugljikovog dioksida, dušikovih oksida i nemetanskih ugljikohidrata [27].

6.1.1.2 Biogoriva druge generacije

Druga generacija biogoriva dobiva se preradom poljoprivrednog i šumskog otpada te bi znatno mogla reducirati emisiju CO₂, a uz to ne koriste izvore hrane kao temelj proizvodnje. Biogoriva druge generacije trenutno su biohidrogen, bio-DME, biometanol, DMF, HTU dizel i *Fischer-Tropsch* dizel [27].

Biohidrogen bi kao gorivo mogao biti najzastupljeniji u budućnosti, budući da je obnovljiv, ne uzrokuje emisiju stakleničkih plinova pri sagorijevanju te se lako pretvara u električnu energiju pomoću gorivih ćelija [27].

Bio-DME sličan je biometanolu, a može se proizvesti neposredno iz sintetičkog plina, koji je još uvijek u razvoju [27].

Biometanol može biti proizveden iz sintetičkog plina koji se dobiva iz biomase. 10-20% biometanola pomiješanog s naftom može se koristiti u motorima bez potrebe za modifikacijom [27].

DMF ili dimetilformamid dobiva se procesom reakcije dimetil amina i ugljičnog monoksida pri niskom tlaku i temperaturi. Osim kao gorivo koristi se u farmaciji, proizvodnji pesticida i sintetičkih vlakana [27].

HydroThermalUpgrading (HTU) je tehnologija pretvorbe biogoriva iz izvora kao što je mokra biomasa životinjskog podrijetla. Za sada se ova tehnologija koristi samo u Nizozemskoj [27].

Fischer-Tropsch proces je kemijska reakcija pri kojoj se ugljikov monoksid i vodik pretvaraju u tekući ugljikovodik. Cilj ovog procesa je proizvodnja sintetičke zamjene nafti, prvenstveno od ugljena ili prirodnog plina [27].

6.1.1.3 Biogoriva treće generacije

Biogoriva treće generacije su ona goriva proizvedena iz algi. Prednost ovog biogoriva je u tome što je biorazgradivo odnosno relativno bezopasno za okoliš. Proizvodnja biogoriva iz algi ima mnoge prednosti: alge rastu pedeset do sto puta brže od tradicionalnih kultura (žitarice, mahunarke), te ne zahtijevaju svježu vodu i zemlju da bi rasli, što znatno pojednostavljuje proizvodnju. Proizvodnja goriva iz algi najbolja je alternativa fosilnim gorivima te bi uz dobru podršku, u budućnosti, mogla u potpunosti izbaciti fosilna goriva [27].

6.1.2. Alkoholi kao goriva

Metanol i etanol 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 [30].

6.1.3. Električna energija

U današnje vrijeme svi veći proizvođači vozila uvode korištenje električne energije kao alternativnog goriva. Prednosti 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 [31].

6.1.4. Vodik

Pri standardnom tlaku i temperaturi, vodik je plin bez boje, mirisa i okusa, 14,4 puta lakši od zraka. Neotrovan je. Slabo je topljiv u polarnim, a bolje u nepolarnim otapalima. Industrijski se najviše dobiva iz zemnog plina, a rjeđe elektrolizom vode. Najviše se koristi u proizvodnji fosilnih goriva (hidrokrakiranje – povećanje kvalitete goriva) i za dobivanje amonijaka, u proizvodnji umjetnih goriva [32].

Vodik je vrlo važna industrijska sirovina. Koristi se, između ostalog, za sintezu amonijaka i metanola, za proizvodnju goriva za motorna vozila hidrogenacijom ugljika, nafte i katrana. Koristi se i za zavarivanje i taljenje metala, za punjenje zračnih balona i zračnih brodova, za redukciju metalnih oksida u metale, hidrogeniranje ulja u masti itd. Radi se na korištenju vodika kao goriva. Tehnologija je vrlo slabo rasprostranjena [32].

Prednosti vodika kao goriva su [32]:

- visoka energetska vrijednost,

- neograničene količine dostupne u spojevima,
- izgaranjem daje kemijski čistu vodu,
- cjevovodima se može razvoditi na daljinu i
- lakše se skladišti i čuva nego električna energija.

Nedostaci koji sprječavaju rašireniju uporabu su [32]:

- visoka cijena i često slaba isplativost izvlačenja vodika iz spojeva,
- obilno curenje vodika kroz spremnike i cjevovode, zbog ekstremno malene molekule,
- vodik širenjem u razne metale narušava njihovu kristalnu rešetku čineći ih krhkim i
- opasnost za ozonski sloj jer trenutno reducira ozon u vodu.

