

UNIVERZITET U BEOGRADU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET

MAGISTARSKI RAD

**MODELOVANJE POTROŠNJE NAFTNIH
DERIVATA I ZAGAĐENJA ŽIVOTNE
SREDINE U TRANSPORTNOM
SEKTORU U REPUBLICI SRBIJI**

Dipl. Inž. Dalibor M. Marinković

Beograd, 2012

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF TECHNOLOGY AND METALLURGY

MASTER OF SCIENCE THESIS

**MODELING OF MOTOR FUEL
CONSUMPTION AND ENVIRONMENTAL
POLLUTION FROM THE
TRANSPORTATION SECTOR IN THE
REPUBLIC OF SERBIA**

Dipl. ing. Dalibor M. Marinković

Belgrade, 2012

UNIVERZITET U BEOGRADU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET
KATEDRA ZA HEMIJSKO INŽENJERSTVO

Dipl. inž. Dalibor M. Marinković

MAGISTARSKI RAD

*Modelovanje potrošnje naftnih derivata i zagađenja životne sredine u transportnom sektoru u
Republici Srbiji*

Datum odbrane:

Mentor:

Dr Aleksandar Orlović, vanredni profesor
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

Članovi komisije:

Dr Mirjana Ristić, redovni profesor
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dr Predrag Milanović, viši naučni saradnik
Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Univerzitet u Beogradu

Izvod

Ovaj rad je zasnovan na primeni metoda matematičke statističke analize koji mogu da posluže za predviđanje razvoja potrošnje motornih goriva i emisije zagađujućih materija iz motornih vozila u Republici Srbiji. Potrebno je naglasiti postojanje velike limitiranosti podataka iz ovih oblasti vezanih za Republiku Srbiju. To je metodološki uslovalo primenu, zasebno ili u kombinaciji, nekoliko različitih koncepata: izvođenje analogija, izrada komparativnih analiza i statistička analiza podataka iz drugih zemalja. Prilikom modelovanja u razmatranje su uzeta sledeća motorna goriva: benzinska goriva, dizel goriva i tečni naftni gas (TNG), a od zagađujućih materija: ugljen-monoksid (CO), ugljovodonoci (HC), čestice manje od 10 μm (PM₁₀), azotni oksidi (NO_x) i ugljen-dioksid (CO₂).

Modelovanje potrošnje motornih goriva je bazirano na linearnoj zavisnosti rasta obima potrošnje motornih goriva od razvoja bruto domaćeg proizvoda po glavi stanovnika, koja je potom korigovana uvođenjem pet dodatnih uticajnih parametara. Svakom od ovih parametara dodeljen je odgovarajući koeficijent koji odmerava specifični uticaj istog na potrošnju motornih goriva. Rezultati modela ukazuju da će ukupna potrošnja motornih goriva u Srbiji od 2001. do 2025. godine biti uvećana za 79,5%, ili godišnje za 2,2 %, sa 1,79 Mt na 3,22 Mt. Potrošnju dizel goriva očekuje nastavak intenzivnog rasta, doduše nešto usporeniji u odnosu na ostvarenja u prethodnoj dekadi i do 2025. potrošnja će dostići nivo od 2,08 Mt, startovavši od 0,97 Mt u 2001. godini. Prosečni godišnji rast potrošnje dizel goriva će iznositi 3,1 %. Postojeći trend opadanja tražnje motornih benzina biće zaustavljen 2015-2016. godine, nakon toga sledi spori rast tražnje i do 2025. će potrošnja biti oko 700 Kt. Ukupni pad potrošnje benzinskih goriva u celom periodu će iznositi 9 %, ili prosečno godišnje 0,3 %. Potrošnja TNG-a će nakon veoma intenzivnog rasta od 2015. ući u fazu zasićenja. Prosečan godišnji rast potrošnje TNG-a će iznositi 8,5 %, sa 61 Kt u 2001. godini na 448 kt u 2025. godini.

Modelovanje emisije zagađujućih materija iz motornih vozila zasnovano je na potrošnji motornih goriva i normiranju emisija zagađujućih materija dobijenih sagorevanjem jedinične zapremine motornog goriva, to jest emisionih faktora. Specifičnost srpskog saobraćajnog sektora i njegovo objektivno stanje, zajedno sa razvojnim projekcijama, usloveli su uvođenje dodatnog parametra koji koriguje te emisione faktore. Rezultati modela pokazuju da će se godišnja emisija CO prosečno godišnje smanjivati za 4,4 %, sa oko 200 Kt u 2001. godini na 66,3 Kt u 2025. godini. Emisija HC će se prosečno godišnje smanjivati za 3,7 %, sa oko 25 Kt na oko 10 Kt. Od posmatranih zagađujućih materija još će se samo emisija PM₁₀ smanjiti, sa 1,3 Kt u 2001. godini na 1,05 Kt u 2025. godini, ili prosečno 0,8 % godišnje. Povećanje godišnje emisije u celokupnom posmatranom periodu će zabeležiti sledeće dve zagađujuće materije, NO_x i CO₂. Emisija NO_x će se prosečno povećavati za 1,5 % godišnje, sa 48,8 Kt na 68,9 Kt. Na kraju, emisija CO₂ će se imati najveću apsolutnu promenu, sa 5,55 Mt na 10,04 Mt, ili prosečno godišnje od +2,6 %.

Ključne reči: matematički model, predviđanje potrošnje goriva i emisije, motorna goriva, zagađujuće materije, emisija iz vozila, transportni sektor, Republika Srbija.

Abstract

This study is based on the application of mathematical methods of statistical analysis that can be used to predict the development of motor fuel consumption and pollutant emissions from motor vehicles in the Republic of Serbia. It should be noted that in these areas in the Republic of Serbia there was a significant lack of information. This fact has caused a methodological implementation, individually or in combination, of several different concepts: carrying out of analogies, making comparative analysis and statistical analysis of data from other countries. This study has taken into consideration the following fuels: gasoline fuel, diesel and liquefied petroleum gas (LPG), and among pollutants the following have been considered: carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), particulate matter smaller than 10 μm (PM₁₀), nitrogen oxides (NO_x) and carbon dioxide (CO₂).

Modeling of motor fuels consumption is based on the linear dependence of consumption growth of motor fuel based on the variation in gross domestic product per capita, which is then corrected by introducing five additional influencing parameters. To each of these parameters the corresponding coefficient has been assigned that measures the specific impact on the consumption of motor fuels. Model results indicate that the total consumption of motor fuels in Serbia from 2001 to 2025 will be increased by 79.5 %, or by 2.2 % per year, from 1.79 Mt to 3.22 Mt. Diesel fuel consumption is expected to continue intensive growth, even though slightly slower than the achievements in the last decade. In 2025, consumption will reach a level of 2.08 Mt, starting from 0.97 Mt in 2001. The average annual growth of diesel fuel consumption will amount to 3.1 %. The current trend of declining demand for gasoline will be stopped 2015-2016, followed by the slow growth in demand and consumption by 2025, stabilizing at around 700 Kt. The overall decline in gasoline fuel consumption over the whole period will be 9 %, or an average of 0.3 % per year. Consumption of LPG after a very rapid growth will enter the phase of saturation at around the year 2015. Average annual growth of LPG consumption will amount to 8.5 %, from 61 Kt in 2001 to 448 Kt in 2025.

Modeling of pollutant emissions from motor vehicles is based on the consumption of motor fuels and normalization of the emission of pollutants derived by combustion of unit volume of fuel, that is, the emission factors. Specifics of Serbian transportation sector and its objective status, together with the development projections, led to the introduction of additional parameter that corrects these emission factors. Model results show that the annual CO emissions decreased by 4.4 % annually on average, from 200 Kt in 2001 to 66.3 Kt in 2025. HC emissions will be reduced by an average annual rate of 3.7 %, from about 25 Kt to about 10 Kt. Last pollutant that will record the decrease during an observed time is PM₁₀, from 1.3 Kt in 2001 to 1.05 Kt in 2025, or an average of 0.8 % per year. The increase in annual emissions for the entire monitoring period is expected for the following pollutants, NO_x and CO₂. NO_x emissions will increase by an average of 1.5 % a year, from 48.8 Kt to 68.9 Kt. Finally, the CO₂ emissions will have the highest value of absolute change, from 5.55 Mt to 10.04 Mt, or an annual average of +2.6 %.

Keywords: *mathematical model, prediction of fuel consumption and emissions, motor fuels, pollutants, emissions from vehicles, the transportation sector, the Republic of Serbia.*

Sadržaj

REZIME	I
ABSTRACT	II
SADRŽAJ	III

I DEO

MODELOVANJE POTROŠNJE NAFTNIH DERIVATA U TRANSPORTNOM SEKTORU REPUBLIKE SRBIJE

1.1. UVOD	2
1.2. METODOLOGIJA	4
1.3. IDENTIFIKACIJA PARAMETARA	8
1.3.1. BDP_{PKMPC}	8
1.3.2. P_1 – PARAMETAR SPECIFIČNE POTROŠNJE GORIVA	10
1.3.3. P_2 – PARAMETAR PROSEČNE KILOMETRAŽE	12
1.3.4. P_3 – PARAMETAR PROMENE CENE SIROVE NAFTI	14
1.3.5. P_4 – PARAMETAR UTICAJA ALTERNATIVNIH GORIVA	17
1.3.6. P_5 – PARAMETAR UTICAJA KLIMATIZACIJE VOZILA	22
1.3.6.1. IZRAČUNAVANJE UKUPNOG BROJA REGISTROVANIH VOZILA	24
1.3.6.2. IZRAČUNAVANJE BROJA VOZILA KOJA IMAJU UGRAĐEN KLIMA UREĐAJ	26
1.4. REZULTATI I DISKUSIJA	34
1.4.1. UKUPNA POTROŠNJA MOTORNH GORIVA U SRBIJI	34
1.4.2. POTROŠNJA MOTORNH GORIVA POJEDINAČNO U SRBIJI	36
1.4.2.1. DEFINISANJE FUNKCIJE ODNOSA POTROŠNJE BENZINSKIH I DIZEL GORIVA – $f(j)$ FUNKCIJA	37
1.4.2.2. DEFINISANJE FUNKCIJE POTROŠNJE TNG-A – $f'(j)$ FUNKCIJA	39
1.4.2.3. IZRAČUNAVANJE POTROŠNJE BENZINSKIH I DIZEL GORIVA – REŠENJE SISTEMA JEDNAČINA 1.10.-1.12.	44
1.5. ZAKLJUČAK	48

II DEO**MODELOVANJE EMISIJE IZ TRANSPORTNOG SEKTORA U
REPUBLICI SRBIJI**

2.1. UVOD	51
2.2. ZAGAĐENJE VAZDUHA U URBANIM SREDINAMA	53
2.2.1. ZDRAVSTVENI EFEKTI	54
2.2.2. MOBILNI IZVORI	55
2.3. EMISIONI TRENDVI U SVETU	58
2.4. METODOLOGIJA	63
2.4.1. EMISIONI FAKTOR UGLJEN-MONOKSIDA	67
2.4.1.1. VOZILA NA BENZINSKI POGON	67
2.4.1.2. VOZILA NA DIZEL POGON	69
2.4.1.3. VOZILA NA TNG POGON	69
2.4.2. EMISIONI FAKTOR AZOTNIH OKSIDA	70
2.4.2.1. VOZILA NA BENZINSKI POGON	70
2.4.2.2. VOZILA NA DIZEL POGON	72
2.4.2.3. VOZILA NA TNG POGON	72
2.4.3. EMISIONI FAKTOR UGLJOVODONIKA	73
2.4.3.1. VOZILA NA BENZINSKI POGON	73
2.4.3.2. VOZILA NA DIZEL POGON	75
2.4.3.3. VOZILA NA TNG POGON	75
2.4.4. EMISIONI FAKTOR UGLJEN-DIOKSIDA	76
2.4.4.1. VOZILA NA BENZINSKI POGON	76
2.4.4.2. VOZILA NA DIZEL POGON	77
2.4.4.3. VOZILA NA TNG POGON	77
2.4.5. EMISIONI FAKTOR ČESTIČNIH MATERIJA MANJIH OD 10 MM	78
2.4.5.1. VOZILA NA BENZINSKI POGON	78
2.4.5.2. VOZILA NA DIZEL POGON	78
2.4.5.3. VOZILA NA TNG POGON	79
2.4.6. KOREKCIJA EMISIONIH FAKTORA - h	80
842.5. REZULTATI I DISKUSIJA	83
2.5.1. EMISIJA UGLJEN-MONOKSIDA	84
2.5.2. EMISIJA AZOTNIH OKSIDA	86
2.5.3. EMISIJA UGLJOVODONIKA	89
2.5.4. EMISIJA UGLJEN-DIOKSIDA	91
2.5.5. EMISIJA ČESTIČNIH MATERIJA MANJIH OD 10 MM	94

2.6. ZAKLJUČAK	98
3. DODATAK	100
3.1. SLIKE I TABELE	100
3.2. STATISTIČKA ANALIZA – IZRAČUNAVANJE KOEFICIJENTA KORELACIJE, KOEFICIJENTA DETERMINACIJE I PRILAGOĐENOG KOEFICIJENTA DETERMINACIJE	126
REFERENCE	129

I DEO

MODELOVANJE POTROŠNJE NAFTNIH DERIVATA U TRANSPORTNOM SEKTORU REPUBLIKE SRBIJE

1.1. Uvod

Energija je jedan od ključnih faktora koji određuje ekonomski rast. Sa jedne strane energetska situacija zavisi od trendova potrošnje energije u prošlosti, dok sa druge strane menjanje ekonomske strukture može imati uticaja na tržište ponude i tražnje energije. Stoga, neophodno je razumeti odnos između različitih ekonomskih parametara i ostvarene istorijske potrošnje da bi se razumeo uticaj promene ekonomske strukture na energetski sektor.

U uslovima globalne limitiranosti neobnovljivih energetskih resursa, za svaku zemlju je neophodno da formuliše dugoročnu strategiju snabdevanja energijom. Preduslovi za uspostavljanje održive strategije jesu što tačnija predviđanja buduće tražnje energije, kao i pojedinačnih energenata. Predviđanja energetske potrošnje, čiji bitan udeo zauzimaju i motorna goriva, je neophodan korak prilikom kreiranja dugoročnih strategija za održavanje ekonomske stabilnosti i razvoja jedne zemlje. Promenljivi politički, ekonomski i socijalni faktori čine dugoročne prognoze takve vrste samo relativno pouzdanim. U tom smislu modelovanje potrošnje motornih goriva je bilo tema brojnih studija i naučnih radova [1-5]. Autori su uglavnom pokušavali da analiziraju i procene elastičnost između tražnje energenata i ekonomije, to jest prihoda [6-7]. Tako da je veoma dobro poznata zavisnost između bruto domaćeg proizvoda (BDP; *Gross Domestic Product - GDP*) i potrošnje energije, ili potrošnje naftnih derivata [2, 4, 8].

Tekuće globalne energetske potrebe i zabrinutost oko globalnog zagrevanja postavljaju međusobno kontradiktorne zahteve. Na koji način očekivani intenzivan ekonomski rast u zemljama sa niskim i srednjim prihodom pomiriti sa zahtevima za racionalizacijom globalnih energetskih utrošaka (klasifikacija ekonomija država koje daje „Svetska banka“ prema ukupnom nacionalnom prihodu po glavi stanovnika iz 2010. godine, kalkulirano korišćenjem „Atlas metode“ [9]). Ekonomski rast neminovno vodi povećanju korišćenja energije, a danas su najzastupljeniji izvori energije goriva iz fosilnih izvora. Međutim, postoje i osnovani razlozi koji ukazuju da je ovu protivrečnost moguće razrešiti. Prvo, sa povećanjem bruto domaćeg proizvoda, u razvojnoj fazi, kada se jedna zemlja sa srednjim prihodima razvija u zemlju sa visokim prihodima, skoro po pravilu potrošnja goriva fosilnog porekla ulazi u fazu zasićenja [2]. Većina zemalja u kojima je rast potrošnje energije viši nego rast BDP-a su zemlje sa niskim prihodima, ili zemlje sa srednjim prihodima; u zemljama sa visokim prihodom *BDP* raste brže od potrošnje energije [4]. Drugo, uvećanje cena fosilnih goriva podstiče štedljivost i upotrebu alternativnih (i ekološki prihvatljivijih) goriva. Treće, tehnološki napredak vodi ka proizvodnji ekonomičnijih motora koji će, takođe, doprineti racionalizaciji potrošnje goriva.

Značaj predviđanja potrošnje motornih goriva se može uvideti kroz njihov udeo u ukupnoj potrošnji energije. Naftni derivati su još uvek globalno dominantan izvor energije, u ukupnoj svetskoj potrošnji energije motorna goriva su učestvovala sa 34,3 % (od toga su motorna

goriva u sektoru saobraćaja učestvovala sa oko 84 %) [10]. Poslednjih godina u Srbiji naftni derivati učestvuju u finalnoj potrošnji svih vidova energije sa oko 39 %, ne računajući potrošnju u neenergetske svrhe, gde su naftni derivati sirovine u tehnološkom procesu, u petrohemijskoj industriji i slično. Aktuelni udeo naftnih derivata kao motornih goriva je u nacionalnoj tražnji energije na nivou od oko 28 %. Sam sektor saobraćaja troši oko 89 % naftnih derivata, koji se koriste u energetske svrhe, dakle kao motorna goriva [11].

Ovaj rad se bazira na aplikaciji metoda matematičke statističke analize koje se mogu koristiti za predviđanje razvoja potrošnje motornih goriva u Republici Srbiji. Matematički model je razvijen tako što su korišćeni dostupni statistički podaci Republike Srbije, susednih zemalja i evropskih zemalja koje su prošle društvenu tranziciju sličnu onoj koju Srbija sada prolazi, sa posebnim akcentom na zemljama za koje je mogla da se uspostavi analogija sa Srbijom. Posebna pažnja je posvećena publikacijama i radovima koji su objavljeni od strane relevantnih ustanova iz energetske sektora i naučnim, preglednim radovima objavljenim u naučnim časopisima. Ovaj zadatak je u početku podrazumevao sagledavanje i primenu analitičkih tehnika za obradu prethodnih trendova u potrošnji motornih goriva i intenziteta saobraćaja u Srbiji. Zatim, analiziranje postojećih projekcija tražnje motornih goriva izvedenih za zemlje, ili regione slične veličine i stepena razvijenosti, sa sličnim karakteristikama ponude i tražnje naftnih derivata, kako bi se došlo do odgovarajućih relevantnih analogija. U daljoj analizi pristupilo se identifikaciji faktora uticaja na potrošnju motornih goriva koji mogu biti kvantifikovani na bazi statističkih podataka. Usled nepostojanja adekvatnih baza podataka iz oblasti energetske i saobraćajnog sektora u Srbiji, neki od kvalitativnih faktora uticaja na potrošnju goriva kvantifikovani su sopstvenom procenom specifičnog značaja.

Modelovanje je zasnovano na korišćenju dve promenljive, koji su generalno lako raspoložive [7]. Zavisna promenljiva je obim potrošnje motornih goriva. Dok je nezavisna promenljiva ekonomski indikator nivoa bogatstva jedne zemlje, koji u modelu reprezentuje bruto domaći proizvod po glavi stanovnika. Linearna regresija ove dve promenljive je u modelu modifikovana uvođenjem određenih korekcionih faktora. Uticaj korekcionih faktora u modelu je kvantifikovan shodno njihovom različitom specifičnom uticaju na potrošnju derivata, dok neki od njih uzimaju u obzir i specifičnosti saobraćajnog sektora u Republici Srbiji.

Važno je napomenuti da do sada u Srbiji nije sprovedeno sistematsko istraživanje koje bi dalo odgovore na pitanja o potrošnji energije i emisiji zagađujućih materija u saobraćajnom sektoru, niti o njihovom međusobnom odnosu. Ovaj rad pokušava da popuni tu prazninu i da predstavi odgovore na ta pitanja, čak i da pruži kratkoročno predviđanje o njihovom kretanju u budućnosti.

1.1. Metodologija

Modelovanje potrošnje motornih goriva u Srbiji zasnovano je na korigovanju linearne zavisnosti obima ukupne potrošnje motornih goriva i nivoa BDP-a. Da bi se promenljiva koja označava BDP učinila još realističnijim indikatorom nivoa ekonomske aktivnosti jedne zemlje, u kalkulacije je uveden bruto domaći proizvod obračunat po paritetu kupovne moći (*Gross domestic product by purchasing power parity* ili skraćeno BDP_{PKM}). Preračunat po glavi stanovnika, ovaj parametar je u daljem tekstu označavan simbolom BDP_{PKMpc} . BDP_{PKMpc} se izražava u međunarodnim dolarima sračunatim u trenutku pisanja rada (*current international USD*) [12].

Slika 1.1. prikazuje nacionalni razvoj potrošnje motornih goriva sa promenom BDP_{PKMpc} u protekloj dekadi, sa ucrtanom pravom koja se najbolje slaže sa prikazanim statističkim podacima. Matematički oblik te linearne zavisnosti dat je jednačinom 1.1. Opravdanost za usvajanje linearne zavisnosti, pored zaključaka više autora [2, 6], nalazimo i prilikom analize vremenskih serija relevantnih statističkih podataka za Srbiju. Slika 1.2. jasno ilustruje visok stepen korelacije ove dve promenljive. Statistička analiza pokazuje da korelacioni koeficijent između ukupne potrošnje motornih goriva i BDP_{PKMpc} iznosi 0,97. Ovakva veoma jaka pozitivna korelacija potvrđuje opravdanost konstatacije da je u vremenskom intervalu 2001-2009. godina u Srbiji ostvarena linearno korelisana zavisnost razvoja potrošnje motornih goriva od razvoja BDP_{PKMpc} -a. Opravdanost linearne regresije, tj. njenu tačnost u odnosu na ostvarene rezultate, potvrđuje i koeficijent determinacije u iznosu od 0,94.

Korelaciona statistička analiza korišćena u ovom radu priložena je u dodatku. Objasnjeno je kvalitativno tumačenje modelovanih podataka kroz koeficijente statističke analize i date su njihove definicije i metodologija izračunavanja.

$$C_{uk,j} = a + b \cdot BDP_{PKMpc,j} \quad (1.1.)$$

gde su:

C_{uk} – ukupna potrošnja motornih goriva,

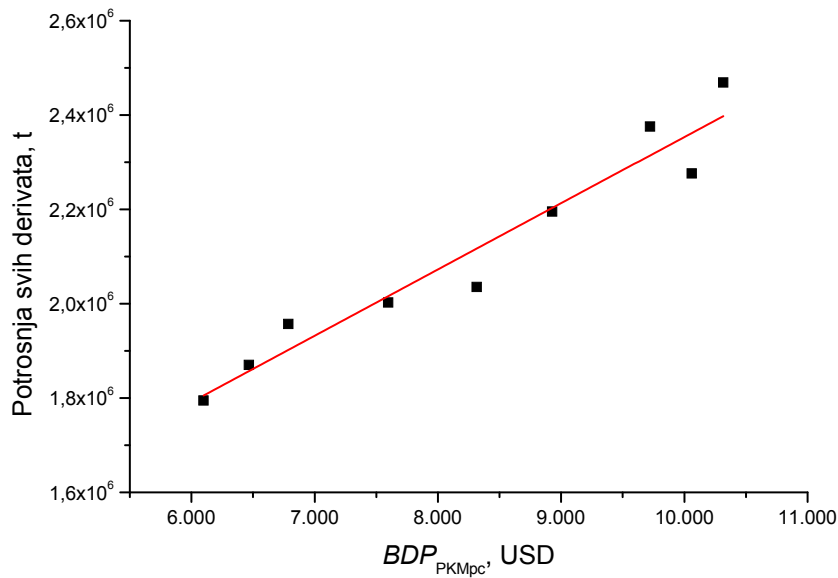
a, b – odsečak i nagib pravolinijske zavisnosti koja se najbolje slaže sa statističkim podacima, redom,

j – godina, $j=2001-2025$.

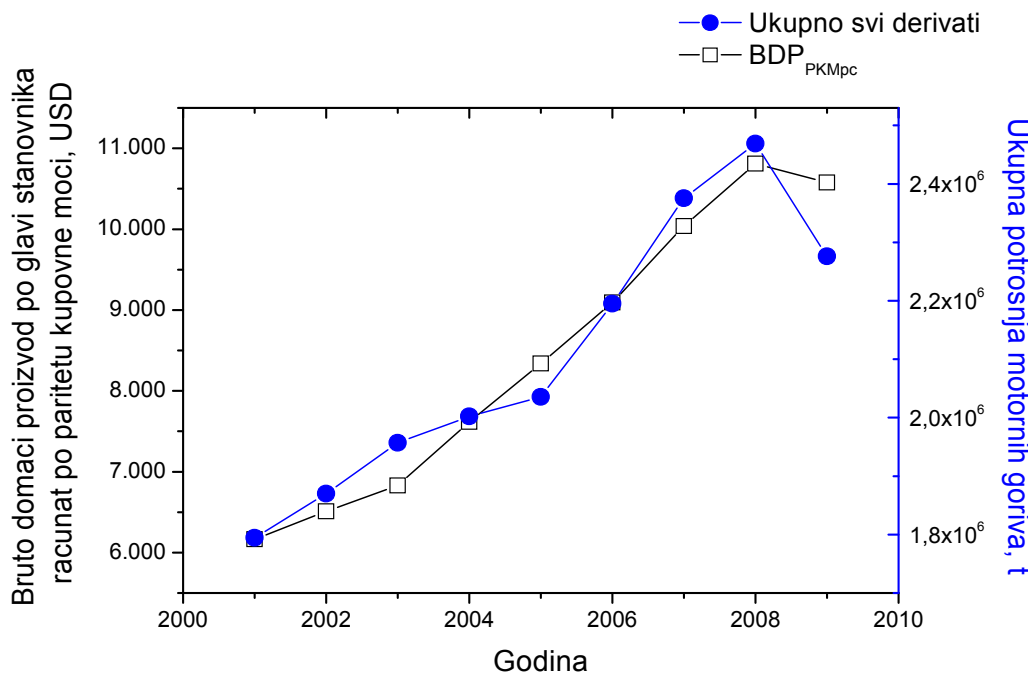
Parametar	vrednost	greška
a	948.590	± 113.539
b	140,49	$\pm 13,53$

koeficijent korelacije, $R=0,97$ i

koeficijent determinacije, $R^2=0,94$.



Slika 1.1. Linearna korelacija potrošnje motornih goriva i BDP_{PKMpc} u Srbiji od 2001. do 2009. godine.

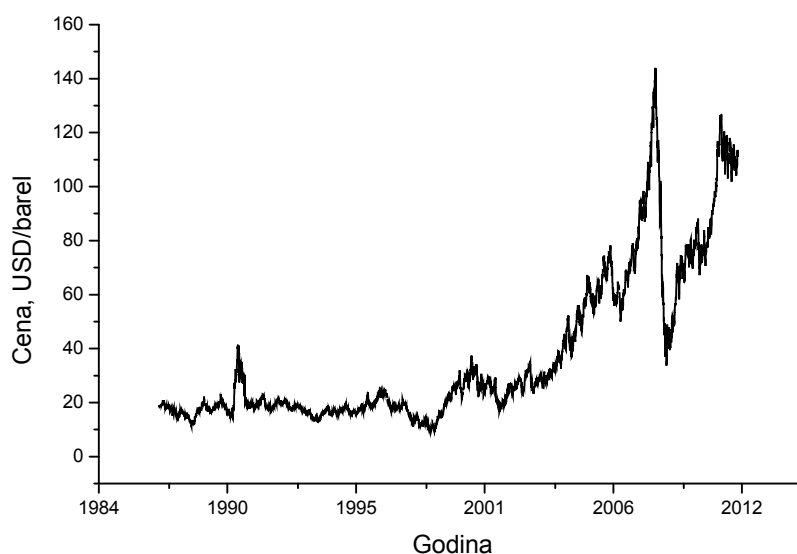


Slika 1.2. Razvoj BDP_{PKMpc} i ukupne potrošnje motornih goriva u Srbiji u periodu 2001-2009. godine.

Međutim, razvoj potrošnje motornih goriva se za jednu zemlju ne može dovesti u korelaciju isključivo i samo sa rastom BDP-a. Faktori koji imaju više ili manje uticaja na obim i strukturu potrošnje motornih goriva su:

- demografski razvoj i razvoj motorizacije (broja registrovanih motornih vozila);
- prosek pređenih kilometara u putničkom i teretnom saobraćaju;
- savremenost voznog parka i stepen njegovog obnavljanja (obim prodaje motornih vozila ili broj prvi put registrovanih novih motornih vozila);
- tehnološko-tehnički progres na planu redukcije specifične potrošnje motornih goriva (proizvodnja energetski efikasnijih vozila);
- udeo vozila sa klima uređajima u ukupnom voznom parku;
- razvoj odnosa potrošnje motornih benzina i dizel goriva;
- nivo supstitucije fosilnih goriva alternativnim gorivima;
- navike vozača u putničkom saobraćaju;
- industrijski rast;
- kretanje cena motornih vozila;
- politika državnih propisa;
- subvencije u energetskom sektoru;
- poreska i cenovna politika, itd.

Posebno značajan parametar je, svakako, cena sirove nafte - pri čemu se uzimaju u obzir dugoročniji trendovi, dok je manji uticaj kratkoročnih variranja (kao što je to nedavno bio slučaj kada je cena sirove nafte u prethodnom dvoipogodišnjem periodu (sredina 2008. - početak 2011. godine) prešla put od 60 američkih dolara (USD) do skoro 150 USD, cena je onda pala na vrednost 35 USD, da bi u prvom kvartalu 2011. godine opet porasla na oko 100 USD po barelu) [13]. Istorijski pregled promene cene jedne vrste sirove nafte prikazan je na slici 1.3.



Slika 1.3. Istorijski pregled promene „Spot“ cene evropske sirove nafte tipa „Brent“ [13].

Matematička funkcija modela potrošnje motornih goriva u transportnom sektoru u Republici Srbiji je predstavljena jednačinom 1.2.

$$C_{uk,j} = (a + b \cdot BDP_{PKMpc,j}) \cdot \sum_i P_{i,j} \quad (1.2.)$$

gde su:

P_i – korekcionni parametri,

i – broj korekcionnih faktora, $i=1-5$.

Ostvareni obim potrošnje motornih goriva u Srbiji je dobijen analizom podataka iz publikacija Statističkog zavoda Republike Srbije, Energetskih bilansa Republike Srbije i analitičke interne dokumentacije kompanije NIS a.d., dok se podaci o BDP_{PKMpc} baziraju na korišćenju podataka Statističkog zavoda Republike Srbije i Međunarodnog monetarnog fonda (MMF; *International Monetary Fund - IMF*). Kao motorna goriva u razmatranje su uzeti motorni benzini, dizel goriva i tečni naftni gas (TNG).

Korekcija linaerne zavisnosti je izvršena uz pomoć pet parametara, koji su označeni od P_1 do P_5 . Korekcionni parametri P_i predstavljaju relevantne faktore koji najbitnije utiču na potrošnju motornih goriva. Izvedeni su iz analize prethodno navedenih uticajnih faktora i definišu se kao:

- 1) parametar specifične potrošnje goriva - P_1 ;
- 2) parametar prosečno pređene kilometraže - P_2 ;
- 3) parametar promene cene sirove nafte - P_3 ;
- 4) parametar supstitucije alternativnim gorivima - P_4 i
- 5) parametar uticaja klimatizacije vozila - P_5 .

Potrebno je naglasiti da ni za jedan od analiziranih uticajnih parametra ne postoje skoro nikakvi relevantni podaci vezani za Republiku Srbiju. To je uslovalo da je za njihovo izračunavanje moralo biti primenjeno, zasebno ili u kombinaciji, nekoliko različitih koncepata: izvođenje analogija, izrada komparativnih analiza i statistička analiza podataka iz drugih zemalja. Svaki parametar je imao nezavisnu analizu, shodno svojoj različitoj prirodi, te se stoga neki od njih jednostavnije, a drugi složenije izračunavaju.

1.1. Identifikacija parametara

1.1.1. BDP_{PKMpc}

Kao što je već rečeno, bruto domaći proizvod računat po paritetu kupovne moći do 2011. godine preuzet je iz baze Republičkog zavoda za statistiku Srbije (RZS Srbije). Njegove vrednosti su izražene u američkim Dolarima, a ne u nacionalnoj valuti, da bi se jednostavnije radila komparativna analiza.

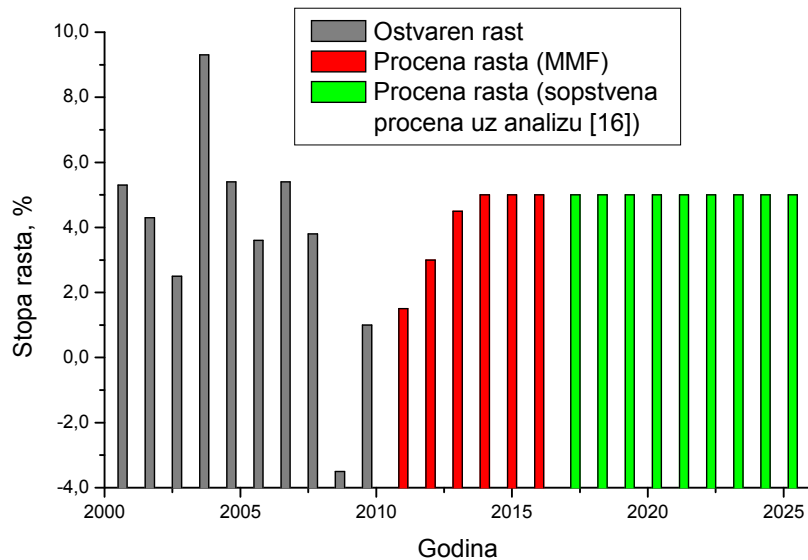
Za period do 2016. godine uzete su prognoze MMF-a [14], međutim ti podaci su neznatno korigovani jer je u metodologiji proračuna koji koristi MMF uzeto da će godišnji prirodni priraštaj u Srbiji u ovom periodu biti pozitivan (+0,2 %), što ne odgovara realnom demografskom trendu i projekciji RZS Srbije (videti sliku 1.19. i tabelu 3.10. u dodatku) [15]. Sasvim je jasno da broj stanovnika direktno utiče na BDP računat po glavi stanovnika, jer se dobija kada se BDP nacionalne ekonomije podeli sa brojem stanovnika. U tabeli 1.1. prikazani su iznosi broja stanovnika i BDP_{PKMpc} koje daje MMF i korigovane vrednosti.

Tabela 1.1. Uporedni prikaz kretanja broja stanovnika u Srbiji i BDP_{PKMpc} -a prema metodologiji MMF-a i korigovane vrednosti korišćene u ovom radu [14, 15].

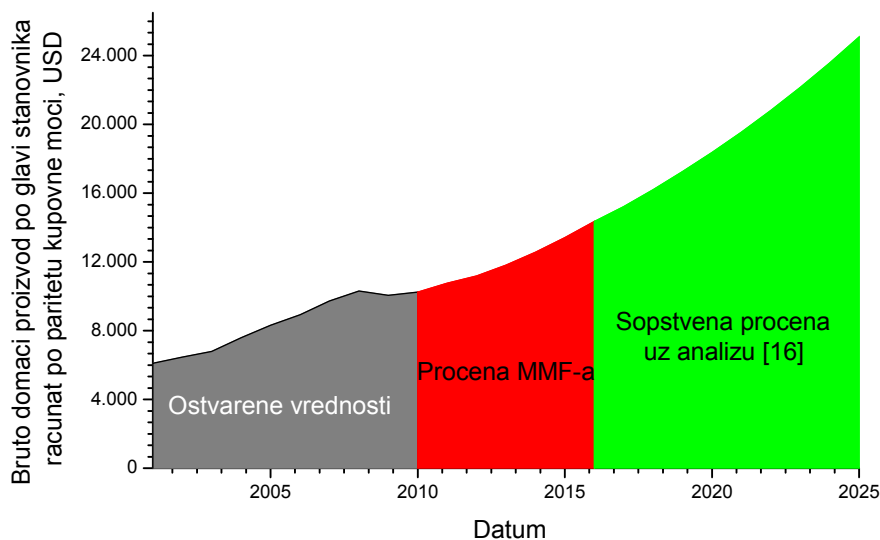
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Broj stanovnika (MMF), /10⁶	7,382	7,396	7,411	7,426	7,441	7,456	7,471	7,486
Broj stanovnika (RZS Srbije), /10⁶	7,335	7,341	7,346	7,352	7,320	7,288	7,257	7,225
BDP_{PKMpc} (MMF), USD	10.060	10.252	10.661	11.079	11.629	12.290	13.033	13.856
BDP_{PKMpc} (korigovani), USD	10.123	10.329	10.755	11.190	11.820	12.572	13.417	14.356

Za period nakon 2016. godine ne postoje projekcije relevantnih međunarodnih organizacija koje se bave makro-ekonomskim predviđanjima. U nedavno promovisanom strateškom dokumentu Vlade Srbije „Postkrizni model ekonomskog rasta i razvoja Srbije 2011-2020“ [16] predviđa se postkrizni rast BDP-a po stopi od 5,5 % godišnje. Na osnovu analogija sa zemljama u susedstvu koje su prošle društvenu tranziciju [17] i sopstvene makro-ekonomske analize usvojeno je da će od 2016. do 2025. godine BDP_{PKMpc} u Srbiji rasti po prosečnoj stopi od 5 %. Usvojeni rast BDP-a je niži nego u dokumentu o postkriznom modelu ekonomskog razvoja Srbije sa razlogom. Taj dokument predviđa prevazilaženje tekuće globalne

ekonomske krize do kraja 2011. godine i od 2012. godine dinamičan rast skoro svih privredno-ekonomskih pokazatelja. Tekuća događanja, međutim, ukazuju na opreznost, te je stopa rasta BDP-a u ovom radu snižena za 0,5 % godišnje. Stope rasta i iznos BDP_{PKMpc} -a u Srbiji sa procenom do 2025. godine grafički su predstavljene na slikama 1.4., 1.5., dok su u tabeli 3.1. u dodatku dati njihovi iznosi.



Slika 1.4. Stope rasta BDP_{PKMpc} -a u Srbiji u periodu 2001-2025. godina.



Slika 1.5. Kretanje iznosa BDP_{PKMpc} -a u Srbiji u periodu 2001-2025. godina.

1.1.2. P_1 – parametar specifične potrošnje goriva

Tempo unapređivanja energetske efikasnosti motornih vozila je krajem XX veka bio dosta usporen. Na automobilskom tržištu je dominirao trend prodaje većih, jačih i komfornijih vozila (kao na primer, sve obaveznije prisustvo klima uređaja) koja koriste više energije po pređenom kilometru, umanjujući na taj način efekte ušteda po osnovu kontinualnog tehnološko-tehničkog progressa na planu proizvodnje energetski efikasnijih motora.

U periodu od 2000. do 2005. godine ostvaren je značajan napredak u pogledu uvećanja energetske efikasnosti motora u Evropi. U ovom periodu prosečna stopa povećanja energetske efikasnosti je bila oko 1,0 % godišnje; dok je recimo, stopa povećanja energetske efikasnosti u ranijim godinama, period 1990-2000. godina, bila samo 0,35 % [17-19]. Povećanje efikasnosti je rezultat kombinovanja efekata povećanja cene goriva, motivisanja za uzdržanije ponašanje u vožnji i dizajniranja energetski efikasnijih motora; nije zanemarljiv ni efekat brže obnove voznog parka, tj. prosečne starosti vozila.

Sve veća upotreba vozila sa većom specifičnom potrošnjom energije poslednjih godina, kao što su vozila tipa SUV (*sport utility vehicle* – terenska vozila), nije ugrozila silazni trend specifične potrošnje energije u transportnom sektoru. U prilog dalje silazne tendencije idu i ekološke direktive EU iz 2009. godine o prosečnoj CO₂ emisiji za nova vozila [20]. Direktiva postavlja maksimalne nivoe zagađujućih materija koje pojedine grupe vozila smeju da emituju. To posredno dovodi do favorizacije upotrebe manjih motora u vozilima, koji generalno imaju manju specifičnu potrošnju goriva.

Projekcije različitih institucija pokazuju dalje smanjenje specifične potrošnje energije u EU-17 po stopi od oko 1,25 % godišnje, što bi do 2030. godine moglo dovesti do prosečne potrošnje motornih goriva od 7,5 litara/100 km (premda je 2000. godine bila 11 litara/100 km, a 2005. godine 10,3 litara/100 km) [18, 19]. Tabela 1.2. prikazuje kako Direktor za energiju i transport EU vidi trend kretanja energetske efikasnosti u transportnom sektoru EU do 2030. godine [19].

Tabela 1.2. Prikaz prosečne godišnje promene stope potrošnje energije u transportnom sektoru u EU, sa predviđanjem do 2030. godine [19].

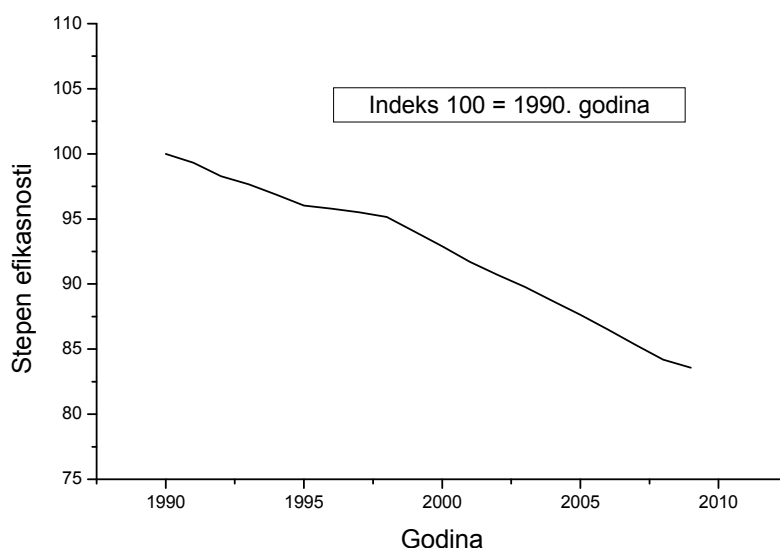
	1990-2000. godina	2000-2010. godina	2010-2020. godina	2020-2030. godina
Putnički saobraćaj, %	-0,11	-1,25	-1,22	-1,22
Teretni saobraćaj, %	-0,41	0,33	-0,81	-1,07
Ukupno saobraćajni sektor, %	-0,21	-0,72	-1,1	-1,2

Na primeru rezultata iz Nemačke, prikazanim u tabeli 1.3., vidi se kako se kretala stopa smanjenja prosečne potrošnje goriva od 1995. godine pa do 2008. godine u jednoj od industrijski i saobraćajno najrazvijenijih država u Evropi [21]. Analizirajući faktore koji utiču na povećanje efikasnosti trošenja energije u transportnom sektoru u Srbiji, kao gornja granica mogu se uzeti ostvarenja u Nemačkoj u prethodnom periodu. Smatra se da Srbija neće uspeti da prestigne ostvarene rezultate u Nemačkoj ni u periodu do 2025. godine, uz realnu mogućnost da ih dostigne.

Tabela 1.3. Procentualna godišnja promena specifične potrošnje goriva u Nemačkoj u periodu 1995-2008. godina [21].

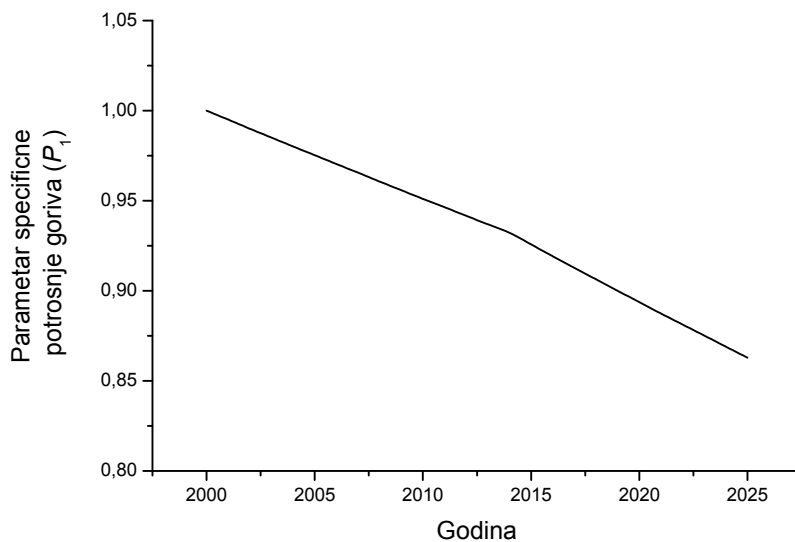
Period	1995-2000.	2000-2008.	1995-2008.
Ukupna godišnja promena specifične potrošnje motornih goriva, %	-0,60	-0,81	-0,72
Godišnja promena specifične potrošnje dizel goriva u automobilima, %	-1,05	-0,71	-0,72
Godišnja promena specifične potrošnje benzinskih goriva u automobilima, %	-1,20	-0,93	-0,96

Zanimljivo je pogledati kretanje energetske efikasnosti u drumskom saobraćaju u EU u periodu od 1990. godine do 2009. godine, što se može videti na slici 1.6. U celokupnom posmatranom periodu potrošnja energije je smanjena za 16,4 %. Međutim, posebno zanimljiv je trend povećanja efikasnosti potrošnje energije u drumskom saobraćaju u prethodnoj deceniji, u odnosu na period 1990-2000. godina, za oko 0,3 % godišnje [22].



Slika 1.6. Kretanje energetske efikasnosti u drumskom saobraćaju u Evropskoj Uniji (EU-27) u periodu 1990-2009. godina.

U analizi specifične potrošnje goriva u Srbiji prihvaćeni su aktuelni trendovi koji važe za zemlje EU, kao i za zemlje kandidate za ulazak u EU. Sagledavajući faktore koji utiču na povećanje efikasnosti trošenja energenata u saobraćajnom sektoru u Srbiji, zaključuje se da su godišnje stope smanjenja specifične potrošnje motornih goriva trenutno na nižem nivou od evropskog proseka, a procena je da će ostati niže i do 2025. godine. Imajući to u vidu za period od 2000. do 2010. godine usvojeno je prosečno godišnje smanjenje specifične potrošnje goriva od 0,5 %, a od 2010. do 2025. godine smanjenje od 0,7 %. Promena parametra specifične potrošnje goriva može se videti na slici 1.7., a njegovi iznosi u svakoj godini pojedinačno dati su u tabeli 3.2. u dodatku.



Slika 1.7. Kretanje parametra specifične potrošnje motornih goriva u Srbiji (2000-2025. godina).