6.1.5. Prirodni plin

Prednosti prirodnog plina su [33]:

- ekonomske prednosti (jeftiniji i do 65%),
- raspoloživost (slijedećih 200 godina),
- lakši od zraka,
- viša temperatura zapaljivosti,
- značajno manje emisije CO, SO₂, NMVOC i
- neškodljiv za ljudsko zdravlje.

Nedostatci prirodnog plina su [33]:

- emisija NO_x kao kod benzinskih motora i
- SPP povećava težinu spremnika 5 - 7 puta.

Ukapljeni naftni plin (LPG ili UNP, također propan-butan ili autoplina) je mješavina ukapljenih ugljikovodika nastalih preradom nafte koji su u normalnom stanju plinovi, bez boje je i mirisa, a pri povećanju tlaka prelaze u tekuće stanje. Ima vrlo raširenu upotrebu, kao izvor energije u industriji i domaćinstvu, zatim i kao zamjena za skuplja goriva u automobilima. Ukapljeni naftni plin se sastoji većinom od propana C₃H₈ ili butana C₄H₁₀, a najčešće je smjesa obaju plinova. Zbog svojih

svojstava i prednosti LPG se sve više afirmira kao jedno o vodećih alternativnih goriva današnjice. Koristi se masovno u kućanstvima, industriji i kao jedno od goriva u automobilske industriji. Smatra se da u svijetu ima više od 9 000 000 vozila koja koriste LPG za pogon. Time se potroši oko 16 000 000 tona ovog goriva godišnje ili oko 8% ukupne potrošnje. LPG na automobilske sektoru povećava potrošnju 12-15% godišnje. Zbog manjeg zagađenja od drugih goriva slične ogrjevne moći LPG dobiva sve veću potporu raznih svjetskih vlada, tako da se ohrabruje njegova upotreba u automobilima [33].

6.2. Eko vožnja

Osnovni cilj EKO vožnje je smanjenje potrošnje goriva i smanjenje emisije ispušnih plinova. 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 promatramo taj segment sa dva aspekta: 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 [34].

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 doprijeti 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 [34].

Eko-vožnjom se može uštedjeti [34]:

- pravodobnim planiranjem svoga putovanja,
- izbjegavanjem zagrijavanja motora prije polaska,
- izbjegavanjem rada motora u neutralnom hodu,
- čim prije mijenjanjem u višu brzinu,
- vožnjom pri niskom broju okretaja motora,
- nježnim ubrzavanjem i usporavanjem te pravovremenim kočenjem,
- izbjegavanjem naglih kočenja,
- što je moguće češće kočenje motorom,
- korištenjem dodatnih uređaja i oprema u automobilu (pokazivač broja okretaja, putno računalo, tempomat, ekonometar, ograničivač brzine...),
- racionalnim korištenjem klima uređaja u vozilu,
- uklanjanjem nepotrebnog tereta s krova automobila,
- predviđanjem odvijanja prometa tijekom vožnje i
- redovitim provjeravanjem propisanog tlaka zraka u gumama.

Da ekološki način vožnje može donijeti još veće uštede, pokazuje i izračun djelatnika programa Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) koji su sudjelovali u kampanji Učinimo aute zelenima. Prema tom izračunu, automobil koji u prosjeku troši 7,04 litre goriva na 100 prijeđenih kilometara, zelenom vožnjom, primjerice, provjerom pritiska u gumama, racionalnim korištenjem klima-uređaja, umjerenom brzinom vožnje te smanjenjem tereta u vozilu, potrošnju goriva može smanjiti i za 2,11 litara, odnosno za čak 30% [34]!

Prednosti eko-vožnje su [34]:

- smanjenje potrošnje goriva do 10% bez značajnijeg povećanja vremena putovanja,
- ušteda novca,
- smanjenje emisije CO₂,

- ugodna vožnja,
- smanjenje stresa i agresivnosti,
- poštivanje prometnih propisa i
- vožnja bez novčanih kazni.

6.3. Smanjenje težine vozila

Današnja vozila imaju prilično veliku masu, jer se najvećim dijelom sastoje iz legura čelika, materijala koji se pokazao veoma čvrstim, ali s velikom masom. Danas postoji veliki broj alternativnih materijala, čije dobivanje je skuplje, međutim, postoji svjesnost za neophodnošću smanjenja mase automobila, pa se zato ulažu velike količine novca u nova istraživanja i dalja usavršavanja alternativnih materijala. Veoma mali broj ljudi se zapita kakav utjecaj ima masa njihovog automobila na vozne karakteristike, na sigurnost, potrošnju goriva i emisiju ugljikovog dioksida (CO₂), koji je u današnje vrijeme jedan od najvećih problema sa kojima se čovjek suočava. Svi smo donekle upoznati sa podacima o prevelikoj koncentraciji CO₂ u atmosferi, efektu staklenika, stvaranju ozonskih rupa i drugih, ali mali broj ljudi je svjestan koliko je razlika u masi od 100 kg, može doprinijeti smanjenju tih pojava, kao i efikasnijem korištenju vozila sa energetske efikasnijom potrošnjom i povećanom sigurnošću, koji se direktno odražavaju na financijski aspekt i mnogo važnije, na sigurniju i vožnju i održivi razvoj. Ranije su se automobili proizvodili od čelika i imali su znatnu težinu. U cilju smanjenja mase automobila i drugih poboljšanja, počela je proizvodnja automobila i dijelova automobila od aluminijskih materijala, jer je aluminij poznat kao lagani materijal. Inovativni, sigurni i ekonomični dijelovi automobila, danas se mogu naći na svim modelima automobila. Zajedno, njihov lagani potencijal prelazi 40kg po automobilu, ali je prodor na tržište manji za 20%. Analiza životnog ciklusa električnih vozila punog čelika i punog aluminijskih materijala pokazuje da električno vozilo izrađeno od aluminijskih materijala proizvodi 1,5 tona emisije stakleničkih plinova manje preko svog kompletnog životnog ciklusa od čeličnih električnih vozila. Korištenjem aluminijskih materijala u automobilima smanjujemo masu automobila, a samim tim i potrošnju goriva, emisiju CO₂ u zraku. U prosjeku, automobili proizvedeni u Europi sadrže 40 do 45kg aluminijskih materijala u karoseriji i ovjesu (oko 30% od ukupnog prosječnog sadržaja aluminijskih materijala). Za automobile proizvedene u SAD-u i jugoistočnoj Aziji, ovaj udio je nešto manji (25 - 30%). Međutim, sadržaj aluminijskih materijala u karoseriji i ovjesu nije jednaki kod svih modela.

Povećanje zahtjeva za smanjenje težine predstavlja dobru priliku za dalji rast kovanih aluminijskih kotača bez obzira na veću cijenu. Većina aluminijskih kotača koji se danas isporučuje na automobilskom tržištu koristi se u pogonskom mehanizmu (oko 80 kg aluminijskih kotača). Ovo odgovara 55-60% od prosječnog ukupnog sadržaja aluminijskih kotača automobila proizvedenih u Europi. Daljnjim razvojem suvremenih benzinskih i dizelskih motora dolazi se do specifičnih ciljeva za daljnji razvoj klipa: smanjenje težine klipa, povećanje mehaničke i termičke nosivosti, smanjenog trenja, itd. Pored toga, moraju se uzeti u obzir osnovni zahtjevi za trajnost, nizak nivo buke i minimalnu potrošnju ulja. Ovi ciljevi postižu se ciljanim kombinacijama visokih performansi aluminijskih klipnih materijala. Da bi se masa automobila znatno smanjila, korišten je aluminij koji pripada grupi laganih materijala. Neke prednosti ogledale su se u većoj izdržljivosti i snazi, neke u fleksibilnosti i mogućnosti boljeg apsorbaranja sila. Neki su stabilniji na većim temperaturama i bolji izolatori. Ali svi do jednog bili su otporni na koroziju, i najbitnije dosta su lakši. Smanjenje mase dalje omogućava upotrebu lakših manjih i štedljivijih agregata koji dodatno mogu pozitivno utjecati na potrošnju, kao i na ekologiju [35].