1.1.3. P_2 – parametar prosečne kilometraže

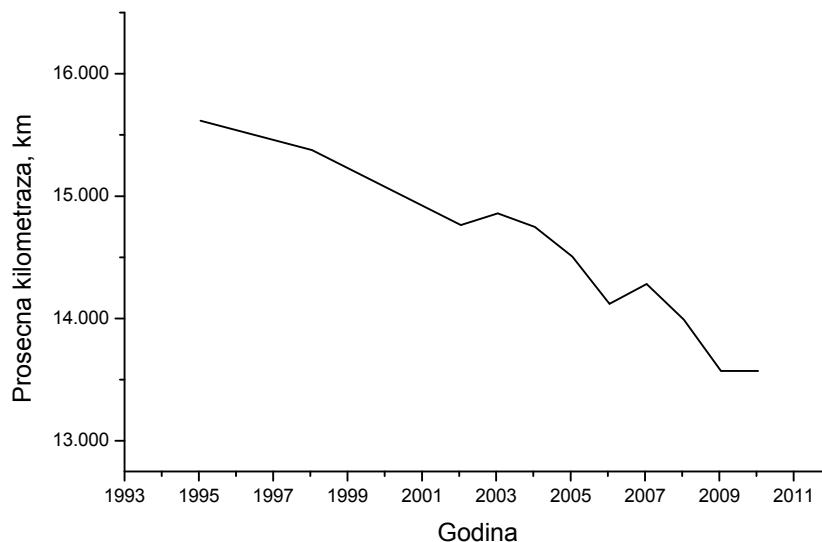
Za razliku od manjeg broja država u kojima postoji sistematsko očitavanje i prikupljanje podataka o pređenoj kilometraži vozila, koje se vrši prilikom periodičnih tehničkih pregleda, ili prilikom promena registracionih podataka, u Srbiji takve informacije nisu dostupne. Međutim, neke od zemalja, iako sistematski ne prikupljaju takve podatke, objavljuju godišnje izveštaje o pređenoj kilometraži na osnovu matematičkih proračuna u koje ulaze podaci iz različitih izvora. Najčešće se rade periodične ankete vozača, a zatim se dobijeni podaci analiziraju metodom regresione log-linearne analize disperzije rezultata da bi se dobile informacije za svaku godinu pojedinačno [23].

Ovde je potrebno napomenuti na mogućnost greške prilikom ovakvog načina prikupljanja i obrade podataka. Na primer, može doći do precenjivanja kilometraže vozila prilikom istraživanja, ukoliko imate slučajno izabran relativno veliki broj vozila sa velikom

kilometražom. Njihov doprinos izračunavanju ukupne godišnje kilometraže može biti veoma značajan, iako je broj takvih vozila u ukupnom voznom parku relativno mali.

Više različitih faktora utiču na specifičnu pređenu kilometražu vozila: tip motora, snaga motora, starost vozila, starost i pol vozača, motorizacija, promena maloprodajnih cena goriva i individualne navike u korišćenju automobila. Međutim, kada se sagledavaju sva vozila i privatna i poslovna, najviše utiču samo oni faktori koji karakterišu vozilo, a utiču na kilometražu: veličina vozila, starost vozila i tip motora.

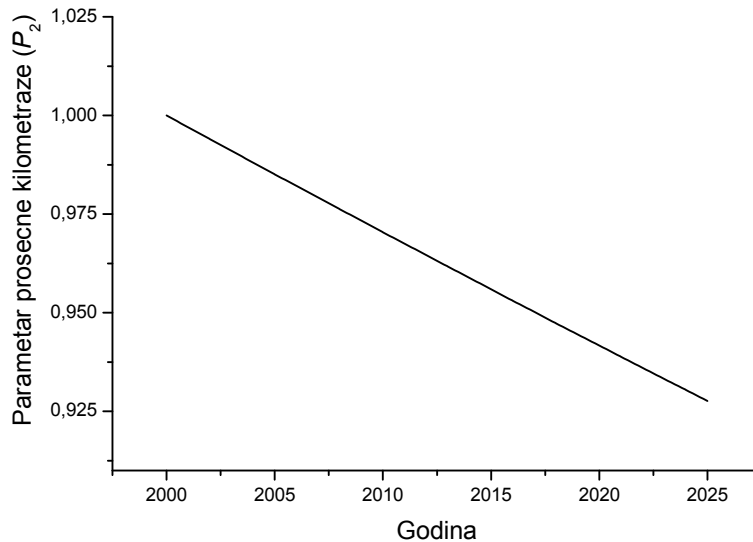
Poslednje dve decenije postojao je trend u celoj Evropi da prosečna kilometraža po jednom vozilu na godišnjem nivou opada po prosečnoj stopi od 0,1 % do 1,1 % godišnje [19]. Na primer, u Nemačkoj je od 1993. godine do 2002. godine prosečna kilometraža vozila opala sa 14.200 km na 13.500 km, što je za oko 0,58 % godišnje [23]. Dok je u Velikoj Britaniji, kao što se može videti na slici 1.8., smanjenje prosečne kilometraže još izraženije. U periodu 1995-2010. godina smanjena je za oko 15,1 %, ili na godišnjem nivou za oko 1,01 % [24].



Slika 1.8. Pregled kretanja prosečne godišnje kilometraže vozila u Velikoj Britaniji u periodu 1995-2010. godina.

Procene su da će se silazni trend i u budućnosti održati [19]. Takav trend je u ovoj analizi usvojen i za Srbiju, s tim da je usvojeno da će godišnja stopa smanjenja biti niža nego kod razvijenih zemalja EU i da će iznositi 0,3 % godišnje. Usvajanje niže stope smanjenja je opravdano, jer se pretpostavlja da će Srbija imati intenzivniju stopu privrednog rasta (nego recimo Nemačka, ili Velika Britanija) koja će direktno uticati i na intenzivniji razvoj transportnog sektora. Intenzivniji razvoj će imati direktni i indirektni uticaj na pređenu kilometražu. Direktni uticaj - intenziviranje robnog transporta, što znači i više pređenih kilometara po jednom vozilu. Indirektni uticaj – intenzivniji razvoj donosi brže povećanje životnog standarda, što će doprineti češćem korišćenju vozila u putničkom transportu. Grafički prikaz kretanja parametra prosečne kilometraže u Srbiji u posmatranom periodu dat

je na slici 1.9., dok su njegovi iznosi u svakoj godini pojedinačno prikazani u tabeli 3.3. u dodatku.



Slika 1.9. Kretanje parametra prosečne kilometraže u Srbiji (2001-2025. godina).

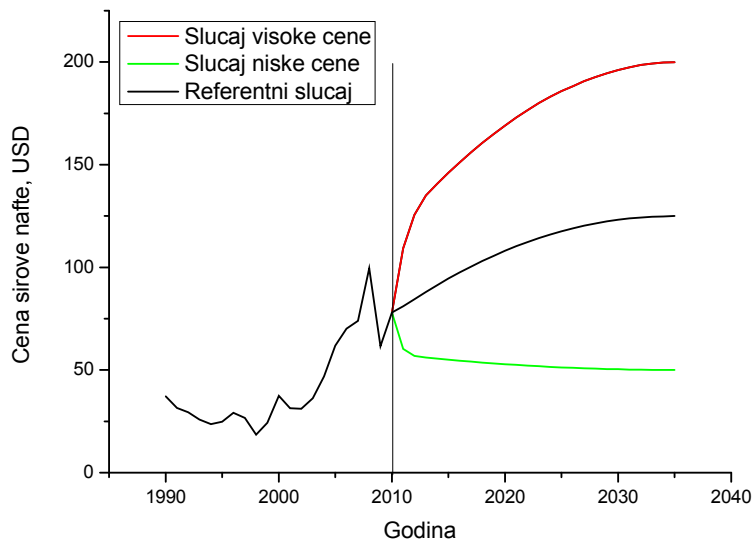
1.1.4. P_3 – parametar promene cene sirove nafte

Projekcije u energetsom sektoru su uvek veoma neizvesne, mnogi od događaja koji oblikuju energetske sektor su nasumični i ne mogu se unapred predvideti. Ključni faktori, koji determinišu dugoročna predviđanja ponude, tražnje i cene sirove nafte, mogu se grupisati u četiri kategorije:

- kretanje ekonomija zemalja u intenzivnom razvoju koje ne pripadaju organizaciji OECD (Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj - *Organisation for Economic Cooperation and Development*), a veliki su potrošači goriva;
- investicione i proizvodne odluke zemalja OPEC-a (Organizacija zemalja izvoznica nafte - *Organization of the Petroleum Exporting Countries*);
- kretanje razvoja i ekonomije nekonvencionalnih izvora energije i
- nivo svetske potražnje za gorivima.

Međutim, mnogobrojne studije i institucije širom sveta daju predviđanja razvoja cena sirove nafte u budućnosti. Jedna od relevantnijih organizacija koja se bavi ovom problematikom je Američka energetska agencija (*U.S. Energy Information Administration - EIA*). Oni u svojim godišnjim energetske pregledima daju predviđanja kretanja cene sirove nafte u narednom periodu, u nekoliko različitih scenarija. Prikaz kretanja cene sirove nafte (laka nafta, sa malim sadržajem sumpora) u narednom periodu kroz tri scenarija (scenario visoke cene, referentni scenario i scenario niske cene) viđen od strane EIA dat je na slici 1.10., a vrednosti u svakoj

godini pojedinačno se mogu videti u tabeli 3.4. u dodatku (cene su izražene u međunarodnim USD iz 2010. godine) [25]. U ovom radu je prilikom analiza korišćen takozvani „središnji, ili referentni, scenario“. Referentni scenario u projekcijama predstavlja središnji i najčešće korišćeni scenario u analizama procene trendova i uzima u obzir samo poznate tehnologije i umerena predviđanja tehnoloških i demografskih promena. Ovaj scenario se zasniva na pretpostavci da će se postojeća praksa, politika i nivo pristupa energetske sirovinama nastaviti na sadašnjem nivou u kratkoročnom i srednje-dugoročnom periodu. Takođe, referentni scenario pretpostavlja da će se nastaviti intenzivan ekonomski rast zemalja koje nisu članice OECD-a, prevashodno misleći na Kinu, Indiju i Brazil [25-27].



Slika 1.10. Kretanje cene sirove nafte (u tri slučaja: referentni i dva granična) sa prognozom do 2035. godine, prema EIA 2011.

Elastičnost potrošnje sirove nafte i motornih goriva u odnosu na promenu cena tih proizvoda predmet je izučavanja mnogih autora i institucija. Pristup uspostavljanja elastičnosti u ekonometriji proističe iz praktične potrebe da se jednostavnom relacijom dobije međuzavisnost dva parametra. U ovom slučaju cenovna elastičnost tražnje za energentima značajna je sa stanovišta državne politike jer utiče na uspostavljanje optimalne poreske politike i posredno na procene uticaja vezane za klimatske promene. Na primer, ukoliko je potrošnja motornih goriva visoko cenovno neelastična, poreska politika ne može biti dovoljno efikasna u cilju smanjenja potrošnje goriva i odgovarajuće emisije zagađujućih materija.

Elastičnost potrošnje energenata i promene cene uobičajeno se u literaturi izvodi za kratak (*short run*) i duži vremenski rok (*long run*) [28-31]. Kratak i duži vremenski rok za koji se izvodi elastičnost, za razliku od uobičajene sintakse, ne označavaju neki određeni vremenski period; na primer, dva, šest, ili dvanaest meseci. Definisane ovih perioda važenja elastičnosti je značajno složenije i nije jednoznačno određeno. Različiti autori daju svoje definicije, ali suština je da se kao kratak vremenski period definiše vreme u kojem je najmanje jedan relevantni proizvodni, ili tržišni, faktor konstantan; dugi vremenski period podrazumeva

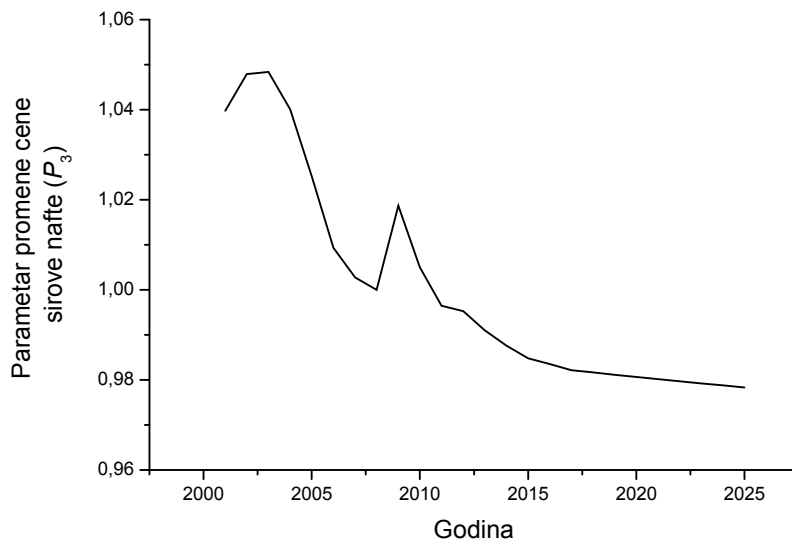
vreme u kojem se svi inputi, ili tržišni činiooci, mogu menjati [32-33]. Radi pojednostavljenja analize u ovom radu, uzimajući u obzir vreme odziva na promene na tržištu energenata u Srbiji, a kao što je i Gudvin (*Goodwin*) u svom radu definisao [6], usvojeno je da će kraći vremenski rok označavati period do godinu dana, a duži vremenski rok će označavati period duži od godinu dana.

Iznos cenovne elastičnosti tražnje sirove nafte u literaturi dosta varira, bilo da se razmatra elastičnost za kraći, ili duži vremenski period. Uzroci za veliki raspon elastičnosti mogu biti u veličini vremenskog intervala u kojem su analizirani podaci vezani za cenu i potrošnju energenata i specifičnosti tražnje na pojedinim tržištima, državama ili regionima. U literaturi analiziraju se podaci od 1920. godine pa do današnjih dana, gde su se pri tome tehnološki i makroekonomski uslovi značajno menjali u pojedinim dekadama tog vremenskog perioda. Zbog toga su u ovoj analizi korišćeni samo noviji radovi, objavljeni posle 1990. godine. Uglavnom se prilikom uspostavljanja elastičnosti analiziraju najrazvijenije zemlje (SAD, zemlje EU, ...) ili veliki potrošači sirove nafte (Kina, Indija, ...). Takvi rezultati, zbog evidentnih razlika u ponašanju energetskeg tržišta u Srbiji i tih tržišta, su uzimani sa kritičkom rezervom.

Analizom literature zaključeno je da se vrednosti elastičnosti za duži vremenski rok kreću u intervalu od -1,59 pa do +0,038; a za kraći vremenski period u intervalu od -1,09, do +0,023 [28, 31]. Pri tome je u istim istraživanjima elastičnost za kraći vremenski period prosečno manja 2-3 puta [29]. Obrađujući potrošnju i cene za ceo svet u vremenskom intervalu 1918-1999. godina Krišen (*Krichene*) daje da elastičnost za kraći vremenski period iznosi -0,06, dok za duži vremenski period iznosi -0,55 [34]. Havranek (*Havranek*) u svom radu analizira više od 30 novijih studija sumirajući njihove rezultate i zaključujući da je u njima elastičnost na kratak rok jednaka -0,09, a na duži rok -0,31 [28]. Kuper (*Cooper*) u svom radu, obrađujući 23 zemlje, uglavnom zemlje sa velikim nacionalnim dohodkom i razvijenim energetskeg tržištem, zaključuje da je elastičnost na kraći period jednaka -0,05, a na duži -0,21 [31]. U ovom radu su obrađene i dve mediteranske zemlje, Grčka i Španija, koje bi mogle da budu zanimljive za komparaciju sa Srbijom. U njihovom slučaju elastičnosti za kraći rok iznose -0,055 i -0,088; a za duži rok -0,126 i -0,146; redom [31].

Kada se analizira tržište sirove nafte i naftnih derivata u Srbiji i promene na njemu nastale u roku od godinu dana, za taj vremenski period se može usvojiti elastičnost koja se u literaturi odnosi na kraći vremenski rok (vremenski rok od godinu dana je interval u kojem se razmatraju promene i svih ostalih korekcionih parametara - P_i). To je opravdano, zbog neelastičnosti tržišta u Srbiji (predviđanja su da će i u budućnosti ostati takvo), jer se očekuje dinamičan rast u sektoru saobraćaja gde će tražnja za derivatima sigurno rasti ne ključno vezano za cenu sirove nafte. Sumirajući napred rečeno, za Srbiju je usvojena vrednost elastičnosti tražnje sirove nafte, u kraćem vremenskom roku, u iznosu od -0,05.

Sa usvojenim elastičnošću izračunat je parametar promene cene sirove nafte i njegovo kretanje grafički je predstavljeno na slici 1.11., a vrednosti za svaku godinu pojedinačno date su u tabeli 3.5. u dodatku.



Slika 1.11. Kretanje parametra promene cene sirove nafte u periodu 2001-2025. godina.

1.1.5. P_4 – parametar uticaja alternativnih goriva

Tradicionalna motorna goriva su proizvodi dobijeni preradom sirove nafte, gde se misli na motorne benzine i dizel goriva. Fosilna goriva imaju nekoliko ključnih nedostataka, kao što su ograničene rezerve sirove nafte i činjenicu da proces fosilizacije traje milionima godina. Tu su i problemi u vezi zaštite životne sredine, jer fosilna goriva sagorevanjem oslobađaju velike količine štetnih gasova. Zbog toga je važno ozbiljno sagledavanje supstitucije tradicionalnih motornih goriva alternativnim gorivima, a sve u cilju bolje zaštite životne sredine i ublažavanja međunarodnih pritisaka koji nastaju kao posledica smanjivanja zaliha sirove nafte. Alternativna goriva se dobijaju iz različitih izvora, a većina njih nisu izvedeni iz fosilnih goriva. Najčešće korišćena alternativna goriva su: biodizel, električna energija, etanol, vodonik, metanol, prirodni gas, propan, butan, itd.

Analitičari i proizvođači vozila daju grubu procenu broja vozila na alternativni pogon, tako da se navodi da je u celom svetu prodato oko 70 miliona novih vozila na alternativni pogon [35]. To bi značilo da trenutno u celom svetu oko 5 % vozila koristi kao pogonsko gorivo neku vrstu alternativnog goriva. Država u kojoj su najzastupljenija ovakva vozila je Brazil, za njom slede države EU (posebno Švedska), SAD, Kanada, Indija, Japan, itd. Broj vozila na alternativni pogon prema vrsti goriva u svetu u 2011. godini [36-37]:

- Vozila sa pogonom na mešovita goriva (nastala umešavanjem alternativnih goriva sa tradicionalnim gorivima) – oko 27 miliona vozila,
 - Brazil – 16,3 miliona,
 - SAD – 10 miliona,
 - Kanada – 600.000,

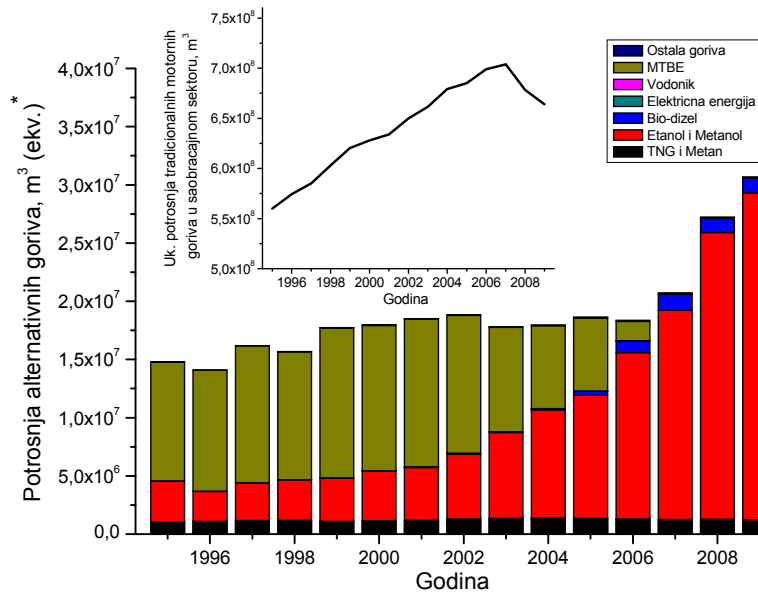
- Švedska – oko 230.000.
- Vozila sa pogonom na prirodni gas – oko 14,7 miliona vozila,
 - Iran – 2,9 miliona,
 - Pakistan – 2,9 miliona,
 - Argentina – 2 miliona,
 - Brazil – 1,7 miliona.
- Vozila sa pogonom na čist etanol (E100) – oko 5,7 miliona vozila,
 - Brazil – oko 3 miliona.
- Vozila sa hibridnim električnim pogonom – oko 4,5 miliona vozila,
 - SAD – 2,15 miliona,
 - Japan – 1,5 miliona.
- Vozila sa potpuno električnim pogonom, PEV (*Plug-in Electric Vehicles*) – oko 500.000 vozila.

Američka Agencija za zaštitu životne okoline EPA (*Environmental Protection Agency*) je početkom dvadesetog veka kreirala strategiju za razvoj i primenu propisa kako bi se obezbedilo da motorna goriva u SAD-u sadrže određenu količinu obnovljivih goriva. Tako je u koordinaciji sa rafinerijama, proizvođačima obnovljivih goriva i distributerima, nastao Standard obnovljivih goriva, ili RFS (*Renewable Fuel Standard*). Do sada su donešena dva propisa, RFS1 i RFS2, iz 2005. godine i 2010. godine, redom. Oba definišu programe za proizvodnju alternativnih i obnovljivih goriva, daju količine obnovljivih goriva koje bi trebalo dostići u potrošnji u budućem periodu, načine supstitucije i umešavanja ovih goriva sa tradicionalnim gorivima, preporuke za izmenu ostalih zakonskih regulativa koje bi favorizovale potrošnju ovih goriva, itd. Naravno, ovi propisi za posledicu imaju i smanjenje emisije štetnih gasova iz transportnog sektora [38-39].

Ukoliko se pogledaju rezultati potrošnje alternativnih goriva i broja vozila na alternativni pogon u SAD-u u prethodnom periodu (slike 1.12. i 1.13.) nedvosmisleno se može zaključiti da su ovi programi imali ključnu ulogu u značajnom povećanju potrošnje alternativnih goriva i prodaje vozila na alternativni pogon [40-41]. Od kada se statistički beleži (1995. godina) pa do 2005. godine potrošnja alternativnih goriva je imala umereni rast i kretala se prosečno oko 2,6 %, od ukupne potrošnje motornih goriva; posle 2005. godine sledi nagli rast, koji je 2009. godine doneo potrošnju od 4,6 %.

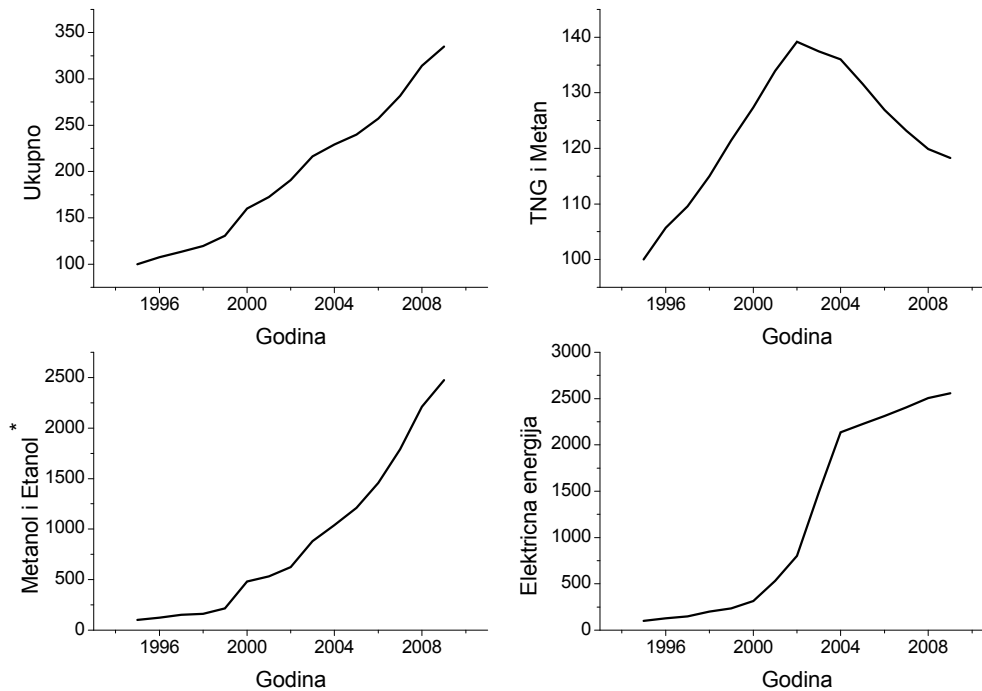
Program RFS2 predviđa stroge zahteve po pitanju buduće potrošnje alternativnih goriva, koji već u 2010. i 2011. godini nisu ostvareni. Sagledavajući to, zaključuje se da su i ostali zahtevi u RFS2 programu pod znakom pitanja, što se tiče njihove ostvarivosti, pogotovu uzevši u obzir trenutnu svetsku ekonomsku krizu. U programu, na primer, stoji da je potrebno povećati proizvodnju alternativnih goriva do 2022. godine četiri puta, u odnosu na 2008. godinu [38].

I deo



*) Kolicina alternativnog goriva koja ima jednak energetski sadržaj kao 1 m³ motornog benzina.

Slika 1.12. Kretanje potrošnje nejzastupljenijih alternativnih i tradicionalnih (fosilna motorna goriva) goriva u SAD tokom perioda 1995-2009. godina.



*) Odnosi se na goriva sa 85 % i 100 % metanola i 85 % i 95 % etanola.

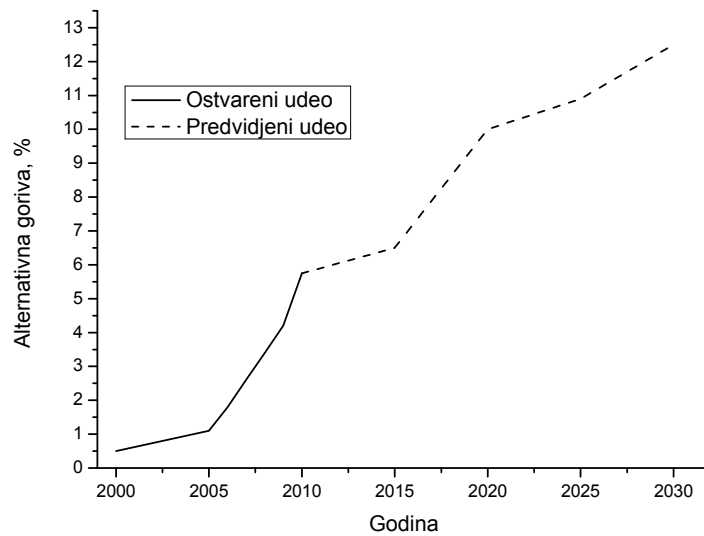
Slika 1.13. Kretanje broja vozila koja koriste alternativna goriva u SAD u periodu 1995-2009. godina (Indeks 1995=100).

U periodu 1990-2006. godina emisija gasova koji stvaraju efekat staklene bašte u transportnom sektoru EU povećana je za 35,8 %, dok je emisija iz ostalih sektora, u istom periodu, smanjena za 13,4 %. Samo kopneni saobraćaj (bez železničkog) učestvovao je u

ovom povećanju sa 61 %, dok je 2006. godine učestvovao sa 71 % u ukupnoj emisiji iz transportnog sektora [42]. Emisija CO₂ iz vozila se povećavala konstantno u periodu 1990-2000. godina; razlog za takvu pojavu može se potražiti u održivom rastu tražnje u transportnom sektoru i povećavanju udela putničkog transporta u odnosu na druge vidove transporta. U periodu između 2000. godine i 2008. godine tražnja u ovom sektoru je značajno smanjena, a samim tim to je imalo efekta i na emisiju CO₂; i ne samo to, već i kombinovani efekat povećanja iskorišćenosti goriva, tehnološkog napretka, procesa dizelizacije i umešavanje biogoriva sa tradicionalnim gorivima. Deo ovog trenda se može pripisati efektima dobrovoljnog obavezivanja od strane proizvođača automobila da klasiraju i obeležavaju nove putničke automobile (što se tiče emisije CO₂) i sve prisutnija promocija upotrebe biogoriva. Međutim, sporazum EU sa Evropskim udruženjem proizvođača automobila (ACEA) i azijskim proizvođačima (sem Kine i Indije) je u praksi imao implikaciju da su dogovoreni ciljevi bili teže ostvarivi, u smislu prosečne potrošnje goriva i udela potrošnje alternativnih goriva. Zbog povezanosti emisije zagađujućih gasova i klimatskih promena, Savet Evrope (2007. godine) i Evropski Parlament (2008. godine) doneli su odluku da je potrebno smanjiti ukupnu emisiju gasova staklene bašte za 60-80 % do 2050. godine (u odnosu na nivo iz 1990. godine) [43].

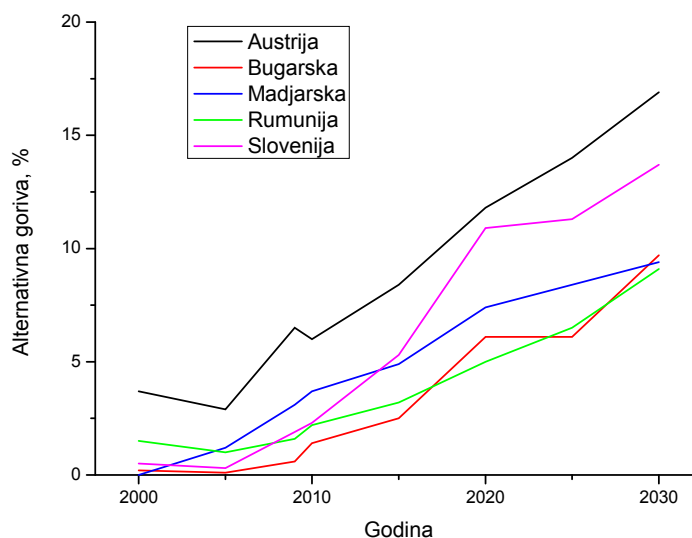
Savet Evrope je marta 2006. godine skrenuo pažnju odgovornim licima u Evropskim državama i njihovim relevantnim institucijama da ispunjavaju korake iz plana korišćenja obnovljivih izvora energije [44]. Taj plan je podrazumevao da do 2015. godine, 15 % potrošnje energije bude iz obnovljivih izvora, odnosno 25 % do 2020. godine [44]. Što se tiče transportnog sektora, odnos obnovljivih goriva u ukupnoj količini proizvedenog goriva trebalo bi da do 2015. godine dostigne 5 %, a do 2020. godine 10 % [45-47].

Direktorat evropske komisije za energiju i Direktorat za mobilnost i transport daju srednjeročne i dugoročne procene trendova iz svog domena rada vezane za EU i zemlje članice pojedinačno; ponekad se u izveštajima obrađuju i zemlje kandidati za ulazak u EU. Njihova procena kretanja potrošnje alternativnih goriva se uglavnom oslanja na donešene zakonske regulative iz ove oblasti. Međutim, njihove analize uzimaju u obzir i objektivne mogućnosti pojedinih zemalja da ispunjavaju donešene puteve implementacije datih direktiva. U jednoj od poslednjih analiza pretpostavlja se da će EU u celini do 2020. godine u transportnom sektoru trošiti 10 % alternativnih goriva, baš kao što zakonski akt „Direktiva 2009/28/EC“ i govori [45]. Predviđa se, na primer, da će 2030. godine taj udeo biti 12,5 %. Zanimljivo je da se govori da će, na primer, 2020. godine najzastupljenije alternativno gorivo u EU biti biogorivo (etanol i biodizel) sa oko 94,5 %, pa onda značajno manje električna energija sa oko 5 %, dok će ostala goriva imati zanemarljivu zastupljenost. Udeo potrošnje alternativnih goriva u ukupnoj potrošnji motornih goriva u transportnom sektoru EU za period od 2000. godine i predviđanje tog udela do 2030. godine se može videti na slici 1.14. [48]. Dugoročna predviđanja, do 2050. godine, govore o značajno većoj zastupljenosti alternativnih goriva u EU, gde bi taj udeo išao i do 90 %. Primat u potrošnji bi zauzimala električna energija, tj. vozila na električni pogon, koja bi tada trebalo da imaju veći udeo nego vozila na bilo koji drugi alternativni pogon [48].



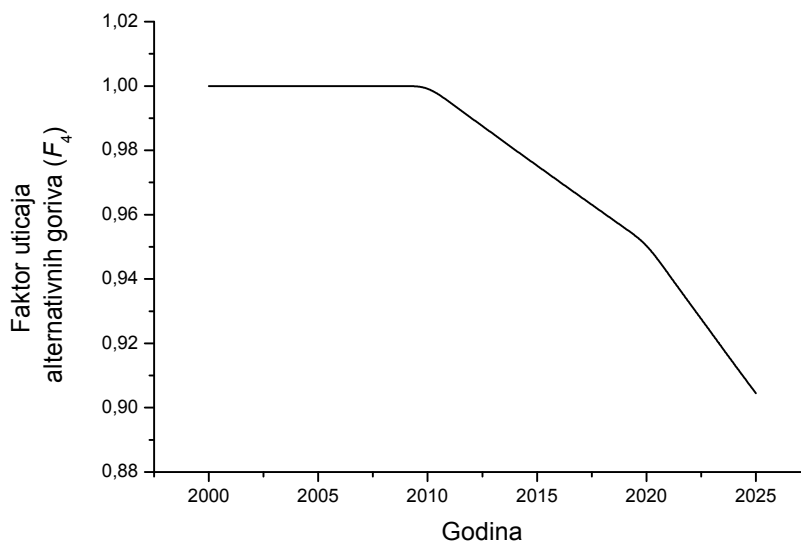
Slika 1.14. Udeo alternativnih goriva u ukupnoj potrošnji motornih goriva u EU u periodu 2000-2030. godina.

Analiza država u EU pojedinačno pokazala je da postoji velika razlika u dinamici promene udela alternativnih goriva u budućem periodu. Sa slike 1.15. se može videti da prema predviđanju neke države mogu imati taj udeo i dvostruko veći od drugih. Na primer, 2030. godine Austrija će imati udeo alternativnih goriva skoro dva puta veći nego Rumunija, 16,9 % prema 9,1 %. Države koje se najčešće komparativno analiziraju sa Srbijom, Bugarska i Rumunija, će imati udeo alternativnih goriva do oko 10 % u 2030. godini; dok će u 2020. godini udeo biti 6,1 % u Bugarskoj i 5 % u Rumuniji [49].



Slika 1.15. Kretanje udela potrošnje alternativnih goriva u pojedinim državama EU u periodu 2000-2030. godina.

Analiziravši napred izrečeno, posebno obrativši pažnju na okolne zemlje, izvodi se zaključak za Srbiju. Kao izvesni kandidat za ulazak u EU, a mogući član do 2025. godine, Srbija će morati da poštuje sve zakonske regulative EU. Međutim, Srbija još uvek nije u stanju da u potpunosti primeni sve odluke. To se odnosi i na gore pomenute preporuke i direktive u pogledu dinamike korišćenja obnovljivih goriva. Shodno tome, nerealno je očekivati da će se u Srbiji uspešno primeniti već navedena EU direktivama propisana dinamika supstitucije fosilnih goriva. Uostalom, sve novije članice EU dobile su olakšice u pogledu implementacije rokova. Rokovi i obim supstitucije tradicionalnih fosilnih goriva sa obnovljivim gorivima su u ovom radu za Srbiju pomereni na 5 % do 2020. godine i 10 % do 2025. godine. Sprovodeći ovu dinamiku supstitucije, kretanje faktora uticaja supstitucije fosilnih goriva alternativnim gorivima u Srbiji grafički je predstavljeno na slici 1.16., a vrednosti za svaku godinu pojedinačno date su u tabeli 3.6. u dodatku.



Slika 1.16. Kretanje parametra uticaja supstitucije fosilnih goriva alternativnim gorivima u Srbiji (2001-2025. godina).

1.1.6. P_5 – parametar uticaja klimatizacije vozila

Priroda ovog uticajnog parametra je takva da je zahtevala složeniju analizu, nego kod prethodna četiri parametra. Jer ni pogodne komparativne zemlje, a ni ostale zemlje u Evropi ne analiziraju i ne objavljuju ovakvu vrstu zavisnosti (uticaj korišćenja klima uređaja na potrošnju goriva u nekom vremenskom intervalu), niti daju analize o trendovima. Zbog toga je izvedena „složenija“ analiza ovog uticajnog parametra, a sve u skladu sa mogućnošću nalaženja potrebnih podataka, da bi se dobio verodostojan uticaj ovog parametra na potrošnju motornih goriva.

U literaturi se daju podaci da korišćenje klima uređaja u toku vožnje povećava potrošnju goriva u proseku za oko 6 % [50-51]. Frekvencija korišćenje klima uređaja u vozilima ne podleže nekakvim formalnim pravilima, već je ona uslovljena subjektivnim osećajem.

Međutim, i pored toga postoji potreba da se napravi uopštena procena učestalosti korišćenja klima uređaja u vozilima u Srbiji. Glavni faktor pri analizi učestalosti korišćenja klima uređaja su klimatski pokazatelji specifični za područje Srbije. Pored prosečne mesečne temperature evaluirani su i mesečni broj letnjih dana ($T_{\max} \geq 25$ °C) i mesečni broj tropskih dana ($T_{\max} \geq 30$ °C). Tabela 1.4. prikazuje prosečne mesečne vrednosti ovih meteoroloških pokazatelja u Srbiji [52-53].

Tabela 1.4. Prikaz srednjih mesečnih klimatskih indikatora u Srbiji (prosečne vrednosti u periodu 1948-2008. godina) [52-53].

Mesec	Srednja mesečna temperatura, °C	Broj letnjih dana	Broj tropskih dana
Januar	-0,1	0	0
Februar	1,8	0	0
Mart	6,5	0,3	0
April	12,0	2,3	0,1
Maj	17,0	10,5	1,5
Jun	20,4	17,9	5,7
Jul	22,4	24,0	11,1
Avgust	21,8	23,1	10,8
Septembar	17,7	13	3,1
Oktobar	12,6	3,3	0,2
Novembar	6,5	0,1	0
Decembar	1,8	0	0

Analizirajući podatke iz tabele 1.4. zaključuje se da se klima uređaj u vozilima sigurno koristi u letnjim mesecima (jun, jul i avgust), kada je srednja mesečna temperature viša od 20 °C i broj letnjih dana veći od 20 dana. Međutim, i meseci maj i septembar imaju visoke prosečne temperature (oko 17 °C), sa više od 10 letnjih dana, tako da je usvojeno da se u ovim mesecima klima uređaj koristi prosečno po polovinu meseca. Konačni zaključak, koji je i usvojen u ovom radu, je da se klima uređaji u vozilima u Srbiji koriste prosečno 4 meseca godišnje, što se na pojedinačno vozilo odražava povećanjem potrošnje goriva od oko 2 % na godišnjem nivou.

Pored navedenog, da bi se odredio parametar uticaja korišćenja klima uređaja u vozilima na potrošnju goriva (jednačina 1.3.) bilo je potrebno uvesti neke dodatne promenljive: ukupan broj registrovanih vozila u Srbiji i broj vozila koji imaju ugrađen klima uređaj.

$$P_{5,j} = 1 + (V_{k,j}/V_{uk,j}) \cdot 0.02 \quad (1.3.)$$

gde su:

$V_{uk,j}$ – ukupan broj registrovanih vozila u godini “j”,

$V_{k,j}$ – broj vozila koji poseduje klima uređaj u godini “j”.

1.1.6.1. Izračunavanje ukupnog broja registrovanih vozila

Ukupan broj vozila u Srbiji jeste statistički poznat podatak, međutim, da bi se uspostavila kvalitetnija korelacija koja će davati tačnije rezultate za kretanje ukupnog broja vozila u budućnosti, ukupan broj vozila je računat na osnovu sledeće jednačine:

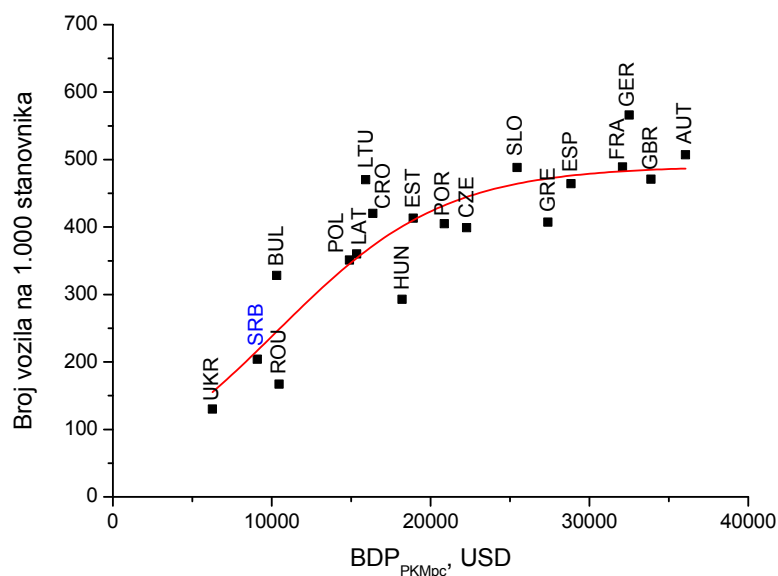
$$V_{uk,j} = ST_j \cdot Motorizacija_j / 1.000 \quad (1.4.)$$

gde su:

ST_j – broj stanovnika u godini “j”,

$Motorizacija_j$ – broj vozila na 1.000 stanovnika u određenoj “j” godini.

Razlog za ovakav pristup računanju ukupnog broja vozila nalazi se u jasno determinisanom trendu da razvoj motorizacije prati rast BDP_{PKMpc} kao sigmoidalna, ili “S kriva” [54-55]. Provera postojanja sigmoidalne korelacije motorizacije i ekonomskog razvoja prikazana je za rezultate iz Srbije i nekih odabranih evropskih zemalja u 2006. godini i može se videti na slici 1.17. [17, 56]. Odabrane su one zemlje kod kojih je BDP_{PKMpc} u 2006. godini imao iznos u okviru opsega iznosa BDP_{PKMpc} u kojem će se on kretati u Srbiji u periodu 2001-2025. godina (slika 1.5.). Dakle, kod odabranih zemalja BDP_{PKMpc} u 2006. godini kretao se od 6.271 USD, koliko je imala Ukrajina, do 37.230 USD, koliko je imala Holandija (tabela 3.7. u dodatku).



Slika 1.17. Zavisnost broja vozila na 1.000 stanovnika u nekim Evropskim zemljama od BDP_{PKMpc} (2006. godina).

Kroz tačke koje prikazuju zavisnost motorizacije od BDP_{PKMpc} , prikazane na slici 1.17., konstruisana je sigmoidalna logistička zavisnost koja se najbolje slaže sa predstavljanim podacima i ima oblik [57]:

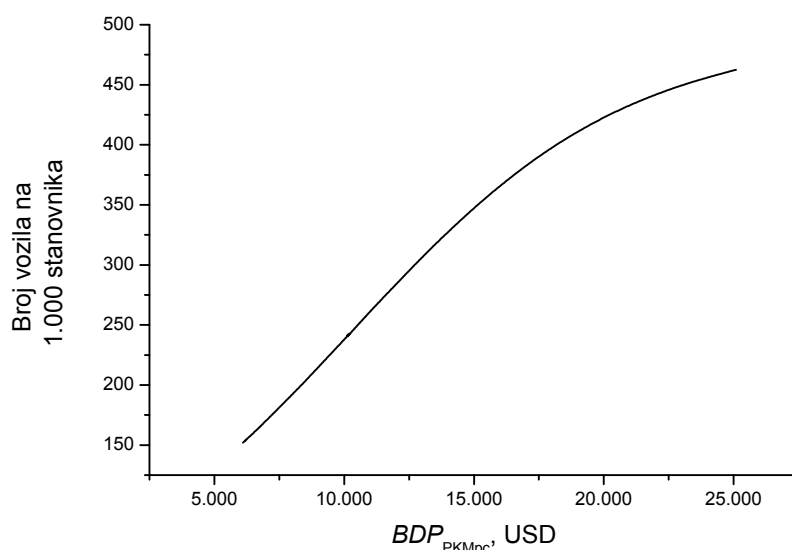
$$\text{Motorizacija}_j = \frac{a}{1+b \cdot e^{-k \cdot BDP_{PKMpc,j}}} \quad (1.5.)$$

gde su:

parametar	vrednost	greška
a	490,391	$\pm 29,626$
b	7,087	$\pm 4,367$
k	$1,898 \cdot 10^{-4}$	$\pm 5,495 \cdot 10^{-5}$ i

i prilagođeni koeficijent determinacije, $\bar{R}^2 = 0,76$.

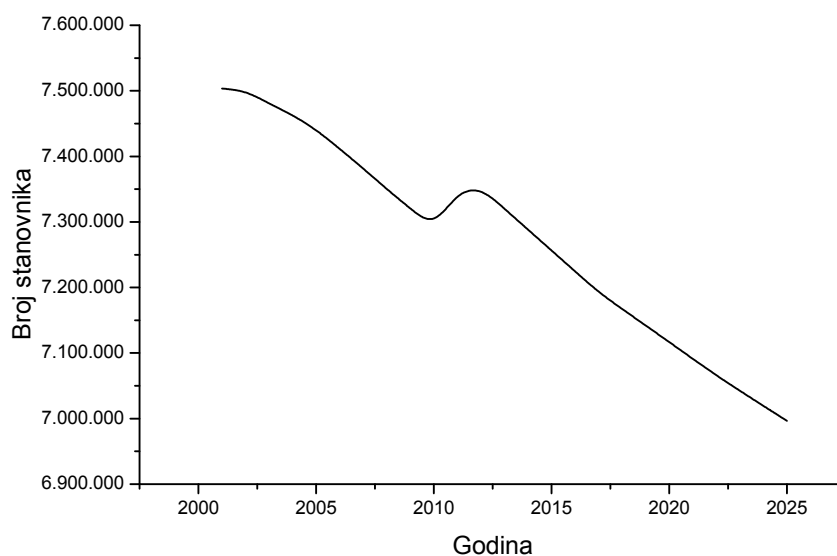
U slučaju Srbije zavisnost motorizacije od BDP_{PKMpc} , kada se primeni jednačina 1.5., ima izgled koji je prikazan na slici 1.18., a rezultati u svakoj pojedinačno godini dati su u tabeli 3.8. u dodatku.



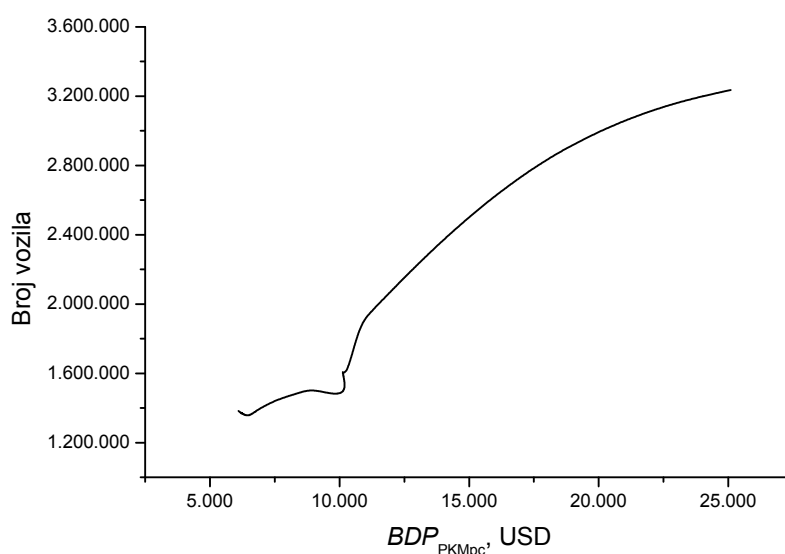
Slika 1.18. Kretanje motorizacije u Srbiji sa promenom BDP_{PKMpc} (2001-2025. godina).

Da bi se predvidelo kako će se kretati broj registrovanih vozila, nakon što je dobijena korelacija o kretanju broja vozila na 1.000 stanovnika, potrebno je bilo predvideti kretanje broja stanovnika. Statistički zavod Srbije daje predviđanje kretanja broja stanovnika u Srbiji do 2027. godine. Predviđanje se ne daje za svaku godinu pojedinačno, već samo za pojedine: 2012., 2017., 2022. i 2027. godina [15]. Vrednosti za ostale godine dobijene su linearnom interpolacijom i grafički su prikazane na slici 1.19., a procene populacije u svakoj godini date su u tabeli 3.10. u dodatku.

Sada kada su poznate sve promenljive iz jednačine 1.4, moguće je izračunati ukupan broj vozila u svakoj godini pojedinačno. Rešenje jednačine 1.4. grafički je prikazano na slici 1.20., a numerička rešenja za svaku godinu pojedinačno data su u tabeli 3.9. u dodatku.



Slika 1.19. Kretanje broja stanovnika u Srbiji (2001-2025. godina).



Slika 1.20. Kretanje ukupnog broja vozila u Srbiji (2001-2025. godina).

1.1.6.2. Izračunavanje broja vozila koja imaju ugrađen klima uređaj

Da bi se odredio iznos promenljive $V_{k,j}$, urađena je procena broja vozila koja poseduju klima uređaj. Najpre, sva vozila su podeljena u starosne grupe, pa je tek potom analizirano koji procenat vozila u okviru svake starosne grupe ima ugrađen klima uređaj. Starosne grupe su namerno uzete tako da se poklapaju sa vemenom stupanja na snagu evropskih emisionih standarda za motorna vozila (*Euro standards*) [58-66], jer će kasnije, u drugom delu ovog rada, ovakav pristup biti koristan za procenu emisije iz transpornog sektora. Ovakav pristup

izboru starosnih grupa je nešto usložio procenu broja vozila u okviru svake grupe, ali kao što je već rečeno, benefit toga će se videti kasnije.

Broj klimatizovanih vozila u Srbiji je određen na osnovu jednačine:

$$V_{k,j} = \sum_{l=0}^6 PKV_j \cdot V_{E_l,j} \quad (1.6.)$$

Gde su:

PKV_j - procenat klimatizovanih vozila u godini "j",

$V_{E_l,j}$ - broj vozila u grupi vozila E_l u godini "j",

l - broj grupa vozila, $l=0-6$.

Tabela 1.5. Procenat vozila u Srbiji koja koriste klima uređaj, razvrstan po grupama prema starosti vozila.

Datum proizvodnje vozila	Grupa vozila prema godinama starosti	Procenat klimatizovanih vozila, %
<07.1992.	E_0	0
07.1992. - 01.1996.	E_1	1
01.1996. - 01.2000.	E_2	10
01.2000. - 01.2005.	E_3	35
01.2005. - 09.2009.	E_4	60
09.2009. - 09.2014.	E_5	80
>09.2014.	E_6	97

Kako u Srbiji, ali ni širom Evrope, ne postoje dostupni podaci o broju prodatih vozila koja imaju ugrađen klima uređaj u određenoj godini, udeo takvih vozila u okviru svake starosne grupe u Srbiji, dat u tabeli 1.5., određen je na osnovu sopstvene procene.

Sledeći korak je bio određivanje starosti voznog parka u svakoj pojedinačnoj godini. Srpski statistički zavod takve podatke ne prikuplja i njima ne raspolaže. Dok, na primer, Evropska statistička agencija (*Eurostat*) daje podatke o starosti voznog parka za većinu zemalja EU i to za period 1993-2007. godina [17]. Jedini podaci koji su bili dostupni vezani za starost voznog parka u Srbiji su uzeti iz studije u kojoj je rađeno istraživanje tržišta sprovedeno od strane kompanije *Synovate Serbia* i u kojoj su dati podaci samo za 2008. godinu [66]. U tabeli 1.6. komparativno je prikazana klasifikacija grupa vozila prema starosti koje daje *Eurostat* i *Synovate Serbia* u svojoj studiji. *Eurostat* razvrstava vozila prema starosti u četiri grupe, dok u istraživanju tržišta sprovedenom od strane kompanije *Synovate* to razvrstavanje ima šest grupa starosti. Zbog uporedivosti podataka bilo je potrebno usaglasiti te dve podele, u tabeli 1.6. dat je uporedni prikaz tih podela.

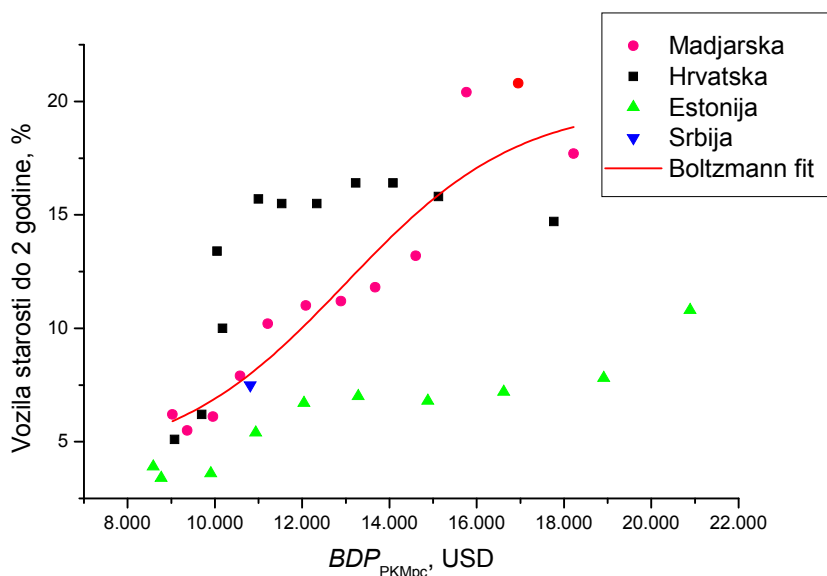
Tabela 1.6. Uporedni prikaz grupa klasifikacije vozila prema starosti od strane *Eurostat*-a i u okviru istraživanja tržišta kompanije *Synovate Serbia*.

	Starost vozila, godina					
<i>Eurostat</i>	≤2	2-5		5-10		>10
<i>Synovate Serbia</i>	≤1	1-3	3-5	5-10		>15

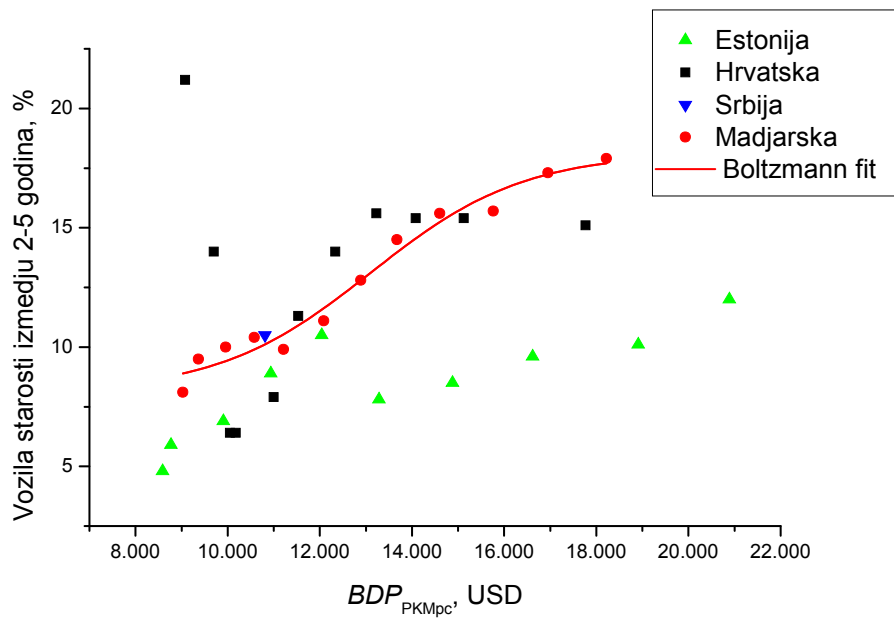
Analiziranjem podataka većine evropskih zemalja o kretanju starosti vozila, za detaljniju analizu odabrane su sledeće države: Hrvatska, Slovenija, Mađarska, Makedonija, Češka, Estonija, Kipar i Španija (slika 3.1. u dodatku). Glavni kriterijum za odabir ovih zemalja, a što se može videti u tabeli 3.11. (u dodatku), je pogodan raspon BDP_{PKMpc} -a u periodu za koji *Eurostat* pruža informacije o starosti njihovog voznog parka (približno isti opseg u kojem će se kretati BDP_{PKMpc} u Srbiji u periodu 2001-2025. godina) [17].

Detaljnijom analizom, kao najpogodnije zemlje za uspostavljanje analogije, sada ne samo prema razvoju BDP_{PKMpc} , nego i prema socio-transportnim sličnostima, izabrane su: Hrvatska, Mađarska i Estonija. Iz detaljnije analize je isključena, na primer, Makedonija; iako socio-transportno slična Srbiji, njen se BDP_{PKMpc} u periodu 1993-2007. godine kretao u rasponu, 5.027-8.578 EUR, što svakako nije odgovarajući raspon [17].

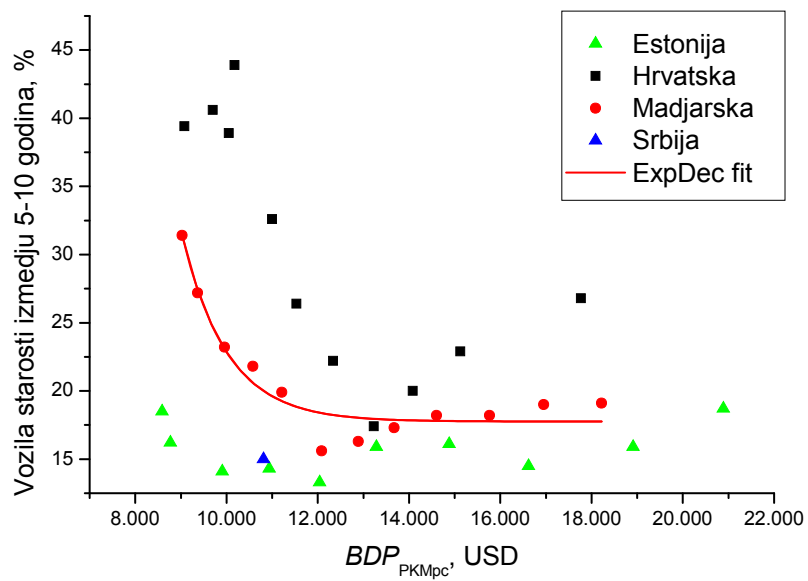
Sledeće slike, 1.20.-1.23., prikazuju promenu broja vozila u određenim grupama starosti sa promenom BDP-a u odabranim najpogodnijim državama za uspostavljanje analogije. Dodatno, na slikama je ucrtana i jedina dostupna ostvarena vrednost u Srbiji, iz 2008. godine.



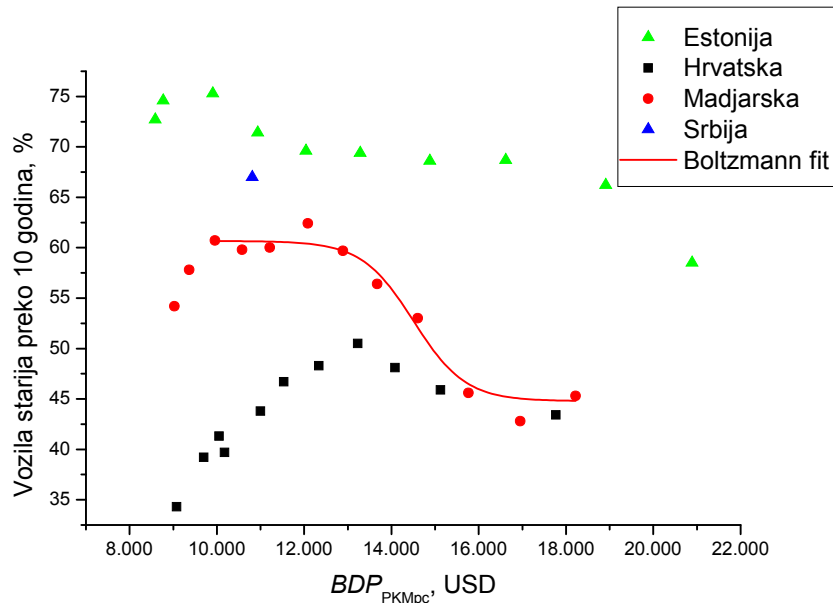
Slika 1.20. Kretanje broja vozila, izraženo procentima, starosti do 2 godine u Hrvatskoj, Mađarskoj i Estoniji (i u Srbiji za 2008. godinu) u zavisnosti od kretanja BDP_{PKMpc} .



Slika 1.21. Kretanje broja vozila, izraženo procentima, starosti od 2 do 5 godina u Hrvatskoj, Mađarskoj i Estoniji (i u Srbiji za 2008. godinu) u zavisnosti od kretanja BDP_{PKMpc} .



Slika 1.22. Kretanje broja vozila, izraženo procentima, starosti od 5 do 10 godina u Hrvatskoj, Mađarskoj i Estoniji (i u Srbiji za 2008. godinu) u zavisnosti od kretanja BDP_{PKMpc} .



Slika 1.23. Kretanje broja vozila, izraženo procentima, starosti preko 10 godina u Hrvatskoj, Mađarskoj i Estoniji (i u Srbiji za 2008. godinu) u zavisnosti od kretanja BDP_{PKMpc} .

Analizirajući podatke prikazane na slikama 1.20.-1.23. za različite grupe starosti voznog parka, zapaža se da su za svaku od zemalja i za većinu grupa starosti vozila tačke raspoređene tako da se najbolje slaganje sa njima može ostvariti konstrukcijom sigmoidalne Bolcmanove (*Boltzmann*) krive. Ovaj trend nije prisutan samo u slučaju grupe starosti vozila od 5 do 10 godina, gde su tačke raspoređene tako da se mogu najbolje složiti sa eksponencijalnom opadajućom funkcijom.

a) Grupa starosti vozila do 2 godine.

$$PKA_j = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(BDP_{PKMpc, j} - x_0)/dx}} + A_2 \quad (1.7.)$$

gde su:

parametar	vrednost	greška
A_1	3,99	$\pm 5,23$
A_2	19,95	$\pm 4,02$
x_0	12.992,43	$\pm 1.271,90$
dx	1.990,33	$\pm 1.665,12$

i prilagođeni koeficijent determinacije, $\bar{R}^2 = 0,84$.

b) Grupa starosti vozila od 2 do 5 godina.

$$PKA_j = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(BDP_{PKMpc,j} - x_0)/dx}} + A_2 \quad (1.8.)$$

gde su:

parametar	vrednost	greška
A_1	8,091	$\pm 1,129$
A_2	18,149	$\pm 0,934$
x_0	13.107,06	$\pm 444,58$
dx	1.665,75	$\pm 559,15$

i prilagođeni koeficijent determinacije, $\bar{R}^2 = 0,96$.

c) Grupa starosti vozila od 5 do 10 godina.

Vrednost za ovu grupu starosti vozila je dobijena oduzimanjem zbira vrednosti jednačina pod a, b, i d od ukupnog broja vozila.

d) Grupa starosti vozila preko 10 godina.

$$PKA_j = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(BDP_{PKMpc,j} - x_0)/dx}} + A_2 \quad (1.9.)$$

gde su:

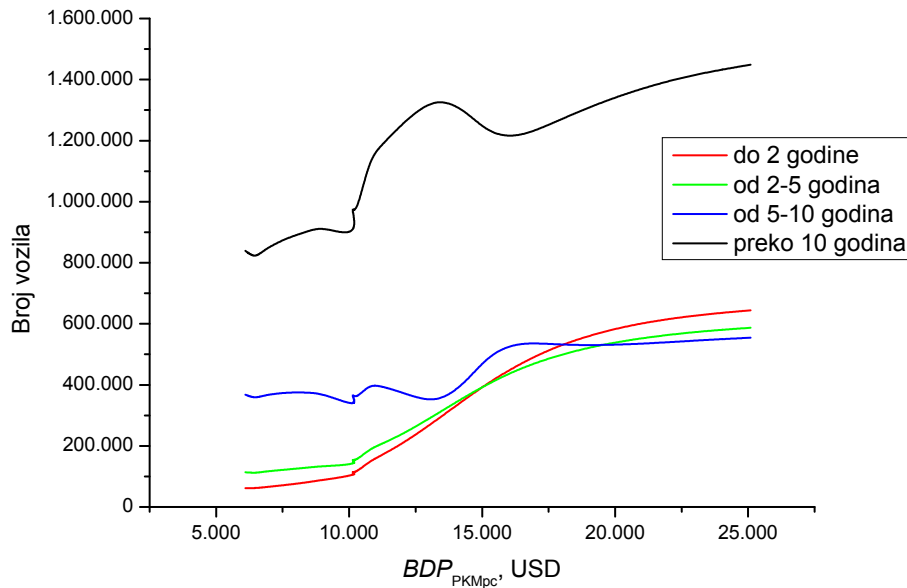
parametar	vrednost	greška
A_1	60,666	$\pm 0,675$
A_2	44,790	$\pm 1,223$
x_0	14.505,24	$\pm 207,49$
dx	593,580	$\pm 178,113$

i prilagođeni koeficijent determinacije, $\bar{R}^2 = 0,96$.

Posmatrajući jedine rezultate o starosti voznog parka u Srbiji primećuje se da su oni najbliži vrednostima ostvarenim u Mađarskoj. Stoga je usvojena pretpostavka da će starost voznog parka u Srbiji u intervalu 2001-2025. godine imati trend kao već ostvarene vrednosti u Mađarskoj u analiziranom periodu. Krive koje se najbolje slažu sa setovima podataka za starost voznog parka u Srbiji imaju oblike date jednačinama 1.7.-1.9. i prikazane su na slici 1.24. Iznosi rešenja jednačina 1.7.-1.9. i rezultati za grupu starosti pod c), u svakoj godini pojedinačno, mogu se videti u tabeli 3.12. (u dodatku).

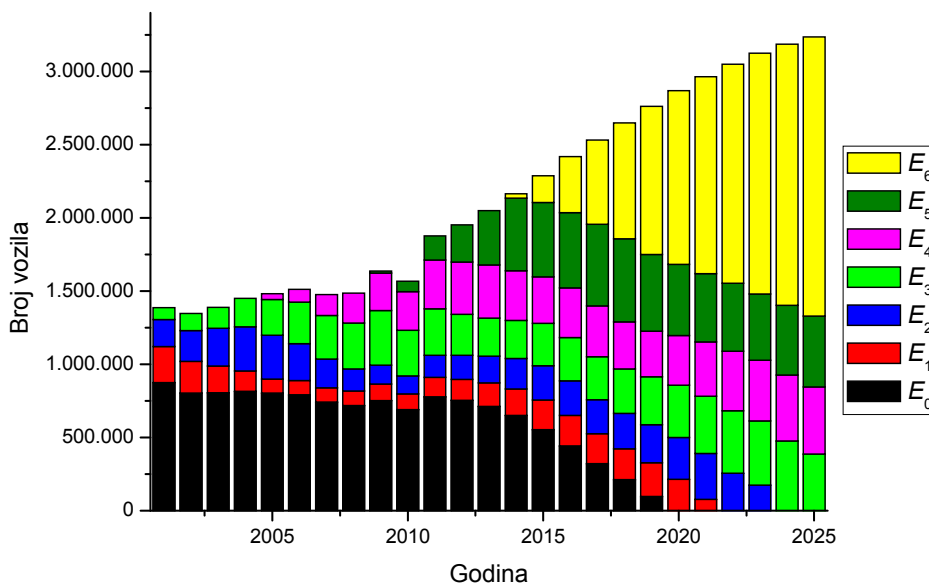
Broj vozila u pojedinačnim grupama starosti vozila, E_0, E_1, \dots, E_6 (grupe date u tabeli 1.5.), za svaku godinu pojedinačno, izračunat je upotrebom algoritma datog na slici 3.2. u dodatku. Vrednosti A, B, C i D u algoritmu su vrednosti parametara iz istoimenih kolona preuzetih iz tabele 3.12. (dodatak) za određenu godinu. Pretpostavka u algoritmu je da je 2001. godine

najstarije vozilo u Srbiji imalo 35 godina, ..., dok će 2025. godine najstarije vozilo imati 15 godina.



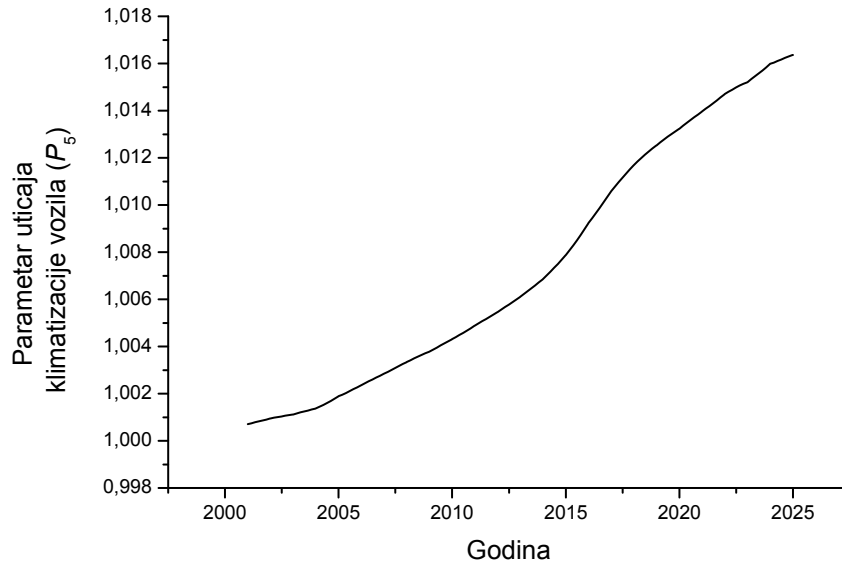
Slika 1.24. Predviđanje kretanja broja vozila u Srbiji prema starosnim grupama (2001-2025. godina).

Implementacijom algoritma dobijaju se vrednosti $V_{El,j}$ koje su prikazane u tabeli 3.13. (u dodatku) i grafički na slici 1.25.



Slika 1.25. Predviđanje kretanja broja vozila u Srbiji u periodu 2001-2025. godina prema grupama starosti E_0-E_6 (iz tabele 1.5.).

Definisanjem svih parametara iz jednačine 1.6 može se izračunati broj klimatizovanih vozila u Srbiji, a samim tim i faktor uticaja korišćenja klima uređaja, jer je prethodno već izračunat ukupan broj registrovanih vozila. Slika 1.26. prikazuje kretanje parametra uticaja korišćenja klima uređaja u Srbiji u periodu od 2001. godine do 2025. godine, a u tabeli 3.14. (u dodatku) prikazani su rezultati za svaku godinu pojedinačno.



Slika 1.26. Kretanje parametra uticaja rasprostranjenosti korišćenja klima uređaja u vozilima u Srbiji (2001-2025. godina).

1.1. Rezultati i diskusija

Kako za Srbiju ne postoje dugoročnije prognoze razvoja potrošnje motornih goriva, u tom smislu i izrada modela prezentiranog u ovom radu jeste pokušaj „izrade alata“ koji bi i u budućnosti mogao da pruži odgovor na ovo pitanje.

U literaturi se navodi da zemlje sa srednjom visinom prihoda prate linearnu regresiju, a kako se visina prihoda povećava dolazi do blagog zasićenja potrošnje energije. Srbija je danas tipična srednje razvijena zemlja. Smatra se da će u budućnosti BDP Srbije beležiti umereno visok rast, koji bi se kretao od 3 % u 2012. godini pa do 5 % u periodu nakon 2014. godine (slike 1.4. i 1.5.). Ovakav rast bi imao za posledicu da BDP_{PKMpc} u 2025. godini ima vrednost od oko 25.000 USD. Po sadašnjim merilima se industrijski razvijenim zemljama smatraju one sa BDP_{PKMpc} većim od 30.000 USD. Shodno tome, u 2025. godini bi Srbija i dalje bila svrstana u kategoriju srednje razvijenih zemalja, doduše onih sa visokim prihodima. Drugim rečima, model baziran na linearnoj međuzavisnosti bi i dalje bio primenljiv.

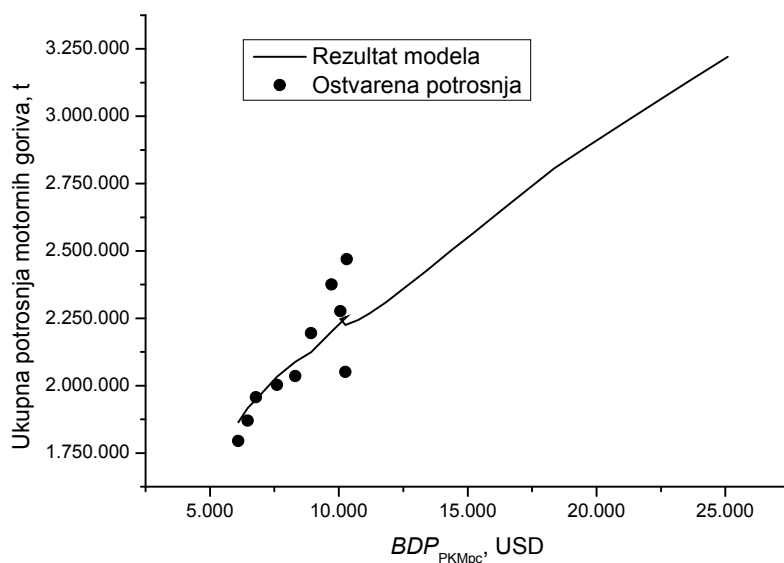
Rezultati modelovanja koji će biti prezentovani u nastavku teksta obuhvataju ukupnu potrošnju motornih goriva, kao i pojedinačnu potrošnju sledećih naftnih derivata: dizel goriva, motornog benzina i automobilskog TNG-a. Model je koncipiran da daje rezultate za vremenski period 2001-2025. godina, dok je period 2001-2010. godina, za koji postoje statistički podaci o potrošnji derivata, korišćen kao kontrolni period za validaciju modela.

1.1.1. Ukupna potrošnja motornih goriva u Srbiji

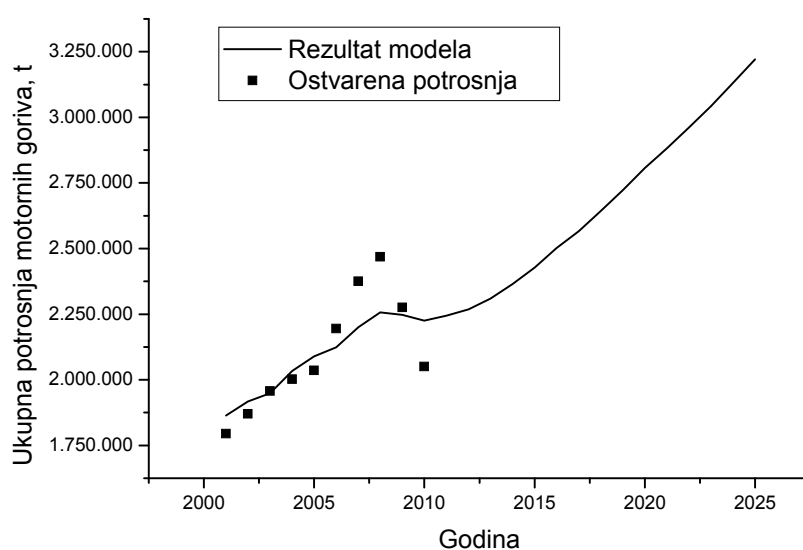
Determinisanjem svih pet uticajnih parametara u jednačini modela potrošnje motornih goriva (jednačina 1.2) moguće je istu jednačinu rešiti. Rešenja se mogu predstaviti u funkciji BDP_{PKMpc} -a, ali i u funkciji vremena, u vremenskom intervalu od 2001. godine pa do 2025. godine. Oba ova pristupa grafički su prikazana na slikama 1.27. i 1.28.

Rezultati modela za ukupnu potrošnju motornih goriva pokazuju da će potrošnja u periodu do 2025. godine u Srbiji rasti, ali sa tendencijom veoma blagog zasićenja.

U periodu do 2009. godine i intenziviranja globalne ekonomske krize, ukupna potrošnja motornih goriva u Srbiji u transportnom sektoru je rasla po prosečnoj godišnjoj stopi od 4,7 %. Ostvareni rast je bio 37,6 %, sa 1,79 Mt na 2,47 Mt, od 2001. godine do 2009. godine, redom. Od 2009. godine pa do 2011. godine potrošnja opada po prosečnoj godišnjoj stopi od 8,9 %. Sagledavajući samo taj period, najniža godišnja potrošnja motornih goriva dostignuta je 2010. godine, kada je iznosila 2,05 Mt.



Slika 1.27. Prikaz rezultata modela potrošnje motornih goriva u transportnom sektoru u Srbiji u funkciji BDP_{PKMpc} -a.



Slika 1.28. Prikaz rezultata modela potrošnje motornih goriva u transportnom sektoru u Srbiji u funkciji vremena.

Period ponovnog rasta potrošnje motornih goriva opet se uspostavlja nakon 2011. godine i tendencija rasta se održava sve do 2025. godine, sa prosečnom godišnjom stopom rasta od 3,1 %. Naravno, u prvim godinama oporavka tržišta rast potrošnje će biti nešto skromniji, na prosečnom godišnjem nivou od oko 1,5 %; tek posle 2015. godine slediće period

uspostavljanja potpuno razvijene tendencije rasta. Ukupni porast potrošnje u periodu 2011-2025. godina će iznositi oko 57 %.

Sagledavajući celokupni posmatrani vremenski period, od 2001. godine pa do 2025. godine, ukupna potrošnja motornih goriva u Srbiji će se povećati za 79,5 %, sa 1,79 Mt na 3,22 Mt, redom. Na godišnjem nivou to bi značilo prosečno povećanje od 2,2 %. Iznosi potrošnje motornih goriva po modelu u transportnom sektoru u Srbiji, u svakoj godini pojedinačno tokom vremenskog intervala 2001-2025. godina, prikazani su u tabeli 3.15. u dodatku.

Korelacionom statističkom analizom ostvarenih rezultata potrošnje motornih goriva i rezultata koje daje model dobija se da je koeficijent korelacije jednak 0,88, što predstavlja veoma jaku pozitivnu korelaciju. Da bi se proverilo koliko je dobar model, izračunat je i koeficijent determinacije i prilagođeni koeficijent determinacije, koji predstavljaju meru tačnosti predviđanja modela. R^2 ima vrednost 0,77, a \bar{R}^2 iznosi 0,74, što takođe potvrđuje dobru reprezentativnost modela potrošnje motornih goriva.

1.1.2. Potrošnja motornih goriva pojedinačno u Srbiji

Model (jednačina 1.2.) daje rezultate za ukupnu potrošnju motornih goriva, ali ne i za individualnu potrošnju derivata ponaosob.

Individualna potrošnja motornih goriva se dobija na osnovu izvedene relacije za odnos potrošnje benzinskih i dizel goriva u periodu 2010-2025. godina i procene potrošnje TNG-a, u istom vremenskom periodu; ako se zna da je ukupna potrošnja svih derivata jednaka zbiru potrošnji derivata pojedinačno. To znači da se pojedinačna potrošnja naftnih derivata dobija rešavanjem sledećeg sistema jednačina.

$$C_b/C_d = f(j) \quad (1.10.)$$

$$C_{TNG} = f'(j) \quad (1.11.)$$

$$C_{uk} = C_b + C_d + C_{TNG} \quad (1.12.)$$

gde su:

C_b – potrošnja benzinskih goriva,

C_d – potrošnja dizel goriva,

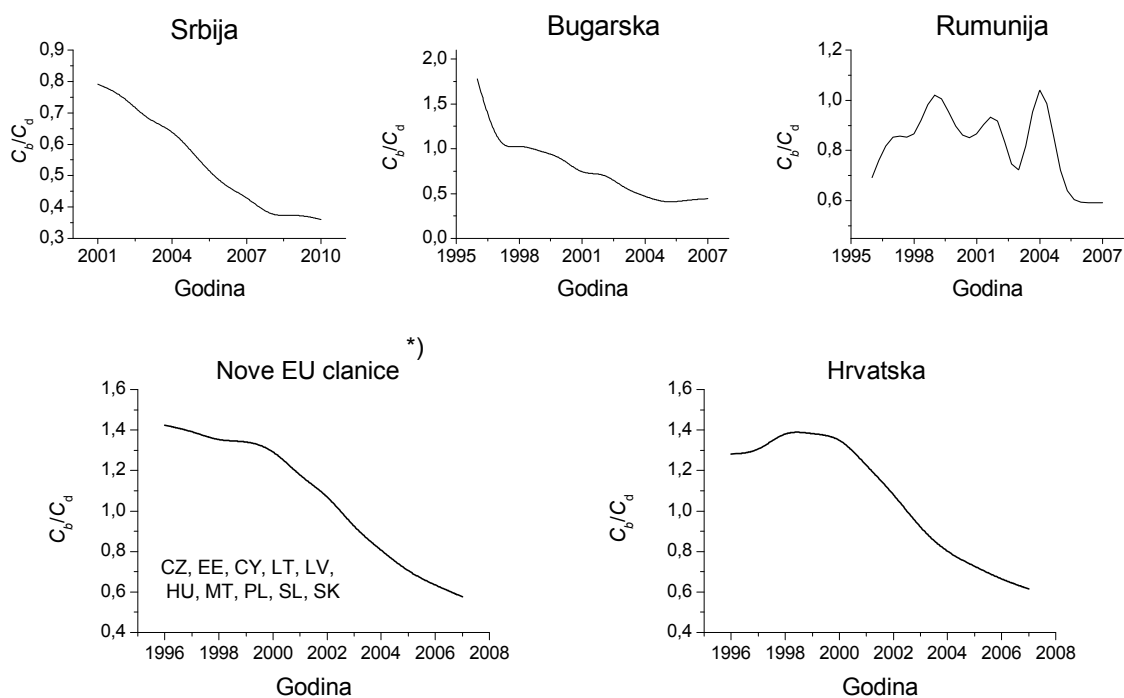
C_{TNG} – potrošnja TNG-a.

Da bi vrednosti C_b , C_d i C_{TNG} bile izračunate, potrebno je bilo rešiti sistem jednačina 1.10.-1.12. Prvi korak u rešavanju sistema jednačina je bilo definisanje funkcija $f(j)$ i $f'(j)$.

1.1.2.1. Definisane funkcije odnosa potrošnje benzinskih i dizel goriva - $f(j)$ funkcija

Odnos potrošnje benzinskih i dizel goriva se u Evropi intenzivno prati poslednjih nekoliko decenija [17]. Analizom tih podataka se može zaključiti da većina zemalja ima sličan trend relacije potrošnje benzinskih i dizel goriva [19, 26-27]. Početkom poslednje decenije dvadesetog veka C_b/C_d odnos je iznosio oko 2,5; nakon toga počinje “dizelizacija evropskog tržišta”, da bi poslednjih godina taj odnos iznosio oko 0,4 [17]. Analizirani podaci i literaturni navodi pokazuju da korelacija odnosa potrošnje benzinskih i dizel goriva u Evropi ima oblik opadajuće Sigmoidalne funkcije [67-68].

Da bi se predvideo razvoj odnosa potrošnje benzinskih i dizel goriva u Srbiji u posmatranom periodu analizirani su podaci RZS Srbije i podaci nekih država pogodnih za komparativnu analizu. Kao komparativne države su razmatrane one koje su prošle društvenu tranziciju koju Srbija prolazi i imaju, ili su imale, sličan socio-saobraćajni razvoj kao Srbija. Prema tim kriterijumima odabrane su: Hrvatska i nove EU članice, Bugarska, Rumunija, Mađarska, Češka, Estonija, Litvanija, Letonija, Slovenija, Slovačka, Kipar, Poljska i Malta.



*) U vreme prikupljanja rezultata Bugarska, Rumunija i Hrvatska nisu bile članice EU.

Slika 1.29. Odnos potrošnje benzinskih i dizel goriva u Srbiji i nekim evropskim zemljama.

Dostupni podaci za Srbiju su ostvareni u periodu 2001-2010. godina [15], a u ostalim evropskim zemljama u periodu 1996-2007. godina [17]. Zajedničko za sve posmatrane zemlje i Srbiju je povećanje udela potrošnje dizel goriva u posmatranim vremenskim periodima. Sa slike 1.29. se vidi da C_b/C_d odnos u Srbiji ide od 0,79 do 0,36; u Hrvatskoj od

1,28 do 0,61; u Bugarskoj od 1,78 do 0,45; u Rumuniji od 0,69 do 0,59; u Mađarskoj od 1,58 do 0,60; i u svim ostalim novim članicama EU prosečno gledano taj odnos ide od 1,42 do 0,58. Zanimljiv je razvoj C_b/C_d u Rumuniji, iako posmatrajući ceo period ima opadajuću tendenciju, kriva ima izgled stohastičke raspodele, te stoga, rumunski podaci neće biti uzimani u dalje razmatranje.

Analizirajući ostvarene rezultate za Srbiju, Hrvatsku i nove članice EU zaključuje se da njihov razvoj C_b/C_d ima oblik Bolcmanove sigmoidalne krive. Kroz ostvarene rezultate u Srbiji konstruisana je kriva koja se najbolje slaže sa priloženim podacima, grafički prikaz krive dat je na slici 1.30., a matematička funkcija ima oblik:

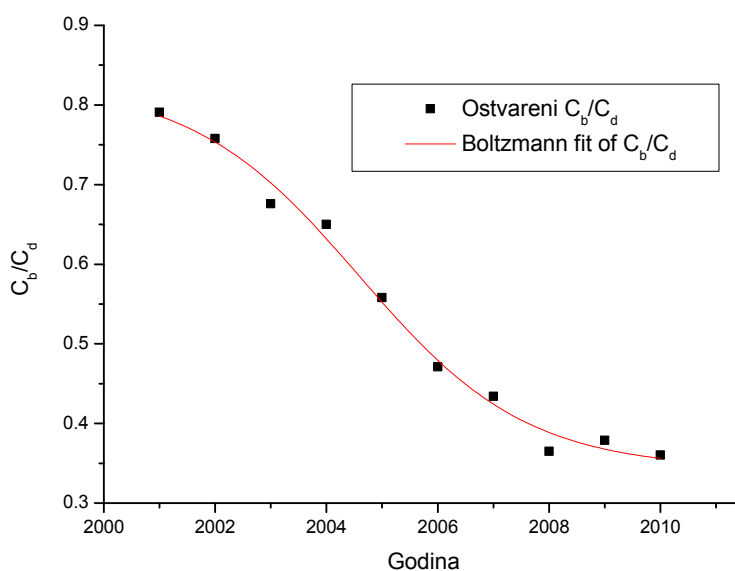
$$f(j) = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(j-x_0)/dx}} + A_2 \quad (1.13.)$$

gde su:

parametar	vrednost	greška
A_1	0,828	$\pm 0,040$
A_2	0,336	$\pm 0,026$
x_0	2.004,638	$\pm 0,305$
dx	1,534	$\pm 0,321$

Koeficijent determinacije, $R^2 = 0,99$ i

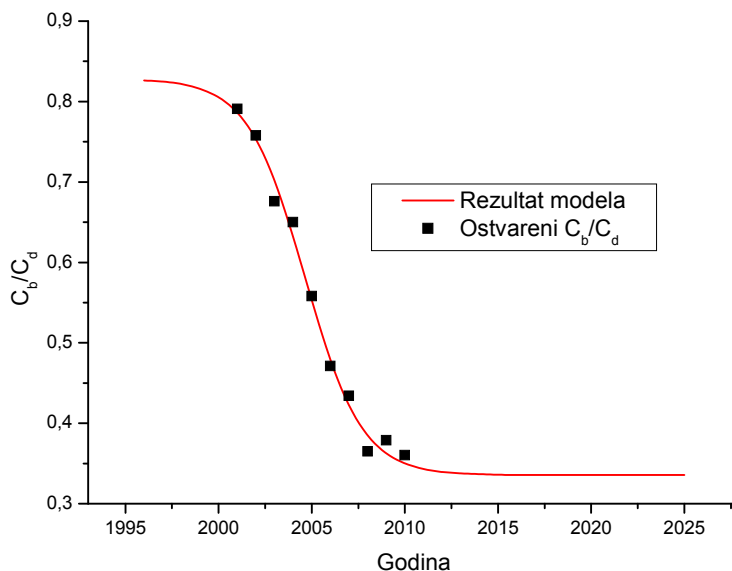
prilagođeni koeficijent determinacije, $\bar{R}^2 = 0,99$.



Slika 1.30. Izgled konstruisane krive koja se najbolje slaže sa priloženim ostvarenim podacima relacije C_b/C_d u Srbiji (period 2001-2010. godina).

Koeficijent determinacije u iznosu od 0,99 pokazuje izuzetno značajno slaganje ostvarenih i fitovanih podataka, što daje za pravo da se jednačina 1.13. koristi i za predviđanje rezultata u

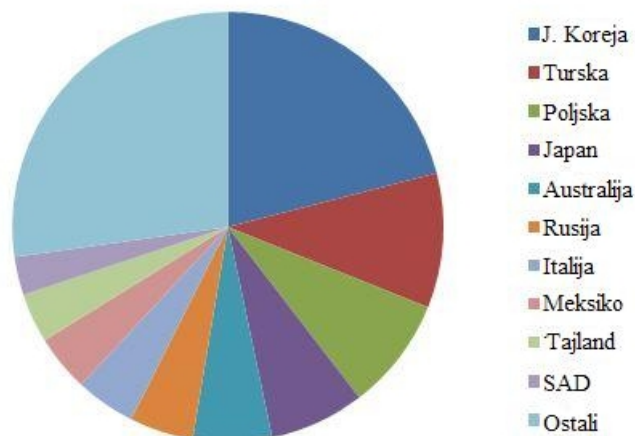
nešto širem vremenskom intervalu. Rešenje jednačine u vremenskom intervalu od 1995. godine do 2025. godine prikazano je na slici 1.31.; zajedno sa njima prikazani su i ostvareni rezultati u Srbiji u periodu 2001-2010. godine, poređenja radi. Iznosi odnosa C_b/C_d u svakoj godini pojedinačno mogu se videti u tabeli 3.15. u dodatku.



Slika 1.31. Prikaz rezultata modela odnosa potrošnje benzinskih i dizel goriva u Srbiji, sa ucrtanim ostvarenim rezultatima u periodu 2001-2010. godina.

1.1.2.2. Definisane funkcije potrošnje TNG-a - $f'(j)$ funkcija

Potrošnja TNG-a u celom svetu u poslednih dve decenije raste i u 2009. godini je dostigla 22,9 Mt, što je, na primer, za 50 % više nego u 2000. godini [69]. Međutim, zanimljiva je svetska raspodela potrošnje (slika 1.32.), gde razvijene zemlje Zapadne Evrope i SAD troše zanemarljive količine TNG-a u transportu. Sledećih pet država su najveći svetski potrošači TNG-a u saobraćaju: Južna Koreja, Turska, Poljska, Rusija i Italija. Njihova zbirna potrošnja je veća od potrošnje svih ostalih zemalja na svetu. U Turskoj od ukupne količine potrošenog motornog goriva oko 18 % pripada TNG-u, u Južnoj Koreji oko 17 %, u Poljskoj oko 12 %, Alžiru oko 6 %, Tajlandu i Australiji oko 5 %, Italiji i Holandiji oko 3 %; a u Rusiji, Japanu i Meksiku oko 2,5 %. Udeo TNG-a u ukupnoj potrošnji motornih goriva u ostalim zemaljama je uglavnom mali, <1 % [70].



Slika 1.32. Globalna raspodela potrošnje TNG-a u saobraćaju u 2008. godini.

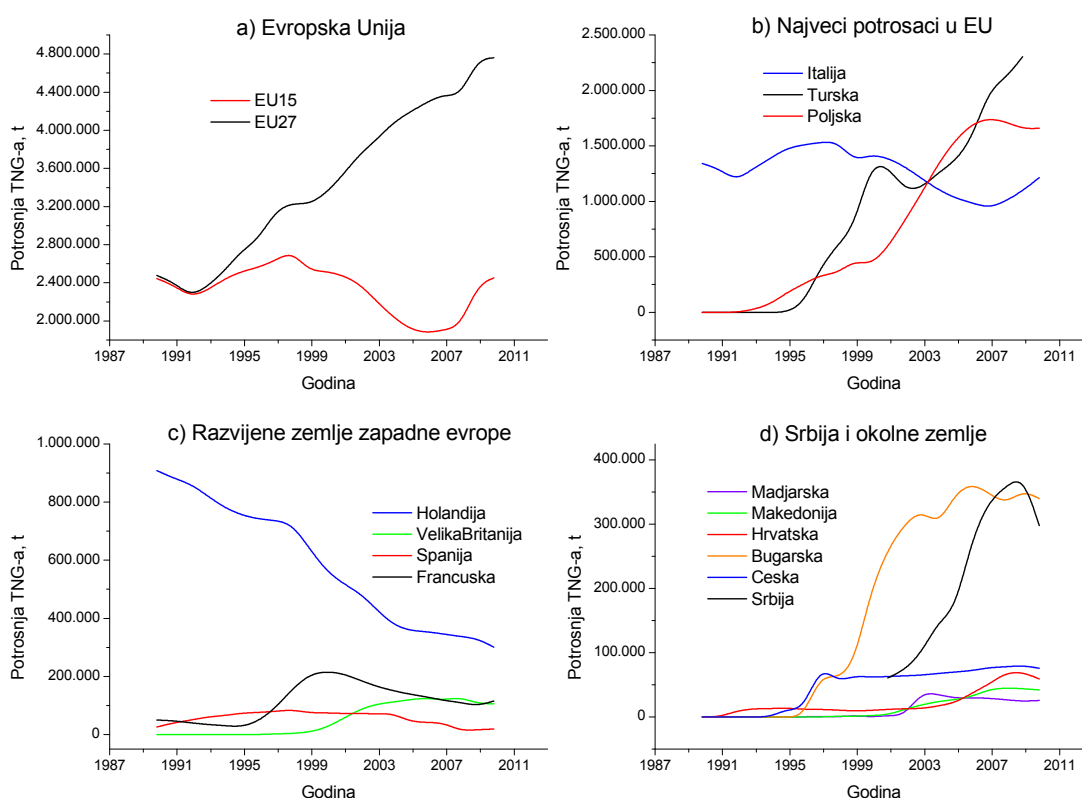
Potrošnja TNG-a u Srbiji u transportu poslednjih godina dostiže 15 % od ukupne potrošnje motornih goriva, što je svrstava u red zemalja sa najvećim učešćem u potrošnji. Međutim, takav trend je prisutan od 2006. godine; pre toga je i u Srbiji potrošnja TNG-a bila značajno manja, prosečno oko 5 %. Još je zanimljivije da je pre 1990. godine potrošnja TNG-a u saobraćajnom sektoru bila gotovo zanemarljiva.