Kompoziti se u automobilskoj industriji upotrebljavaju još od 1950-ih. Već su tada bile jasne prednosti takve proizvodnje automobilskih dijelova: mala masa, niske investicije u proizvodnju, sniženje troškova ujedinjavanjem (konsolidacijom) dijelova, zadovoljavajuća mehanička svojstva, antikorozivnost itd. Prednosti su tijekom godina prevagnule nad nedostacima kao što su viša cijena potrebnih sastojaka, izbjegavanje novih i nedokazanih materijala te teškoće u velikoserijskoj proizvodnji. Za proizvodnju velikih serija automobilskih dijelova danas se rabi injekcijsko i izravno prešanje te slaganje preprega za skupe dijelove koji se proizvode u manjim serijama. Kompoziti koji se koriste za jeftinije primjene sastoje se od plastomerne ili duromerne matrice punjene staklenim vlaknima. Često takvi kompoziti radi niže cijene sadržavaju i čestice mineralnih punila. Danas se staklena vlakna polako zamjenjuju jeftinijim vlaknima biljnog podrijetla. Skuplje primjene uključuju osmoljene listove od ugljikovih vlakana i epoksidne smole. U posljednjih 50 godina znatno je porasla upotreba polimernih kompozita u automobilskoj industriji, sukladno poboljšanju njihovih svojstava. Zbog svoje male mase koja znači manju potrošnju goriva te nižih investicijskih troškova koji olakšavaju prelazak na ovakvu proizvodnju polimerni kompoziti vrlo su perspektivni u automobilskoj industriji. Danas su rijetki dijelovi

automobila koji nisu napravljeni od kompozitnih materijala. Naglasak se stavlja u prvom redu na dobit, ali i na zaštitu okoliša. Stoga se provode brojna istraživanja i sve više raste upotreba bio materijala u kompozitima. Za modele kod kojih cijena nije ograničavajući faktor upotrebljavaju se kompoziti od epoksidne duromerne matrice i ugljikovih vlakana. Osim razvoja lakših kompozita s boljim mehaničkim svojstvima radi se na razvoju uporabe svih komponenata u kompozitu [36].

6.4. Razvoj motora s manjom potrošnjom goriva

U današnje vrijeme svi proizvođači automobila i teških teretnih vozila počeli su razvijati ekološki prihvatljivije motore kako bi udovoljili ekološkim standardima. Uz uobičajene benzinske i dizelske motore, proizvođači su krenuli i sa proizvodnjom električnih vozila pogonjenim elektromotorima. Benzinskim i dizelskim motorima smanjen je obujam kako bi se postigla veća korisnost motora zbog manjih gubitaka a time i manja potrošnja goriva te su kod takvih motora počeli koristiti direktno ubrizgavanje goriva koje se naziva *Common-Rail*. Tehnologija pumpa-brizgaljka se prestala koristiti u razvoju dizelskih motora, a tehnologija se koristila kod Volkswagen koncerna. Na **Slici 7.** prikazan je dizelski motor koji koristi koncern u svojim modelima vozila.



Slika 7. TDI motor koncerna Volkswagen, [37]

U **Tablici 10.** Prikazani su podaci o dizelskim motorima iz koncerna Volkswagen koja su koristila tehnologiju pumpa-brizgaljka, njihova potrošnja i usporedba sa motorima koja danas koriste *Common-Rail* tehnologiju, koja je prikazana u **Tablici 11.**

Tablica 11. Dizelski motori koncerna Volkswagen - Tehnologija pumpa-brizgaljka

Podaci o motoru				
Izvedba motora	2.0 SDI (55 kW/75 KS)	1.9 TDI (66 kW/90 KS)	1.9 TDI (77 kW/105 KS)	2.0 TDI (103 kW/140 KS)
Snaga	55 kW (75 KS) pri 4200/min	66 kW (90 KS) pri 4000/min	77 kW (105 KS) pri 4000/min	103 kW (140 KS) pri 4000/min
Najveći zakretni moment	140 Nm pri 2200/min	210 Nm pri 1800-2500/min	250 Nm pri 1900/min	320 Nm pri 1750/min
Cilindara, zapremina	4 cilindara, 1968 ccm	4 cilindara, 1896 ccm	4 cilindara, 1896 ccm	4 cilindara, 1896 ccm
Dizelsko gorivo	Min. CZ 51 prema DIN EN 590			
Potrošnja goriva u l/100 km				
Gradski ciklus	6,7	6,5	6,5	7,1
Vangradski ciklus	4,6	4,3	4,3	4,5
Prosječno	5,3	5,0	5,0	5,4
CO ₂ emisije	143 g/km	135 g/km	135 g/km	146 g/km
Norma	EURO 4	EURO 4	EURO 4	EURO 4

Izvor: [38]