Usled velike nepredvidivosti tržišta TNG-a (nagli veliki rast potrošnje) i različitog ponašanja tržišta u različitim državama (različita poreska i akcizna politika, različiti socio-ekonomski-saobraćajni faktori, ...), u cilju predviđanja potrošnje TNG-a u Srbiji u narednom periodu korišćena je, takođe, analogija sa nekim uporedivim zemljama. Generalni trend u zemljama Zapadne Evrope je stagnacija potrošnje TNG-a, a u literaturi se daje da će se takav trend i u budućnosti održati [19, 49]. Sa druge strane, okolne države, kao i Srbija, koje pripadaju grupi država sa srednjim prihodima [9], još uvek nisu ušli u fazu zasićenja potrošnje TNG-a. Može se izvesti i generalni zaključak da u velikom broju zemalja sa srednjim prihodima potrošnja TNG-a još nije ušla u zasićenu fazu. Dok u razvijenim državama sa visokim prihodima potrošnja stagnira već duže/kraće vreme, s'tim da su i one prošle kroz fazu rasta/intenzivnog rasta potrošnje. Izuzetak od ovog pravila su sledeće države sa visokim prihodima: Italija, J. Koreja i Japan, kod kojih postoje specifični motivi za veliku potrošnju TNG-a. [10, 27, 56, 69]

Analiza statističkih podataka o ostvarenoj potrošnji TNG-a u prošlosti u Evropi, prikazana na slici 1.33., pokazuje [17]:

- a) Da „stare“ EU članice (EU-15) imaju izraženu tendenciju smanjenja potrošnje TNG-a; one su fazu zasićenja potrošnje prošle sredinom 2000-tih godina. Međutim, poslednjih godina vidljiva je tendencija ponovnog oživljavanja tržišta TNG-a (posle 2008. godine i velikog skoka cena sirove nafte i maloprodajnih cena motornih goriva). Kada je u pitanju cela EU sa svih 27 (EU-27) država prisutan je trend stalnog povećanja potrošnje TNG-a. To se objašnjava pristupanjem EU većeg broja država koje su imale prihode srednje visine, a potrošnja TNG-a im još nije ušla u fazu zasićene potrošnje.

- b) Italiju, Poljsku i Tursku, najveće potrošače TNG-a u Evropi, ujedno ove tri države spadaju i među pet najvećih svetskih potrošača. Kod njih je prisutna tendencija rasta potrošnje, osim u Italiji gde je potrošnja na jednom konstantnom nivou već poslednjih 20-tak godina. Ne treba zaboraviti da od ovih zemalja jedino Italija spada u grupu razvijenih zemalja sa visokim prihodima i da je njeno tržište TNG-a razvijeno, tj. zasićeno.
- c) Neke razvijene države Zapadne Evrope koje imaju visoke prihode. Kod svih je prisutan trend, ako ne zasićenosti tržišta, onda čak pada potrošnje.
- d) Srbiju i neke okolne zemlje, koje spadaju, ili su spadale, u grupu zemalja sa srednjim prihodima. U njihovom slučaju jasno je prisutan trend naglog rasta i kasnijeg zasićenja potrošnje.



Slika 1.33. Prikaz istorijskog kretanja potrošnje TNG-a u: a) EU; b) najvećim potrošačima u EU; c) nekim zapadno-evropskim državama sa visokim prihodima i d) Srbiji i okolnim zemljama.

Na osnovu analize podataka grafički prikazanih na slici 1.33. zaključuje se da razvoj potrošnje TNG-a ima tri faze:

- Prvu čini upoznavanje tržišta sa „novim“ gorivom i mala stabilna potrošnja.
- Drugu fazu predstavlja masovno prihvatanje goriva od strane tržišta i nagli skok potrošnje.
- Treću fazu predstavlja zasićenje tržišta TNG-om, koje kao rezultat ima zasićenje potrošnje, ili čak opadanje potrošnje.

Generalno, do sličnog zaključka je došao i Mekkej (*McKay*) u svom radu, gde zavisnost potrošnje TNG-a od *BDP*-a po glavi stanovnika modeluje logističkom krivom [71]. Takav model za potrošnju TNG-a je usvojen i u slučaju Srbije.

Kroz dostupne ostvarene podatke za potrošnju TNG-a u Srbiji u periodu 2001-2010. godina konstruisana je sigmoidalna logistička kriva [57] koja sa njima ima najbolje slaganje, a matematička funkcija je prikazana jednačinom 1.14.

$$f'(j) = \frac{a}{1+e^{-k \cdot (j-x_c)}} \quad (1.14.)$$

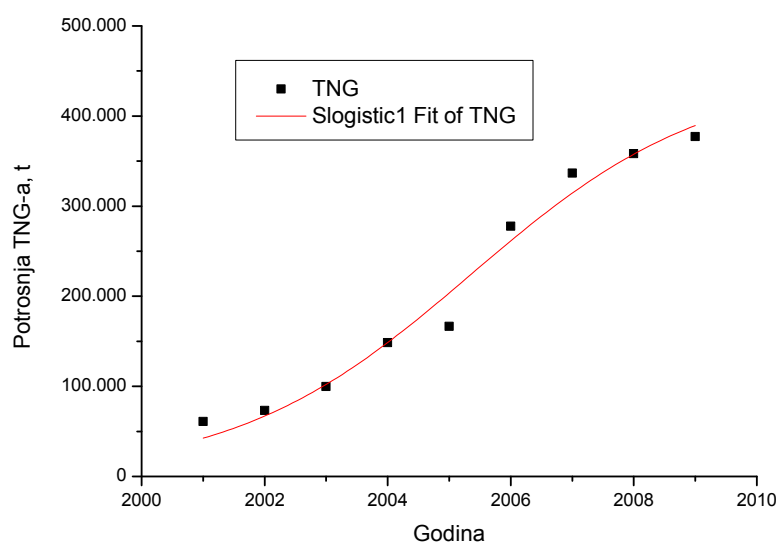
gde su:

parametar	vrednost	greška
a	448.165,55	$\pm 50.865,70$
x_c	2.005,35	$\pm 0,58$
k	0,5186	$\pm 0,0908$

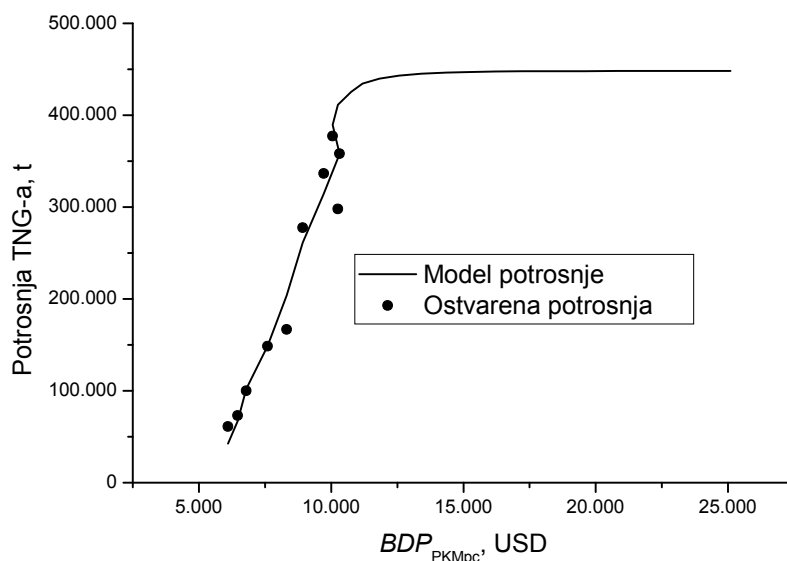
Koeficijent determinacije, $R^2 = 0,97$ i

prilagođeni koeficijent determinacije, $\bar{R}^2 = 0,97$.

Grafički prikaz konstruisane krive koja se najbolje slaže sa ostvarene podacima potrošnje TNG-a u Srbiji u periodu 2001-2009. godina dat je na slici 1.34. Prilagođeni koeficijent determinacije za ovu korelaciju u iznosu od 0,97 pokazuje izuzetno pozitivno slaganje ostvarenih i fitovanih podataka, što implicira da se jednačina 1.14. može koristiti i za korektno predviđanje rezultata u nešto širem vremenskom intervalu. Rezultati modela potrošnje TNG-a u vremenskom intervalu od 2001. godine do 2025. godine prikazani su na slici 1.35.



Slika 1.34. Izgled konstruisane krive koja se najbolje slaže sa ostvarenim podacima potrošnje TNG-a u Srbiji u periodu 2001-2009. godine.



Slika 1.35. Prikaz rezultata modela potrošnje TNG-a u Srbiji, sa ucrtanim ostvarenim rezultatima potrošnje u periodu 2001-2010. godina.

Od svih motornih goriva jedino će potrošnja TNG-a imati stalnu tendenciju rasta u gotovo celom posmatranom periodu. Jedini izuzetak je 2010. godina, koja je za sada označena kao godina sa vrhuncem globalne ekonomske krize, kada je potrošnja TNG-a bila niža nego prethodne godine za, čak, 21 % i iznosila je 298 Kt.

Potrošnju TNG-a u Srbiji karakteriše trend značajnog rasta u periodu od 2001. godine pa do 2012. godine, a nakon toga sledi izražen period zasićenja potrošnje. Izuzevši ostvarenje potrošnje u 2010. godini, u periodu intenzivnog rasta potrošnje prosečna godišnja stopa je iznosila 24,5 %. S'tim da već od 2008. godine rast potrošnje usporava na prosečan godišnji nivo od oko 5,1 %; dok je u prvom delu intenzivnog rasta, pre 2008. godine, prosečni godišnji rast je iznosio, čak, 34,2 %. Pad potrošnje u 2010. godini je iznosio 79 Kt, što predstavlja najveću godišnju relativnu fluktuaciju jednog motornog goriva u Srbiji.

Nakon 2012. godine rast potrošnje TNG-a će značajno usporiti, a pred kraj posmatranog perioda ga gotovo i neće biti, što jasno govori o ulasku u izraženi period zasićenja potrošnje, u kojem se razvijene evropske zemlje nalaze već više godina. Prosečni godišnji rast u ovom periodu će biti na nivou od oko 0,5 %, s'tim da će već od 2020. godine biti zanemarljiv.

Sagledavajući ceo vremenski interval, od 2001. godine do 2025. godine, potrošnja TNG-a u Srpskom transportnom sektoru će se povećati za oko 635 %, sa 61 Kt na 448 Kt. Prosečno godišnje to povećanje će iznositi 8,5 %. Iznosi potrošnje TNG-a u Srbiji u svakoj godini pojedinačno mogu se videti u tabeli 1.17. u dodatku.

1.1.2.3. Izračunavanje potrošnje benzinskih i dizel goriva – rešenje sistema jednačina 1.10.-1.12.

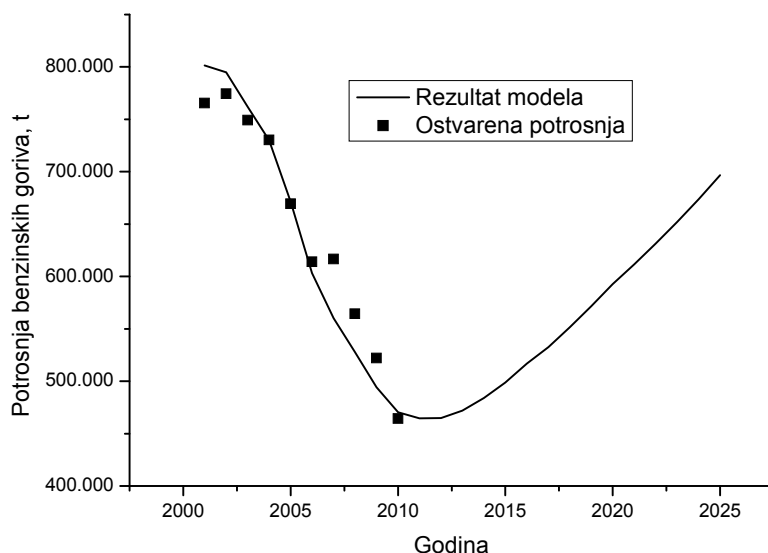
Definisanjem funkcija $f(j)$ i $f'(j)$ moguće je jednostavnim matematičkim manipulacijama rešiti sistem jednačina 1.10.-1.12., gde rešenje sistema predstavlja količine potrošenih benzinskih i dizel goriva u Srbiji u periodu od 2001. godine pa do 2025. godine:

$$C_d = \frac{C_{uk} - f'(j)}{1 + f(j)} \quad (1.15.)$$

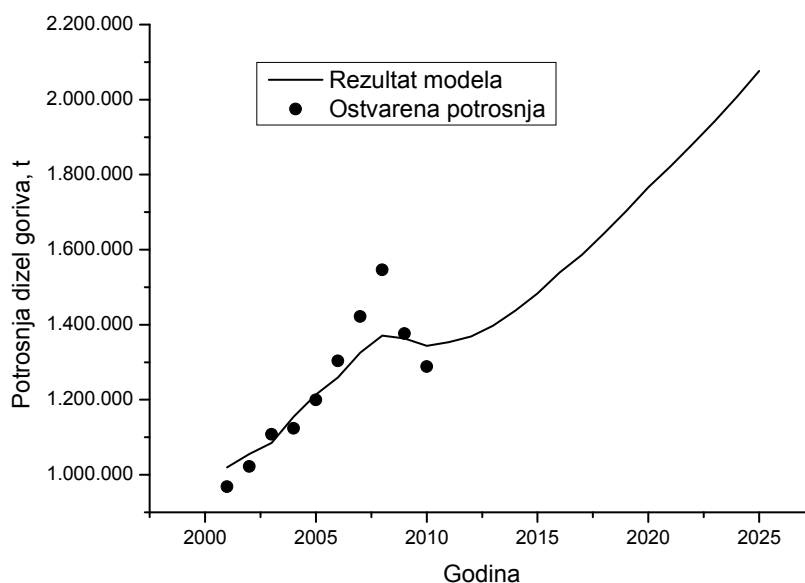
$$C_b = C_{uk} - f'(j) - C_d \quad (1.16.)$$

Slike 1.36. i 1.37. prikazuju grafičko rešenje jednačina 1.15. i 1.16., to jest, potrošnju benzinskih i dizel goriva u Srbiji u periodu 2001-2025. godina. Na slikama je ucrtana i ostvarena potrošnja tih goriva u periodu 2001-2010. godina, da bi se kvalitet dobijenih modelovanih podataka mogao i vizuelno uporediti.

Korelacionom statističkom analizom ostvarenih rezultata potrošnje benzinskih i dizel goriva i rezultata koje daje model, dobija se da koeficijent korelacije za dizel goriva iznosi 0,94, a za benzinska goriva 0,98, što predstavlja veoma jaku pozitivnu korelaciju i za jedno i za drugo gorivo. Da bi se proverio kvalitet modela izračunat je i koeficijent determinacije i prilagođeni koeficijent determinacije. R^2 za dizel i benzinska goriva imaju vrednosti 0,90 i 0,97, redom; a \bar{R}^2 iznosi 0,88 i 0,96, redom. Ove vrednosti koeficijenata determinacije i prilagođenog koeficijenta determinacije potvrđuju, takođe, značajnu reprezentativnost modela koji daje rezultate za potrošnju i jednog i drugog motornog goriva.



Slika 1.36. Prikaz rezultata modela potrošnje benzinskih goriva u Srbiji sa ucrtanim ostvarenim rezultatima potrošnje u periodu 2001-2010. godina.



Slika 1.37. Prikaz rezultata modela potrošnje dizel goriva u Srbiji sa ucrtanim ostvarenim rezultatima potrošnje u periodu 2001-2010. godina.

Potrošnja dizel goriva pokazuje veoma sličnu tendenciju razvoja potrošnje kao ukupna potrošnja motornih goriva. Kao i kod ukupne potrošnje motornih goriva i kod ovog goriva period do 2009. godine karakteriše intenzivniji rast potrošnje, zatim sledi u narednih dve godine stagnacija tržišta i na kraju od 2011. godine oporavak.

U periodu 2001-2009. godina potrošnja dizel goriva se povećavala po prosečnoj godišnjoj stopi od oko 7 %, sa 968 Kt u 2001. godini, na 1,55 Mt u 2008. godini. U istom periodu kao i kod ukupne potrošnje motornih goriva (2009-2011. godina) potrošnja opada, gde prosečna godišnja stopa smanjenja iznosi 8,7 %.

Nakon 2011. godine evidentan je oporavak potrošnje dizel goriva, najpre umerenim trendom do 2014. godine, a kasnije i nešto intenzivnije. U periodu laganog oporavka prosečna godišnja potrošnja će se povećavati za oko 1,3 %, da bi posle 2014. godine ona iznosila oko 3,4 %. U periodu 2011-2025. godina porast potrošnje dizel goriva u transportnom sektoru u Srbiji će iznositi oko 61 %, ili prosečno 3,1 % godišnje.

Sagledavajući celokupni vremenski period od 2001. do 2025. godine potrošnja dizel goriva u transportnom sektoru u Srbiji će se povećati za oko 115 %, sa 0,97 Mt na 2,08 Mt, ili prosečno 3,1 % godišnje.

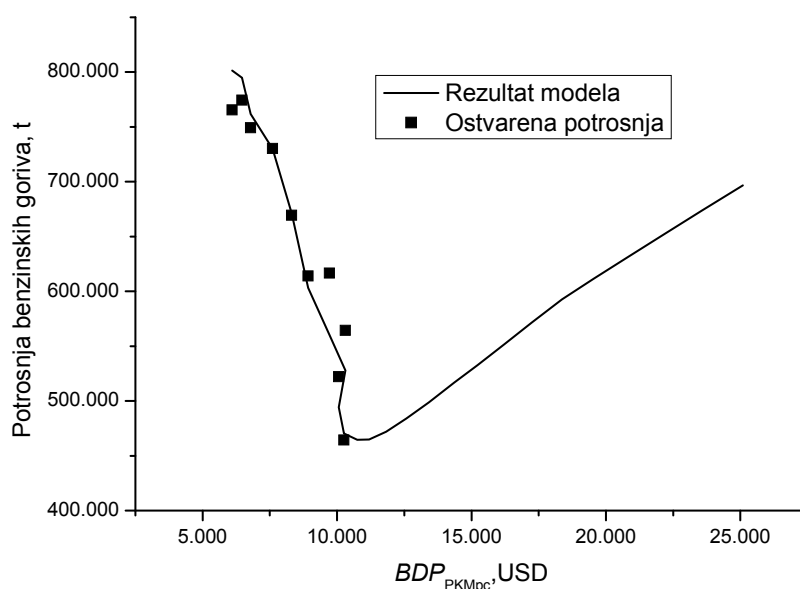
Potrošnje benzinskih goriva, ali i TNG-a, ima u odnosu na ukupnu potrošnju motornih goriva i dizel goriva bitno različit trend. Benzinska goriva imaju jasno izražen duži trend opadanja potrošnje i kasnije gotovo simetričan trend rasta, dok je trend potrošnje TNG-a skoro u svakoj godini pozitivan. Kriva potrošnje motornih benzina bi mogla najjednostavnije vizuelno da se opiše izgledom latiničnog slova „v“.

Tržište benzinskih goriva u periodu od 2001. godine pa do 2011. godine karakteriše izražen trend smanjenja potrošnje, gde prosečno godišnje smanjenje iznosi oko 5,3 %. Zanimljivo je da je smanjenje potrošnje benzinskih goriva, u periodu globalne ekonomske krize (2008-2011. godina), bilo veće nego inače. U kriznim godinama potrošnja se smanjivala prosečno godišnje za oko 9,3 %, naspram smanjenja od oko 4,2 % pre krize. Kulminacija smanjenja potrošnje benzinskih goriva u Srbiji se desila 2010. godine, kada je zabeležena i najniža ukupna potrošnja od 464 Kt.

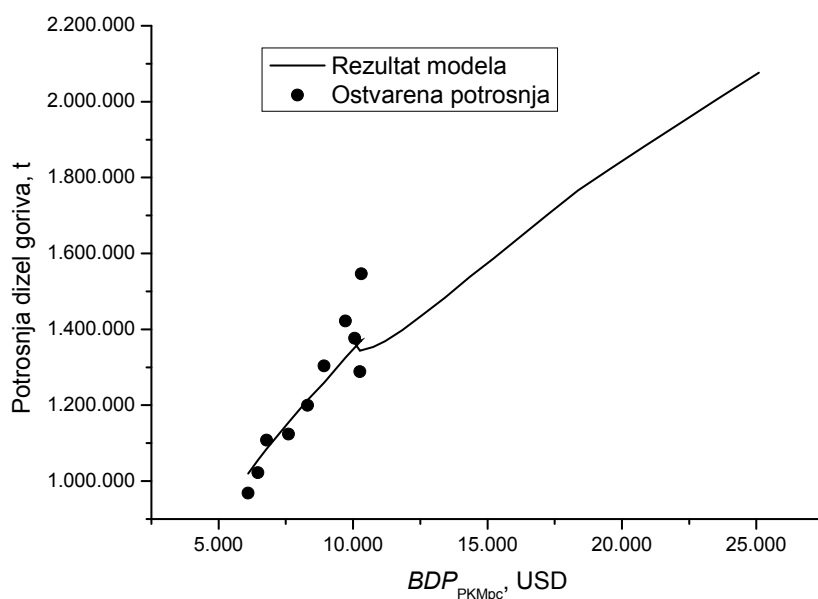
Period od 2010. do 2014. godine karakteriše stagnacija opadanja potrošnje benzinskih goriva i veoma lagan početak oporavka tržišta. Godišnje vrednosti potrošnje u ovom periodu su gotovo konstantne i na nivou su oko 468 Kt. Oporavak tržišta benzinskih goriva i rast potrošnje u periodu nakon 2014. godine (drugi krak „v“ krive) imaće laganiji trend nego što je bio trend opadanja potrošnje u prethodnom periodu. Prosečan godišnji rast potrošnje u periodu oporavka iznosiće oko 3,3 %.

U celom vremenskom periodu od 2001. do 2025. godine potrošnja benzinskih goriva u transportnom sektoru u Srbiji će se smanjiti za oko 9 %, sa 765,4 Kt na 696,7 Kt, ili prosečno 0,3 % godišnje. Iznosi potrošnje benzinskih i dizel goriva u svakoj godini pojedinačno mogu se videti u tabeli 3.18. u dodatku.

Na sledećim slikama (1.38. i 1.39.) prikazan je razvoj potrošnje benzinskih i dizel goriva u Srbiji po modelu, ali sada u funkciji promene BDP_{PKMpc} -a.



Slika 1.38. Prikaz rezultata modela potrošnje benzinskih goriva u Srbiji u funkciji promene BDP_{PKMpc} , sa ucrtanim ostvarenim rezultatima potrošnje.



Slika 1.39. Prikaz rezultata modela potrošnje dizel goriva u Srbiji u funkciji promene BDP_{PKMpc} , sa ucrtanim ostvarenim rezultatima potrošnje.

Promene potrošnje motornih goriva u Srbiji u transportnom sektoru u vremenskim razmacima od po pet godina, prikazane su u tabeli 1.7.

Tabela 1.7. Promene potrošnje motornih goriva u Srbiji u vremenskim razmacima od po pet godina.

Godina	BDP_{PKMpc} (USD)	Promena, %	C_{TNG} (000 t)	Promena, %	C_d (000 t)	Promena, %	C_b (000 t)	Promena, %	C_{uk} (000 t)	Promena, %
2001	6.100	-	61,0	-	968,1	-	765,4	-	1.794,5	-
2005	8.315	36,3	166,7	173	1.199,3	23,9	669,3	-12,6	2.035,3	13,4
2010	10.252	23,3	298,1	78,8	1.288,5	7,4	464,3	-24,4	2.050,9	0,8
2015	13.417	30,9	445,2	49,4	1.483,4	15,1	498,6	7,4	2.427,2	18,4
2020	18.368	36,9	447,9	0,6	1.766,3	19,1	592,7	18,9	2.807,0	15,6
2025	25.096	36,6	448,2	0,1	2.076,3	17,6	696,7	17,5	3.221,2	14,8
Ukupna promena 2001-2025.:		311		635		114		-9,0		79,5

^{*)} Sivim poljima su označeni ostvareni rezultati potrošnje motornih goriva.

1.1. Zaključak

Prilikom izrade modela za predviđanje potrošnje motornih goriva kao polazna pretpostavka korišćen je zaključak većeg broja autora da između korišćenja energije i ekonomskog rasta postoji linearna regresija, koja je primenljiva prvenstveno na zemlje sa srednjom visinom prihoda, kao što je Srbija. Međutim, iako je linearna regresija pokazala dobro slaganje u vremenskom periodu 2001-2010. godina, pristupljeno je korekciji linearne zavisnosti kako bi se dobili pouzdaniji rezultati predviđanja buduće potrošnje. Uvođenje korektivnih parametra u linearnu zavisnost bilo je, sa druge strane, svrsishodno i zbog postojeće nestabilnosti na tržištu sirove nafte i naftnih derivata uslovljene globalnom ekonomskom krizom, koja je eskalirala u drugoj polovini 2008. godine i još uvek traje. Postojeća globalna ekonomska kriza ima za posledicu ne samo nepredvidivu fluktuaciju ekonomskih pokazatelja, već se ona odražava i na tržište motornih goriva. Uvedeni korektivni parametri su pokušaj da se uticaj tekućih nepredvidivih efekata krize inkorporira u linearni model.

Predloženi model je koncipiran tako da daje kvalitetne rezultate za vremenski period od 2001. godine do 2025. godine, a ostvareni rezultati potrošnje motornih goriva u periodu 2001-2010. godina korišćeni su kao kontrolni rezultati za ocenu kvaliteta modela.

Model za predviđanje ukupne potrošnje motornih goriva pokazuje da će ukupna potrošnja motornih goriva u Srbiji u periodu do 2025. godine rasti, sa blagim usporavanjem pred kraj perioda. Rast ukupne potrošnje motornih goriva je bio prekinut jedino u periodu između druge polovine 2008. i 2011. godine. U tom periodu potrošnja je opala za 16,9 %, to jest za 418 Kt. U celom vremenskom periodu, od 2001. godine pa do 2025. godine, prosečan godišnji rast potrošnje svih motornih goriva u Srbiji iznosiće 2,2 %. Takav prosečan godišnji rast dovešće do povećanja ukupne potrošnje motornih goriva sa 1,79 Mt u 2001. godini, na 3,22 Mt tokom 2025. godine.

Rezultati potrošnje dizel goriva prikazani grafički imaju veoma sličan izgled rezultatima ukupne potrošnje motornih goriva. S tim da kod dizel goriva trend potrošnje ima nešto brži uspon, prosečno godišnje će se povećavati za 3,1 %. Kao i kod ukupne potrošnje i kod ovog goriva period do 2009. godine karakteriše intenzivniji rast potrošnje, zatim sledi u narednih dve godine stagnacija tržišta i pad potrošnje od 16,7 %, i na kraju od 2011. godine oporavak. Ukupni porast potrošnje dizel goriva u celom vremenskom period iznosiće 61 %, sa 961 Kt u 2001. godini, na 2,08 Mt u 2025. godini.

Kriva potrošnje benzinskih goriva ima izgled veoma sličan latiničnom slovu „v“, shodno svom izgledu ima jedan minimum koji je ostvaren tokom 2010. godine i iznosi 464 Kt. Brzine opadanja i rasta potrošnje nisu iste. Opadanje, koje je iznosilo prosečno 4,2 % godišnje, bilo je uslovljeno izraženom dizelizacijom srpskog transportnog sektora u tom periodu, nasuprot kasnijem prosečnom godišnjem rastu od 3 %. U celom vremenskom

periodu od 2001. godine do 2025. godine potrošnja benzinskih goriva u transportnom sektoru u Srbiji će se smanjiti za oko 9 %, sa 765,4 Kt na 696,7 Kt, ili prosečno godišnje za 0,3 %.

Tržište TNG-a u će Srbiji imati klasičan evolutivni razvoj kakav se već desio u većini razvijenih zemalja u Evropi. Od svih motornih goriva jedino će potrošnja ovog goriva imati stalnu tendenciju rasta skoro u celom posmatranom periodu. Jedini izuzetak je 2010. godina, koja je za sada označena kao godina sa vrhuncem globalne ekonomske krize, kada je potrošnja TNG-a bila niža nego prethodne godine za, čak, 21 %. U vremenu intenzivnog rasta, do 2012. godine, porast potrošnje je bio veoma veliki, čak prosečno 24,5 % godišnje. Nakon 2012. godine potrošnja će ući u period zasićenja, gde će se povećavati umereno, a pred kraj perioda i zanemarljivo malo. Sagledavajući ceo vremenski interval, od 2001. do 2025. godine, prosečno godišnje povećanje će iznositi 8,5 %, što bi u celom periodu značilo povećanje za oko 635 %, sa 61 Kt na 448 Kt.

Analizirajući rezultate modela za sva motorna goriva jasno se izdvaja period 2009-2011. godina. Nije teško zaključiti da se on poklapa sa početkom i razvojem tekuće globalne ekonomske krize. Kroz ostvarenja potrošnje motornih goriva u tom periodu jasno se vidi veličina uticaja makro-ekonomskih turbulencija na tržište motornih goriva i ceo transportni sektor. To je period značajnog pada potrošnje derivata u Srbiji, ili ubrzavanja smanjenja potrošnje kod benzinskih goriva; čak je i potrošnja TNG-a u 2010. godini drastično opala, iako je do tada imala veoma pozitivan trend rasta.

Potrebno je napomenuti da je pri projekciji kretanja stope rasta realnog BDP-a u budućnosti, čak i odabrana vrednost u ovom radu od 5 % godišnje možda precenjena (MMF i vlada Republike Srbije predviđaju rast od 5,5 %). Tekuća globalna ekonomska kriza u vreme pisanja ovog rada još uvek traje i ne vide se jasne naznake njenog kraja. Na njenom početku (sredinom 2008. godine), većina relevantnih međunarodnih ekonomskih organizacija, pa i sam MMF, predviđali su manji obim i kraće trajanje kriznog perioda nago što se u realnosti pokazuje. Sve to implicira da bi trebalo biti veoma oprezan u davanju projekcija u kriznim vremenima, koja su veoma turbulentna i krajnje nepredvidiva. Ukoliko se pokaže da je usvojeni rast BDP-a u Srbiji u narednom periodu bio precenjen, to će dovesti do smanjenja potrošnje naftnih derivata nego što je modelovanjem projektovano.

II DEO

MODELOVANJE EMISIJE IZ TRANSPORTNOG SEKTORA U REPUBLICI SRBIJI

2.1. Uvod

Zagađen vazduh i dalje ostaje jedan od glavnih faktora koji određuje kvalitet života u urbanim sredinama, na taj način što povećava rizik za zdravlje ljudi i životnu sredinu. U cilju razvijanja odgovarajućih planova za upravljanje kvalitetom vazduha, neophodno je pre svega obezbediti pouzdane informacije o stepenu zagađenosti.

Planiranje adekvatnih aktivnosti vezanih za saobraćaj zahteva dugoročnu viziju „ekološkog transporta“. Vremenska perspektiva za planiranje takvih promena je duga, dvadeset i više godina. Zbog toga je potreban inventivan pristup sa pogledom na budućnost koji se bavi objedinjavanjem različitih ciljeva i prisustvom visokog nivoa neizvesnosti. Kreatori energetske i ekološke politike moraju, stoga, da odluče kako žele da se ljudi i roba transportuju u budućnosti, pri tome neophodni instrumenti u analizama su i modeli koji predviđaju ponašanje ključnih činilaca tih sektora. U tom kontekstu važno je razmatrati ne samo ekološke ciljeve, već i socijalne i ekonomske. Naravno, odnosi između njih su složeni, ali efikasno planiranje može pomoći da se osigura održivi razvoj transportnog sektora i u budućnosti. Identifikacija ciljeva koji se odnose na zaštitu životne okoline je jedan od načina za započinjanje formulisanja dugoročne strategije.

Praćenje kvaliteta vazduha, kontrola zagađenja i upravljanje sistemima za zaštitu vazduha od zagađivanja nisu uvek efikasni koliko bi trebalo da budu, da bi se postigli željeni rezultati. U tom cilju, uspostavljanje modela koji kao rezultate daje emisione količine zagađujućih materija predstavlja veoma svrsishodan alat u stvaranju strategije za očuvanje životne sredine u budućnosti.

U Evropi transportni sektor doprinosi sa oko četvrtinu od ukupne emisije gasova staklene bašte, te stoga ne iznenađuje velika pažnja, vezana za ovu tematiku, kako domaćih, tako i internacionalnih organizacija [72]. U SAD krajem dvadesetog veka motorna vozila su bila, pojedinačno gledano, najveći zagađivači vazduha, učestvujući sa oko 80 % u ukupnoj emisiji ugljen-monoksida, 42 % u ukupnoj emisiji isparljivih ugljovodonika, oko 25 % u emisiji čestica i sa oko 50 % u ukupnoj nacionalnoj emisiji azotnih oksida [73]. U Meksiku, na primer, jednoj zemlji u razvoju, u urbanim područjima ovi iznosi su još veći, emisija ugljovodonika učestvuje sa oko 40 %, ugljen-monoksid sa oko 98 %, a azotni oksidi sa 81 % [74]. Ovi podaci za veliki broj zemalja, pa i za Republiku Srbiju, još uvek nisu dostupni. Stoga, procena emisije nastale iz motornih vozila je od presudnog značaja za razumevanje kvaliteta vazduha u datom regionu.

Trenutna svetska ekonomska nestabilnost dovodi do smanjenja obima aktivnosti u transportnom sektoru; međutim, ovaj sektor će i dalje značajno doprinositi porastu emisije gasova staklene bašte, zagađenju bukom, zagađenju vazduha, fragmentaciji prirodnog staništa i ima veliki uticaj na živi svet. Iako postoji rastuća svest o neproporcionalnom uticaju transportnog sektora na životnu sredinu, praksa pokazuje da ima malo dokaza o poboljšanju

performansi održivog razvoja ovog sektora širom Evrope. U prilog tome, posebno se izdvajaju sledeće činjenice:

1. nastavlja se rast u teretnom i putničkom saobraćaju u Evropi;
2. u periodu 1990-2006. godina povećana je emisija gasova staklene bašte;
3. kvalitet vazduha i dalje predstavlja veliki problem u Evropi, uprkos kontinualnom smanjenju emisije štetnih gasova u vazduhu iz vozila i
4. uticaj zagađenja bukom iz ovog sektora na kvalitet života i zdravlja građana se ne može zanemariti.

Decembra 2009. godine, na Konferenciji Ujedinjenih nacija o klimatskim promenama (COP 15) u Kopenhagenu, veliki broj zemalja i međunarodnih organizacija je uz veliku polemiku postigao globalni sporazum o klimatskim promenama. Ovaj sporazum ne bi trebalo samo da zaustavi rast globalne emisije gasova staklene bašte, već da utemelji put značajnom globalnom smanjenju u narednih nekoliko decenija. Za razvijene ekonomije to bi značilo smanjenje za 25-40 % do 2020. godine, u odnosu na nivo iz 1990. godine; to jest, smanjenje za 80 % do 2050. godine. Kao posledica toga, svi sektori društvene aktivnosti trebalo bi da doprinesu smanjenju emisije, ne samo transportni sektor [75].

Emisija zagađujućih materija iz vozila u Evropi ima tendenciju smanjenja, međutim uprkos takvom trendu predviđanja su da će koncentracije zagađujućih materija i dalje ostati visoke u nekim urbanim područjima [75]. Ovo se posebno odnosi na koncentracije fino dispergovanih čestica i azotnih oksida, koje imaju glavni uticaj na kvalitet vazduha i zdravlje ljudi.

Što se tiče Srbije, regulacija kontrole kvaliteta vazduha, to jest, zakonske osnove za uspostavljanje programa kontrole kvaliteta vazduha, sadržana je u Zakonu o zaštiti životne sredine [76] i na osnovu člana 10 Statuta grada Beograda [77], kao i u Zakonu o zaštiti vazduha [78].

Svesni važnosti postojanja informacija vezanih za emisiju iz vozila i činjenice da takve informacije u Srbiji praktično skoro da ne postoje, proistekla je ideja za izradu rada ove tematike. Uobičajena praksa u evropskim zemljama prilikom procenjivanja emisije iz transportnog sektora je upotreba softverskih paketa. Međutim, u slučaju Srbije korišćenje softverskih paketa ima jedan ključan nedostatak. Za dobijanje reprezentativnih rezultata prilikom njihovog korišćenja potrebno je raspolagati sa veoma velikom količinom sistematski prikupljenih statističkih podataka iz ove oblasti, što u Srbiji nije slučaj.

Imajući to u vidu, ovaj rad predstavlja pokušaj dobijanja jednostavnog matematičkog modela za određivanje emisije zagađujućih materija iz vozila, na jedan drugačiji, u literaturi često nazivan „alternativan način“ [73, 74]. Model je zasnovan na potrošnji naftnih derivata i normiranju emisija zagađujućih materija dobijenih sagorevanjem jedinične zapremine motornog goriva.

2.2. Zagađenje vazduha u urbanim sredinama

Smanjivanje stepena zagađenosti vazduha u urbanim sredinama postavljen je kao jedan od ključnih ciljeva u Strategiji zaštite životne sredine u zemljama Istočne i Jugoistočne Evrope, usvojenoj na Petoj Ministarskoj konferenciji „Životna sredina za Evropu“, Kijev 2003. Jedna od ključnih aktivnosti koju su usvojile Svetska zdravstvena organizacija (SZO) i Evropska komisija (bazirano na kriterijumima SZO) bila je optimizacija standarda koji se tiču ispunjavanja uslova za smanjenje štetnih uticaja na zdravlje.

Generalna podela izvora zagađivanja:

1. prirodni i
2. antropogeni.

Sam naziv izvora zagađenja prirodni sugerise da ljudi nisu njegov uzročnik, već sama priroda, dok antropogeni izvori predstavljaju zagađenje posredno, ili neposredno stvoreno od strane ljudi.

Za ovaj rad značajni su samo antropogeni izvori zagađenja vazduha i oni se mogu svrstati u tri grupe [79]:

1. stacionarni,
2. pokretni,
3. iz zatvorenog prostora.

Stacionarni izvori:

- izvori zagađenja u ruralnim područjima vezanim za poljoprivredne aktivnosti, rudarstvo i kamenolome;
- izvori zagađenja vezani za industrije i industrijska područja, hemijsku industriju, proizvodnju nemetala, metalsku industriju, proizvodnju električne energije,
- izvori zagađenja u komunalnim sredinama kao što su zagrevanje, spaljivanje otpada, individualna ložišta, otvoreni roštilji za pripremu hrane, perionice, servisi za hemijsko čišćenje i dr.

Pokretni izvori:

- obuhvataju bilo koji oblik vozila motora sa unutrašnjim sagorevanjem, kao na primer laka vozila koja koriste benzin, laka i teška vozila koja koriste dizel, motorcikle, avione.

Izvori zagađenja iz zatvorenog prostora:

- obuhvataju pušenje cigareta, biološka zagađenja (polen, grinje, plesni, kvasci, insekti, mikroorganizmi, alergeni poreklom od domaćih životinja), emisija od

sagorevanja i zagrevanja, emisija od različitih materijala ili materija kao što su isparljiva organska jedinjenja, olovo, radon, azbest i različite sintetičke hemikalije i dr. Poslednjih desetak godina u razvijenim zemljama zagađenost vazduha zatvorenog prostora predstavlja ozbiljan problem, kojem se posvećuje posebna pažnja.

Zagađujuće materije generalno se dele na gasove, pare, čvrste čestice i u poslednje vreme spominju se mirisi. Suspendovane čestice dalje se grupišu u odnosu na veličinu čestice: prašinu, dim, isparenja i izmaglicu (aerosol).

Gasovite zagađujuće materije: Gasovite zagađujuće materije uključuju jedinjenja sumpora (sumpor-dioksid – SO_2 i sumpor-trioksid – SO_3), ugljen-monoksid (CO), jedinjenja azota (azot-monoksid – NO, azot-dioksid – NO_2 , amonijak – NH_3), organska jedinjenja (ugljovodonici, *hydrocarbons* – HC; isparljiva organska jedinjenja, *volatile organic compounds* – VOC, policiklične aromatične ugljovodonike, *polycyclic aromatic hydrocarbons* – PAH, halogene derivate, aldehide i dr.), halogena jedinjenja HF i HCl i materije specifičnog mirisa.

Suspendovane čestice: čestice suspendovane u vazduhu uključuju ukupne suspendovane čestice (*total particulate matter* - TPM), PM_{10} (čestične materije sa srednjim aerodinamičkim prečnikom manjim od 10 μm), $\text{PM}_{2,5}$ (čestične materije sa srednjim aerodinamičkim prečnikom manjim od 2,5 μm), fine i ultrafine čestice poreklom iz dizel motora, leteći pepeo od uglja, mineralna prašina (ugljena, azbestna, silikatna, cementna), metalna prašina i isparenja (na primer, cink, bakar, gvožđe i olovo), kisele izmaglice (aerosol) (na primer, sumporna kiselina), čestice fluorida, pigmenti boja, izmaglice pesticida, ugljenik, uljani dimovi i drugo.

2.2.1. Zdravstveni efekti

U proceni o globalnom opterećenju bolesti utvrđeno je da je 1,4 % ukupnog mortaliteta, 0,5 % svih izgubljenih dana kvalitetnog života i 2 % svih kardiopulmonalnih bolesti, uzrokovano zagađenim ambijentalnim vazduhom. Procene ukupnog opterećenja bolesti kada je u pitanju ambijentalni vazduh, bazirane su samo na uticaju (efektima) koji nastaju od mikročestičnog zagađenja (čestice od 10 i 2,5 μm) kod dece i odraslih. Kod dece ispod 5 godina 3 % svih atributivnih smrti pripisuje se zagađenju vazduha, a 12 % atributivnom gubitku kvalitetnih godina života. Štetno delovanje zagađujućih materija prisutnih u resursima životne sredine, u ovom slučaju govorimo o vazduhu, dovode do promene kvaliteta vazduha i na taj način do porasta potencijalno negativnih uticaja na zdravlje i to na više načina [80]:

- intenzivna izloženost toksičnim materijama može uzrokovati akutne zdravstvene efekte;
- izloženost nižim koncentracijama (nižim od dozvoljenih) štetnih materija kroz duži vremenski period može dovesti do hroničnih oboljenja;
- izloženost pojedinim štetnim materijama može izazvati genetske promene;

- štetni efekti izazvani PM₁₀, u velikoj meri su udruženi sa još finijim česticama, kiselim aerosolom, ili sulfatima, ili oksidima metala;
- dugotrajna izloženost niskim koncentracijama mikročestica doprinosi pojavi povećane stopa bronhitisa i smanjenju funkcije pluća;
- sprovedene studije ukazuju da očekivani životni vek može biti skraćen više od godinu dana u naseljima izloženim visokim koncentracijama PM₁₀ u poređenju sa onim izloženim niskim koncentracijama;
- smanjenje imunološke sposobnosti organizma;
- izazivanje subkliničkih iritacija i neprijatnih osećanja i
- uticaj na pogoršanje postojeće bolesti.

Zagađenom vazduhu izloženo je celokupno stanovništvo, a naročito su ugrožene osetljive grupacije, deca, bolesni i stari ljudi. Opšte su potvrđena mnogobrojna štetna delovanja određenih materija u vazduhu, kao što su: napadi bronhijalne astme u masovnim razmerama u slučajevima zagađenja vazduha specifičnim zagađujućim materijama; lokalno dejstvo na sluzokožu i kožu, respiratorne organe, a u slučaju resorpcije gasova promene metabolizma i alergične manifestacije kod 10 % stanovništva (deca, stare osobe i različite kategorije hroničnih bolesnika) [80].

2.2.2. Mobilni izvori

Kao što je već rečeno u uvodu, ovaj rad obrađuje emisiju iz saobraćajnog sektora, tako da je detaljno bilo razmatrano samo zagađenje koje nastaje iz mobilnih izvora. Potrebno je naglasiti da i prirodni uslovi, kao što su klima i topografija značajno utiču na kvalitet vazduha. Ovo je naročito izraženo u urbanim sredinama, gde se izvori zagađenja (fiksni i pokretni) nalaze na malom prostoru, u velikom broju i gde je mnogobrojno stanovništvo izloženo dejstvu lošeg kvaliteta vazduha.

Za procenu efekata emisije zagađujućih materija iz pokretnih izvora na kvalitet vazduha, neophodno je poznavanje odnosa emitovanih zagađujućih materija i njihove prisutnosti u vazduhu koji se udiše. Međusobna povezanost emisije zagađujućih materija iz pokretnih izvora na kvalitet vazduha proističe kao posledica meteoroloških uslova, rasprostiranja zagađujućih materija (kako lokalno tako i regionalno) i hemijskih reakcija koje se odigravaju u vazduhu.

Današnja vozila emituju i do 80 % manje zagađujućih materija nego vozila 60-ih godina prošlog veka. Uprkos tome, prisustvo zagađujućih materija u vazduhu se povećavalo, usled sve većeg broja vozila. Upotreba bezolovnog benzina, na primer, smanjila je prisustvo olova, veoma toksične materije u vazduhu, ali je povećano prisustvo lako isparljivih ugljovodonika (benzena, benzo pirena, 1,3 butadiena, toluena i formaldehida).

Glavne zagađujuće materije vazduha poreklom od pokretnih izvora su:

1. ugljen-monoksid,

2. azot-dioksid,
3. ugljovodonici,
4. suspendovane čestice,
5. sumpor-dioksid.

Uticao svake pojedinačno zagađujuće materije iz saobraćajnog sektora na ljude, vegetaciju, ali i globalni uticaj, može se uporedno videti u tabeli 2.1.

Tabela 2.1. Dejstvo pojedinih zagađujućih materija iz iduvnih gasova vozila na životnu sredinu.

Zagađujuće materije i nivo na koji deluju	Izvor zagađenja	Uticaj saobraćaja	Uticaj			
			Stanovništvo	Vegetacija	Globalne promene	Materijali
CO urbano/lokalno	nepotpuno sagorevanje	dominantno	smanjuje izmenu kiseonika, utiče na srce, cirkulaciju i nervni sistem		indirektno utiče na stvaranje prizemnog ozona	
CO₂ globalno/lokalno	sagorevanjem	Utiče			glavni gas iz grupe gasova staklene bašte	
HC ugljovodonici urbano/lokalno	nepotpuno sagorevanje	Znatno	pojedini ugljovodonici su kancerogeni, smanjuju ozonski omotač	ugrađuje se u zemljište, žitarice i dospeva u hranu	neki ugljovodonici su gasovi staklene bašte	
HCHO urbano	sagorevanjem goriva	dominantno	utiče na respiratorni sistem, iritira oči, pri dužem izlaganju dolazi do leukemije			
NO₂ urbano/lokalno	nepotpuno sagorevanje	60 %	iritira respiratorni sistem	kisele kiše, zakišeljavanje vode i tla	gas iz grupe gasova staklene bašte, sa ugljovodicima pravi fotohemijski smog	erozija materijala
SO₂ urbano/lokalno	sagorevanjem goriva	3 %-60 %	iritira respiratorni sistem	kisele kiše, zakišeljavanje vode i tla		erozija materijala
Pb urbano/lokalno	sagorevanjem benzina	dominantno	neurološke i kardiovaskularne tegobe			prašina
Čestice urbano/lokalno	sagorevanjem goriva	dominantno	iritira respiratorni sistem, pojedine čestice su kancerogene	smanjuju asimilaciju		prašina

Kada se govori o emisiji iz vozila gotovo je nemoguće ne spomenuti i gasove staklene bašte (*greenhouse gases* - GSB), koji su deo te emisije. Njihova jednostavna definicija je da su to oni gasovi koji mogu da apsorbuju i emituju infracrveno zračenje. Njihov uticaj se svodi na otežavanje izlaska dugotalasnog toplotnog zračenja iz atmosfere, što doprinosi promeni temperature u atmosferi i posredno klimatskim promenama na Zemlji. Više gasova pripada ovoj grupi, a sledeći su najzastupljeniji u atmosferi Zemlje [75]:

- vodena para,
- ugljen-dioksid,
- metan,
- azotni oksidi,
- hlorofluoro ugljovodonici (freoni) i
- ozon.