Tablica 12. Dizelski motori koncerna Volkswagen - Tehnologija Common-Rail

Podaci o motoru				
Izvedba motora	1.6 TDI (66 kW/90 KS)	1.6 TDI (77 kW/105 KS)	1.6 TDI (81 kW/110 KS) BlueMotion	2.0 TDI (110 kW/150 KS)
Snaga	66 kW (90 KS) pri 2750 – 4800/min	77 kW (105 KS) pri 3000 – 4000/min	81 kW (110 KS) pri 3200 - 4000/min	110 kW (150 KS) pri 3500 - 4000/min
Najveći zakretni moment	230 Nm pri 1400 – 2700/min	250 Nm pri 1500 – 2750/min	250 Nm pri 1500 – 3000/min	320 Nm pri 1750 – 3000/min
Cilindara, zapremina	4 cilindra, 1598 ccm	4 cilindra, 1896 ccm	4 cilindra, 1896 ccm	4 cilindra, 1968 ccm
Potrošnja goriva u l/100 km				
Prosječno	3,8	3,8	3,2	4,1
CO ₂ emisije	98 g/km	99 g/km	85 g/km	106 g/km
Norma	EURO 5	EURO 5	EURO 5	EURO 5

Izvor: [38]

Razvojem motora, Volkswagen je svim motorima smanjio potrošnju goriva za 1,2-1,3l na 100 km. Svim motorima povećane je iskoristivost te svi motori zadovoljavaju EURO 5 normu. Također su razvijani i benzinski motori kojima je također smanjena potrošnja goriva s obzirom na stare motore. Potrošnja iznosi cca. 1,2 l na 100 km više nego kod dizelskih motora. Ostali proizvođači također unapređuju svoje motore kako bi smanjili potrošnju goriva i kako bi ti motori bili ekološki prihvatljivi.

7. ZAKLJUČAK

Na klimatske promjene veliki utjecaj ima cestovni motorni promet, zbog toga što vozila ispuštaju velike emisije štetnih plinova koji utječu na okolinu. U Europi sektor prometa je nakon industrijskog sektora najveći potrošač energije. Prema vrstama prometa za zemlje članice Europske unije, cestovni promet je najveći potrošač energije zbog toga što broj vozila raste iz godine u godinu, a takva je situacija i u Hrvatskoj. Kako raste broj vozila tako i raste onečišćenje zraka zbog emisije štetnih plinova koji nastaju izgaranjem goriva. Kako bi se smanjilo onečišćenje sve zemlje su počele poduzimati određene mjere kako bi smanjile to onečišćenje. U atmosferi je značajno došlo do povećanja koncentracije ugljičnog dioksida koje je nastalo izgaranjem fosilnih goriva te takva koncentracija utječe na klimatske promjene.

Europska unija donijela je strategije glede CO₂ emisija i odredila ciljeve smanjenja emisija za određeno razdoblje. Neke od država članica propisale su pristojbe za putnička osobna vozila koje su vezane za emisije CO₂ i potrošnju goriva. Za kategorije vozila donijete su Direktive za pojedine EURO standarde te je sada u primjeni EURO 6 norma koja se odnosi za sve skupine vozila. Republika Hrvatska predstavila je strategiju niskougljičnog razvoja Republike Hrvatske s ciljevima značajnog smanjenja emisija stakleničkih plinova na teritoriju RH do 2050. godine. Referentni scenarij pretpostavlja tehnološki napredak i povećanje udjela obnovljivih izvora energije. Emisije u referentnom scenariju za sada ostaju na razini današnjeg stanja, ali postoji mogućnost povećanja nakon 2040. godine. Udio obnovljivih izvora energije je blizu cilja Europske unije za 2030. godinu. Kod scenarija postupne tranzicije smanjenje emisija postiže se primjenom niza mjera, korištenjem obnovljivih izvora i energetske učinkovitosti. Tim scenarijem očekuje se smanjenje emisija za 40% u 2030. godini, odnosno 57% u 2050. godini. Kod scenarija snažne tranzicije cilj je smanjenje emisije za 80% u 2050. godini te se pretpostavljaju snažne mjere energetske učinkovitosti.