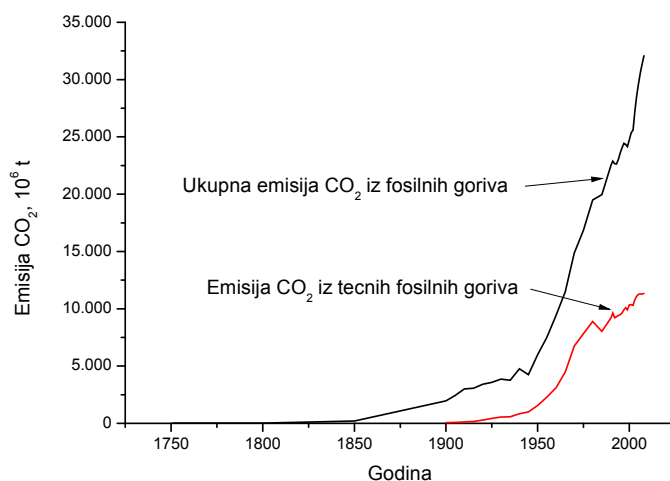
Izvori GSB mogu biti prirodni i antropogeni. Pojedini najznačajniji izvori i njihovo razvrstavanje se mogu videti u tabeli 2.2. [75].

Tabela 2.2. Najznačajniji izvori GSB i njihovo razvrstavanje.

GSB	Prirodni izvor	Antropogeni izvor
Vodena para	Isparavanje hidrosfere Transpiracija biljnog sveta	
Ugljen-dioksid	Aerobno disanje	Sagorevanje fosilnih goriva Seča drveća
Metan	Posledica anaerobnih procesa	Industrija (proces fermentacije) Deponije i otpadi Stočarstvo
Hlorofluoro ugljovodonici		Rashladni sistemi Aparati za gašenje požara Potisni gasovi za sprejeve
Azotni oksidi		Poljoprivreda (upotreba đubriva) Organska industrija Spaljivanje otpada

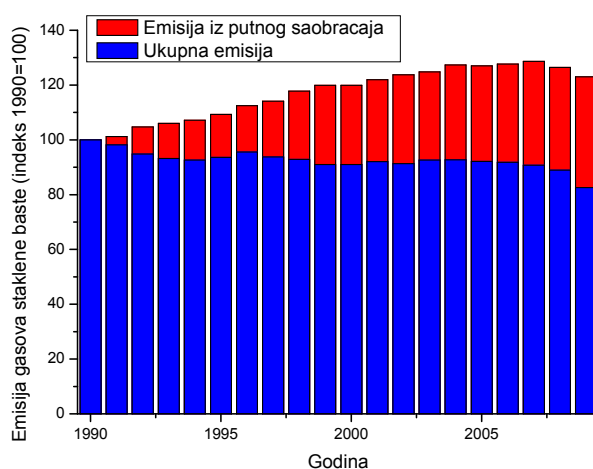
1.2. Emisioni trendovi u svetu

Na slici 2.1. se može videti istorijsko kretanje ukupne emisije CO₂ iz antropogenih izvora još od vremena kada je čovek po prvi put počeo svojim svesnim delovanjem da proizvodi zagađujuće gasove [81]. Slika prikazuje emisiju CO₂ iz fosilnih goriva i ono što je za ovaj rad posebno zanimljivo, emisiju iz tečnih fosilnih goriva.



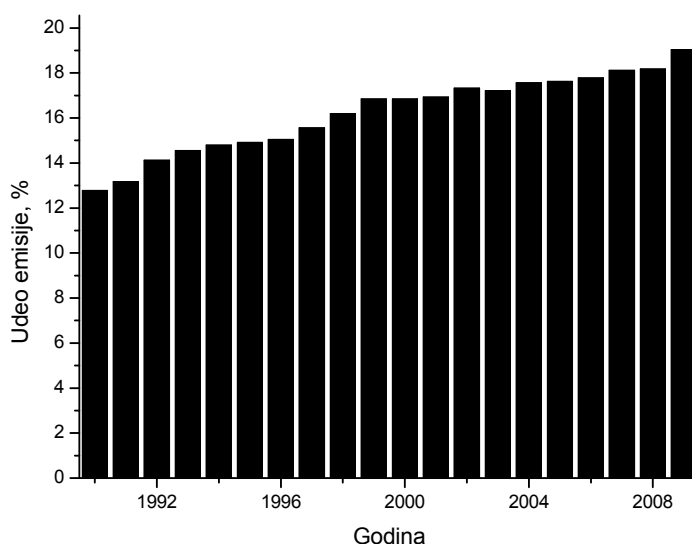
Slika 2.1. Ukupna svetska emisija CO₂ iz fosilnih goriva i tečnih fosilnih goriva u periodu 1750-2008. godina.

U periodu od 1990. do 2008. godine ukupna emisija GSB se u EU smanjila. Na primer, 2008. godine emisija GSB je bila niža za 11,1 % od one vrednosti iz 1990. godine, što se može videti na slici 2.2. [75]. Većina ovog smanjenja se desila devedesetih godina prošlog veka, da bi u periodu 1999-2003. godina došlo do laganog rasta, a od 2003. godine ponovo je prisutan trend smanjenja emisije.



Slika 2.2. Trend promene emisije GSB u EU u periodu 1990-2009. godina, sa prikazom trenda emisije iz transportnog sektora i trenda ukupne emisije (indeks 1990=100).

Sektor saobraćaja u EU je sektor koji je ostvario daleko najveće povećanje emisije GSB u periodu 1990-2008. godina u odnosu na sve druge. To povećanje je iznosilo 24 % (izuzimajući morski i vazdušni saobraćaj) i može se u velikoj meri pripisati povećanju mobilnosti ljudi i rastućoj globalizaciji trgovine. Kopneni transport je učestvovao sa oko 94 % u ukupnoj emisiji iz transportnog sektora. Zanimljivo je da je 2008. godine zabeleženo, po prvi put od 1990. godine, smanjenje emisije za oko 2 %. Razlog smanjenja je bilo veliko povećanje cene sirove nafte na svetskom tržištu, zajedno sa neizvesnim ekonomskim prognozama i povećanom efikasnošću trošenja energenata u vozilima. U periodu između 1990. i 2008. godine u putničkom i teretnom saobraćaju povećana je potražnja zbog ekonomskog rasta i povećanja nivoa prihoda. Poslednji trendovi pokazuju da cena sirove nafte i globalna ekonomska situacija imaju najveći uticaj na tražnju u sektoru transporta. Zanimljivo bi bilo videti i kretanje udela emisije GSB u EU u ukupnoj emisiji iz svih sektora, što je prikazano na slici 2.3. [75]. Indikativno je da je udeo emisije GSB iz transportnog sektora u stalnom porastu u celokupnom posmatranom periodu u EU (1990-2009. godina).



Slika 2.3. Kretanje udela emisije GSB u EU iz transportnog sektora u ukupnoj emisiji GSB u periodu 1990-2009. godina.

Emisija CO₂ iz vozila se povećavala konstantno u periodu 1990-2000. godina, a razlog za takvu pojavu može se potražiti u održivom rastu tražnje u transportnom sektoru i povećavanju udela putničkog transporta u odnosu na druge vidove transporta. U periodu između 2000. i 2008. godine tražnja u ovom sektoru je značajno smanjena, a samim tim to je imalo efekta i na emisiju CO₂; i ne samo to, već i kombinovani efekat povećanja iskorišćenosti goriva, tehnološkog napretka, procesa dizelizacije i umešavanja biogoriva sa tradicionalnim gorivima. Deo ovog trenda se može pripisati efektima dobrovoljnog obavezivanja od strane proizvođača automobila da obavezno klasiraju i obeležavaju nove putničke automobile (što se tiče emisije CO₂) i aktivna promocija upotrebe biogoriva. Međutim, sporazum EU sa Evropskim udruženjem proizvođača automobila (ACEA) i azijskim proizvođačima (sem Kine i Indije) se u praksi pokazao problematičan. Dogovoreni

ciljevi su bili teže ostvarivi u smislu potrošnje goriva i udela učešća biogoriva u tradicionalnim gorivima.

Nekoliko najrelevantnijih parametara je identifikovano da najviše utiču na emisiju CO₂ iz izduvnih gasova vozila i oni su dati u tabeli 2.3. [75].

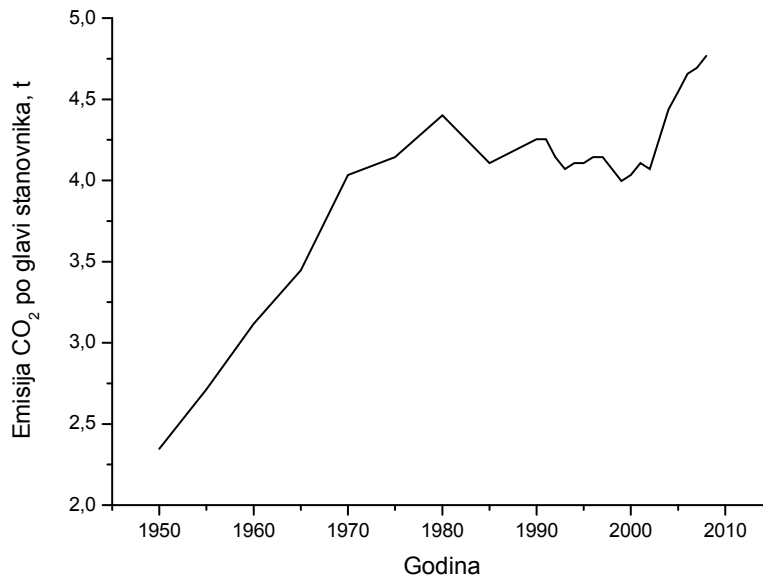
Tabela 2.3. Identifikacija najznačajnijih faktora koji utiču na emisiju CO₂ u transportnom sektoru.

Uticajni parametar	Opis parametra
Tražnja u transportnom sektoru	Aktivnost u transportnom sektoru se meri kao proizvod pređene distance, vremena trajanja vožnje i broja putnika, ili mase robe, koja se transportuje. Najveći uticaj na ovaj parametar imaju nivo prihoda, cena sirove nafte i globalno stanje ekonomije.
Udeo korišćenja privatnih vozila u ukupnom kopnenom transportu	Ukupan kopneni transport se odnosi na: privatne i poslovne automobile, teretna vozila, autobuse, dvotočkaše, itd. Veći udeo uticaja ovog parametra često se dovodi u vezu sa povećanjem nivoa prihoda.
Nivo potrošnje goriva u transportu	Nivo potrošnje goriva se izražava kroz prosečnu potrošnju goriva po pređenom kilometru. Smanjenje nivoa potrošnje goriva se može objasniti: poboljšanjima u efikasnosti motora, drugačijim navikama u ponašanju vozača, korišćenjem vozila sa manjim motorima, prelazak sa benzinskih motora (veći potrošači goriva) na ekvivalentne dizel motore. Svi ovi efekti utiču na smanjenje potrošnje goriva, a samim tim i na emisiju CO ₂ . Glavni problem kod određivanja ovog parametra je nedostatak adekvatnih statističkih podataka.
Udeo potrošnje alternativnih goriva	Udeo potrošnje alternativnih goriva u odnosu na potrošnju tradicionalnih fosilnih goriva. Prema sporazumu iz <i>Kyoto-a</i> (Kjoto) za većinu alternativnih goriva emisija se računa kao „0“. U kategoriji transporta se ne uzima u obzir emisija koja se stvara proizvodnjom alternativnih goriva.
Intenzitet emisije ugljenika iz fosilnih goriva	Ovaj faktor se definiše kao količina CO ₂ emitovanog po jedinici upotrebljenog fosilnog goriva. Na ovaj faktor najveći uticaj ima vrsta goriva koja se koristi (benzin ima niži emisioni faktor nego dizel gorivo).

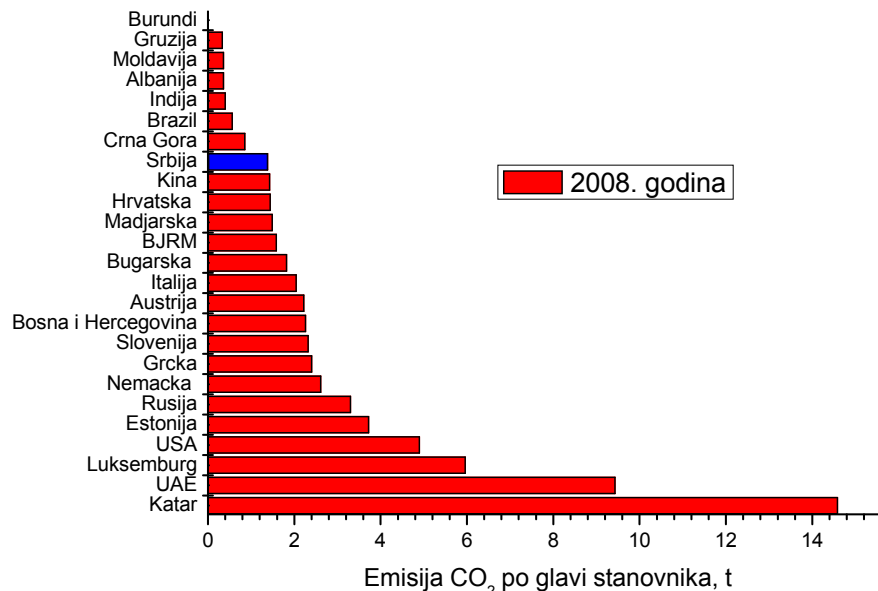
Tokom devedesetih godina prošlog veka svi faktori koji utiču na emisiju CO₂ su konstantno rasli. Od 2000. godine pa do danas takav trend je prekinut, rast je usporen, čak se u nekim godinama ispoljavalo i smanjenje. Konstantni rast tražnje u transportnom sektoru u periodu od 1990. godine pa do danas je bio glavni razlog povećanja emisije CO₂.

Kada se pogleda slika 2.4. na kojoj je prikazano kretanje ukupne svetske emisije CO₂ po glavi stanovnika primećuje se konstantan rast od 1950. godine pa do danas [81]. I pored svih

mera koje se preduzimaju na globalnom nivou, u dvadeset prvom veku emisija po glavi stanovnika intenzivno raste. Razlog za takav globalni trend leži ne u emisiji koja nastaje u zemljama sa najvišim prihodima, već u zemljama sa naglim industrijskim razvojem, poput Kine i Indije, koje još uvek izbegavaju da primenjuju sve predložene mere za smanjenje emisije.



Slika 2.4. Kretanje svetske emisije CO₂ iz fosilnih goriva po glavi stanovnika u periodu 1950-2008. godina.



Slika 2.5. Komparativni prikaz emisija CO₂ iz fosilnih goriva po glavi stanovnika u pojedinim državama u 2008. godini.

Kada se sagledava emisija CO₂ u pojedinim zemljama, situacija je dosta raznolika. Sa slike 2.5. se može videti da se emisija po glavi stanovnika iz transportnog sektora može dosta razlikovati od države do države [82]. Emisija CO₂ u 2008. godini se kretala od zanemarljivih iznosa po glavi stanovnika u veoma nerazvijenoj afričkoj državi Burundi, pa do oko 15 t u velikom izvozniku sirove nafte i naftnih derivata, Kataru. Srbija je spadala u države sa nižom emisijom CO₂, sa ispod 2 t po glavi stanovnika, što je niža emisija nego kod većine okolnih država. Jedino su Albanija i Crna Gora imale nižu godišnju emisiju po glavi stanovnika.

1.2. Metodologija

Zagađen vazduh i dalje ostaje jedan od glavnih faktora koji određuje kvalitet života, pogotovo u urbanim sredinama, na taj način što povećava rizik za zdravlje ljudi i životnu sredinu. Glavni faktor koji utiče na kvalitet vazduha u urbanim sredinama je emisija zagađujućih materija iz antropogenih izvora. Potrebno je dodati da i prirodni uslovi kao što su klima i topografija utiču na kvalitet vazduha.

U ovom radu je obrađivano zagađenje vazduha zagađujućim materijama iz pokretnih izvora, tj. iz transportnog sektora. Poslednjih godina emisija zagađujućih materija iz izduvnih gasova vozila u zemljama EU čini 17 % od svih emitera zagađenja vazduha [83].

Kao što je već rečeno u uvodnom delu, mnogobrojne zagađujuće supstance se ispuštaju prilikom sagorevanja goriva u motorima vozila. Zbog mogućnosti komparacije sa zemljama Evropske unije i okolnim zemljama odlučeno je da se u ovom radu analiziraju samo one zagađujuće materije koje se regulišu Evropskim emisionim normama za izduvne gasove vozila [20]. Shodno tome, modelovana je emisija sledećih zagađujućih materija:

- ugljen-dioksida,
- ugljen-monoksida,
- azotnih oksida,
- ugljovodonika i
- čestičnih materija prečnika čestice $\leq 10 \mu\text{m}$.

U literaturi se zapaža da autori najčešće obrađujući emisiju iz vozila svoje modele baziraju na emisiji određene zagađujuće materije po jednom pređenom kilometru [84-89]. Takav tradicionalni pristup modelovanju emisije izduvnih gasova podrazumeva definisanje i kombinovanje normalizovanih parametara zasnovanih na detaljnoj kategorizaciji vozila prema starosti, tehnologije motora, veličine motora, prosečne i maksimalne brzine u toku puta, frekvence korišćenja i dužine pređenih distanci vozilom, učestalosti upotrebe određene kategorije puta, ..., uzimaju se u obzir čak i klimatološki pokazatelji. Ovaj pristup modelovanju emisije zagađujućih gasova podrazumeva primenu složenih matematičkih metoda za obradu prikupljenih statističkih podataka iz transportnog sektora.

Poslednjih dvadesetak godina intenzivno se razvijaju softverski paketi koji omogućavaju procenu emisije na osnovu ove metodologije. Postojanje takvih softverskih paketa uprostilo je i ubrzalo izradu procene emisije. Međutim, da bi se njihovim korišćenjem dobili relevantni podaci o emisiji, potrebno je raspolagati veoma velikom količinom sistematski zabeleženih statističkih podataka. Ovaj razlog je najčešće limitirajući faktor koji utiče na kvalitet rezultata dobijenih primenom tradicionalnog metodološkog pristupa. Na takav problem su naišli i

autori za sada jedine studije takvog tipa u Srbiji, u kojoj je korišćen softverski paket, razvijen od strane Evropske agencije za zaštitu životne okoline (EEA), „COPERT IV” [84-90].

Ovaj rad predstavlja pokušaj da se emisija iz vozila dovede u vezu sa potrošnjom motornih goriva, premda je model potrošnje motornih goriva već definisan u prvom delu rada. U prilog ovoj ideji govori i Harrington (*Harrington*) u svom radu [91], gde zaključuje da je model koji se zasniva na emisiji povezanoj sa potrošnjom goriva uspešniji nego model zasnovan na vezi emisije i pređenog puta. Najvažniji razlog za implementaciju alternativne metodologije procene emisije štetnih gasova iz motornih vozila nalazi se u veoma ograničenoj dostupnosti podataka potrebnih za uspostavljanje tradicionalne metodologije u Srbiji.

Uzevši u obzir sve prethodno izrečeno, ovaj rad nastoji da pruži dovoljno kvalitetan model koji neće zavisiti u tolikoj meri od dostupnosti i postojanja kvalitetnih sopstvenih statističkih podataka. Kako u Srbiji do sada nije primenjivan metodološki pristup emisiji preko određivanja emisionih faktora, korišćeni su podaci dostupni u literaturi, koji su analizom prilagođeni specifičnostima srpskog transportnog sektora. Tako koncipiran model je značajno jednostavniji za korišćenje i izradu, nego modeli koncipirani na bazi emisije prema pređenom putu.

Metodologija alternativnog koncepta se u početku zasnivala na modelovanju emisije štetnih gasova iz vozila korišćenjem podataka dobijenih na osnovu merenja u laboratorijskim uslovima. Poslednjih dvadesetak godina sve više autora koristi podatke dobijene merenjima u realnim uslovima saobraćaja, uglavnom u većim urbanim sredinama. Međusobnim upoređivanjem rezultata takvih studija zaključeno je da su rezultati dobijeni u realnim eksploatacionim uslovima, naravno, verodostojniji [92]. Studije koje obrađuju rezultate dobijene iz realnih saobraćajnih uslova obično metodološki obuhvataju postavljanje više mernih uređaja, koji u realnom vremenu mere i beleže koncentracije zagađujućih materija, trenutnu brzinu vozila i upisuju podatke sa registarskih tablica (da bi se kasnijom analizom povezali dobijeni podaci o emisiji sa tehničkim karakteristikama svakog vozila pojedinačno). Uz poznate podatke o potrošnji goriva na jednom oglednom području i strukture potrošenih derivata, jednostavnom analizom se dolazi do količina emisije izražene u jedinicama mase zagađujuće materije po jedinici zapremine potrošenog goriva. Uzorak na kojem se vrši istraživanje obično biva veoma veliki (u nekim studijama broj obrađenih vozila se kretao do 130.000), što definitivno ovakve studije stavlja u prvi plan, jer su tako dobijeni rezultati veoma reprezentativni [73-74, 93-97].

Ukupna godišnja emisija zagađujućih materija iz izduvnih gasova vozila u Srbiji u ovom radu računata je kao proizvod emisionih faktora, dobijenih analizom iz literature, i potrošnje motornih goriva, dobijenih iz modela razvijenog u prvom delu ovog rada (tabele 3.17. i 3.18 u dodatku). Model emisije, predstavljen jednačinom 2.1., prikazuje način računanja godišnje emisije zagađujućih materija iz transportnog sektora.

$$E(P)_j = \sum_g \frac{k \cdot E_f(P)_j}{\rho_g} \cdot C_{g,j} \quad (2.1.)$$

gde su:

$E(P)_j$ – ukupna emisija zagađujuće materije „P“ u godini „j“, (t);

k - korekcija emisionog faktora;

$E_f(P)_j$ – emisioni faktor zagađujuće materije „P“ u godini „j“, (gL^{-1});

ρ_g – gustina motornog goriva, (gL^{-1});

$C_{g,j}$ – potrošena količina motornog goriva „g“ u godini „j“, (t);

g – benzinska goriva, dizel gorivo i TNG;

j=2001-2025.

Emisioni faktori koji se nalaze u literaturi se obično izražavaju u gramima zagađujuće materije prema litru utrošenog motornog goriva, dok model potrošnje motornih goriva daje rezultate potrošnje izražene u tonama. Da bi se izvršilo slaganje jedinica u jednačinu 2.1. uvedena je gustina motornog goriva, koja je taj problem rašavala. Gustina motornih goriva je uzeta kao prosečna gustina goriva koje se prodaje na našem tržištu, izvor je bila kompanija NIS a.d. i Pravilnik o tehničkim i drugim zahtevima za tečna goriva naftnog porekla (tabela 2.4.) [98]. TNG je na našem tržištu uobičajno smeša 50 % propana i 50 % butana.

Tabela 2.4. Prosečne gustine motornih goriva u Srbiji.

Motorno gorivo	Prosečna gustina, g/l
Benzinska goriva	735
Dizel gorivo (Euro dizel)	830
TNG	540

Eksperimentalna istraživanja u cilju dobijanja vrednosti emisionih faktora podrazumevala su merenje emisije vozila različitih starosti, gde se pri tome skoro bez izuzetka zaključivalo da starija vozila imaju veću emisiju bilo koje zagađujuće materije po jednom utrošenom litru motornog goriva. Kao rezultat tih istraživanja davane su srednje vrednosti emisionih faktora za celokupni analizirani uzorak vozila. Analizom tih srednjih literaturnih vrednosti emisionih faktora određene su vrednosti koje su se koristile u slučaju Srbije. Istraživanjima datim u literaturi analizirana su vozila napravljena u intervalu 1980-2005. godina. Samim tim, srednje vrednosti emisionih faktora odgovaraju stanju u saobraćajnom sektoru odgovarajućih područja u pomenutom intervalu. U ovom radu je obrađivana emisija u vremenskom intervalu 2001-2025. godina, koji se samo delimično poklapa sa intervalom literaturnih podataka. Znajući da se iznosi E_f smanjuju sa novoproduzvenim vozilima zaključuje se da usvojene vrednosti prosečnih E_f realno oslikavaju samo početne godine analiziranog vremenskog interval u Srbiji. Taj problem je prevaziđen uvođenjem u analizu trendova promene emisionih faktora sa vremenom.

Kao neophodno nametnulo se i uvođenje parametra k u jednačinu 2.1. Ta korekcija emisionih faktora bi trebalo da uzima u obzir objektivno stanje u srpskom saobraćajnom sektoru, sa svim lokalnim specifičnostima i projekcijama razvoja, što bi za posledicu imalo mogućnost implementacije odabranih svetskih emisionih faktora i njihovih trendova promene u slučaju Srbije.

Pregledom literature se može zaključiti da iznos emisionih faktora za pojedinačne zagađujuće materije može dosta varirati. U najvećem broju radova autori obrađuju emisiju CO, NO_x i HC, dok je značajno manje radova koji obrađuju emisiju CO₂ i PM₁₀. Lokacije na kojima su sprovedena ovakva istraživanja su uglavnom u Aziji (Kina, Hong Kong i Japan), Centralnoj Americi (Meksiko), SAD-u i Australiji. U Istraživanjima rađenim u SAD-u, Meksiku, Australiji i pojedinim u Japanu, obrađivana su samo vozila na benzinski pogon [74, 93, 96-97]. Kada su se i analizirala vozila sa pogonom na dizel gorivo to su bila isključivo teretna vozila [73, 94, 99]. Takva metodologija izvođenja istraživanja na tim područjima nije iznenađenje, jer je njihova potrošnja dizel goriva u putničkom delu veoma mala, za razliku od Srbije. Shodno tome, detaljno i obazrivo su analizirani rezultati dati u literaturi da bi se oni mogli upotrebiti u transportnom sektoru u Srbiji. Najviše pažnje je posvećeno istraživanjima koja su sprovedena u Kini i Hong Kongu, jer su ona detaljno obrađivala vozila i na dizel i TNG pogon [100-103].

Detaljnijom analizom podataka iz literature zaključeno je da se ne mogu usvojiti jedinstveni emisioni faktori nezavisno od korišćenog motornog goriva. Vozila na benzinski pogon prosečno imaju višu emisiju CO i HC, dok dizel vozila imaju više emisije NO_x, PM₁₀ i CO₂. Vozila na TNG pogon, generalno imaju najmanje emisije zagađujućih materija, posebno je niska emisija čestičnih materija. Relativni prosečni odnosi emisionih faktora zagađujućih materija u zavisnosti od korišćenog pogonskog goriva mogu se videti u tabeli 2.5. [101-102].

Tabela 2.5. Relativni odnos prosečnih emisionih faktora u zavisnosti od pogonskog motornog goriva.

	$E_f(\text{CO})$	$E_f(\text{HC})$	$E_f(\text{NO}_x)$	$E_f(\text{PM}_{10})$	$E_f(\text{CO}_2)$
Vozila na benzinski pogon	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Vozila na dizel pogon	0,17	0,22	4,55	3,15	1,15
Vozila na TNG pogon	0,48	0,63	0,66	0,85	0,88

*Svetlo sivim poljima su označene najmanje vrednosti određenog emisionog faktora.

Tamno sivim poljima su označene najviše vrednosti određenog emisionog faktora.

Najviše istraživanja prilikom izračunavanja emisionih faktora je sprovedeno sa vozilima koja koriste kao pogonsko gorivo motorne benzine. To je i logično, jer je ova metodologija razvijena i najčešće primenjivana u SAD-u, a zna se da je potrošnja dizel goriva u saobraćaju u SAD-u ograničena, a potrošnja TNG-a gotovo zanemarljiva. Širom sveta istraživanja vezana za benzinska goriva su sprovedena na različitim lokacijama: Denver (na Denverском

univerzitetu (SAD) je ova metodologija izračunavanja i merenja emisije zagađujućih materija i utemeljena osamdesetih godina prošlog veka) [73, 96], Los Anđeles (SAD) [93], američka savezna država Kalifornija [95], cela teritorija SAD-a [104], Hong Kong (Kina) [100, 103], Meksiko Siti i Monterej (Meksiko) [74] i Handžou (*Hangzhou*, Kina) [97, 105-106].

Zbog specifičnosti saobraćaja na lokacijama u kojima su istraživanja rađena, vozila pogonjena dizel gorivima su ređe analizirana. Sva istraživanja vezana za dizel goriva rađena u SAD-u (Denver [73] San Francisco [94], područje celog SAD-a [99]) i Meksiku, obrađuju samo teretna vozila na dizel pogon i njihovu emisiju, jer je udeo putničkih vozila koje troše dizel gorivo zanemarljiv. Za razliku od njih, istraživanja rađena u Kini obrađuju celokupni vozni park koji kao pogonsko gorivo koristi dizel gorivo, jer je udeo potrošnje ovog goriva veći nego u Severnoj Americi [100, 102, 106].

Najmanje dostupnih literaturnih podataka ima iz istraživanja koja su obrađivala vozila koja koriste kao pogonsko gorivo TNG. Mali broj radova nije iznenađenje i svakako je posledica globalno malog sveukupnog uticaja tržišta TNG-a u odnosu na ukupno tržište motornih goriva. Kada se sagledava Srbija, udeo potrošnje TNG-a u ukupnoj potrošnji motornih goriva je relativno veliki, što implicira obavezu analize emisije zagađujućih materija i iz izduvnih gasova vozila koja koriste ovo motorno gorivo kao pogonsko. Od lokacija na kojima su rađena istraživanja sa vozilima na TNG pogon, jedino je u Handžou rađena analiza u realnim saobraćajnim uslovima [101]. Ostala istraživanja pružaju, ili ograničene informacije, ili informacije dobijene u kontrolisanim uslovima [105, 107-109].

2.4.1. Emisioni faktor ugljen-monoksida

2.4.1.1. Vozila na benzinski pogon

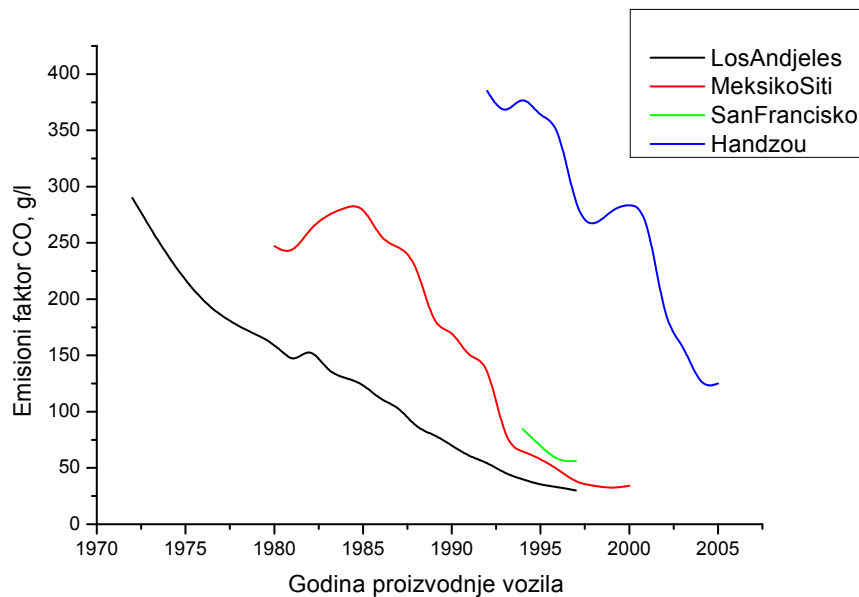
Najviši prosečni emisioni faktori za CO zabeleženi su na lokacijama u Kini i iznosili su oko 200 g/l, dok su najniže vrednosti zabeležene u SAD-u od oko 20 g/l [74, 97]. Naravno, najviše izmerene vrednosti emisionih faktora su bile značajno veće u zavisnosti od starosti vozila na kojima su vršena merenja; tako, na primer, vrednosti su u Handžou iznosile i preko 350 g/l za vozila proizvedena pre 1988. godine. Uopredni prikaz prosečnih iznosa emisionih faktora za CO na različitim lokacijama se može videti u tabeli 2.6. [73, 74, 93, 97, 100].

Rezultati radova sumirani u tabeli 2.6. pokazuju da su vrednosti $E_f(\text{CO})$ više u zemljama u razvoju, u kojima se sektor saobraćaja još uvek dinamično razvija, nego u razvijenim zemljama sa već razvijenim saobraćajnim sektorom. Izbor emisionog faktora za CO u Srbiji je zbog toga sveden na detaljniju analizu zemalja čiji je saobraćajni sektor još uvek u razvoju. Analizirani su detaljnije rezultati studija sa korišćenjem benzinskih goriva sprovedenih u Meksiku i Kini. U slučaju Srbije vrednost $E_f(\text{CO})$ izračunata je kao srednja vrednost dobijena u radovima sprovedenim na tim područjima i iznosi 154,8 g/l.

Tabela 2.6. Uporedni prikaz emisionih faktora za CO kod benzinskih goriva u različitim studijama.

Lokacija (godina)	Broj merenja	$E_f(\text{CO}), \text{g/l}$
Monterej, Meksiko (1994.) [74]	24.738	155
Los Andeles, SAD (1997.) [93]	60.000	80±7
Hong Kong, Kina (1998.) [100]	-	157,6
Cela teritorija SAD-a (2000.) [73]	-	120
Los Andeles, SAD (2000.) [74]	23.303	45,4
Denver, SAD (2000.) [74]	22.986	48,3
Meksiko Siti, Meksiko (2000.) [74]	122.800	113,5±13
Čikago, SAD (2002.) [97]	26.054	21,4±1,2
Denver, SAD (2003.) [97]	21.321	21,6
Hong Kong, Kina (2003.) [97]	8.544	36,3
Singapur, Singapur (2004.) [97]	55.000	28,1
Tokio, Japan (2004.) [97]	5.917	24,4
Handžou, Kina (2005.) [97]	32.260	193,07±15,63

U literaturi se zapaža još jedna bitna činjenica, trend promene emisionog faktora sa podmlađivanjem voznog parka, po pravilu, noviji modeli vozila imaju iz godine u godinu niže emisije faktora. Grafički prikaz promene emisionog faktora za CO u zavisnosti od starosti vozila analiziran je u nekoliko radova i njihovi rezultati su prikazani na slici 2.6. [74, 93, 97].



Slika 2.6. Emisioni trend ugljen-monoksida (g/l) u zavisnosti od starosti vozila na nekoliko različitih lokacija.

Sa slike 2.6. se može videti, suprotna tendencija u odnosu na iznose prosečnih emisisionih faktora. Relativne godišnje promene su najmanje u Kini, dok su najviše u SAD-u. Naravno, relativna godišnja promena u svim istraživanjima je negativna i kreće se od -6,4 %, preko -7,2 %, -8,0 % i -10,8 %, do -12,3 %, u Montereju, Handžou, Meksiko Sitiju, Los Anđelesu i San Francisku, redom. Evidentno je da zemlje u razvoju, sa saobraćajnim sektorom koji je još uvek u razvoju i velikoj ekspanziji, imaju niže prosečno godišnje smanjenje emisisionog faktora, nasuprot razvijenim zemljama, sa nižom prosečnom starošću voznog parka, kod kojih je smanjenje emisije brže.

Prosečna godišnja promena $E_f(\text{CO})$ u Srbiji izračunata je kao srednja vrednost rezultata dobijenih u istraživanjima u Kini i Meksiku i iznosi -7,2 %.

2.4.1.2. Vozila na dizel pogon

U istraživanju koje je rađeno u američkoj saveznoj državi Kolorado i koje je obuhvatilo analizu emisije iz vozila na dizel pogon, gde su uglavnom analizirana vozila koja se koriste za robni transport, $E_f(\text{CO})$ je iznosio 28 g/l [73]. U jednoj sličnoj studiji koja je, ovog puta, obuhvatila celu teritoriju SAD-a dobijena je vrednost $E_f(\text{CO})$ u rasponu 20-30 g/l [99]. Rezultati u oba rada predstavljaju emisione faktore za teretna vozila u mirovanju (broj obrta motora 600 o/min). Iznosi emisisionih faktora se značajno povećavaju ukoliko se poveća broj obrta motora i ukoliko se koristi klima uređaj. U tom slučaju povećanje emisisionih faktora se kreće od 70-225 % [99].

Studija koja je rađena u Handžou, koja se između ostalog bavi i predviđanjem kretanja emisisionih faktora u periodu 2004-2030. godina, daje rezultate za $E_f(\text{CO})$ koji se kreću u intervalu 9-50 g/l, u zavisnosti od vrste vozila koje je analizirano [106].

Uzimajući u obzir napred prikazane opsege izmerenih vrednosti emisisionog faktora za CO izvodi se zaključak za Srbiju. Vrednost $E_f(\text{CO})$ je izračunata na osnovu već usvojene vrednosti $E_f(\text{CO})$ za benzinska goriva i odnosa emisisionih faktora za benzinska/dizel goriva (tabela 2.5.) i iznosi 25,9 g/l.

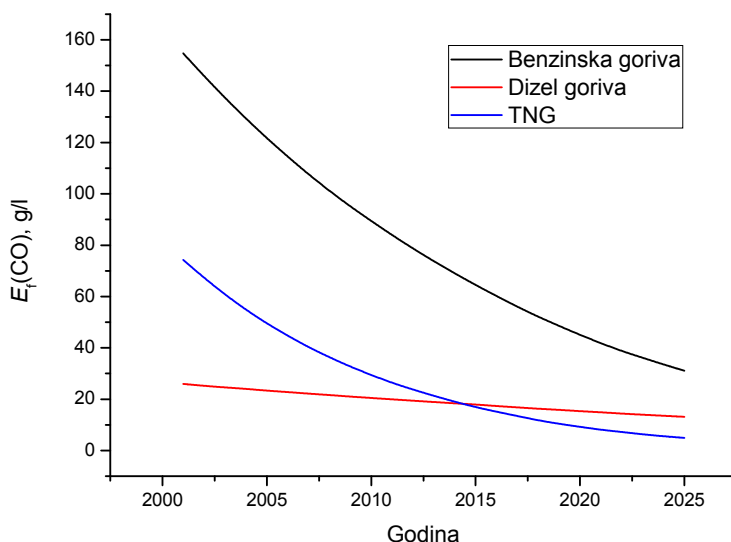
Autori u studijama rađenim u Kini daju podatke o trendovima promene emisisionog faktora za CO u zavisnosti od starosti voznog parka. U jednoj od studija, prosečna godišnja promena emisije iznosi -3,1 %; dok se u drugoj, u zavisnosti od vrste vozila, kreće u intervalu od -2,6 % kod putničkih automobila, do 4 % kod autobusa [102, 106]. Vrednost smanjenja emisisionog faktora sa podmlađivanjem voznog parka u Srbiji je usvojena na nivou od 3,1 % godišnje.

2.4.1.3. Vozila na TNG pogon

Ningova (*Ning*) studija rađena u Hong Kongu obrađuje emisione faktore vozila na TNG pogon i trend njihove promene sa podmlađivanjem voznog parka [101]. U tom radu se analizira i relativni odnos emisisionih faktora vozila sličnih tehničkih karakteristika pogonjenih različitim gorivima. Analizirani su automobili na TNG, benzinski i dizel pogon i laka transportna vozila pogonjena dizel gorivom. Usled nedostatka literaturnih podataka, odnos

dat u tom radu (tabela 2.5.) usvojen i za slučaj Srbije, tako da emisioni faktor za CO iznosi 74,3 g/l. U radu se daju rezultati i za trend $E_f(\text{CO})$ kod vozila napravljenih između 2000. i 2005. godine. Analizom je izračunato da on iznosi prosečno godišnje -11,9 %, što je i usvojeno kao trend promene emisionog faktora za Srbiju.

Iznosi $E_f(\text{CO})$ u Srbiji za sva motorna goriva u vremenskom periodu 2001-2025. godina grafički su prikazani na slici 2.7. a vrednosti u svakoj godini pojedinačno su dati u tabeli 3.19. u dodatku.



Slika 2.7. Iznosi emisionih faktora za CO u Srbiji za sva motorna goriva (period 2001-2025. godina).

2.4.2. Emisioni faktor azotnih oksida

2.4.2.1. Vozila na benzinski pogon

Najviši prosečni emisioni faktori za NO_x zabeleženi su na lokacijama u Meksiku i iznosili su oko 15 g/l, dok su najniže vrednosti zabeležene u Tokiju i iznosile su, samo 0,9 g/l [73-74]. Upporedni prikaz prosečnih iznosa emisionih faktora za NO_x na različitim lokacijama dat je u tabeli 2.7. [73-74, 97, 100].

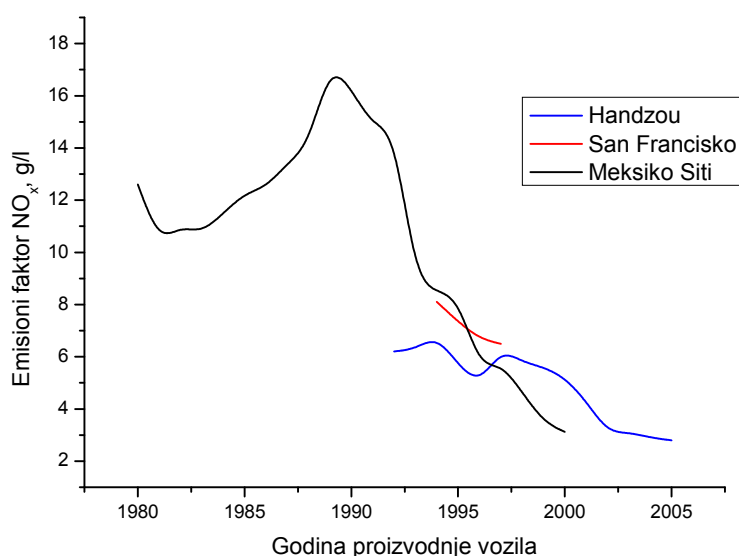
Analizom rezultata sumiranih u tabeli 2.7. zaključuje se da su niže vrednosti i ovog emisionog faktora dobijene u razvijenim zemljama. Zanimljivo je da odnos najniže (Tokio) i najviše (Monterej) vrednosti može biti i preko petnaest puta veći. Taj fenomen se može objasniti prosečnom starošću vozila koja su u upotrebi, jer je tehnološkim napretkom izrade motora značajno smanjena emisija ove zagađujuće materije, pogotovu kod motora na dizel pogon.

Tabela 2.7. Uporedni prikaz $E_f(\text{NO}_x)$ kod benzinskih goriva u različitim studijama.

Lokacija (godina)	Broj merenja	$E_f(\text{NO}_x)$, g/l
Monterej, Meksiko (1994.) [74]	24.738	15
Hong Kong, Kina (1998.) [100]	-	10,6
Los Anđeles, SAD (2000.) [74]	23.303	4,4
Denver, SAD (2000.) [74]	22.986	5,1
Meksiko Siti, Meksiko (2000.) [74]	122.800	9,84±2,3
Cela teritorija SAD-a (2000.) [73]	-	7,9
Čikago, SAD (2002.) [97]	26.054	2,7±0,2
Hong Kong, Kina (2003.) [97]	8.544	3,7
Singapur, Singapur (2004.) [97]	55.000	5,2
Tokio, Japan (2004.) [97]	5.917	0,9
Handžou, Kina (2005.) [97]	32.260	5,53±0,48

Izbor emisionog faktora za NO_x u Srbiji je sveden na analizu rezultata dobijenih u istim zemljama, kao i u slučaju emisionog faktora za CO. Analizirani su detaljnije rezultati studija sa korišćenjem benzinskih goriva sprovedenih u Meksiku i Kini. U slučaju Srbije vrednost $E_f(\text{NO}_x)$ izračunata je kao srednja vrednost dobijena u radovima sprovedenim na tim područjima i iznosi 7,6 g/l.

Kao i kod prethodnih i kod ovog emisionog faktora prisutan je trend opadanja sa podmlađivanjem voznog parka. Trend kretanja $E_f(\text{NO}_x)$ u zavisnosti od starosti vozila analiziran je u nekoliko radova i njihovi rezultati su prikazani na slici 2.8. [74, 93, 97].



Slika 2.8. Emisioni trend azotnih oksida (g/l) u zavisnosti od starosti vozila, analiziran na nekoliko različitih lokacija.

Relativne godišnje promene $E_f(\text{NO}_x)$, kao što se vidi na slici 2.8., najmanje su u Kini, a veće su u razvijenim zemljama. Kreću se od -5,1 %, preko -5,5 %, do -7,0 %, u Handžou, Meksiko Sitiju i San Francisku, redom.

Prosečna godišnja promena emisionog faktora u Srbiji izračunata je kao srednja vrednost rezultata dobijenih u istraživanjima u Kini i Meksiku i iznosi -5,3 %.

2.4.2.2. Vozila na dizel pogon

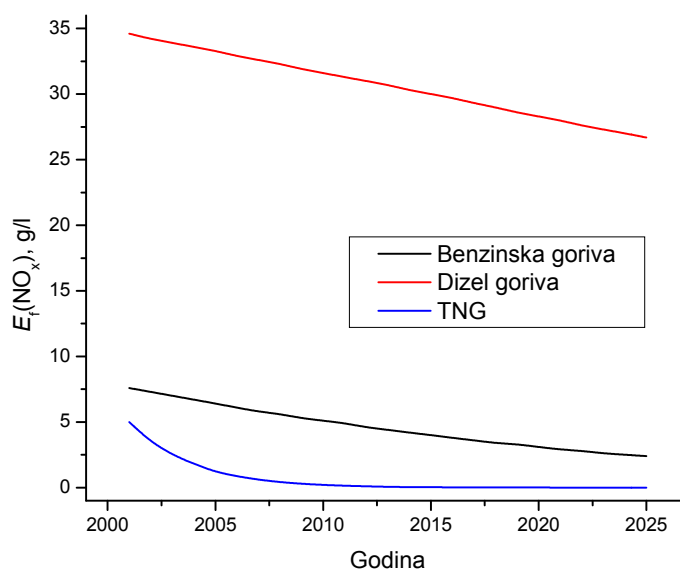
Radovi rađeni u SAD-u, kada se razmatra emisija iz izduvnih gasova vozila na dizel pogon, po pravilu analiziraju samo teretna vozila. Vrednosti emisionog faktora za NO_x u radovima rađenim u SAD-u kreću se od 21 g/l pa do 75,6 g/l [73, 94, 99]. Za razliku od sastava američkog voznog parka pogonjenog dizel gorivom, kineski vozni park više nalikuje srpskom, to jest i među putničkim vozilima postoji značajan broj onih koje pogoni dizel gorivo [102]. Zbog tog razloga veći značaj u ovoj analizi se pridaje informacijama dobijenim iz kineskih radova. Vrednosti emisionog faktora za NO_x u radovima rađenim u Kini kreće se od 10 g/l pa do 50 g/l, u zavisnosti od kategorije analiziranog vozila [102, 106]. Naravno, autobusi, ili velika teretna vozila, sa velikim dizel motorima, imaju veće vrednosti $E_f(\text{NO}_x)$ nego, na primer, putnički automobili. Čak je i prosečno godišnje smanjenje $E_f(\text{NO}_x)$ kod ovih grupa vozila manje nego kod putničkih automobila [106]. Razlog tome bi trebalo potražiti u sporijem tehnološkom napretku industrije velikih motora, koji se koriste kod ovih grupa vozila, nego kod motora putničkih automobila.

Usvojena vrednost $E_f(\text{NO}_x)$ za dizel goriva u Srbiji je dobijena iz odnosa emisije benzinskih/dizel goriva predstavljenih Čanovom (*Chan*) radu (tabela 2.5.) i već izračunate vrednosti $E_f(\text{NO}_x)$ za benzinska goriva, prethodno u tekstu. Dok je iznos prosečnog godišnjeg smanjenja emisionog faktora izračunat na osnovu rezultata prikazanih u jednom drugom radu istog autora [102]. Vrednost emisionog faktora za NO_x u Srbiji i njegovo prosečno godišnje smanjenje iznose 34,6 g/l i 1,2 %.

2.4.2.3. Vozila na TNG pogon

Kao i u slučaju emisije ugljen-monoksida i za emisiju azotnih oksida iz vozila na TNG pogon koriste se zaključci izneti u Ningovom radu, rađenom u Hong Kongu [101]. Emisioni faktor za NO_x u Srbiji usled nedostatka literaturnih podataka dobijen je analizom rezultata predstavljenim samo u tom radu. Usvojena vrednost $E_f(\text{NO}_x)$ za TNG u Srbiji je dobijena iz odnosa emisije benzinskih/TNG goriva datih u tabeli 2.5. i već izračunate vrednosti $E_f(\text{NO}_x)$ za benzinska goriva prethodno u tekstu. Vrednost ovog emisionog faktora i njegovo prosečno godišnje smanjenje iznose 5,0 g/l i 36,5 %.

Iznosi $E_f(\text{NO}_x)$ za sva motorna goriva u Srbiji u vremenskom periodu 2001-2025. godina prikazani su grafički na slici 2.9., a vrednosti u svakoj godini pojedinačno dati su u tabeli 3.20. u dodatku.



Slika 2.9. Iznosi emisionih faktora za NO_x u Srbiji za sva motorna goriva (period 2001-2025. godina).

2.4.3. Emisioni faktor ugljovodonika

2.4.3.1. Vozila na benzinski pogon

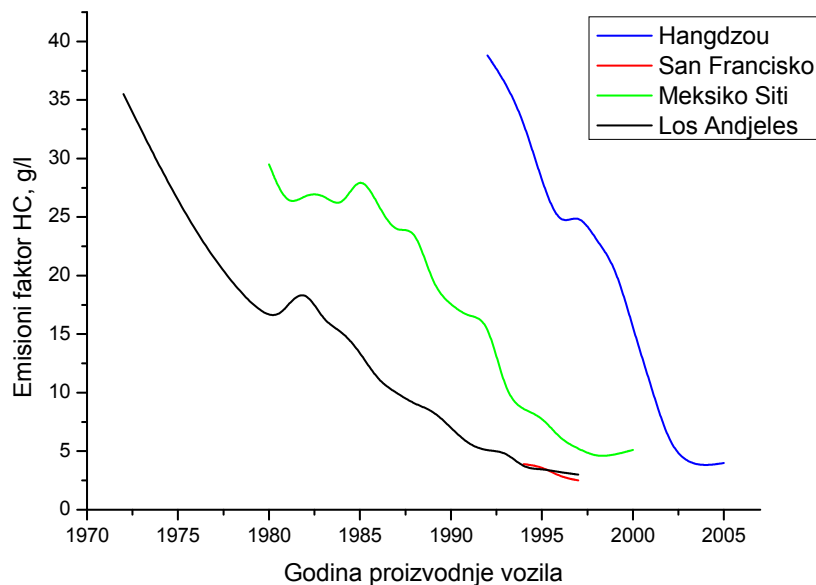
Najviši prosečni emisioni faktori za HC zabeleženi su na lokacijama u Meksiku i iznosili su preko 20 g/l, dok su najniže vrednosti zabeležene u SAD-u i inosile su 2,4 g/l [75, 96]. Najviše izmerene vrednosti emisionih faktora su bile značajno veće od prosečnih, u zavisnosti od starosti vozila na kojima su vršena merenja; tako, na primer, vrednosti su u Handžou iznosile i preko 40 g/l, za vozila proizvedena pre 1992. godine. Uporedni prikaz prosečnih iznosa emisionih faktora za HC na različitim lokacijama prikazani su u tabeli 2.8. [73-74, 93, 97, 100].

Literaturni podaci sumirani u tabeli 2.8. pokazuju da su niže prosečne vrednosti ovog emisionog faktora u razvijenim zemljama, nego u zemljama u razvoju. Da bi se dobio emisioni faktor za Srbiju detaljnije su analizirani rezultati studija sprovedenih u Meksiku i Kini. Samim tim, očekivana vrednost $E_f(\text{HC})$ u Srbiji će biti na nivou većih vrednosti prikazanih u tabeli 2.8. Izračunata vrednost $E_f(\text{HC})$ za Srbiju u ovom radu iznosi 18,2 g/l.

Opadajući trend je prisutan i kod ovog emisionog faktora prilikom merenja kod vozila novije proizvodnje. Trend kretanja emisionog faktora za HC u zavisnosti od starosti vozila analiziran je u nekoliko studija i njihovi rezultati su prikazani na slici 2.10. [74, 93, 97].

Tabela 2.8. Uporedni prikaz emisionih faktora za HC kod benzinskih goriva u različitim studijama.

Lokacija (godina)	Broj merenja	$E_f(\text{HC}), \text{g/l}$
Monterej, Meksiko (1994.) [74]	24.738	23,2
Los Anđeles, SAD (1997.) [93]	60.000	9,3±1,5
Hong Kong, Kina (1998.) [100]	-	10,6
Los Anđeles, SAD (2000.) [74]	23.303	3,5
Denver, SAD (2000.) [74]	22.986	9
Meksiko Siti, Meksiko (2000.) [74]	122.800	15,1±1,9
Cela teritorija SAD-a (2000.) [73]	-	15,9
Čikago, SAD (2002.) [97]	26.054	2,4±0,3
Denver, SAD (2003.) [97]	21.321	6,6
Hong Kong, Kina (2003.) [97]	8.544	5,18
Singapur, Singapur (2004.) [97]	55.000	2,96
Tokio, Japan (2004.) [97]	5.917	5,9
Handžou, Kina (2005.) [97]	32.260	9,51±2,4



Slika 2.10. Emisioni trend ugljovodonika (g/l) u zavisnosti od starosti vozila, analiziran na nekoliko različitih lokacija.

Trend smanjenja emisionog faktora sa podmlađivanjem voznog parka najizraženiji je na lokacijama u Meksiku; Monterej i Meksiko Siti su imali vrednosti -8,5 % i -7,5 %, redom. Za

razliku od ranijih emisionih faktora, najviše prosečno godišnje smanjenje zabeleženo u Handžou, od -14,6 %. Smanjenje ovog emisionog faktora na lokacijama u SAD-u je veliko, ali je negde između smanjenja zabeleženih u Kini i Meksiku. U Los Andelesu je bilo -11,3 %, a u San Francisku -13,4 %. Kada se razmatra smanjenje emisije ugljovodonika sa podmlađivanjem voznog parka zanimljiv je rad autora Žanga (*Zhang*), koji je predstavio projekciju kretanja $E_f(\text{HC})$ u Handžou u vremenskom intervalu od 2004-2030. godina [106]. On u svom radu zaključuje da će se u celokupnom razmatranom vremenskom periodu ovaj emisioni faktor u Handžou prosečno smanjivati za 6,4 % godišnje.

Uzevši sve navedeno u obzir, prosečna godišnja promena emisionog faktora za ugljovodonike iz benzinskih goriva u Srbiji izračunata je kao srednja vrednost rezultata dobijenih u istraživanjima u Kini i Meksiku i iznosi -7,5 %.

2.4.3.2. Vozila na dizel pogon

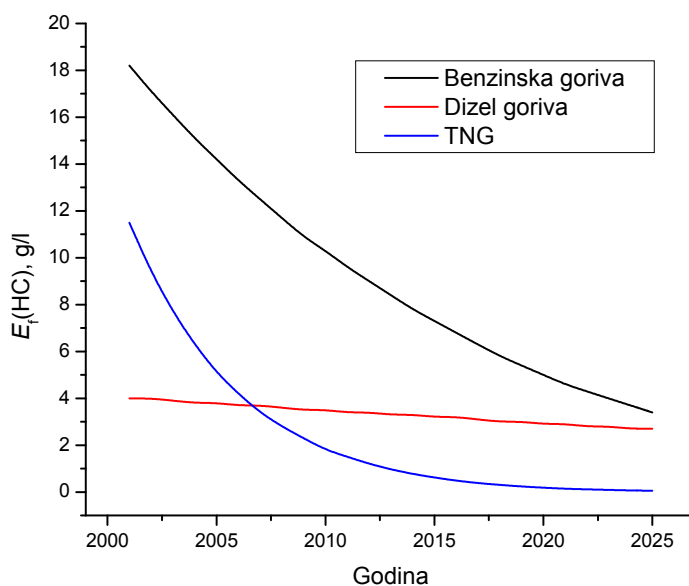
Vrednosti emisionog faktora za ugljovodonike u radovima rađenim u SAD-u, koji su gotovo bez izuzetka obrađivali samo teretna vozila, kreće se od 1,3 g/l pa do 16,6 g/l, gde je prosečna vrednost za celu teritoriju SAD-a data u iznosu od 12 g/l [73, 99]. Velika prosečna vrednost ovog emisionog faktora za dizel goriva u SAD-u je posledica masovne upotrebe teretnih vozila sa veoma velikim zapreminama motora, koja često prelazi 10.000 cm³. Vrednosti ovog emisionog faktora u radovima rađenim u Kini imaju niže vrednosti i kreću se od 3 g/l pa do 7,5 g/l, u zavisnosti od klase analiziranog vozila [102, 106].

Vrednost $E_f(\text{HC})$ za dizel goriva u Srbiji je dobijena iz odnosa emisije benzinskih/dizel goriva datih u tabeli 2.5. i već izračunate vrednosti $E_f(\text{HC})$ za benzinska goriva, prethodno u tekstu. Iznos prosečnog godišnjeg smanjenja emisionog faktora izračunat na osnovu rezultata prikazanih u radu autora Čana, rađenog u Kini [102]. Vrednost emisionog faktora za ugljovodonike iz dizel goriva u Srbiji i njegovo prosečno godišnje smanjenje iznose 4 g/l i 1,9 %, redom.

2.4.3.3. Vozila na TNG pogon

Kao i u slučaju emisije prethodne dve zagađujuće materije i za emisiju azotnih oksida iz TNG goriva koriste se zaključci izneti u Ningovom radu, rađenom u Hong Kongu [101]. Usvojena vrednost $E_f(\text{HC})$ za TNG u Srbiji je dobijena iz odnosa emisije benzinskih/TNG goriva datog u tabeli 2.5. i već izračunate vrednosti $E_f(\text{HC})$ za benzinska goriva prethodno u tekstu. Vrednost ovog emisionog faktora za TNG gorivo u Srbiji i njegovo prosečno godišnje smanjenje iznose 11,5 g/l i 22,4 %, redom.

Iznosi vrednosti $E_f(\text{HC})$ u Srbiji za sva motorna goriva u vremenskom periodu 2001-2025. godina prikazani su grafički na slici 2.11., a vrednosti u svakoj godini pojedinačno date su u tabeli 3.21. u dodatku.



Slika 2.11. Iznosi emisionih faktora za HC u Srbiji za sva motorna goriva (period 2001-2025. godina).

2.4.4. Emisioni faktor ugljen-dioksida

2.4.4.1. Vozila na benzinski pogon

U radovima koji se bave određivanjem emisionih faktora prema potrošnji motornih goriva u realnim saobraćajnim uslovima autori ne mere i ne analiziraju emisiju ugljen-dioksida na onaj način na koji se obrađuju emisije ugljen-monoksida, ugljovodonika i azotnih oksida.

Američka agencija za zaštitu životne okoline daje informaciju da prosečna emisija CO_2 po litru utrošenog benzinskog goriva u celom SAD-u iznosi 2.348 g [110]. Sličan iznos, 2.300 g/l, dat je i od strane Australijskog Ministarstva životne okoline [111], dok je, na primer, u Kini u okviru studije radene u gradu Handžou dobijena prosečna vrednost $E_f(\text{CO}_2)$ od 2.184 g/l [106]. Inače, ova vrednost predstavlja predviđenu srednju vrednost u vremenskom periodu 2004-2030. godine.

Vrednost $E_f(\text{CO}_2)$, kada su u pitanju benzinska goriva, u Srbiji je izračunata kao prosečna vrednost gore navedenih i iznosi 2.266 g/l.

Interesantno je da se za emisiju ove zagađujuće materije ne predviđa trend smanjenja u budućnosti, kao kod ostalih zagađujućih materija. U dokumentima koje je objavila američka EPA predstavljeno je da je emisija CO_2 direktno proporcionalna potrošnji motornih goriva [112], što bi značilo ukoliko se potrošnja motornih goriva poveća/smanji za 1 % za isti iznos će se povećati/smanjiti emisija CO_2 . Sličan zaključak je izveden i u studiji sprovedenoj u Kini, s'tim da se u njoj ide još dalje, pa se predviđa u budućnosti veoma umeren rast emisionog faktora po prosečnoj godišnjoj stopi od 0,22 % [106].

U slučaju Srbije usvojeno je da će se $E_f(\text{CO}_2)$ povećavati po prosečnoj godišnjoj stopi od 0,11 %, što predstavlja srednju vrednost gore navedenih stopa povećanja. Ovakav zaključak je donešen jer se smatra da će se saobraćajni sektor u Srbiji u narednom periodu intenzivno razvijati, ali ne toliko intenzivno kao u Kini, i kao posledicu toga neće imati povećanje emisije CO_2 u iznosu koji se očekuje u Kini.

2.4.4.2. Vozila na dizel pogon

Uopšteno govoreći emisija ugljen-dioksida iz izduvnih gasova vozila na dizel pogon je nešto veća nego iz vozila na benzinski pogon. Američka EPA je objavila da prosečna emisija CO_2 po litru utrošenog dizel goriva, sagledavajući celokupnu teritoriju SAD-a, iznosi 2.690 g [110]. Emisioni faktori dobijeni analizom teretnih vozila u SAD-u kreću se u intervalu od 2.421 g/l pa do 3.117 g/l, s'tim da su to vrednosti izmerene na vozilima u stanju mirovanja (broj obrta motora 600 o/min). U radnim uslovima, pri broju obrta motora od 1.100 o/min i sa uključenim klima uređajem vrednosti se mogu povećati i do 165 %, to jest vrednost $E_f(\text{CO}_2)$ može imati iznos i do 6.400 g/l [99]. Australijsko ministarstvo životne okoline daje na svom sajtu informaciju da prosečna emisija ugljen-dioksida iz dizel goriva iznosi 2.700 g/l, što je slična vrednost iznosima dobijenim u SAD [111]. Vrednosti predstavljene u radu koji se bavi predviđanjem emisionih faktora do 2030. godine u Handžou kreću se od 2.405 g/l pa do 2.518 g/l, u zavisnosti od klase analiziranih vozila, gde pri tome srednja vrednost $E_f(\text{CO}_2)$ za celokupni vozni park iznosi 2.472 g/l [106].

Iznos $E_f(\text{CO}_2)$, kada su u pitanju dizel goriva, u Srbiji je izračunat kao prosečna vrednost srednjih vrednosti dobijenih u SAD i Kini i iznosi 2.581 g/l.

Rast emisionog faktora za CO_2 kod dizel goriva će biti manji nego rast koji se predviđa za emisiju iz benzinskih goriva. Vrednost koju daje Čeng u svom radu [106] je usvojena i za Srbiju, u narednom periodu $E_f(\text{CO}_2)$ će prosečno godišnje rasti po stopi od 0,02 %.

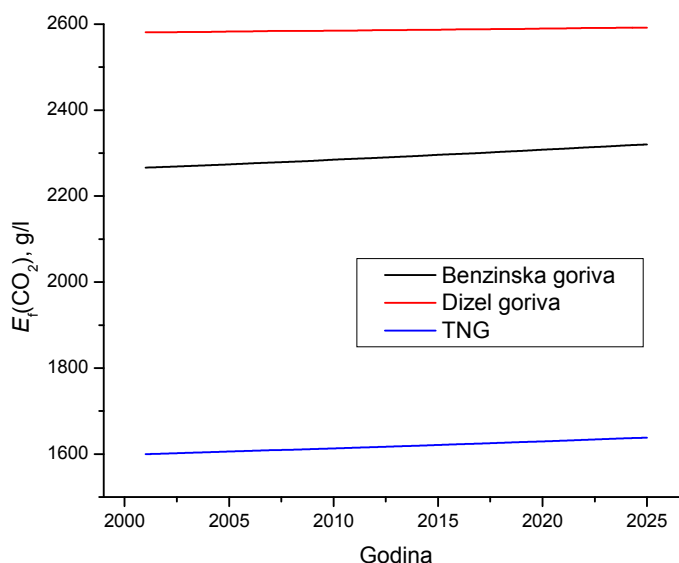
2.4.4.3. Vozila na TNG pogon

Kao i u prethodnim slučajevima, vrednosti emisionog faktora za CO_2 iz TNG goriva koje daju američka EPA i australijsko Ministarstvo životne okoline imaju veoma sličan iznos. Na sajtu australijskog ministarstva objavljen je iznos od 1.600 g/l [111], dok EPA pruža informacije o pojedinačnom emisionom faktoru za butan u iznosu 1.716 g/l i propan u iznosu 1.500 g/l [109].

Usvojena vrednost u slučaju Srbije jednaka je ovim vrednostima i iznosi 1.600 g/l.

Usled nepostojanja nikakvih literaturnih podataka za trend kretanja ovog emisionog faktora iz TNG goriva, usvojeno je da će se on kretati kao kod benzinskih goriva, to jest prosečno godišnje će se povećavati za 0,11 %.

Iznosi $E_f(\text{CO}_2)$ u Srbiji za sva motorna goriva u vremenskom periodu 2001-2025. godina prikazani su na slici 2.12., a vrednosti u svakoj godini pojedinačno date su u tabeli 3.22. u dodatku.



Slika 2.12. Iznosi emisionih faktora za CO_2 u Srbiji za sva motorna goriva (period 2001-2025. godina).

2.4.5. Emisioni faktor čestičnih materija manjih od $10 \mu\text{m}$

2.4.5.1. Vozila na benzinski pogon

Od svih zagađujućih materija dobijenih iz izduvnih gasova motornih vozila, čestične materije su najmanje obrađivane, te je stoga dostupnost podataka vezanih za njihovu emisiju veoma ograničena. Naročito je prisutan nedostatak informacija kada se razmatraju benzinska goriva i TNG. Ta činjenica uopšte ne čudi, jer je emisija PM_{10} nastala sagorevanjem ova dva goriva značajno manja nego emisija iz dizel goriva (tabela 2.5.).

Vrednost $E_f(\text{PM}_{10})$ i prosečnog godišnjeg trenda promene za benzinska goriva u Srbiji izračunata je na osnovu informacija datih u radu koji se bavi predviđanjima emisionih faktora u Handžou [106] i iznosi 0,361 g/l i -5 %, redom.

2.4.5.2. Vozila na dizel pogon

Emisija PM_{10} iz izduvnih gasova vozila na dizel pogon je značajno veća nego emisija nastala iz drugih motornih goriva (tabela 2.5.). Ova činjenica posebno postaje važna u gusto naseljenim sredinama gde je frekvencija teretnog saobraćaja velika, a pogotovu u takvim sredinama u Srbiji gde je povrhu toga prisutan i veliki udeo (većinski) putničkih vozila na dizel pogon.

Rezultati radova iz SAD-a pokazuju da su prosečni iznosi $E_f(\text{PM}_{10})$ viši nego u radovima iz drugih delova sveta. Vrednosti se kreću u intervalu od 0,56 g/l pa do 2,2 g/l, gde je pri tome prosečna vrednost za teritoriju čitavog SAD-a 1,4 g/l [94, 99]. Objašnjenje visokih vrednosti u SAD-u je isto kao i kod emisije ugljovodonika, uostalom smatra se da su ugljovodonična jedinjenja u izduvnim gasovima vozila prekursori stvaranju čestica [108]. Uz to, znajući da su glavni faktori koji utiču na emisiju čestičnih materija klasa vozila i veličina motora, podaci dobijeni u SAD-u imaju smisla [107]. Iznosi emisionog faktora za istu klasu vozila (teretna vozila) u Evropi su nešto niži i kreću se u intervalu od 0,169 g/l pa do 1,44 g/l, kod najvećih kamiona [108]. Vrednosti u Kini su na nivou vrednosti dobijenih u Evropi i kreću se od 0,125 g/l pa do 1,65 g/l, s'tim da se ove vrednosti odnose na celokupni vozni park [106].

Iznos $E_f(\text{PM}_{10})$, kada su u pitanju dizel goriva, u Srbiji izračunat je kao srednja vrednost podataka dobijenih u Evropi i Kini i iznosi 0,85 g/l.

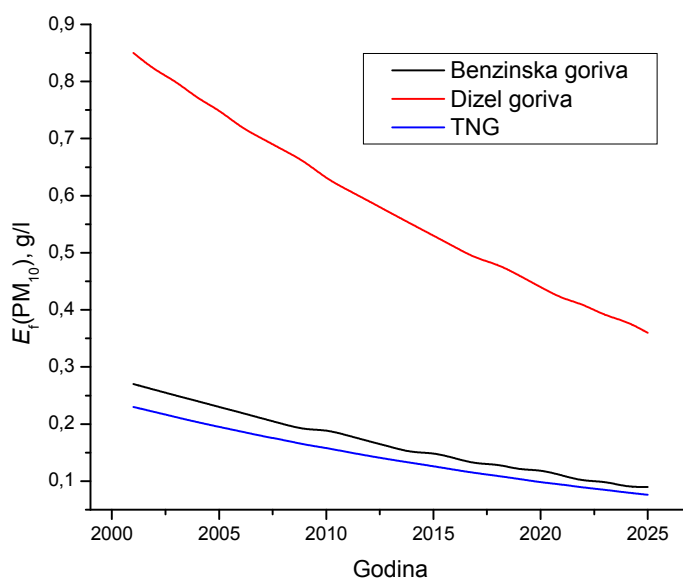
Iznos prosečnog godišnjeg smanjenja emisionog faktora izračunat na osnovu rezultata studije rađene u Handžou i iznosi 3,9 % [106].

2.4.5.3. Vozila na TNG pogon

Veoma malo literaturnih podataka je dostupno o emisiji čestičnih materija iz izduvnih gasova vozila na TNG pogon. U radu Žanga (*Zhang*) i Moravske (*Morawska*) [108] označeno je da je koncentracija čestičnih materija emitovanih iz motora na TNG pogon slična koncentraciji iz motora na benzinski pogon, a da se samo u slučajevima maksimalnog iskorišćenja motora iznosi mogu približiti koncentracijama emitovanim iz dizel motora.

Imajući u vidu napred izrečeno, usvojen je emisioni faktor za čestične materije iz TNG goriva u Srbiji za 15 % niži nego kod benzinskih goriva i ima vrednost od 0,23 g/l. Dok je trend godišnje promene emisionog faktora odabran da bude isti kao kod benzinskih goriva i iznosi - 5 %.

Iznosi $E_f(\text{PM}_{10})$ u transportnom sektoru Srbije u vremenskom periodu 2001-2025. godina predstavljeni su grafički na slici 2.13., a vrednosti u svakoj godini pojedinačno dati su u tabeli 3.23. u dodatku.



Slika 2.13. Iznosi emisionih faktora za PM₁₀ u Srbiji za sva motorna goriva (period 2001-2025. godina).

2.4.6. Korekcija emisionih faktora - k

Poznato je da na iznose emisionih faktora najviše utiče vrsta motornog goriva, vrsta vozila, to jest klasa vozila i starost, dok ništa manje ne utiču i karakteristike voznog ciklusa, konfiguracija terena, namena vozila i neke tehnološke karakteristike - tretman izduvnih gasova na izlasku iz vozila (prisustvo katalizatora) i način kontrole rada samog motora (tehnologija ubrizgavanja goriva).

Uvođenje korigovanja emisionih faktora je bilo neophodno zbog neizostavnih razlika svih napred pomenutih uticajnih faktora na emisiju u Srpskom saobraćajnom sektoru u odnosu na saobraćajne sektore u SAD-u i Kini, odakle i najviše literaturnih podataka potiče. Sastav voznog parka i raspodela potrošnje motornih goriva u Srbiji i SAD-u se značajno razlikuju. SAD ima potpuno razvijen saobraćajni sektor, u kojem su najbrojnija vozila na benzinski pogon, dizel gorivo se koristi gotovo isključivo samo kod teretnih vozila, a potrošnja TNG-a je zanemarljiva. Prosečna starost voznog parka je značajno niža nego u Srbiji, što znači i da se prosečno koriste tehnološki napredniji motori, sa manjom emisijom. Saobraćajni sektor u Kini je u intenzivnom razvoju, sa predviđanjem da će se i u budućnosti nesmanjenim intenzitetom nastaviti. Procena je i da će se saobraćajni sektor Srbije razvijati, dok intenzitet razvoja neće biti kao u Kini. Udeo korišćenja dizel goriva u Kini je veći nego u SAD, ali još uvek manji nego u Srbiji, dok je sastav voznog parka i veličina vozila sličnija voznom parku u Srbiji, nego u SAD-u.

Analizirajući ove razloge, a uzimajući u obzir posebno važnu činjenicu, tekuću svetsku ekonomsku krizu, sa prisutnom neizvesnošću njenog završetka, zaključeno je da je

neophodno uvesti korekciju emisionih faktora koja će uzeti u obzir specifičnosti saobraćajnog sektora u Srbiji. Svetska ekonomska kriza je globalno, a pogotovo u Srbiji, uslovlila usporavanje planiranog ekonomskog i privrednog razvoja. Što dovodi do zaključka da u Srbiji brzina promene emisionih faktora neće imati onu dinamiku prethodno naznačenu u tekstu, bar ne u prvom delu analiziranog vremenskog intervala. Praktično, uvođenje parametra k , učiniće trend promene emisionih faktora manje intenzivnim, naročito u prvoj polovini vremenskog intervala.

Korekcija emisionih faktora je vezana za prosečnu starost voznog parka i obrnuto je proporcionalna njenom smanjenju. Način izračunavanja parametra k prikazan je jednačinom 2.2.

$$k = 1 - (SVP_j - SVP_{2025}) \cdot s \quad (2.2.)$$

gde su:

SVP_j – prosečna starost voznog parka u godini „j”,

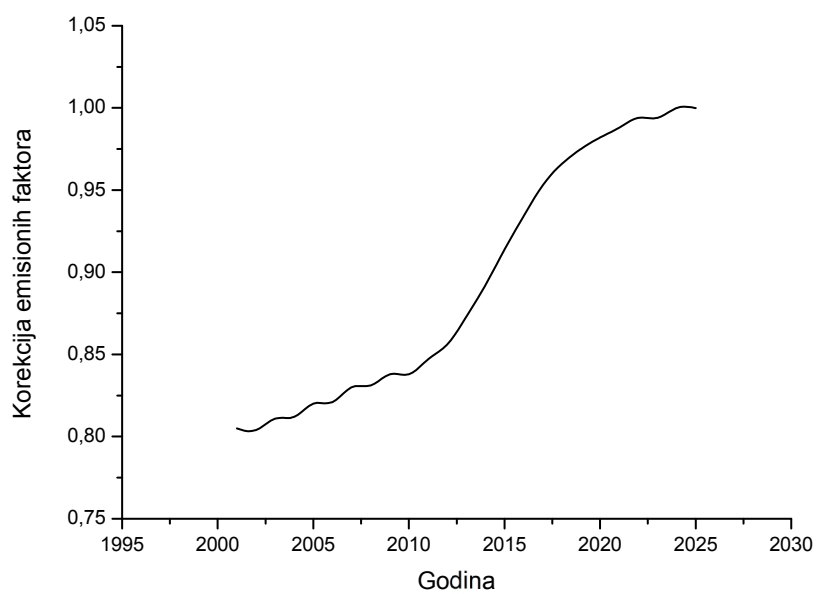
SVP_{2025} – prosečna starost voznog parka u 2025. godini,

s – koeficijent starosti vozila.

Prosečna starost voznog parka u odgovarajućoj godini izračunata je na osnovu rezultata predstavljenih u prvom delu ovog rada (tabele 3.12. i 3.13. iz dodatka) i kreće se od 16,1 godine u 2001. godini pa do 7,9 godina u 2025. godini.

Koeficijent starosti vozila (s) je bezdimenziona veličina i uzima u obzir uticaj promene prosečne starosti vozila za jednu godinu na parametar k . Da bi se koeficijent s izračunao, određen je horizont prosečne starosti vozila, tj. maksimalna teorijska starost voznog parka. Sagledavajući socio-ekonomske prilike u Srbiji i postojeće karakteristike voznog parka usvojeno je da horizont iznosi 50 godina. Primera radi, koeficijent starosti vozila bi imao vrednost 1,0 kada bi promena prosečne starosti voznog parka bila jednaka razlici maksimalne i minimalne prosečne starosti voznog parka, tj. (50 – 7,9) godina. Za jednogodišnju promenu izračunato je da vrednost koeficijenta s iznosi 0,0238.

Vrednosti koje može imati parametar k kreću se u intervalu 0,000-1,000. Dve granične vrednosti, parametar k bi imao u slučajevima prosečne starosti voznog parka od 50 godina i 7,9 godina. Izračunate vrednosti korekcija emisionih faktora u Srbiji za vremenski period od 2001. do 2025. godine prikazane su grafički na slici 2.14., a vrednosti korekcije u svakoj godini pojedinačno date su u tabeli 3.24. u dodatku.



Slika 2.14. Kretanje vrednosti parametra k u Srbiji (period 2001-2025. godina).

2.5. Rezultati i diskusija

Rezultati koje daje model emisije zagađujućih materija iz izduvnih gasova vozila, predstavljeni u ovom radu, važni su zbog toga jer se takva vrsta podataka u Srbiji još uvek sistematski ne meri i statistički se ne obrađuje. Jedine informacije vezane za ovu tematiku do sada u Srbiji mogu se naći u radu izrađenom na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu [86]. Međutim, ovaj rad i rad rađen na Saobraćajnom fakultetu imaju različite metodološke osnove, te je stoga zanimljivo uporediti dobijene rezultate, što će i biti predstavljeno u nastavku teksta.

Modelovanje u ovom radu se zasniva na principu emisije prema potrošnji motornog goriva, dok se rad Saobraćajnog fakulteta bazira na emisiji po pređenom putu vozila. Informacije potrebne za uspostavljenje modela u ovom radu dobijene su izvođenjem analogija, izradom komparativnih analiza i statističkom analizom podataka iz drugih zemalja, dok se u radu Saobraćajnog fakulteta koristi softverski paket razvijen u EU, za potrebe Evropske agencije za zaštitu životne okoline (*European Environment Agency - EEA*), pod nazivom „COPERT IV“ [90].

Razlog za primenu ove „alternativne“ metodologije [73, 74] nalazi se u težnji da se dobije jednostavno primenljiv model sa onom količinom podataka koja je dostupna za emisiju iz izduvnih gasova vozila u Republici Srbiji i komparativnim zemljama. Znajući da je za dobijanje reprezentativnih rezultata korišćenjem softverskih paketa potrebno imati na raspolaganju ogroman broj sistematski prikupljenih statističkih podataka, koji u slučaju Srbije ne postoje, značaj ovog modela je veći.

Model emisije definisan je jednačinom 2.1., a detaljna metodologija izračunavanja parametara iz jednačine data je u pethodnom delu teksta. Rešenja jednačine 2.1. za svaku zagađujuću materiju pojedinačno, tj. rezultati emisije, u formi ukupne godišnje emisije dati su u nastavku teksta. Na kraju ovog poglavlja su u grafičkoj i tabelarnoj formi predstavljene godišnje promene svake zagađujuće materije iz godine u godinu i u razdobljima od pet godina.

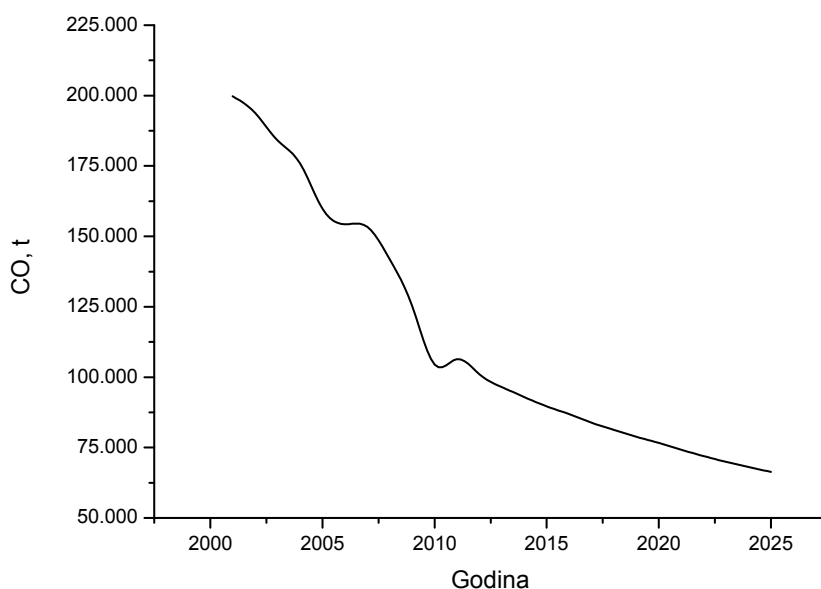
Krive godišnjih iznosa emisija, kao što se može videti u nastavku teksta, imaju složen izgled. Takva manifestacija se može objasniti rezultantom sučeljavanja faktora koji pozitivno i negativno utiču na emisiju. Podsećanja radi, na povećanje emisije najviše utiču: povećanje potrošnje motornih goriva, povećanje prosečne godišnje pređene kilometraže i spora obnova voznog parka (motori starijih tehnologija imaju prosečno veće emisione faktore). Za smanjenje emisije ključni faktori su: tehnološki napredak (proizvodnja efikasnijih motora, manjih radnih zapremina; optimizacija sagorevanja goriva u motorima, poboljšanja katalizatora u izduvnim sistemima vozila, smanjivanje mase vozila,...), optimalnije iskorišćenje vozila (prevoz više putnika i robe po jednom vozilu, smanjenje korišćenja vozila

i prosečne godišnje pređene kilometraže), upotreba alternativnih goriva koja imaju manju emisiju zagađujućih materija.

Validacija modela nije moguća na način na koji je proveravan model potrošnje motornih goriva, već će rezultati biti upoređeni sa podacima datim u radu Saobraćajnog fakulteta i statističkim podacima koje daje Eurostat za komparativne zemlje [113-114].

2.5.1. Emisija ugljen-monoksida

Rezultat modela emisije ugljen-monoksida u transportnom sektoru u Srbiji u vremenskom periodu od 2001. pa do 2025. godine grafički je prikazan na slici 2.15.



Slika 2.15. Ukupna godišnja emisija CO iz vozila u Srbiji u periodu 2001-2025. godina.

Sa slike 2.15. se jasno vidi da je u celom posmatranom vremenskom periodu ukupna godišnja emisija ugljen-monoksida iz izduvnih gasova vozila ima opadajući trend. Jedino odstupanje od opadajućeg trenda primetno je između 2010. i 2011. godine, dok između 2006. i 2007. godine nije došlo do promene trenda već samo do značajnog usporavanja.

U celom periodu, od 2001. godine pa do 2025. godine, godišnja emisija CO će se smanjiti za 66,8 %, to jest sa godišnje emisije CO od 199.700 t na 66.340 t. Analizirajući krivu emisije CO uočavaju se dva dela sa različitim nagibima. Prvi deo krive sa većim nagibom, to jest prosečno većim godišnjim smanjenjem emisije, činio bi emisiju CO u periodu 2001-2010. godina, dok bi drugi deo sa manjim nagibom, obuhvatio period 2011-2025. godina.

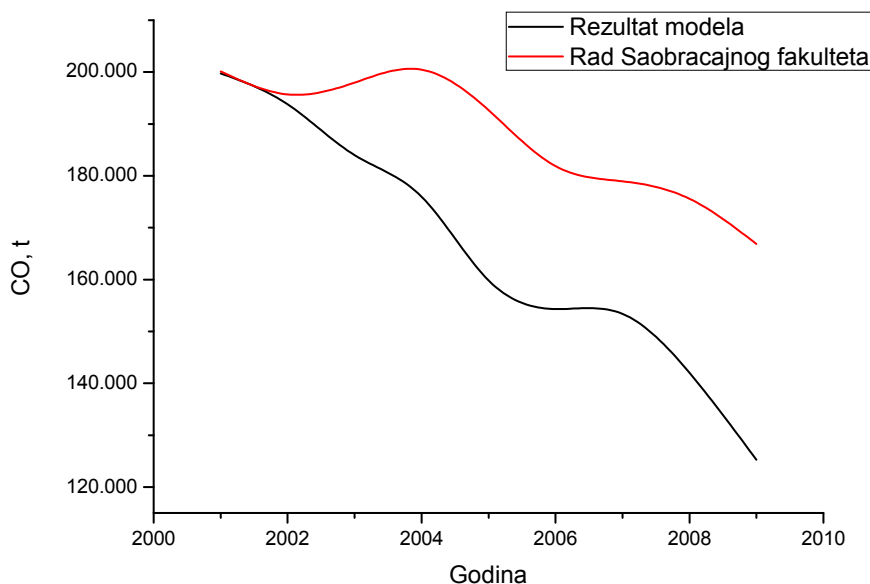
Prvi deo krive karakterišu veće godišnje fluktuacije emisije, gde godišnja promena emisije ide od -0,6 % pa do -16,6 %, između 2006-2007. godine i 2009-2010. godine, redom.

Karakteristika drugog dela krive je konstantan trend umerenog opadanja emisije, bez velikih oscilacija.

Rezultati godišnjih emisija CO iz izduvnih gasova vozila u Srbiji u celom periodu od 2001. godine pa do 2025. godine prikazani su u tabeli 3.25. u dodatku.

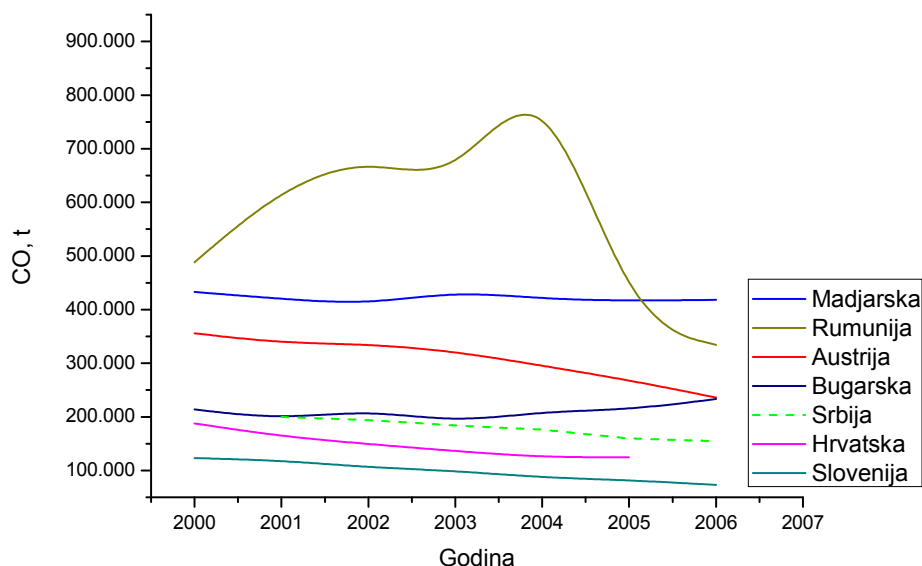
Kao što je već rečeno, validacija modela emisije nije mogla biti urađena na uobičajen način, zbog potpunog odsustva statističkih podataka vezanih za emisiju iz izduvnih gasova vozila u Srbiji. Međutim, i pored toga postojala je potreba kvalitativnog upoređivanja rezultata dobijenih modelom. U tu svrhu korišćeni su rezultati koje u svom radu daje Saobraćajni fakultet i statistički podaci emisije iz nekih okolnih zemalja.

Uporedni prikaz rezultata modela emisije CO i podataka iz rada Saobraćajnog fakulteta [86] mogu se videti na slici 2.16. Uočljivo je da obe krive imaju tendenciju opadanja emisije, s'tim da model dat u ovom radu pokazuje brži trend opadanja. Razlike u iznosima emisija dobijenih na osnovu modela prema potrošnji goriva i softverskog paketa koji se zasniva na emisiji prema pređenom putu ne bi trebalo da čude. U literaturi se mogu naći oprečne informacije o komparaciji iznosa emisija obrađivanih na osnovu ova dva pristupa. Razlike između emisija izračunatih prema ova dva pristupa mogu biti i do $\pm 50\%$ [73-74, 94, 97]. Ovako velike razlike mogu se objasniti različitom metodološkom strukturom softverskih rešenja korišćenih u softverskim paketima. Što se tiče softverskog paketa korišćenog u radu Saobraćajnog fakulteta, „COPERT IV“ [90], u literaturi ne postoji komparativna analiza iznosa emisije dobijenog na osnovu njega i na osnovu merenja emisije po potrošnji goriva.



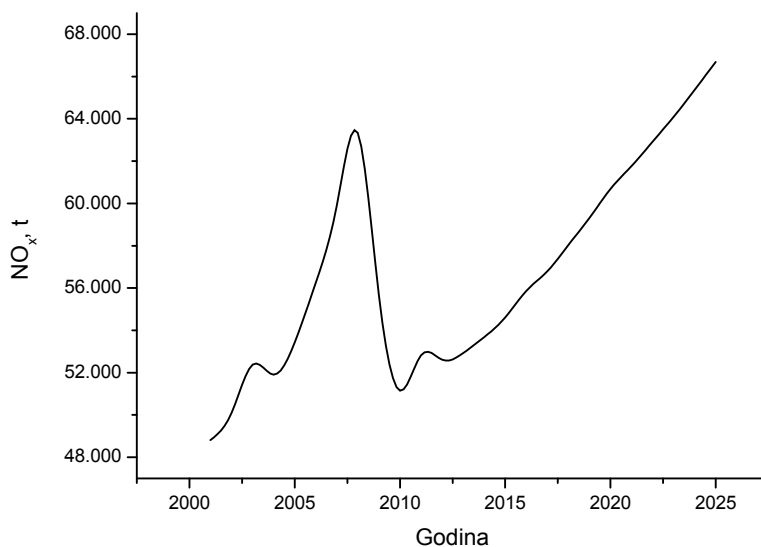
Slika 2.16. Uporedni prikaz rezultata modela emisije CO i rezultata datih u radu Saobraćajnog fakulteta [86].

Analizirajući emisiju CO iz vozila u nekim okolnim zemljama i Srbiji zaključuje se da je kod svih prisutan sličan trend. Kod svih zemalja prikazanih na slici 2.17., sem Bugarske, emisija se u periodu 2000-2006. godina smanjila. U slučaju Srbije to smanjenje je bilo 22,7 %, dok je u slučajevima Rumunije i Hrvatske iznosilo 31,6 % i 33,6 %, redom. Iznos godišnje emisije CO u Srbiji, izraženo u tonama, u periodu između 2000-2006. godine nalazi se između vrednosti u Hrvatskoj i Bugarskoj.



Slika 2.17. Uporedni prikaz godišnje emisije CO u nekim okolnim zemljama i Srbiji, u periodu 2000-2006. godina.

2.5.2. Emisija azotnih oksida



Slika 2.18. Ukupna godišnja emisija NO_x iz vozila u Srbiji u periodu 2001-2025. godina.

Rezultat modela emisije azotnih oksida iz izduvnih gasova vozila u Srbiji u vremenskom periodu od 2001. godine pa do 2025. godine prikazan je na slici 2.18.

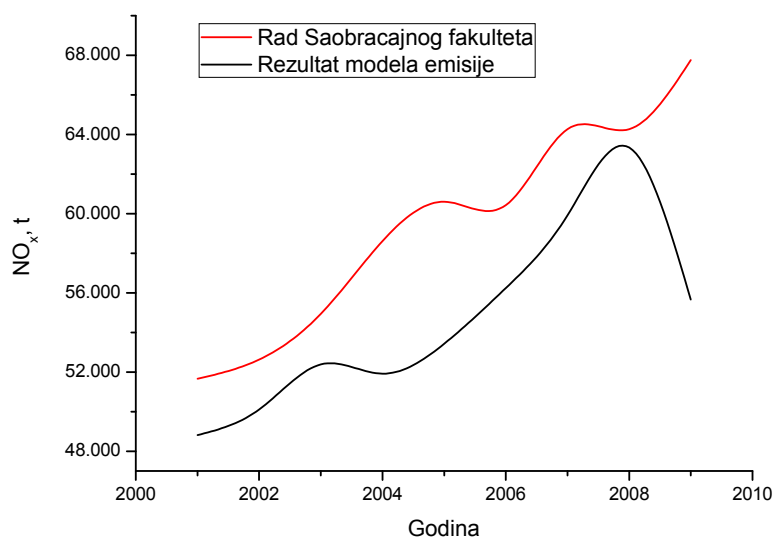
U celom vremenskom intervalu, do 2025. godine, emisija azotnih oksida u Srbiji će porasti za 41,2 %, sa 48.810 t u 2001. godina, na 68.910 t u 2025. godini. Međutim, kriva godišnje emisije će imati složen izgled, gde se opet mogu izdvojiti dva dela, jedan sa velikim oscilacijama i drugi sa konstantnim, umereno velikim rastom.

Prvi deo se može smestiti u vremenski interval 2001-2013. godina. U njemu je prisutno tri pika, 2003., 2008. i 2011. godine. Naročito je izražen pik postignut 2008. godine, kada je emisija iznosila 64.690 t, što je za 32,5 % viša emisija nego pre samo sedam godina. Naravno, veliki pad emisije koji sledi nakon toga, a sve do 2011. godine, posledica je svetske ekonomske krize.

Nakon 2012. godine, pa sve do kraja razmatranog perioda, sledi deo sa konstantnim stabilnim rastom emisije azotnih oksida, kako se Srbija bude makro-ekonomski oporavljala. Rast u ovom celom periodu će iznositi 26,4 %.

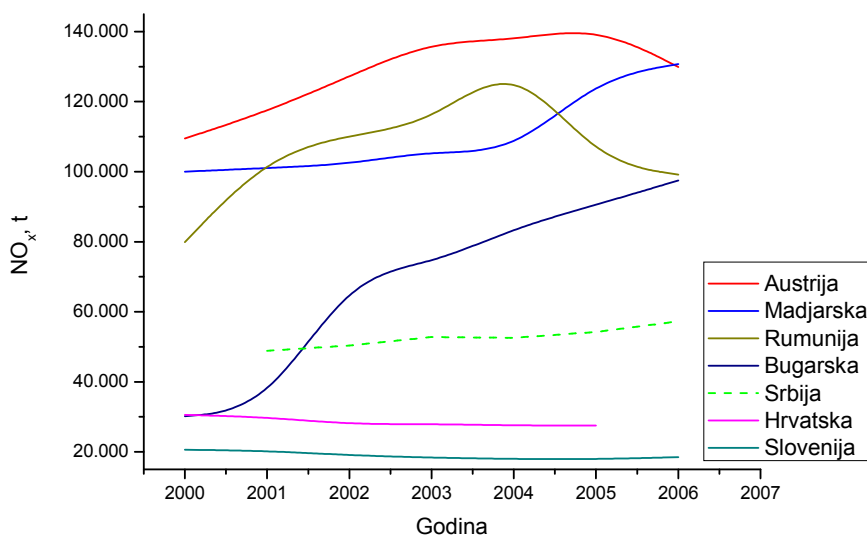
Rezultati godišnjih emisija NO_x iz izduvnih gasova vozila u Srbiji u celom periodu od 2001. godine pa do 2025. godine dati su u tabeli 3.25. u dodatku.

Uporedni prikaz rezultata modela emisije NO_x i podataka iz rada Saobraćajnog fakulteta [86] dat je na slici 2.19. Uočljivo je da obe krive imaju tendenciju rasta emisije, s'tim da model dat u ovom radu od 2008. godine pokazuje pad emisije, što nije slučaj u radu Saobraćajnog fakulteta. Razlog za ovakvu pojavu bi trebalo potražiti u vremenu kada je rad Saobraćajnog fakulteta rađen (2010. godine je objavljen) i dostupnosti podataka u vreme njegove izrade. Pretpostavlja se da u vreme izrade autori nisu računali na ovakav obim i trajanje kriznog perioda, te je i u 2009. godini u njihovom radu dat rast emisije. Razlog različitih vrednosti iznosa emisija NO_x u ova dva rada generalno se isto objašnjava kao i kod emisije CO, različitim metodološkim pristupom, a literaturno je poznato da razlike u iznosima emisije mogu biti i do ± 50 % [74-75, 94, 97].