Smanjenje emisije CO₂ potrebno je ostvarivati nizom kombiniranih mjera. Zadaća je prometne politike ne dopustiti povećanje prometa te sve počinje od strategija da je potrebno starogradsku jezgru grada zatvoriti za automobile, prilaz gradskom centru otežati automobilima te se trebaju ponuditi odgovarajuće alternative osobnom vozilu. U cilju ekološkog prometnog sustava potrebno je postepeno

uklanjati automobile, preusmjeravati promet, poboljšati tehniku vožnje i smirivati promet. U Republici Hrvatskoj je u 2015. godini vozni park bio prosječne starosti 13,50 godina s obzirom na sve vrste vozila, dok je za M1 kategoriju gdje spadaju osobni automobili, prosječna starost od 12,52 godine te je udio najviše vozila kod kojih nema homologacijskih graničnih vrijednosti ispušnih plinova. Svake godine se kupi približno 70000 vozila koja zadovoljavaju EURO 4 noviju normu te će biti potrebno dosta godina dok se kompletni vozni park obnovi ekološki prihvatljivim vozilima. U Republici Hrvatskoj od alternativnih goriva najviše se koristi biodizel, prirodni plin i električna energija. Kako bi se smanjila potrošnja goriva i smanjenje ispušnih plinova potaknula se svijest o eko vožnji. Kod konstruiranja vozila počeli su se koristiti alternativni materijali, pa se umjesto legura čelika počeo sve više primjenjivati aluminij. U automobilskoj industriji su još je od 1950-ih godina u upotrebi kompozitni materijali zbog svoje male mase, niske investicije u proizvodnji, zbog zadovoljavajućih mehaničkih svojstava, antikorozivnosti itd. Danas su rijetki dijelovi automobila koji nisu napravljeni od kompozitnih materijala. Danas se radi na razvoju uporabe svih komponenata u kompozitu. Kako su vozila iz godine u godinu trebala biti ekološki prihvatljivija počelo se s razvojem motora koja su ekološki prihvatljiva i koja imaju manju potrošnju goriva. Razvoj motora će se zbog euro normi sve više usavršavati, a time će i padati potrošnja goriva, emisije ispušnih plinova i sam utjecaj cestovnog motornog prometa na klimatske promjene.

LITERATURA

- [1] Statistical pocketbok, European Commission, 2016., URL: http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2016_en.htm (pristupljeno: kolovoz 2016.)
- [2] Čavrak, V., Smojver Ž.: Ekonomski aspekti energetske djelotvornosti prometa u Republici Hrvatskoj, Zbornik Ekonomskog fakulteta u Zagrebu, 3(1), 109-132, URL: <http://hrcak.srce.hr/26216>, (pristupljeno: srpanj 2016.)
- [3] Energija u Hrvatskoj, Godišnji energetski pregled 2014, Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske, 2015., URL: http://www.mingo.hr/public/energetika/Energija_RH_2014.pdf, (pristupljeno: srpanj 2016.)
- [4] Breglec, D.: Program smanjenja negativnog utjecaja prometa na okoliš, Prva mjera: Smanjenje emisije štetnih plinova cestovnih vozila (kategorije N2, N3 i M3), Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture i Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, 2009, URL: https://vlada.gov.hr/UserDocsImages//Sjednice/Arhiva//78_02.pdf, (pristupljeno: srpanj 2016.)
- [5] URL: <https://www.dieselnet.com/standards/eu/ld.php>, (Pristupljeno: kolovoz 2016.)
- [6] Statistički ljetopis Republike Hrvatske, Državni zavod za statistiku, 2015., URL: http://www.dzs.hr/Hrv_Eng/ljetopis/2015/sljh2015.pdf, (pristupljeno: srpanj 2016.)
- [7] Onečišćenje zraka i onečišćenje bukom, URL: http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/hr/displayFtu.html?ftuld=FTU_5.4.5.html, (pristupljeno: srpanj 2016.)
- [8] Golubić, J.: Promet i okoliš, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1999.
- [9] Miklić, I., Milanović B. Sustavi za redukciju emisije ispušnih plinova motornih vozila. Seminarski rad. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2011.