Slika 2.19. Uporedni prikaz rezultata modela emisije NO_x i rezultata datih u radu Saobraćajnog fakulteta [86].

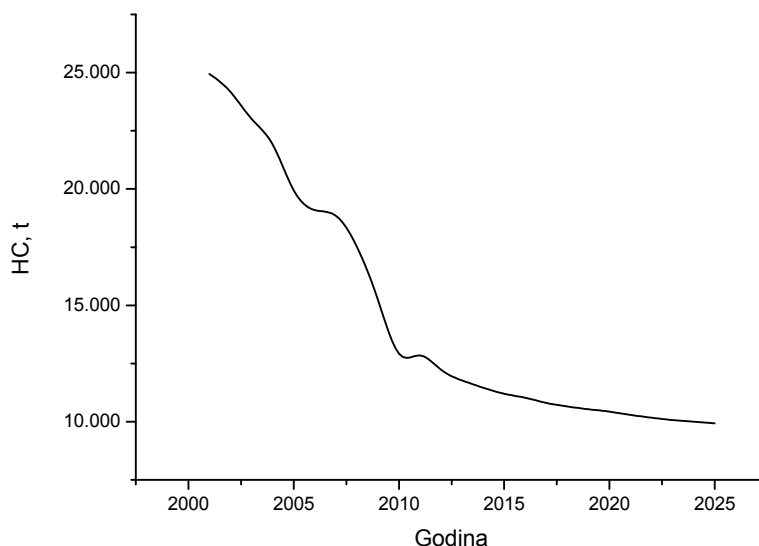
Kada se sagledava situacija vezana za emisiju NO_x u nekim okolnim zemljama, prikazanim na slici 2.20., situacija je nešto komplikovanija nego u slučaju emisije CO. U svim predstavljenim zemljama, sem Hrvatske, prisutan je rast emisije u posmatranom periodu. U ovom slučaju namerno je izostavljena Slovenija, kod koje se takođe vidi smanjenje emisije, jer su podaci koje daje Eurostat za nju procena, samim tim verodostojnost je diskutabilna. U vremenskom periodu predstavljenom na slici 2.20. emisija azotnih oksida se u Srbiji povećala za 17,3 %, dok se u Austriji, Rumuniji i Mađarskoj, povećala za 18,7 %, 24,2 % i 30,7 %, redom. Vrednosti emisije u Srbiji se nalaze, kao i u slučaju emisije CO, između vrednosti ostvarenih u Hrvatskoj i Bugarskoj.



Slika 2.20. Uporedni prikaz godišnje emisije NO_x u nekim okolnim zemljama i Srbiji u periodu 2000-2006. godina.

2.5.3. Emisija ugljovodonika

Rezultat modela emisije ugljovodonika u transportnom sektoru u Srbiji u vremenskom periodu od 2001. godine pa do 2025. godine prikazan je na slici 2.21.



Slika 2.21. Ukupna godišnja emisija HC iz vozila u Srbiji u periodu 2001-2025. godina.

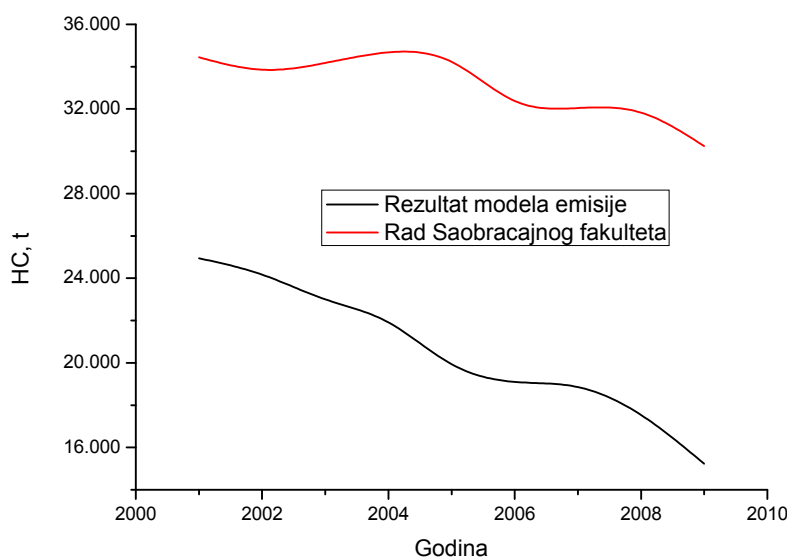
Emisiju ugljovodonika iz izduvnih gasova vozila u Srbiji u celom posmatranom periodu pratiće opadajući trend. Godišnja emisija će se smanjiti za 60,2 %, sa 24.940 t u 2001. godini, na 9.927 t u 2025. godini. Analizirajući emisiju ove zagađujuće materije, zapaža se generalno razdvajanje krive emisije na dva dela, prema brzini opadanja trenda. Prvi deo bi činili rezultati emisije zaključno sa 2012. godinom, dok bi drugi deo bila emisija posle te godine.

Prvi deo krive karakteriše veći nagib, to jest brži trend opadanja emisije, sa prisustvom dva usporavanja opadanja tokom 2007. i 2011. godine. Zanimljivo je, da za razliku od prethodne dve zagađujuće materije, emisiju HC ni u jednom trenutku ne prati trend rasta, već se tokom ove dve godine događa, samo, usporavanje smanjenja emisije. Na godišnjem nivou, izraženo u procentima, to iznosi -1,3 i -0,5, u 2007. i 2011. godini, redom. Pri tome potrebno je imati u vidu da prosečno smanjenje godišnje emisije u prvom delu krive iznosi 6,3 %. Najveće godišnje smanjenje emisije javilo se u godinama početka i trajanja svetske ekonomske krize i iznosilo je 13,1 % i 15,3 %, u 2009. i 2010. godini, redom. Ukupno smanjenje emisije do 2013. godine je iznosilo 48,5 %.

Drugi deo krive, nakon 2012. godine, karakteriše stabilno i postupno opadanje intenziteta smanjenja emisije. Prosečno godišnje smanjenje emisije u ovom delu je značajno manje nego u prethodnom delu, čak više od tri puta manje. Opseg u kojem će se kretati godišnje smanjenje emisije će ići od 4,8 % u 2012. godini pa do 0,7 % u 2025. godini. Ukupno smanjenje emisije u drugom delu je, svakako, manje nego i prvom delu i iznosiće 18,8 %.

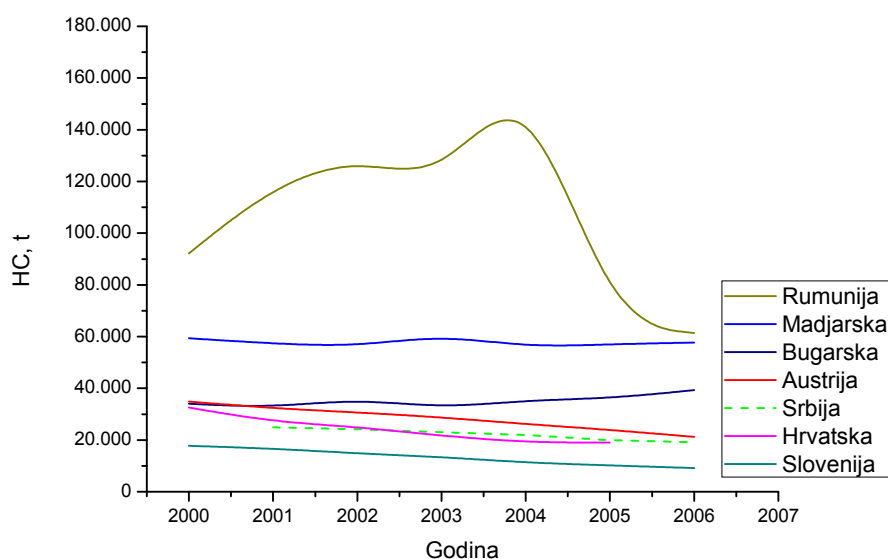
Rezultati godišnjih emisija HC iz izduvnih gasova vozila u Srbiji u celom periodu od 2001. do 2025. godine dati su u tabeli 3.25. u dodatku.

Uporedni prikaz rezultata modela emisije HC i podataka iz rada Saobraćajnog fakulteta [86] dat je na slici 2.22. Zapaža se veoma sličan trend krivih, s'tim da je opadajući trend u ovom radu nešto izraženiji i vrednosti dobijene po ovom modelu su nešto niže. Različiti iznosi godišnjih emisija, manifestovani i kod prva dva emisiona faktora (CO, NO_x), nisu iznenađujući, i literaturni podaci ukazuju na istovetna zapažanja u studijama izvođenim prema metodologijama ekvivalentnim onim korišćenim u ova dva rada [73-74, 94, 97]. Da je godišnja emisija ugljovodonika u Srbiji bila na nivou koji se daje u radu Saobraćajnog fakulteta, iznosi emisije bi u pojedinim godinama bili veći od ostvarenja u Bugarskoj (videti sliku 2.23.), što se verovatno nije desilo, jer to nije slučaj ni sa emisijama bilo koje druge zagađujuće materije.



Slika 2.22. Uporedni prikaz rezultata modela emisije HC i rezultata datih u radu Saobraćajnog fakulteta [86].

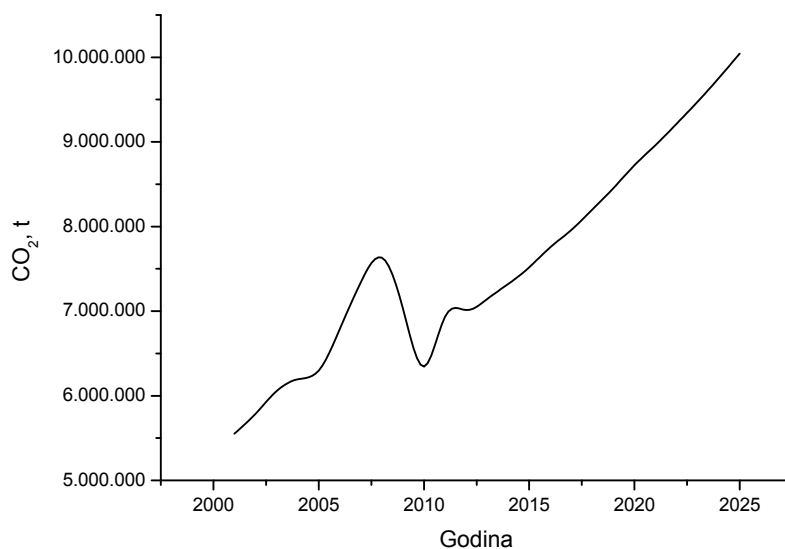
Godišnja emisija ugljovodonika u nekim okolnim zemljama prikazana je na slici 2.23. U svim okolnim zemljama u periodu 2000-2006. godina emisija ima opadajući trend, sem u Bugarskoj. Emisija u Srbiji je smanjena u ovom periodu za 23,4 %, dok je, na primer, u Rumuniji smanjena za 33 %. U ostalim državama smanjenje emisije je veće, a najveće je bilo u Sloveniji od čak 48,5 %; međutim, ovaj podatak bi trebalo uzeti sa rezervom jer on predstavlja procenu, a ne izmerenu vrednost. Vrednosti emisije u Srbiji su, kao i u slučajevima prethodnih emisija, viša od vrednosti ostvarenih u Hrvatskoj, a niža od vrednosti dobijenih u Bugarskoj.



Slika 2.23. Uporedni prikaz godišnje emisije HC u nekim okolnim zemljama i Srbiji u periodu 2000-2006. godina.

2.5.4. Emisija ugljen-dioksida

Rezultati modelovanja emisije CO₂ iz vozila u Srbiji u periodu 2001-2025. godina prikazani su na slici 2.24.



Slika 2.24. Ukupna godišnja emisija CO₂ iz vozila u Srbiji u periodu 2001-2025. godina.

Trend emisije CO₂ iz izduvnih gasova vozila u Srbiji u celom posmatranom periodu biće rastući, osim između 2009. i 2010. godine kada se desilo značajno smanjenje emisije. Ukupno u periodu 2001-2025. godina povećanje emisije CO₂ će iznositi, čak, 80,9 %, sa 5,55

Mt u 2001. godina, na 10,04 Mt u 2025. godini. Rast emisije će u celokupnom periodu iznositi prosečno 2,6 % godišnje.

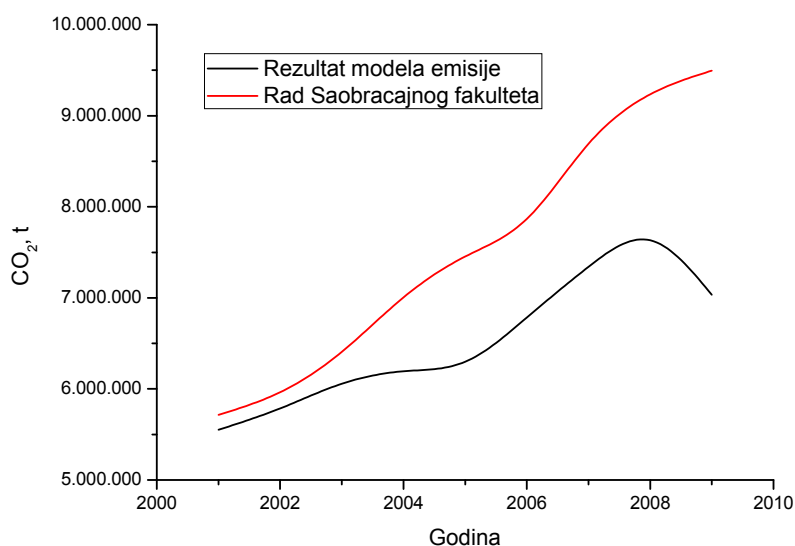
Kao što je već rečeno, jedino se između 2009. i 2010. godine dogodilo smanjenje emisije CO₂, i to za iznos od 1,287 Mt. Izraženo procentualno smanjenje emisije je iznosilo 7,9 i 9,8, u 2009. i 2010. godini, redom. Ovo respektabilno smanjenje emisije ne čudi, ako se sagledava u pravcu kulminiranja svetske ekonomske krize, koja je kao posledicu imala značajno smanjeni obim saobraćaja i potrošnje motornih goriva. Uz to, takva pojava je u skladu sa kretanjima emisije i ostalih zagađujućih materija u tim godinama.

Na slici 2.24. uočavaju se još dva razdoblja u kojima se događa stagnacija emisije, 2005. godina i period 2012-2013. godina. U tim godinama rast godišnje emisije ima manji iznos nego prosečni i iznosi 1,7 % i 1,45 %, tokom 2005. godine i u periodu između 2012-2013. godine, redom.

Periode između 2001-2005. godine i nakon 2013. godine prati konstantan i relativno stabilan rast emisije. Prosečni godišnji rast će u ovim periodima iznositi 3,6 % i 2,9 %, između 2001-2005. godine i nakon 2013. godine, redom.

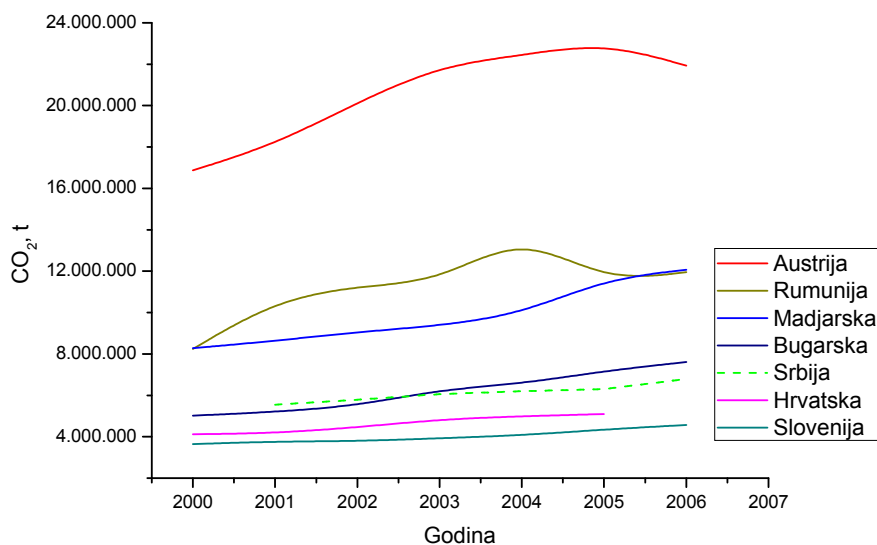
Rezultati godišnjih emisija CO₂ iz izduvnih gasova vozila u Srbiji u celom periodu od 2001. godine pa do 2025. godine dati su u tabeli 3.25. u dodatku.

Uporedni prikaz rezultata modela emisije CO₂ i rezultata iz rada Saobraćajnog fakulteta [86] prikazan je na slici 2.25. Sa slike se vidi postojanje sličnog rastućeg trenda krivih, s'tim da autori rada rađenog na Saobraćajnom fakultetu u vreme izrade svog rada nisu mogli da predvide trajanje i obim postojeće krize, te kod njih i nakon 2008. godine postoji rast emisije. Različiti iznosi emisija u odgovarajućim godinama u ova dva rada javljaju se i kod ovog emisionog faktora. Takva manifestacija ima potporu u različitim metodološkim pristupima korišćenim u ova dva rada, a do takvog zaključka su došli i autori u više studija koje su se, između ostalog, bavile i komparacijom iznosa emisija dobijenih različitim metodama [73-74, 94, 97]. Veća razlika godišnjih emisija u godinama u kojima je globalna ekonomska kriza imala ekspanziju, upravo se objašnjava nemogućnošću autora sa Saobraćajnog fakulteta da predvide početak i veličinu manifestacije kriznog perioda.



Slika 2.25. Uporedni prikaz rezultata modela emisije CO₂ i rezultata datih u radu Saobraćajnog fakulteta [86].

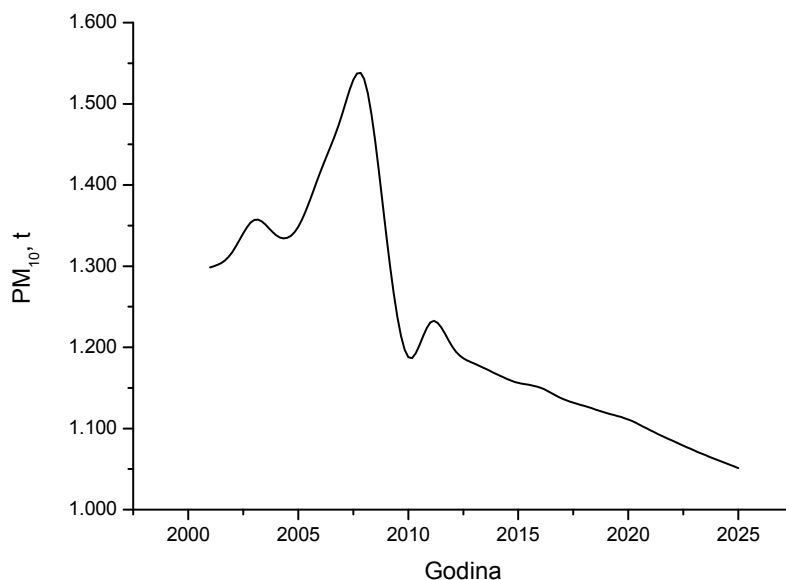
Analizom godišnje emisije ugljen-dioksida iz vozila u nekim okolnim zemljama, prikazanim na slici 2.26., zaključuje se da je u svima bio prisutan trend povećavanja godišnje emisije. Vrednosti emisije u Srbiji su i u ovom slučaju nalaze između vrednosti emisija u Hrvatskoj i Bugarskoj. U periodu 2001-2006. godina u Srbiji povećanje emisije je iznosilo 22,2 %, dok su veoma slični iznosi povećanja ostvareni i u Hrvatskoj, Sloveniji i Austriji, 23,8 %, 25,5 % i 30 %, redom. Prosečno godišnje povećanje emisije u Srbiji, Hrvatskoj, Sloveniji i Austriji, iznosilo je 4,1 %, 4,4 %, 3,9 % i 4,6 %, redom, što su veoma slične vrednosti. U ostalim zemljama povećanje emisije je bilo neznatno više, nego u ovim državama.



Slika 2.26. Uporedni prikaz godišnje emisije CO₂ u nekim okolnim zemljama i Srbiji u periodu 2000-2006. godina.

2.5.5. Emisija čestičnih materija manjih od 10 μm

Rezultat modela emisije PM_{10} iz izduvnih gasova vozila u transportnom sektoru u Srbiji od 2001. godine pa do 2025. godine grafički je prikazan na slici 2.27.



Slika 2.27. Ukupna godišnja emisija PM_{10} iz vozila u Srbiji u periodu 2001-2025. godina.

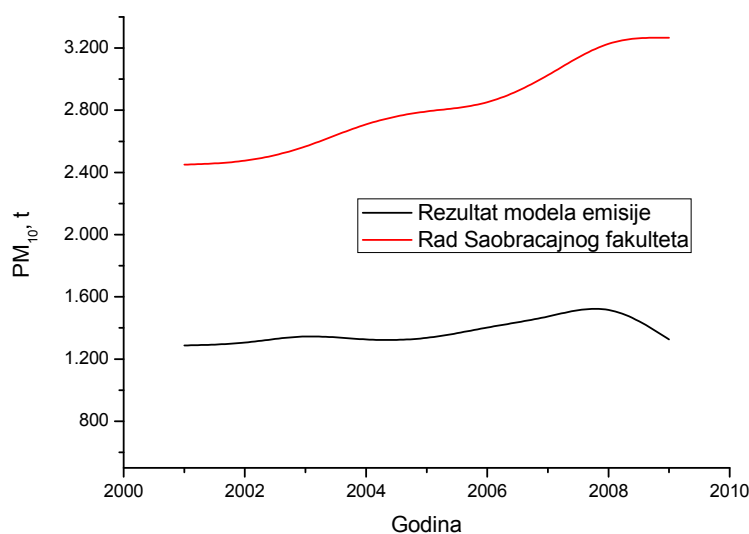
Emisija PM_{10} iz izduvnih gasova vozila u Srbiji u celom posmatranom periodu smanjiće se za 19,1 %, sa 1.299 t u 2001. godina, na 1.051 t u 2025. godini. Analizirajući krivu emisije čestičnih materija u Srbiji, zapažaju se dva različita dela. Prvi deo, sa velikim oscilacijama u godišnjoj emisiji i drugi deo sa konstantnim, ravnomernim smanjenjem emisije.

Prvi deo bi obuhvatio period od 2001. godine pa do 2012. godine. Iako su u toku ovog perioda prisutna tri pika, dva manja i jedan veliki, ukupna promena emisije je bila negativna i iznosila je 5,2 %. Pikovi, to jest ekstremne vrednosti emisije PM_{10} , javile su se tokom 2003., 2008. i 2011. godine. Tokom najvećeg pika, 2008. godine, godišnja emisija PM_{10} je bila i ukupno najveća, iznosila je 1.531 t. Taj iznos emisije je povećanje u odnosu na 2001. godinu od 17,9 %. Vrednost ove maksimalne emisije je veća od vrednosti minimalne godišnje emisije, koja će biti ostvarena 2025. godine, za čak, 46,5 %. Najveće godišnje promene emisije će se desiti neposredno nakon dostizanja najvećeg pika i iznosiće -12,5 % i -11,3 %, u 2009. i 2010. godini, redom.

Drugi deo krive, nakon 2012. godine, karakteriše ravnomerno godišnje smanjenje emisije PM_{10} , na prosečnom nivou od 1,1 % godišnje. Ukupno smanjenje emisije u ovom periodu iznosiće 12,5 %.

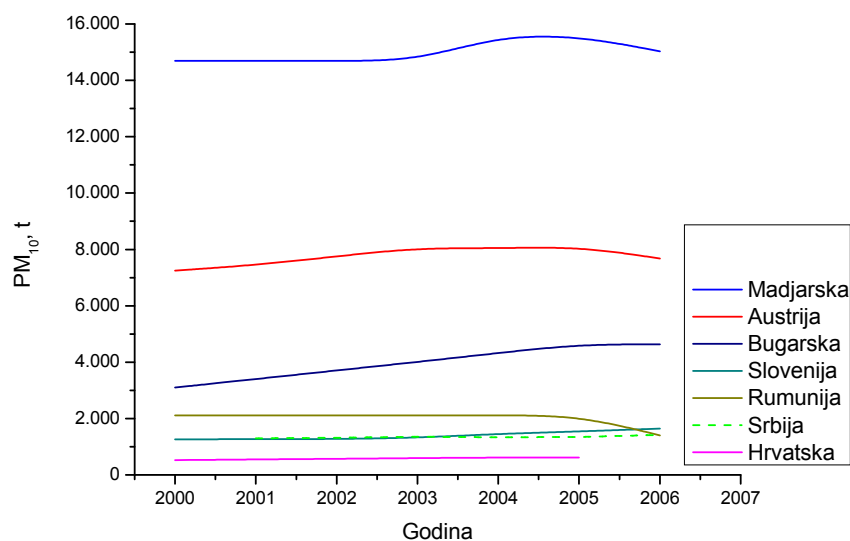
Rezultati godišnjih emisija PM_{10} iz izduvnih gasova vozila u transportnom sektoru u Srbiji tokom celog perioda od 2001. godine pa do 2025. godine dati su u tabeli 3.25. u dodatku.

Uporedni prikaz rezultata modela emisije PM₁₀ i podataka iz rada Saobraćajnog fakulteta [86] može se videti na slici 2.28. Zapaža se sličan rastući trend krivih, s'tim da u ovom radu nakon 2008. godine sledi blago opadanje emisije, dok u radu Saobraćajnog fakulteta od 2008. godine sledi samo usporavanje rasta i stagniranje emisije, bez opadanja. Najverovatniji razlog različitog ponašanja krivih nakon 2008. godine leži u ne uzimanju u obzir eskalacije svetske ekonomske krize od strane Saobraćajnog fakulteta. Različiti iznosi godišnjih emisija mogu se objasniti različitim metodološkim pristupima u ova dva rada, gde se u literaturi nalaze zaključci da razlike mogu biti i $\pm 50\%$, i da je češća pojava dobijanja većih rezultata korišćenjem softverskih simulatora [73-74, 94, 97].



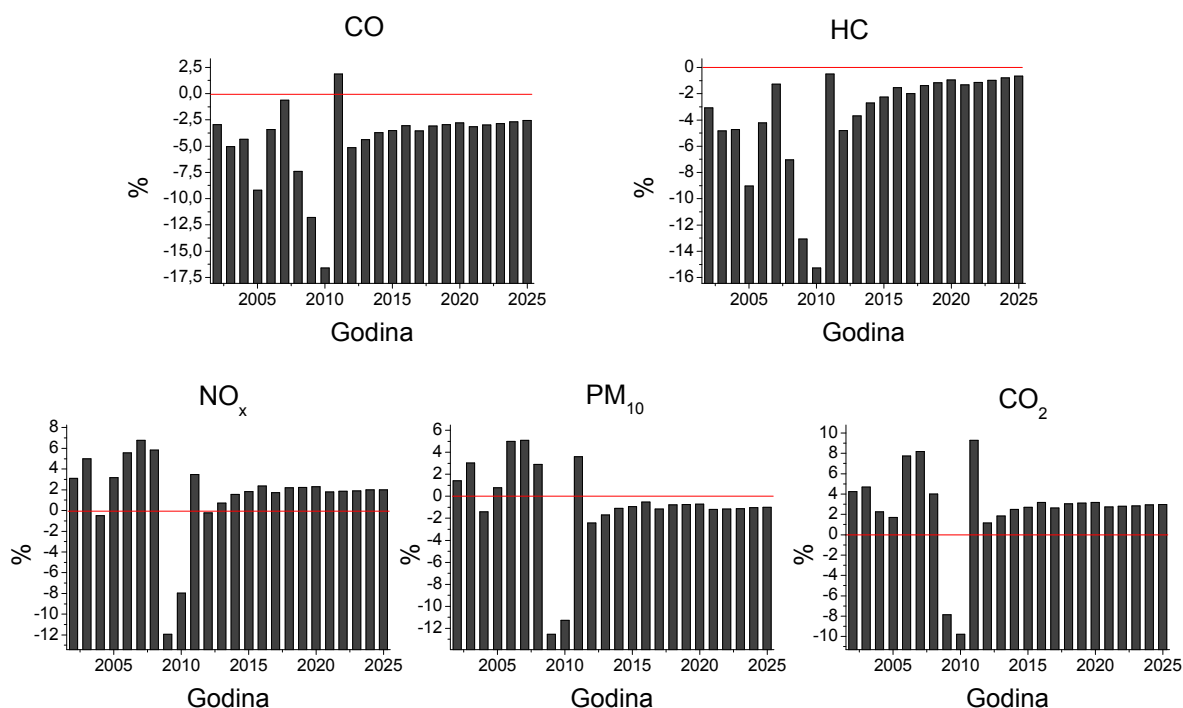
Slika 2.28. Uporedni prikaz rezultata modela emisije PM₁₀ i rezultata datih u radu Saobraćajnog fakulteta [86].

Godišnja emisija čestičnih materija manjih od 10 μm iz transportnog sektora u nekim okolnim zemljama prikazana je na slici 2.29. Kod ove zagađujuće materije analiza emisije u Srbiji i ostalim državama je bila najmanje precizna, jer su podaci koje daje Eurostat za sve prikazane zemlje, sem Austrije, u stvari procena. U svim okolnim zemljama u periodu 2000-2006. godina emisija ima rastući trend, sem u Rumuniji. Emisija u Srbiji je povećana u ovom periodu za 9 %, dok je u Austriji, za koju jedino postoje izmerene vrednosti, povećanje iznosilo 5,9 %. U ostalim zemljama, sem Rumunije, prema proceni, povećanje emisije u ovom periodu je bilo veće nego u Srbiji. Vrednosti emisije u Srbiji su i u ovom slučaju između odgovarajućih vrednosti u Hrvatskoj i Bugarskoj.



Slika 2.29. Uporedni prikaz godišnje emisije PM₁₀ u nekim okolnim zemljama i Srbiji u periodu 2000-2006. godina.

Naredna slika 2.30. i tabela 2.9. prikazuju sumiranje rezultata modela prikazanih u vidu godišnjih (slika) i periodičnih (tabela) procentualnih promena svake ponaosob zagađujuće materije koja se emituje u transportnom sektoru u Srbiji.



Slika 2.30. Prikaz procentualnih godišnjih promena emisija CO, HC, NO_x, CO₂ i PM₁₀ u transportnom sektoru u Srbiji u periodu 2001-2025. godina.

Tabela 2.9. Prikaz procentualnih periodičnih promena emisija CO, HC, NO_x, CO₂ i PM₁₀ u transportnom sektoru u Srbiji u periodu 2001-2025. godina.

Period	Promena emisije CO, %	Promena emisije HC, %	Promena emisije NO_x, %	Promena emisije CO₂, %	Promena emisije PM₁₀, %
2001-2005.	-20,0	-20,1	11,1	13,5	3,8
2006-2010.	-32,3	-32,4	-8,4	-6,5	-16,1
2011-2015.	-15,8	-12,8	3,9	8,4	-6,0
2016-2020.	-11,8	-5,4	8,7	12,5	-3,4
2021-2025.	-10,6	-3,5	7,9	12,1	-4,3
Ukupna promena	-66,8	-60,2	41,2	80,9	-19,1

2.6. Zaključak

Motorna vozila su glavni izvor većine zagađujućih materija u vazduhu, posebno u urbanim sredinama, kvalitetan model emisije iz izduvnih gasova motornih vozila je esencijalan da bi se razumeli i kontrolisali problemi zagađenja vazduha. Tradicionalni modeli za predviđanje emisije kombinuju normalizovane parametre koji zavise od pređenog puta, kategorizacije i tehnološkog nivoa vozila, itd. Samim tim zahtevaju ogromnu količinu sistematski prikupljenih statističkih podataka i primenu složenih matematičkih manipulacija, ili složenih softverskih paketa za obradu. Usled velikog nedostatka statističkih podataka iz saobraćajnog sektora i sektora zaštite životne sredine, koji se odnose na emisiju iz vozila, model u ovom radu je zasnovan na pronalaženju emisionih faktora koji su normirani potrošnjom motornih goriva.

Emisioni faktori su dobijeni analizom dostupnih literaturnih podataka iz celog sveta. Da bi se omogućila uspešna implementacija odabranih emisionih faktora u slučaju Srbije, u model je uveden parametar koji koriguje te emisione faktore. Tim parametrom je uzeto u obzir objektivno stanje u srpskom saobraćajnom sektoru, sa svim lokalnim specifičnostima i razvojnim projekcijama, koje se razlikuju u odnosu na područja odakle literaturni podaci dolaze.

Opšta karakteristika modelovanih krivih za sve zagađujuće materije je velika fluktuacija. Oscilacije emisionih krivih u prvoj polovini mogu se objasniti intenzivnom društvenom tranzicijom, tokom koje je dolazilo do naglih promena društvenog rasta (Na primer, 2004., 2005. i 2007. godine, rast realnog BDP-a bio je iznad proseka te decenije. Tako da je 2004. godine on iznosio, čak, 9,3 %; skoro dvostruko više od proseka, a 3,7 puta više nego prethodne godine.). Takva manifestacija promene društvenog rasta, posredno i emisije iz vozila, nije iznenađenje, jer su i ostale zemlje koje su prošle tranzicioni put kakav Srbija sada prolazi imale slične manifestacije. U drugoj polovini, obično nakon 2012. godine, za emisiju je karakterističan ujednačen rastući, ili opadajuću trend.

Po pravilu u godinama intenzivnijeg razvoja, smanjenje emisije je stagniralo, ili se čak emisija povećavala. Dok je u godinama sa nižim rastom industrijske aktivnosti i BDP-a, emisija opadala. Posebno zanimljiv period je počeo nakon 2008. godine i traje sve do danas, kada se zbiva globalni fenomen društveno-ekonomske krize, koji intenzivno utiče i na faktore koji determinišu emisiju u Srbiji. To je period najveće fluktuacije emisije zagađujućih materija, u kojem se emisija svih zagađujućih materija značajno smanjivala, kod nekih je to smanjenje išlo čak i do 27 % (HC i CO). Od 2011. godine primetan je početak stabilizacije kriznih pokazatelja, što je za posledicu imalo i lagani oporavak saobraćajnog sektora, samim tim i veoma umereni rast emisije.

Ujednačena promena trendova emisionih krivih u drugom delu objašnjava se načinom na koji je sam model ustrojen. Pretpostavka prilikom izrade modela je bila da će nakon 2012. godine

krenuti postepeni oporavak svih sektora u Srbiji, pa i saobraćajnog. Sve do kraja analiziranog perioda, do 2025. godine, predviđen je stabilan, umeren razvoj i rast saobraćajnog sektora. Ujednačen društveni razvoj, sasvim logično, povlači i ujednačen trend emisije zagađujućih materija.

Posmatrajući rezultate modelovanja u celom periodu, od 2001. godine pa do 2025. godine, godišnja emisija CO u transportnom sektoru u Srbiji će se smanjiti za 66,7 %, sa 199,7 Kt na 66,3 Kt. Godišnja emisija NO_x, u ovom vremenskom periodu, će se povećati za 41,2 %, sa 48,8 Kt na 68,9 Kt. Emisija HC će zabeležiti smanjenje od 60,2 %, sa 24,9 Kt u 2001. godini na 9,9 Kt u 2025. godini. Godišnja emisija CO₂ će se u ovom vremenskom intervalu povećati za, čak, 80,9 %, sa 5,55 Mt na 10,04 Mt. Na kraju, emisija PM₁₀ će ostvariti najmanje smanjenje od svih zagađujućih materija čija će se emisija smanjiti, smanjenje će biti na nivou od 19,1 %, sa 1,3 Kt u 2001. godini na 1,05 Kt u 2025. godini.

Analizirajući ostvarenu emisiju u okolnim državama u periodu 2000-2006. godina može se zaključiti da rezultati modela za Srbiju pokazuju uglavnom iste trendove. Iznosi modelovanih emisija svih zagađujućih materija u transportnom sektoru Srbije se nalaze između ostvarenja emisija u Hrvatskoj i Bugarskoj. Sagledavajući iznose godišnjih emisija u okolnim zemljama i Srbiji zapaža se zanimljiv obrazac, redosled zemalja prema iznosu emisije je u slučaju svake zagađujuće materije gotovo isti. Redosled je sledeći, počevši od najniže godišnje emisije, Slovenija, Hrvatska, Srbija, Bugarska; dok se na mestima sa najvišim godišnjim emisijama smenjuju Rumunija, Mađarska i Austrija, u zavisnosti od zagađujuće materije.

Na kraju, ukoliko bi se pretpostavka korišćena u ovom radu o intenzitetu makro-ekonomskog i industrijskog oporavka u Srbiji nakon 2012. godine pokazala kao precenjena. Ukoliko bi se tekuća globalna ekonomska kriza intenzivirala i produžila i u budućnosti, model bi bilo potrebno revidirati, da bi i dalje pružao reprezentativne rezultate.

3. Dodatak

3.1. Slike i tabele

Tabela 3.1. Kretanje BDP_{PKMpc} -a i stope njegovog rasta u Srbiji u periodu 2001-2025. godina.

Godina	BDP_{PKMpc}, USD	Stopa rasta BDP_{PKMpc}, %
Ostvarene vrednosti		
2001	6.099,53	5,3
2002	6.467,75	4,3
2003	6.786,45	2,5
2004	7.597,81	9,3
2005	8.315,21	5,4
2006	8.927,95	3,6
2007	9.722,41	5,4
2008	10.315,69	3,8
2009	10.059,68	-3,5
2010	10.252,10	1,0
Procena MMF-a, sa korekcijom		
2011	10.755,39	1,5
2012	11.190,57	3,0
2013	11.820,41	4,5
2014	12.572,10	5,0
2015	13.417,35	5,0
2016	14.356,01	5,0
Procena „Postkrizni model ekonomskog razvoja i rasta Srbije 2001-2020.“, sa korekcijom		
2017	15.225,00	5,0
2018	16.207,68	5,0
2019	17.254,01	5,0
2020	18.368,12	5,0
2021	19.554,42	5,0
2022	20.817,59	5,0
2023	22.155,51	5,0
2024	23.579,66	5,0
2025	25.095,64	5,0

Tabela 3.2. Vrednosti parametra specifične potrošnje goriva u Srbiji u periodu 2000-2025. godina.

Godina	Parametar specifične potrošnje goriva (P_1)
2000	1,000
2001	0,995
2002	0,990
2003	0,985
2004	0,980
2005	0,975
2006	0,970
2007	0,966
2008	0,961
2009	0,956
2010	0,951
2011	0,946
2012	0,942
2013	0,937
2014	0,932
2015	0,926
2016	0,919
2017	0,913
2018	0,906
2019	0,900
2020	0,894
2021	0,887
2022	0,881
2023	0,875
2024	0,869
2025	0,863

Tabela 3.3. Vrednosti parametra prosečne kilometraže u Srbiji u periodu 2000-2025. godina.

Godina	Parametar prosečne kilometraže (P_2)
2000	1,000
2001	0,997
2002	0,994
2003	0,991
2004	0,988
2005	0,985
2006	0,982
2007	0,979
2008	0,976
2009	0,973
2010	0,970
2011	0,967
2012	0,965
2013	0,962
2014	0,959
2015	0,956
2016	0,953
2017	0,950
2018	0,947
2019	0,945
2020	0,942
2021	0,939
2022	0,936
2023	0,933
2024	0,930
2025	0,928

Tabela 3.4. Prikaz kretanja cene sirove nafte (laka nafta) kroz tri scenarija (visoka cena, referentni, niska cena) u periodu 2000-2010. godina, sa predviđanjima do 2025. godine.

Cena sirove nafte, 2010 USD/barell			
Godina	Referentni scenario	Scenario visoke cene	Scenario niske cene
2000	37,5		
2001	31,4		
2002	31,1		
2003	36,3		
2004	46,9		
2005	61,9		
2006	70,1		
2007	73,9		
2008	99,6		
2009	62,4		
2010	79,4	78,0	78,0
2011	93,0	109,3	60,2
2012	95,2	125,6	56,9
2013	103,3	135,1	56,0
2014	110,4	140,7	55,5
2015	116,6	146,1	55,0
2016	119,6	151,1	54,5
2017	122,8	156,0	54,1
2018	124,0	160,6	53,6
2019	125,3	165,0	53,2
2020	126,6	169,1	52,8
2021	127,7	173,0	52,5
2022	129,0	176,5	52,2
2023	130,2	180,1	51,9
2024	131,3	183,2	51,5
2025	132,5	185,9	51,3

Tabela 3.5. Vrednosti parametra promene cene sirove nafte u Srbiji u periodu 2001-2025. godina.

Godina	Parametar promene cene sirove nafte (P_3)
2001	1,040
2002	1,048
2003	1,048
2004	1,040
2005	1,025
2006	1,009
2007	1,003
2008	1,000
2009	1,019
2010	1,005
2011	0,996
2012	0,995
2013	0,991
2014	0,988
2015	0,985
2016	0,984
2017	0,982
2018	0,982
2019	0,981
2020	0,981
2021	0,980
2022	0,980
2023	0,979
2024	0,979
2025	0,978

Tabela 3.6. Vrednosti parametra supstitucije fosilnih goriva alternativnim gorivima u Srbiji u periodu 2000-2025. godina.

Godina	Parametar uticaja alternativnih goriva (P_4)
2000	1,000
2001	1,000
2002	1,000
2003	1,000
2004	1,000
2005	1,000
2006	1,000
2007	1,000
2008	1,000
2009	1,000
2010	1,000
2011	0,995
2012	0,990
2013	0,985
2014	0,980
2015	0,975
2016	0,970
2017	0,966
2018	0,961
2019	0,956
2020	0,951
2021	0,942
2022	0,932
2023	0,923
2024	0,914
2025	0,904

Tabela 3.7. Motorizacija i BDP_{PKMpc} u nekim zemljama u Evropi u 2006. godini.

Zemlja	BDP_{PKMpc}, USD	Broj automobila na 1.000 stanovnika
Ukrajina	6.271	130
Srbija	9.093	204
Bugarska	10.322	328
Rumunija	10.471	167
Poljska	14.896	351
Letonija	15.355	360
Litvanija	15.927	470
Hrvatska	16.364	420
Mađarska	18.219	293
Estonija	18.908	413
Portugal	20.876	405
Češka	22.271	399
Slovenija	25.446	488
Grčka	27.393	407
Španija	28.839	464
Francuska	32.091	489
Nemačka	32.513	566
Velika Britanija	33.878	471
Austrija	36.047	507

Tabela 3.8. Razvoj motorizacije u Srbiji u periodu 2001-2025. godina.

Godina	Broj vozila na 1.000 stanovnika	
2001	152	184
2002	159	179
2003	166	186
2004	183	194
2005	199	199
2006	213	204
2007	231	200
2008	245	202
2009	239	224
2010	244	215
2011	255	
2012	265	
2013	280	
2014	297	
2015	315	
2016	335	
2017	352	
2018	370	
2019	387	
2020	403	
2021	418	
2022	432	
2023	443	
2024	454	
2025	462	

*Siva polja u koloni broja vozila na 1.000 stanovnika označavaju ostvarene rezultate.

Tabela 3.9. Kretanje broja vozila u Srbiji u periodu 2001-2025. godina.

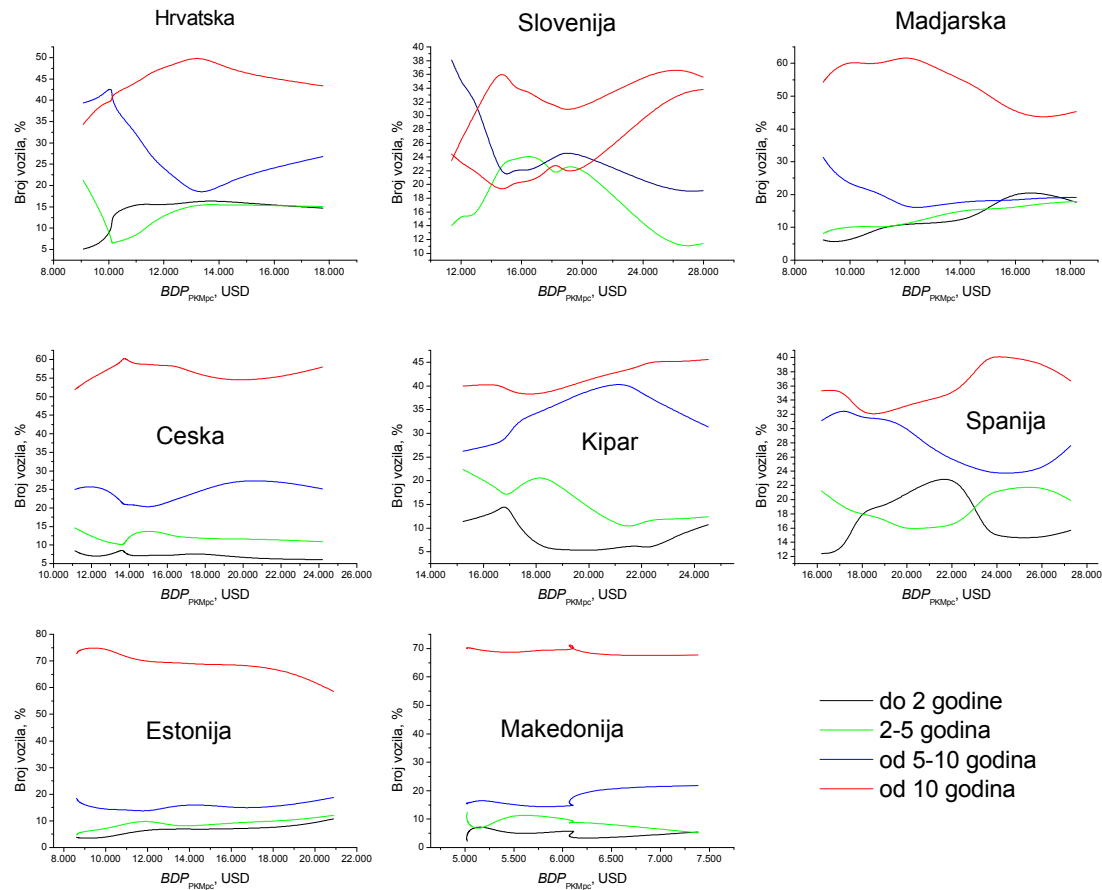
Godina	Broj vozila
2001	1.140.326
2002	1.195.498
2003	1.241.587
2004	1.367.845
2005	1.481.880
2006	1.579.021
2007	1.707.824
2008	1.801.931
2009	1.751.118
2010	1.776.731
2011	1.876.106
2012	1.951.717
2013	2.049.160
2014	2.163.708
2015	2.288.083
2016	2.418.968
2017	2.530.355
2018	2.648.800
2019	2.761.986
2020	2.867.704
2021	2.964.006
2022	3.049.367
2023	3.123.402
2024	3.185.284
2025	3.235.184

*Siva polja u koloni broja vozila označavaju ostvarene rezultate.

Tabela 3.10. Kretanje broja stanovnika u Srbiji u periodu 2001-2027. godina.