- [10] URL:<http://www.geografija.hr/svijet/efekt-staklenika-i-kyotski-protokol-1-dio/> (pristupljeno: lipanj 2016.)
- [11] Golubić, J.: Utjecaj zakonske regulative na redukciju stakleničkih plinova iz prometa, 2011., URL:<https://bib.irb.hr/datoteka/506179.rad1.doc> (pristupljeno: lipanj 2016.)
- [12] URL:<http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/cehulic/emisija.htm>, (pristupljeno: srpanj 2016.)
- [13] Brozović, I., Regent A., Grgurević M.: Emisije stakleničkih plinova, osobito iz prometa, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol. 2, p. 275-294, 2014.
- [14] URL:<https://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=90&pid=44&aid=8>, (pristupljeno: srpanj 2016.)
- [15] Tranzicija prema niskougljičnom razvoju Republike Hrvatske, Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) u Hrvatskoj, 2013., URL:<http://www.undp.org/content/dam/croatia/docs/Research%20and%20publications/environment/leds%20za%20net.pdf>, (pristupljeno: srpanj 2016.)
- [16] Stručne podloge za izradu strategije niskougljičnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje do 2030. s pogledom na 2050. godinu, Zelena knjiga, 2015, URL:http://www.mzoip.hr/doc/zelena_knjiga.pdf, (pristupljeno: kolovoz 2016.)
- [17] Granić, G.: Porez ili naknada na CO₂ kao jedinstveni ekonomski instrument za vođenje politike zaštite klime, povećanja korištenja obnovljivih izvora i energetske učinkovitosti, pregledni članak, Nafta, 65(2), 114-118., 2014 Energetski institut Hrvoje Požar, Preuzeto s <http://hrcak.srce.hr/132893>, (pristupljeno: srpanj 2016.)
- [18] Dobovišek, Ž., Hribernik, A., Samec, N., Kokalj, F.: Emisija ugljičnog dioksida pri izgaranju motornih goriva, Goriva i maziva : časopis za tribologiju, tehniku podmazivanja i primjenu tekućih i plinovitih goriva i inženjerstvo izgaranja, 44(2), 109-131. 2005. Preuzeto s URL:<http://hrcak.srce.hr/6953>, (pristupljeno: srpanj 2016.)

- [19] URL: <http://docshare01.docshare.tips/files/20373/203732463.pdf>, (pristupljeno: kolovoz 2016.)
- [20] Golubić, J.: Prometni „infarkt“ u gradovima: pokušaji rješenja, *Promet*, vol. 6, 1 994., br. 5, 127-131, URL: <http://www.fpz.unizg.hr/traffic/index.php/PROMTT/article/viewFile/545/397>, (pristupljeno: kolovoz 2016.)
- [21] Centar za vozila Hrvatske, URL: http://www.cvh.hr/media/227048/s01_pregled_starosti_vozila_premavv_rtp_2015.pdf, (pristupljeno: kolovoz 2016.)
- [22] Agencija za zaštitu okoliša, Udio voznog parka koji udovoljava određenim standardima, URL: www.azo.hr/lgs.axd?t=16&id=3695, (pristupljeno: kolovoz 2016.)
- [23] Filipović, I., Pikula, B., Bibić, D., Trobradović, M. Primjena alternativnih goriva u cilju smanjenja emisije zagađivača kod cestovnih vozila. *Goriva i maziva : časopis za tribologiju, tehniku podmazivanja i primjenu tekućih i plinovitih goriva i inženjerstvo izgaranja*, 44(4), 241-253. 2005. Preuzeto s URL: <http://hrcak.srce.hr/6645> (pristupljeno: lipanj 2016.)
- [24] URL: <http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/habjanac/index.html> (pristupljeno: srpanj 2016.)
- [25] Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture, URL: <http://www.mppi.hr/default.aspx?id=21836>, (pristupljeno: kolovoz 2016.)
- [26] URL: <http://www.hep.hr/u-zagrebu-pustena-u-rad-prva-ultra-brza-solarna-punionica-za-elektricna-vozila-u-hrvatskoj/3061>, (pristupljeno: kolovoz 2016.)
- [27] Miškulin, S. Razvoj prometa u funkciji očuvanja energetske resursa. Diplomski rad. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2013.
- [28] Projekt Biodizel: uvođenje proizvodnje biodizelskog goriva u Republiku Hrvatsku: studija izvodljivosti. Zagreb: Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu tehnologiju, sušenje i transport: Hinus, 2001.

- [29] Sinčić, D.: Biodizel – Svojstva i tehnologija proizvodnje, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb, 2008.
- [30]
URL:http://estudent.fpz.hr/Predmeti/E/Ekologija_u_prometu/Materijali/Nastavni_materijal_alternativna_goriva.pdf, (pristupljeno: lipanj 2016.)
- [31] URL:<http://www.mppi.hr/default.aspx?id=21836>, (pristupljeno: srpanj 2016.)
- [32] URL:<https://hr.wikipedia.org/wiki/Vodik> (pristupljeno: lipanj 2016.)
- [33] URL:https://hr.wikipedia.org/wiki/Ukapljeni_naftni_plin (pristupljeno: lipanj 2016.)
- [34] URL:<http://www.hak.hr/sigurnost-u-prometu/projekti/ekologija/ekovoznja/> (pristupljeno: srpanj 2016.)
- [35] Lazović J., A.: Ušteda mase u automobilske industriji, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, 2015., URL:http://www.cqm.rs/2015/cd3/pdf/papers/focus_1/6.pdf, (pristupljeno: srpanj 2016.)
- [36] Milardović, G.: Kompoziti u automobilske industriji. Polimeri : časopis za plastiku i gumu, 32(3-4), 139-142., 2011. Preuzeto s URL:<http://hrcak.srce.hr/78497> (Pristupljeno: kolovoz 2016.)
- [37] URL:<http://www.eurocarnews.com/231/0/2389/0/overview-of-the-new-volkswagen-ea288-series-diesel-engines.html>, (pristupljeno: srpanj 2016.)
- [38] Volkswagen, URL:<http://www.volkswagen.hr/>, (pristupljeno: srpanj 2016.)

POPIS PRILOGA

Popis tablica

Tablica 1. Utrošak energije s obzirom na vrstu prometa za zemlje EU-28 u 2014. godini.....	4
Tablica 2. Utrošak energije prema vrstama prometa u Republici Hrvatskoj.....	5
Tablica 3. Emisijski standardi EU za osobna vozila	6
Tablica 4. Broj registriranih vozila u Republici Hrvatskoj od 2009. do 2014. godine ..	7
Tablica 5. Emisije stakleničkih plinova na području Europske unije u cestovnom prometu od 2010. do 2014. godine.....	14
Tablica 6. Prosječna emisija CO ₂ - standardi.....	18
Tablica 7. Direktive za EURO standarde	21
Tablica 8. Okvirni ciljevi smanjenja emisije stakleničkih plinova na putu prema niskougljičnom gospodarstvu.....	22
Tablica 9. Prioritetne mjere za tranziciju prema niskougljičnom razvoju, utvrđene LEDES projektom	23
Tablica 10. Pregled starosti vozila prema vrstama vozila na redovnom tehničkom pregledu u 2015. godini	31
Tablica 11. Dizelski motori koncerna Volkswagen - Tehnologija pumpa-brizgaljka .	49
Tablica 12. Dizelski motori koncerna Volkswagen - Tehnologija Common-Rail.....	50

Popis slika

Slika 1. Emisije stakleničkih plinova iz sektora prometa (scenarij NUR), [16]	24
Slika 2. Emisije stakleničkih plinova iz prometa (scenarij NU1), [16]	26
Slika 3. Emisije stakleničkih plinova iz sektora prometa (scenarij NU2), [16].....	27
Slika 4. Raspodjela motornih vozila M i N kategorije prema pojedinim ekološkim kategorijama motora ili vozila po pitanju ispušnih plinova, [22].....	32
Slika 5. Udjeli oblika energije u neposrednoj potrošnji energije u prometu za 2014. godinu, [3].....	34
Slika 6. ELEN LEAF solarna punionica za električna vozila u Zagrebu, [26]	36
Slika 7. TDI motor koncerna Volkswagen, [37]	48

Popis grafikona

Grafikon 1. Utrošak energije po sektorima za zemlje EU-28 u 2014. godini.....	3
Grafikon 2. Doprinos najvažnijih prirodnih stakleničkih plinova efektu staklenika....	14
Grafikon 3. Emisije CO ₂ u Svijetu od 2008. do 2012. godine.....	16
Grafikon 4. Emisije CO ₂ iz cestovnog prometa u Republici Hrvatskoj od 2009. do 2014. godine.....	17

METAPODACI

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

Student: Marieta Hernest, 0135221401

Mentor: prof. dr. sc. Jasna Golubić

Naslov na drugom jeziku (engleski):

The Impact of the Road Transport on Climate Changes and Protection Measures

Povjerenstvo za obranu:

- izv. prof. dr. sc. Marijan Rajsman predsjednik
- prof. dr. sc. Jasna Golubić mentor
- mr. sc. Zoran Vogrin član
- prof. dr. sc. Eduard Missoni zamjena

Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za cestovni promet

Vrsta studija: Preddiplomski

Studij: Promet (npr. Promet, ITS i logistika,

Aeronautika)

Datum obrane završnog rada: 13. rujna 2016.



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada
pod naslovom **Utjecaj cestovnog motornog prometa na klimatske promjene i mjere**
zaštite

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

U Zagrebu, 1.9.2016

Student/ica:

Marieta Herceg
(potpis)