Godina	Broj stanovnika
2001	7.503.433
2002	7.500.031
2003	7.480.591
2004	7.463.157
2005	7.440.769
2006	7.411.569
2007	7.381.579
2008	7.350.222
2009	7.320.807
2010	7.291.436
2011	7.346.365
2012	7.352.081
2013	7.320.221
2014	7.288.361
2015	7.256.501
2016	7.224.641
2017	7.192.783
2018	7.167.379
2019	7.141.975
2020	7.116.571
2021	7.091.167
2022	7.065.765
2023	7.042.633
2024	7.019.501
2025	6.996.369
2027	6.950.106

* Polja označena tamnijom bojom predstavljaju ostvarene rezultate (2001-2010. godina), a posle 2010. godine procenu Statističkog zavoda Srbije (srednja varijanta).



Slika 3.1. Prikaz kretanja broja vozila u odgovarajućim starosnim grupama u zavisnosti od BDP_{PKMpc} -a u evropskim zemljama koje su u prvom krugu razmatrane za uspostavljanje analogije sa Srbijom.

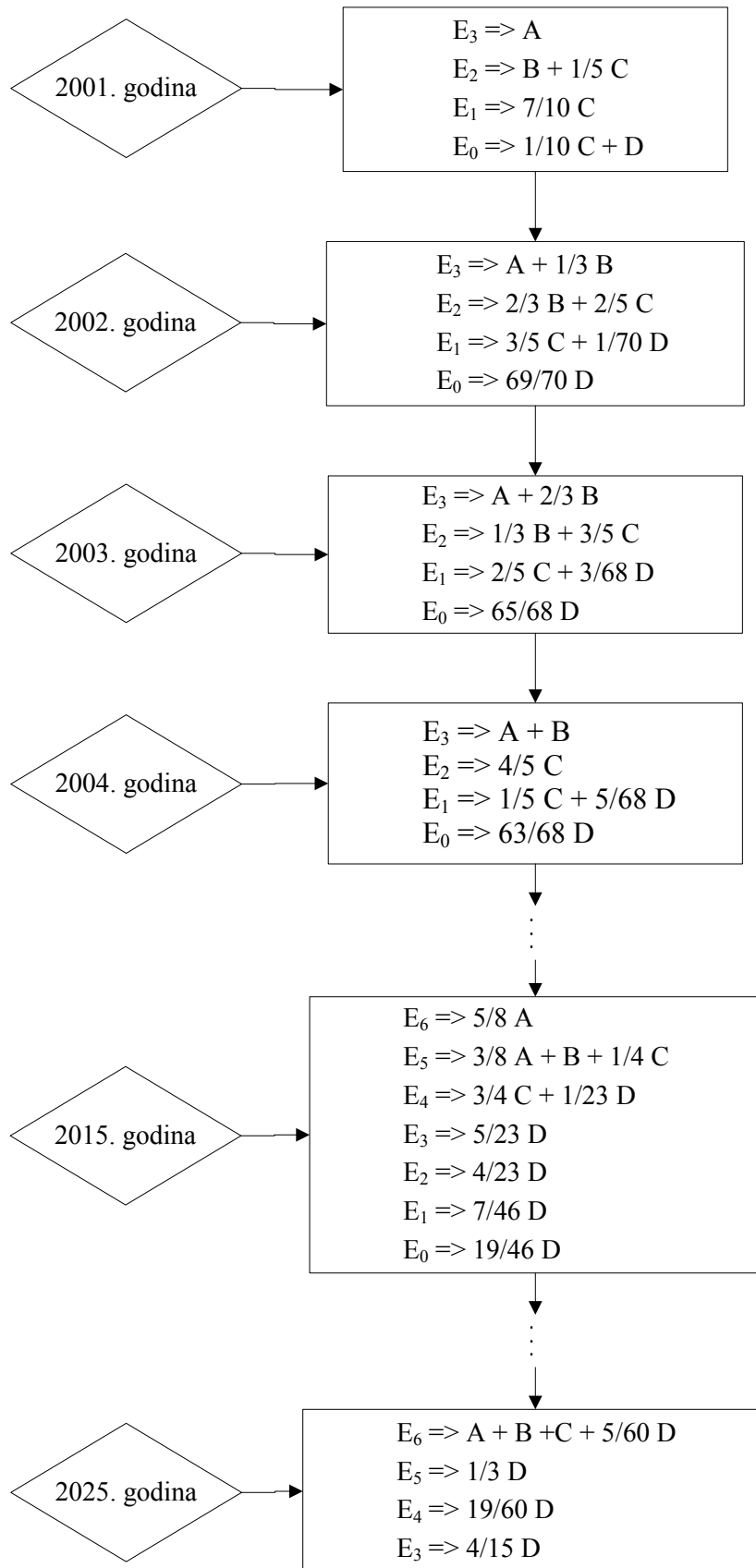
Tabela 3.11. Pregled određenih evropskih zemalja koje su bile kandidati za izvođenje analogije vezane za starost voznog parka.

Država	Vremenski period u kojem postoje podaci za starost voznog parka, godina	Interval promene BDP_{PKMpc} -a za period u kojem postoje podaci za starost vozila, EUR
Srbija	*2001-2025.	6.100-25.096
Hrvatska	1995-2007.	9.080-17.768
Slovenija	1993-2007.	11.370-27.957
Mađarska	1995-2006.	9.027-18.219
Češka	1993-2007.	11.128-24.182
Kipar	1994-2005.	15.228-24.534
Španija	1994-2005.	16.204-27.280
Estonija	1998-2007.	8.586-20.886
Makedonija	1993-2007.	5.027-8.578

*U slučaju Srbije vremenski interval predstavlja interval za koji se izvodi model potrošnje motornih goriva.

Tabela 3.12. Prikaz kretanja broja vozila u Srbiji u određenim starosnim grupama u periodu 2001-2025. godina.

Godina	Vozila do 2 godine starosti	Vozila od 2 do 5 godina starosti	Vozila od 5 do 10 godina starosti	Vozila preko 10 godina starosti
	A	B	C	D
2001	61.880	113.892	367.837	838.787
2002	61.422	111.182	355.772	815.282
2003	64.793	115.385	365.678	842.254
2004	72.301	122.459	375.373	879.710
2005	79.722	127.815	375.049	898.912
2006	88.060	133.766	372.703	917.308
2007	97.138	136.690	346.916	895.898
2008	108.388	143.858	332.546	901.817
2009	114.049	155.224	374.600	993.128
2010	112.959	150.860	352.620	950.675
2011	148.336	188.775	401.178	1.137.816
2012	167.612	205.107	395.927	1.183.070
2013	198.529	230.922	379.849	1.239.860
2014	240.884	266.560	356.152	1.300.112
2015	293.362	310.890	345.634	1.338.197
2016	353.275	360.960	405.106	1.299.627
2017	405.664	403.506	495.684	1.225.501
2018	458.418	444.899	536.464	1.209.020
2019	504.756	480.008	535.890	1.241.332
2020	543.412	508.716	530.449	1.285.126
2021	574.551	531.864	529.915	1.327.677
2022	599.100	550.478	533.962	1.365.826
2023	618.293	565.514	540.619	1.398.977
2024	633.106	577.518	547.967	1.426.692
2025	644.363	586.926	554.853	1.449.043



Slika 3.2. Algoritam izračunavanja broja vozila u svakoj starosnoj grupi (E_0, \dots, E_6) tokom perioda 2001-2025. godina.

Tabela 3.13. Kretanje broja vozila u starosnim grupama (E_0, \dots, E_6 , grupe iz tabele 1.5.) tokom perioda 2001-2025. godina u Srbiji.

Broj vozila u određenoj starosnoj grupi							
Godina	E_0	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6
2001	875.447	245.932	184.203	80.622	0	0	0
2002	803.503	216.177	210.555	115.764	0	0	0
2003	804.963	183.479	257.952	141.716	0	0	0
2004	814.891	139.777	300.414	194.760	0	0	0
2005	803.441	95.323	300.158	242.715	39.861	0	0
2006	792.090	97.274	251.506	282.908	88.060	0	0
2007	741.794	97.973	194.810	299.365	142.701	0	0
2008	718.517	98.620	151.070	314.108	204.293	0	0
2009	752.731	112.109	128.124	374.764	255.017	14.256	0
2010	689.893	107.317	122.648	312.883	263.774	70.600	0
2011	777.380	132.723	151.684	316.661	333.590	164.068	0
2012	754.593	142.761	163.155	280.815	357.319	253.073	0
2013	711.655	160.696	183.653	259.663	361.772	371.721	0
2014	649.952	181.986	207.985	259.981	338.542	495.152	30.111
2015	552.652	203.609	232.696	290.869	317.547	507.359	183.351
2016	443.008	206.737	236.271	295.339	341.018	513.239	383.356
2017	320.949	204.240	233.418	291.772	348.573	557.611	573.791
2018	211.576	211.576	241.801	302.251	322.273	567.231	792.092
2019	98.000	228.666	261.332	326.666	310.332	525.431	1.011.559
2020	0	214.188	285.583	356.979	339.130	487.082	1.184.741
2021	0	78.099	312.395	390.493	370.968	467.175	1.344.876
2022	0	0	256.092	426.821	405.480	464.320	1.496.654
2023	0	0	174.872	437.180	415.321	452.696	1.643.333
2024	0	0	0	475.564	451.786	475.564	1.782.370
2025	0	0	0	386.411	458.864	483.014	1.906.895

Tabela 3.14. Vrednosti parametra uticaja klimatizacije vozila na potrošnju motornih goriva u Srbiji u periodu 2001-2025. godina.

Godina	Parametar uticaja klimatizacije vozila (P_5)
2001	1,001
2002	1,001
2003	1,001
2004	1,001
2005	1,002
2006	1,002
2007	1,003
2008	1,003
2009	1,004
2010	1,004
2011	1,005
2012	1,005
2013	1,006
2014	1,007
2015	1,008
2016	1,009
2017	1,011
2018	1,012
2019	1,013
2020	1,013
2021	1,014
2022	1,015
2023	1,015
2024	1,016
2025	1,016

Tabela 3.15. Iznosi potrošnje motornih goriva u Srbiji u transportnom sektoru po modelu u svakoj godini pojedinačno u intervalu 2001-2025. godina.

Godina	Potrošnja motornih goriva po modelu modelu, t	Ostvarene vrednosti potrošnje motornih goriva, t
2001	1.863.626	1.794.500
2002	1.917.048	1.869.900
2003	1.948.789	1.957.100
2004	2.033.342	2.002.300
2005	2.088.985	2.035.300
2006	2.124.009	2.195.200
2007	2.200.463	2.375.200
2008	2.256.402	2.469.000
2009	2.246.976	2.276.029
2010	2.225.516	2.050.882
2011	2.243.791	
2012	2.268.364	
2013	2.309.088	
2014	2.365.011	
2015	2.427.239	
2016	2.502.320	
2017	2.566.399	
2018	2.642.628	
2019	2.722.664	
2020	2.806.983	
2021	2.881.829	
2022	2.960.864	
2023	3.042.949	
2024	3.130.339	
2025	3.221.162	

Tabela 3.16. Prikaz rezultata modela odnosa potrošnje benzinskih i dizel goriva u Srbiji u svakoj godini pojedinačno (2001-2025. godina) i ostvarenih rezultata u periodu 2001-2010. godina.

Godina	C_b/C_d po modelu	Ostvarene vrednosti C_b/C_d
2001	0,786	0,791
2002	0,753	0,758
2003	0,702	0,676
2004	0,632	0,650
2005	0,552	0,558
2006	0,479	0,471
2007	0,424	0,434
2008	0,389	0,365
2009	0,368	0,379
2010	0,356	0,360
2011	0,350	
2012	0,347	
2013	0,345	
2014	0,344	
2015	0,344	
2016	0,344	
2017	0,344	
2018	0,344	
2019	0,344	
2020	0,344	
2021	0,343	
2022	0,343	
2023	0,343	
2024	0,343	
2025	0,343	

Tabela 3.17. Prikaz rezultata modela potrošnje TNG-a u Srbiji u svakoj godini pojedinačno (2001-2025. godina) i ostvarenih rezultata u periodu 2001-2010. godina.

Godina	Potrošnja TNG-a po modelu, t	Ostvarene vrednosti potrošnje TNG-a, t
2001	42,478	61,000
2002	67,040	73,100
2003	102,225	99,900
2004	148,674	148,500
2005	203,796	166,700
2006	261,509	277,600
2007	314,529	336,500
2008	357,699	358,200
2009	389,524	377,289
2010	411,306	298,045
2011	425,469	
2012	434,373	
2013	439,852	
2014	443,179	
2015	445,184	
2016	446,386	
2017	447,105	
2018	447,533	
2019	447,789	
2020	447,941	
2021	448,032	
2022	448,086	
2023	448,118	
2024	448,137	
2025	448,149	

Tabela 3.18. Iznosi potrošnje benzinskih i dizel goriva po modelu u Srbiji u svakoj pojedinačnoj godini u vremenskom intervalu 2001-2025. godina, sa upisanim ostvarenim vrednostima potrošnje derivata u periodu 2001-2010. godina.

Godina	Potrošnja dizel goriva po modelu, t	Ostvarene vrednosti potrošnje dizel goriva, t	Potrošnja benzinskih goriva po modelu, t	Ostvarene vrednosti potrošnje benzinskih goriva, t
2001	1.019.653	968.100	801.496	765.400
2002	1.055.180	1.022.300	794.829	774.500
2003	1.084.888	1.108.000	761.675	749.200
2004	1.154.613	1.123.500	730.055	730.300
2005	1.213.990	1.199.300	671.200	669.300
2006	1.259.170	1.303.600	603.330	614.000
2007	1.325.767	1.422.100	560.168	616.600
2008	1.370.844	1.546.500	527.859	564.300
2009	1.363.109	1.376.570	494.343	522.170
2010	1.343.796	1.288.510	470.413	464.327
2011	1.353.698		464.624	
2012	1.369.075		464.916	
2013	1.397.387		471.849	
2014	1.437.787		484.045	
2015	1.483.426		498.629	
2016	1.539.035		516.899	
2017	1.586.636		532.659	
2018	1.643.476		551.618	
2019	1.703.258		571.617	
2020	1.766.302		592.739	
2021	1.822.289		611.508	
2022	1.881.433		631.345	
2023	1.942.874		651.957	
2024	2.008.295		673.907	
2025	2.076.291		696.722	

Tabela 3.19. Usporedni prikaz iznosa $E_f(\text{CO})$ u Srbiji za sva motorna goriva u periodu 2001-2025. godina.

Godina	$E_f(\text{CO})$	$E_f(\text{CO})$	$E_f(\text{CO})$
	benzinska goriva, g/l	dizel goriva, g/l	TNG, g/l
2001	154,8	25,9	74,3
2002	145,8	25,2	67,2
2003	137,3	24,6	60,7
2004	129,3	24,0	54,8
2005	121,7	23,3	49,5
2006	114,5	22,8	44,7
2007	107,6	22,2	40,2
2008	101,2	21,6	36,3
2009	95,1	21,0	32,7
2010	89,4	20,5	29,4
2011	83,9	20,0	26,4
2012	78,7	19,4	23,7
2013	73,8	18,9	21,3
2014	69,0	18,4	19,0
2015	64,5	17,9	16,9
2016	60,2	17,3	15,1
2017	56,0	16,8	13,4
2018	52,1	16,3	11,8
2019	48,5	15,8	10,4
2020	45,1	15,3	9,2
2021	41,8	14,9	8,1
2022	38,8	14,4	7,2
2023	36,1	14,0	6,3
2024	33,5	13,5	5,6
2025	31,1	13,1	4,9

Tabela 3.20. Uporedni prikaz iznosa $E_f(\text{NO}_x)$ u Srbiji za sva motorna goriva u periodu 2001-2025. godina.

Godina	$E_f(\text{NO}_x)$	$E_f(\text{NO}_x)$	$E_f(\text{NO}_x)$
	benzinska goriva, g/l	dizel goriva, g/l	TNG, g/l
2001	7,6	34,6	5,0
2002	7,3	34,2	3,5
2003	7,0	33,9	2,5
2004	6,7	33,6	1,8
2005	6,4	33,3	1,2
2006	6,1	32,9	0,86
2007	5,8	32,6	0,60
2008	5,6	32,3	0,42
2009	5,3	31,9	0,29
2010	5,1	31,6	0,20
2011	4,9	31,3	0,14
2012	4,6	31,0	0,096
2013	4,4	30,7	0,065
2014	4,2	30,3	0,044
2015	4,0	30,0	0,029
2016	3,8	29,7	0,019
2017	3,6	29,3	0,013
2018	3,4	29,0	0,008
2019	3,3	28,6	0,005
2020	3,1	28,3	0,003
2021	2,9	28,0	0,002
2022	2,8	27,6	0,0014
2023	2,6	27,3	0,0009
2024	2,5	27,0	0,0006
2025	2,4	26,7	0,0004

Tabela 3.21. Usporedni prikaz iznosa $E_f(\text{HC})$ u Srbiji za sva motorna goriva u periodu 2001-2025. godina.

Godina	$E_f(\text{HC})$	$E_f(\text{HC})$	$E_f(\text{HC})$
	benzinska goriva, g/l	dizel goriva, g/l	TNG, g/l
2001	18,2	4,0	11,5
2002	17,1	4,0	9,4
2003	16,1	3,9	7,7
2004	15,1	3,8	6,3
2005	14,2	3,8	5,1
2006	13,3	3,7	4,2
2007	12,5	3,7	3,4
2008	11,7	3,6	2,8
2009	10,9	3,5	2,3
2010	10,3	3,5	1,8
2011	9,6	3,4	1,5
2012	9,0	3,4	1,2
2013	8,4	3,3	0,97
2014	7,8	3,3	0,77
2015	7,3	3,2	0,62
2016	6,8	3,2	0,49
2017	6,3	3,1	0,38
2018	5,8	3,0	0,30
2019	5,4	3,0	0,23
2020	5,0	2,9	0,18
2021	4,6	2,9	0,14
2022	4,3	2,8	0,11
2023	4,0	2,8	0,086
2024	3,7	2,7	0,067
2025	3,4	2,7	0,052

Tabela 3.22. Uporedni prikaz iznosa emisionog faktora za CO₂ u Srbiji za sva motorna goriva u periodu 2001-2025. godina.

Godina	$E_f(\text{CO}_2)$	$E_f(\text{CO}_2)$	$E_f(\text{CO}_2)$
	benzinska goriva, g/l	dizel goriva, g/l	TNG, g/l
2001	2.266	2.581	1.600
2002	2.268	2.581	1.601
2003	2.270	2.582	1.603
2004	2.272	2.582	1.604
2005	2.274	2.583	1.606
2006	2.276	2.583	1.607
2007	2.278	2.584	1.609
2008	2.280	2.584	1.610
2009	2.282	2.584	1.612
2010	2.285	2.585	1.613
2011	2.287	2.585	1.615
2012	2.289	2.586	1.616
2013	2.291	2.586	1.618
2014	2.293	2.587	1.619
2015	2.296	2.587	1.621
2016	2.298	2.588	1.623
2017	2.300	2.588	1.624
2018	2.303	2.589	1.626
2019	2.305	2.589	1.628
2020	2.308	2.590	1.629
2021	2.310	2.590	1.631
2022	2.313	2.591	1.633
2023	2.315	2.591	1.635
2024	2.318	2.592	1.637
2025	2.320	2.592	1.638

Tabela 3.23. Uporedni prikaz iznosa emisionog faktora za PM₁₀ u Srbiji za sva motorna goriva u periodu 2001-2025. godina.

Godina	$E_f(\text{PM}_{10})$	$E_f(\text{PM}_{10})$	$E_f(\text{PM}_{10})$
	benzinska goriva, g/l	dizel goriva, g/l	TNG, g/l
2001	0,27	0,85	0,230
2002	0,26	0,82	0,221
2003	0,25	0,80	0,212
2004	0,24	0,77	0,203
2005	0,23	0,75	0,195
2006	0,22	0,72	0,187
2007	0,21	0,70	0,179
2008	0,20	0,68	0,172
2009	0,19	0,66	0,164
2010	0,19	0,63	0,158
2011	0,18	0,61	0,151
2012	0,17	0,59	0,144
2013	0,16	0,57	0,138
2014	0,15	0,55	0,132
2015	0,15	0,53	0,126
2016	0,14	0,51	0,120
2017	0,13	0,49	0,114
2018	0,13	0,48	0,109
2019	0,12	0,46	0,104
2020	0,12	0,44	0,098
2021	0,11	0,42	0,094
2022	0,10	0,41	0,089
2023	0,10	0,39	0,085
2024	0,09	0,38	0,080
2025	0,09	0,36	0,076

Tabela 3.24. Vrednosti korekcije emisijih faktora u Srbiji za vremenski period 2001-2025. godina.

Godina	<i>k</i>
2001	0,805
2002	0,804
2003	0,811
2004	0,812
2005	0,820
2006	0,821
2007	0,830
2008	0,831
2009	0,838
2010	0,838
2011	0,847
2012	0,856
2013	0,873
2014	0,892
2015	0,914
2016	0,934
2017	0,953
2018	0,966
2019	0,975
2020	0,982
2021	0,988
2022	0,994
2023	0,994
2024	1,000
2025	1,000

Tabela 3.25. Iznosi godišnjih emisija CO, HC, NO_x, CO₂ i PM₁₀ iz izduvnih gasova vozila u periodu 2001-2025. godina u Srbiji.

Godina	CO, t	HC, t	NO_x, t	CO₂, t	PM₁₀, t
2001	199.749	24.939	48.815	1.299	5.550.905
2002	193.816	24.172	50.327	1.317	5.786.170
2003	184.006	23.001	52.831	1.357	6.057.004
2004	175.974	21.915	52.562	1.338	6.194.077
2005	159.799	19.939	54.232	1.348	6.298.331
2006	154.320	19.098	57.248	1.416	6.784.672
2007	153.358	18.854	61.115	1.487	7.340.207
2008	141.988	17.528	64.686	1.531	7.633.333
2009	125.256	15.237	56.971	1.339	7.033.764
2010	104.477	12.912	52.423	1.188	6.346.272
2011	106.402	12.845	54.238	1.230	6.934.090
2012	100.931	12.226	54.118	1.201	7.012.831
2013	96.505	11.774	54.510	1.180	7.142.455
2014	92.901	11.455	55.352	1.167	7.319.900
2015	89.637	11.197	56.359	1.156	7.517.395
2016	86.910	11.023	57.698	1.150	7.755.325
2017	83.829	10.804	58.687	1.137	7.959.250
2018	81.240	10.655	59.972	1.128	8.201.370
2019	78.844	10.530	61.317	1.119	8.455.643
2020	76.640	10.430	62.730	1.111	8.723.558
2021	74.227	10.291	63.845	1.098	8.962.118
2022	72.006	10.174	65.028	1.085	9.214.015
2023	69.951	10.074	66.249	1.073	9.475.673
2024	68.075	9.994	67.559	1.062	9.754.189
2025	66.338	9.927	68.912	1.051	10.043.696

3.2. Statistička analiza – izračunavanje koeficijenta korelacije, koeficijenta determinacije i prilagođenog koeficijenta determinacije

Korelaciona analiza pomaže kod ocene kvaliteta modelovanih podataka, jer meri jačinu veze između dve promenljive: zavisne promenljive (promenljiva koja se predviđa, ili procenjuje) i nezavisne promenljive (promenljiva koja određuje osnovu procene). Ocena kvaliteta modela se najjednostavnije može sagledati kroz tri parametra:

- koeficijent korelacije (r),
- koeficijent determinacije (R^2) i
- prilagođeni koeficijent determinacije (\bar{R}^2).

Koeficijent korelacije izražava meru povezanosti između dve promenljive u jedinicama nezavisnim od konkretnih jedinica mere u kojima su iskazane vrednosti promenljivih. Najčešće korišćen koeficijent korelacije je *Pearson-ov* (Pirson) koeficijent korelacije. Primenuju se u slučajevima kada između promenljivih posmatranog modela postoji linearna povezanost i neprekidna normalna distribucija. Može imati vrednosti od +1 (savršena pozitivna korelacija) do -1 (savršena negativna korelacija), vrednost 0 označava nepostojanje korelacije. Za njegovo izračunavanje potrebne su tri različite sume kvadrata (SS): suma kvadrata nezavisno promenljive x (SS_{xx}), suma kvadrata zavisno promenljive y (SS_{yy}) i suma proizvoda promenljivih x i y (SS_{xy}). Sume SS_{xx} i SS_{yy} drugačije se još nazivaju i standardne devijacije datih promenljivih, a suma SS_{xy} kovarijacija.

$$SS_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (3.1.)$$

$$SS_{yy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (3.2.)$$

Gde su:

n - broj uzoraka,

\bar{x} - srednja vrednost nezavisno promenljive,

\bar{y} - srednja vrednost zavisno promenljive.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.3.)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i \quad (3.4.)$$

$$SS_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y}) \quad (3.5.)$$

$$r = \frac{SS_{xy}}{(SS_{xx} \cdot SS_{yy})^{1/2}} \quad (3.6.)$$

Koeficijent determinacije predstavlja ukupnu varijaciju zavisno promenljive koja se pripisuje varijaciji u nezavisno promenljivoj i njegova osnovna svrha je predviđanje budućih ishoda na osnovu drugih povezanih informacija. On obezbeđuje meru tačnosti predviđanja modela, to

jest ukupnu disperziju eksperimentalnih rezultata. Može imati vrednosti od 0 do +1, pri čemu što je veća njegova vrednost, veća je i važnost faktora obuhvaćenih modelom u objašnjenju varijacije objašnjene promenljive, dok niska vrednost može značiti pogrešnu specifikaciju samog modela.

Ukupna varijacija zavisne promenljive se definiše na sledeći način:

$$\text{Ukupna varijacija: } SS_{UV} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (3.7.)$$

Ukupna varijacija zavisne promenljive je jednaka zbiru sledeće dve komponente:

$$1) \text{ objašnjena varijacija: } SS_{OV} = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 \quad (3.8.)$$

$$2) \text{ neobjašnjena varijacija: } SS_{NV} = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (3.9.)$$

gde su \hat{y}_i vrednosti modelovane linearne korelacione funkcije:

$$\hat{y}_i = \hat{a} + \hat{b} \cdot x_i \quad (3.10.)$$

Koeficijent determinacije predstavlja udeo objašnjene varijacije u ukupnoj varijaciji:

$$R^2 = \frac{SS_{OV}}{SS_{UK}} = 1 - \frac{SS_{NV}}{SS_{UK}} \quad (3.11.)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3.12.)$$

Prilagođeni koeficijent determinacije se koristi kod korelacije čije promenljive imaju različit broj parametara. Njegova vrednost može biti i negativna i uvek $\leq R^2$.

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{SS_{NV}}{SS_{UV}} \cdot \frac{(n-p-1)}{(n-1)} \quad (3.13.)$$

gde p predstavlja broj parametra u modelu.

Kriterijumi za kvalitativno tumačenje prethodno definisanih koeficijenata mogu se videti u tabelama 3.26. i 3.27. [115-117].

Tabela 3.26. Kriterijumi za tumačenje koeficijenta korelacije.

<i>r</i>	Jačina veze
±0,00 - ±0,20	Ne postoji
±0,21 - ±0,40	Slaba
±0,41 - ±0,60	Umerena
±0,61 - ±0,80	Jaka
±0,81 - ±1,00	Veoma jaka

Tabela 3.27. Kriterijumi za tumačenje koeficijenta determinacije.

R^2	Koliko dobro nezavisna promenljiva opisuje zavisnu promenljivu
0,00 – 0,25	Neznatno
0,25 – 0,50	Slabo
0,50 – 0,75	Dobro
0,75 – 0,90	Veoma dobro
0,90 – 1,00	Značajno

Reference

- [1] M. Belhaj, Vehicle and fuel demand in Marocco, *Energy Policy*, 30 (2002) 1163-1171.
- [2] R. Hannesson, Energy and GDP growth, *International Journal of Energy Sector Management*, 3 (2009) 157-170.
- [3] S. Ghosh, Future demand of petroleum product in India, *Energy Policy*, 34 (2006) 2032-2037.
- [4] B. N. Huang, M. J. Hwang, C. W. Yang, Causal relationship between energy consumption and GDP growth revisited: A dynamic panel data approach, *Ecological Economics*, 67 (2008) 41-54.
- [5] S. Pokharel, An econometric analysis of energy consumption in Nepal, *Energy Policy*, 35 (2007) 350-361.
- [6] P. Goodwin, J. Dargey, M. Hanly, Elasticities of Road Traffic and Fuel Consumption with Respect to Price and Income: A Review, *Transport Reviews*, 23 (2003) 275-292.
- [7] J. Bentzen, Elasticities in oil demand in developing countries, *Pacific & Asian Journal of Energy*, 9 (1999) 21-30.
- [8] F. Lescaroux, O. Reich, The impact of automobile diffusion on the income elasticity of motor fuel demand, *Energy Journal*, 29 (2008) 41-60.
- [9] How we Classify Countries, The World Bank, 2011, <http://data.worldbank.org/about/country-classifications>
- [10] World Energy Outlook 2009, IEA, Paris, 2009.
- [11] Uredba o izmenama i dopunama Uredbe o utvrdjivanju Programa ostvarivanja Strategije razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine za period od 2007. do 2012. godine, Vlada R. Srbije, Sl. glasnik RS 27/10, Beograd, 2010, pp. 64-96.
- [12] GNI per capita, PPP (current international \$), The World Bank, 2011, <http://data.worldbank.org/Indicator/NY.GNP.PCAP.PP.CD>
- [13] Petroleum & Other Liquids, Spot Prices, U.S. EIA, 2011, http://www.eia.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_d.htm
- [14] IMF Data Mapper, IMF, 2011, <http://www.imf.org/external/datamapper/index.php>
- [15] Republički zavod za statistiku, Republika Srbija, 2010-2011, <http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/>
- [16] Postkrizni model ekonomskog rasta i razvoja Srbije 2011-2020, FREN & MAT, Ekonomski fakultet u Beogradu, Beograd, Avgust 2010.
- [17] Eurostat, EC, 2011, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
- [18] P. Fehrentz, Trend towards buying fuel - saving cars reduces fuel consumption, Statistisches Bundesamt Deutschland, <http://www.destatis.de>
- [19] European Energy and Transport, Trends to 2030 - Update 2007, European Commission, Directorate - General for Energy and Transport, Luxembourg, 2008.

- [20] Emission performance standards for new passenger cars as part of the Community's integrated approach to reduce CO₂ emissions from light-duty vehicles, Regulation (EC) No 443/2009, EC, Brussels, 2009.
- [21] Economy and Use of Environmental Resources, Part 12: Transport and the environment, Edition 2010, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2011.
- [22] Energy efficiency progress in transport in the EU, EEA, 2011, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/energy-efficiency-progress-in-transport-2>
- [23] D. Kalinowska, H. Kuhfeld, Motor Vehicle Use and Travel Behaviour in Germany – Determinants of Car Mileage, Discussion Papers, German Institute for Economics Research, Berlin, 2006.
- [24] National Travel Survey: 2010, Statistical Realise, Department for Transport, 2011, <http://www.dft.gov.uk/statistics/releases/national-travel-survey-2010>
- [25] Annual Energy Outlook 2011 – With projection to 2035, U.S. EIA, Washington DC, 2011.
- [26] International Energy Outlook 2009, U.S. EIA, Washington DC, 2009.
- [27] Annual Energy Outlook 2010 - With Projection to 2035, U.S. EIA, Washington DC, 2010.
- [28] T. Havranek, Z. Irsova, K. Janda, Demand for gasoline is more price-inelastic than commonly thought, *Energy Economics*, 34 (2012) 201–207.
- [29] J. Hamilton, Understanding Crude Oil Prices, University of California, San Diego, 2008, http://dss.ucsd.edu/~jhamilto/understand_oil.pdf
- [30] D. Gately, H. Huntington, The asymmetric Effects of changes in price and income on energy and oil demand, *The Energy Journal*, 23 (2002) 19-56.
- [31] J. Cooper, Price elasticity of demand for crude oil: estimates for 23 countries, *OPEC Review*, 27 (2003) 1-8.
- [32] B. Hebb, Managerial Economics – Course, Columbia Business School, Columbia University, New York, 2011, <http://www2.gsb.columbia.edu/faculty/gheal/B7006-001/intro/index.htm>
- [33] D. Popp, Managerial Economics for Public Administrators, Lecture #12, Maxwell School of Syracuse University, Syracuse, 2011, <http://classes.maxwell.syr.edu/pa723/lectures/723lct12.html>
- [34] N. Krichene, World crude oil and natural gas: a demand and supply model, *Energy Economics*, 24 (2002) 557–576.
- [35] Automobiles and Truck Trends, Plunkett Research, 2011, <http://web.archive.org/web/20110722031051/http://www.plunkettresearch.com/automobiles%20trucks%20market%20research/industry%20overview>
- [36] Alternative Fuel Vehicles (AFVs) and Hybrid Electric Vehicles (HEVs): Trend of sales by HEV models from 1999-2010, Alternative Fuels and Advanced Vehicle Data Center (U.S. DOE), 2011.
- [37] Worldwide NGV Statistics, *NGV Journal*, 2011, <http://www.ngvjournal.dreamhosters.com/en/statistics/item/911-worldwide-ngv-statistics>

- [38] Regulation of Fuels and Fuel Additives: Changes to Renewable Fuel Standard Program - Final Rule, USA Federal Register, 40 CFR Part 80, Vol. 75, No. 58, pp 14669–15320, 2010.
- [39] Renewable Fuel Standard (RFS), EPA, 2011,
<http://www.epa.gov/otaq/fuels/renewablefuels/index.htm>
- [40] Estimated Consumption of Vehicle Fuels in the United States, by Fuel Type, 2005–2009, EIA, 2011,
http://www.eia.gov/renewable/alternative_transport_vehicles/pdf/attf_c1.pdf
- [41] Estimated Number of Alternative Fueled Vehicles in Use in the United States, by Fuel Type, 2005–2009, EIA, 2011,
http://www.eia.gov/renewable/alternative_transport_vehicles/pdf/attf_V1.pdf
- [42] Greenhouse gas emissions in Europe: a retrospective trend analysis for the period 1990–2006, EEA Report No 4/2009, Copenhagen, 2009.
- [43] F. Hacker, R. Harthan, F. Matthes, W. Zimmer, Environment impacts and impacts on the electricity market of a large scale introduction of electric cars in Europe – Critical Review of Literature, ETC/ACM Technical Paper 2009/4, Berlin, 2009.
- [44] Presidency Conclusion 7775/1/06 REV 10, Council of the European Union, Brussels, 2006.
- [45] Promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC, Directive 2009/28/EC, European Commission, Brussels, 2009.
- [46] Promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport, Directive 2003/30/EC, European Commission, Brussels, 2003.
- [47] Limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants, Directive 2001/80/EC European Commission, Brussels, 2001.
- [48] A. Zervos, C. Lins, J. Muth, Re-thinking 2050 – A 100 % Renewable Energy Vision for European Union, EREC, Brussels, 2010.
- [49] EU Energy Trends to 2030 – Update 2009, EC, DG Energy, Luxembourg, 2010.
- [50] S. Roujol, R. Joumard, Influence of passenger car auxiliaries on pollutant emission factors within the Artemis model, Atmospheric Environment, 43 (2009) 1008-1014.
- [51] F.W. Martin, V. Ana-Marija, S. Pete, N. Philippe, Influence of Mobile Air-Conditioning on Vehicle Emissions and Fuel Consumption: A Model Approach for Modern Gasoline Cars Used in Europe, Environmental Science & Technology, 39 (2005) 9601-9610.
- [52] Meteorološki godišnjaci (1949-2008.), RHZ Srbije, Beograd, 2011,
http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija_godisnjaci.php
- [53] Osnovne klimatske karakteristike na teritoriji Srbije (standardni normalni period 1961-1990.), RHZ Srbije, Beograd, 2011,
http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija_srbije.php
- [54] G. Radnays, Paving the Way to Green Solutions, Toyota Motor Europe, 2008.
- [55] T. Zachariadis, Z. Samaras, An Integrated Modeling System for the Estimation of Motor Vehicle Emissions, Journal of the Air & Waste Management Association, 49:9 (1999) 1010-1026.

- [56] EU Energy and Transport in Figures - Statistical Pocketbook 2009, EC, Directorate - General for Energy and Transport, Luxembourg, 2009.
- [57] G. A. F. Seber, C. J. Wild, *Nonlinear Regression*, John Wiley & Sons Inc., 1989, 328 – 330.
- [58] Approximation of the laws of the Member States relating to measures to be taken against air pollution by gases from positive-ignition engines of motor vehicles, Directive 70/220/EEC, EC, Brussels, 1970.
- [59] Amending Directive 70/220/EEC on the approximation of the laws of the Member States relating to measures to be taken against air pollution by emissions from motor vehicles, Directive 91/441/EEC, EC, Brussels, 1991.
- [60] Amending Directive 70/220/EEC on the approximation of the laws of the Member States relating to measures to be taken against air pollution by emissions from motor vehicles, Directive 93/59/EEC, EC, Brussels, 1993.
- [61] Relating to measures to be taken against air pollution by emissions from motor vehicles and amending Directive 70/220/EEC, Directive 94/12/EC, EC, Brussels, 1994.
- [62] Amending Directive 70/220/EEC on the approximation of the laws of the Member States relating to measures to be taken against air pollution by emissions from motor vehicles, Directive 96/69/EC, EC, Brussels, 1996.
- [63] Relating to measures to be taken against air pollution by emissions from motor vehicles and amending Council Directive 70/220/EEC, Directive 98/69/EC, EC, Brussels, 1998.
- [64] Adapting to technical progress Council Directive 70/220/EEC relating to measures to be taken against air pollution by emissions from motor vehicles, Directive 2002/80/EC, EC, Brussels, 2002.
- [65] Type approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 5 and Euro 6) and on access to vehicle repair and maintenance information, Directive 715/2007/EC, EC, Brussels, 2007.
- [66] S. Prvulović, D. Velimirović, D. Manasić, I. Minić, *Istraživanje tržišta vozila Srbije 2008*, Synovate Serbia, Beograd, 2008.
- [67] M. Pock, *Gasoline and diesel demand in Europe: new insights*, Economics Series 202, Institute for Advanced Studies, Vienna, 2007.
- [68] *An economics and security of supply analysis of the widening EU diesel deficit*, Factsheet, EBB, Brussels, 2008.
- [69] *Autogas Incentive Policies, Revised & Updated 2011*, World LP Gas Association, Neuilly-sur-Seine, 2011.
- [70] N-O. Nylund, P. Aakko-Saksa, K. Sipila, *Status and outlook for biofuels, other alternative fuels and new vehicles*, VTT Research Notes 2426, Finland, 2008.
- [71] R. M. Mackay, S. D. Probert, *Modified Logit-Function Demand Model for Predicting National Crude-Oil and Natural-Gas Consumptions*, *Applied Energy*, 49 (75-90) 1994.
- [72] *Transport at a crossroads, TERM 2008: indicators tracking transport and environment in the European Union*, EEA Report, No 3/2009, Copenhagen, 2009.

- [73] S. S. Pokharel, G. A. Bishop, D. H. Stedman, Fuel-based On-road Motor Vehicle Emissions Inventory for the Denver Metropolitan Area, University of Denver, Department of Chemistry and Biochemistry, Denver, 2000.
- [74] I. Shifter, L. Diaz, V. Mugica, E. Lopez-Salinas, Fuel-based motor vehicle emission inventory for the metropolitan area of Mexico city, *Atmospheric Environment*, 39 (2005) 931-940.
- [75] Greenhouse gas emissions in Europe: a retrospective trend analysis for the period 1990–2008, EEA, Copenhagen, 2011.
- [76] Zakon o zaštiti životne sredine, Službeni glasnik Republike Srbije, broj 135/04, Beograd, 2004.
- [77] Poslovi koje vrši grad, Službeni list grada Beograda, broj 14/04, član 10, Beograd, 2004.
- [78] Zakon o zaštiti vazduha, Službeni glasnik Republike Srbije, broj 36/09, Beograd, 2009.
- [79] Air Quality Guidelines – Global Update 2005, WHO, Copenhagen, 2006.
- [80] M. Krzyzanowski, B. Kuna-Dibbert, J. Schneider, Health Effects of transport-related air pollution, WHO, Copenhagen, 2005.
- [81] T. Boden, G. Marland, B. Andres, Global CO₂ Emissions from Fossil Fuel Burning: 1751-2008, CDIAC, Oak Ridge, 2011, http://cdiac.ornl.gov/ftp/ndp030/global.1751_2008.ems
- [82] T. Boden, G. Marland, B. Andres, Ranking of the world's countries by 2008 per capita fossil-fuel CO₂ emission rates, CDIAC, Oak Ridge, 2011, <http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/top2008.cap>
- [83] Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2009, EEA, Copenhagen, 2009.
- [84] J. C. Carbajo, A. Faiz, Motor vehicle emission control: some policy option for developing countries, *The Science of the Total Environment*, 146/147 (1994) 11-18.
- [85] T. Zachariadis, Z. Samaras, An Integrated Modeling System for the Estimation of Motor Vehicle Emissions, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 49:9 (1999) 1010-1026.
- [86] Određivanje količina emitovanih gasovitih zagađujućih materija poreklom od drumskog saobraćaja primenom Copert IV modela evropske agencije za životnu sredinu, Univerzitet u Beogradu, Institut saobraćajnog fakulteta, Beograd, 2010.
- [87] C. Hao, X. Shaodong, Estimation of vehicular emission inventories in China from 1980 to 2005, *Atmospheric Environment*, 41 (2007) 8963–8979.
- [88] M. Andre, M. Rapone, N. Andra, I. Pollak, M. Keller, I. Mccrae, Traffic characteristics for the estimation of pollutant emissions from road transport – ARTEMIS WP1000 project, INRETS, Bron, France, 2006.
- [89] Sustainable Mobility CO₂ in the Road Transport Sector, OICA, Paris, 2010.
- [90] COPERT IV software tool, EEA, Copenhagen, 2009, <http://www.emisia.com/copert/#>
- [91] W. Harrington, Fuel Economy and Motor Vehicle Emissions, *Journal of Environmental Economics and Management*, 33 (1997) 240-252.

- [92] W. R. Pierson, A. W. Gertler, N. F. Robinson, J. C. Sagebiel, B. Zielinska, G. A. Bishop, D. H. Stedman, R. B. Zweidinger, W. D. Ray, Real-world automotive emissions – summary of recent tunnel studies in the Fort McHenry and Tuscarora Mountain tunnels. *Atmospheric Environment*, 30 (1996) 2233-2256.
- [93] B. C. Singer, R. A. Harley, A fuel-based inventory of motor vehicle exhaust emissions in the Los Angeles area during summer 1997, *Atmospheric Environment*, 34 (2000) 1783-1795.
- [94] D. B. Dreher, R. A. Harley, A fuel-based inventory for heavy-duty diesel truck emissions, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 48:4 (1998) 352-359.
- [95] T. W. Kirchstetter, B. C. Singer, R. A. Harley, Impact of California Reformulated Gasoline on Motor Vehicle Emissions. 1. Mass Emission Rates, *Environmental Science & Technology*, 33 (1989) 318-328.
- [96] Y. Zhang, D. H. Stedman, G. A. Bishop, P. L. Guenther, S. P. Beaton, J. E. Peterson, On-Road Hydrocarbon Remote Sensing in the Denver Area, *Environmental Science & Technology*, 27 (1993) 1885-1891.
- [97] H. Guo, Q. Zhang, Y. Shi, D. Wang, On-road remote sensing measurement and fuel-based motor vehicle emission inventory in Hangzhou, China, *Atmospheric Environment*, 41 (2007) 3095-3107.
- [98] Pravilnik o tehničkim i drugim zahtevima za tečna goriva naftnog porekla, Službeni glasnik RS br. 64/11, Beograd, 2011.
- [99] N. N. Clark, G. J. Thompson, W. S. Wayne, at all, Idle Emissions from Heavy-Duty Diesel Vehicles: Review and Recent Data. *Journal of Air & Waste Management Association*, 56 (2006) 1404–1419.
- [100] H. Y. Tong, W. T. Hung, C. S. Cheung, On-Road Motor Vehicle Emissions and Fuel Consumption in Urban Driving Conditions. *Journal of Air & Waste Management Association*, 50 (2000) 543-554.
- [101] Z. Ning, T. L. Chan, On-road remote sensing of liquefied petroleum gas (LPG) vehicle emissions measurement and emission factors estimation, *Atmospheric Environment*, 41 (2007) 9099–9110.
- [102] T. L. Chan, Z. Ning, On-road remote sensing of diesel vehicle emissions measurement and emission factors estimation in Hong Kong, *Atmospheric Environment*, 39 (2005) 6843–6856.
- [103] T. L. Chan, Z. Ning, C. W. Leung, C. S. Cheung, W. T. Hung, G. Dong, On-road remote sensing of petrol vehicle emissions measurement and emission factors estimation in Hong Kong, *Atmospheric Environment*, 38 (2004) 2055–2066.
- [104] Average Annual Emission and Fuel Consumption for Passenger Cars and Light Trucks, EPA, Office of Transportation and Air Quality, Ann Arbor, 2000.
- [105] Q. Zhang, Y. Wei, W. Tian, K. Yang, GIS-based emission inventories of urban scale: A case study of Hangzhou, China, *Atmospheric Environment*, 42 (2008) 5150–5165.
- [106] Q. Zhang, J. Xu, G. Wang, W. Tiana, H. Jiang, Vehicle emission inventories projection based on dynamic emission factors: A case study of Hangzhou, China, *Atmospheric Environment*, 42 (2008) 4989–5002.

- [107] A. P. Grieshop, E. M. Lipsky, N. J. Pekney, S. Takahamac, A. L. Robinson, Fine particle emission factors from vehicles in a highway tunnel: Effects of fleet composition and season, *Atmospheric Environment*, 40 (2006) S287–S298.
- [108] J. Zhang, L. Morawska, Combustion sources of particles: 2. Emission factors and measurement methods, *Chemosphere*, 49 (2002) 1059–1074.
- [109] Compilation of air pollutant emission factors, Volume I: Stationary point and area sources, Fifth edition, US EPA, Chicago, 2010.
- [110] Light-Duty Automotive Technology, Carbon Dioxide Emissions, and Fuel Economy Trends: 1975 Through 2011, Office of Transportation and Air Quality, U.S. EPA, 2012.
- [111] Reducing greenhouse gas emissions, Australian Government, Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities, 2012, <http://www.environment.gov.au/settlements/transport/fuelguide/environment.html>
- [112] Emission Facts: Average Annual Emissions and Fuel Consumption for Passenger Cars and Light Trucks, U.S. EPA, 2000, <http://www.epa.gov/oms/consumer/f00013.htm>
- [113] Greenhouse Gas Emissions, Eurostat, 2011, http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_air_gge&lang=en
- [114] Air pollution, Eurostat, 2011, http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_air_emis&lang=en
- [115] M. Biljan-August, S. Pivac, A. Štambuk, Upotreba statistike u ekonomiji, Poglavlje 2., Regresijska i korelacijska analiza, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2007.
- [116] Z. Mladenović, Ekonometrijska analiza KLRM, Predavanja, Ekonomski fakultet, Beograd, 2009, <http://www.google.rs/url?sa=t&rct=j&q=koeficijent%20determinacije&source=web&cd=4&ved=0CDQQFjAD&url=http%3A%2F%2Favs.ekof.bg.ac.rs%2Fmaster-medjunarodna%2520ekonomija%2Feko3-10.pdf&ei=rw-QT7rSOpCUOtfmpf8D&usg=AFQjCNFMUjCFC6dloadid6OhDCxQnHKGA>
- [117] Uvod u modelovanje u hemijskom inženjerstvu, Predavanje 1, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb, 2011, http://www.google.rs/url?sa=t&rct=j&q=prilagodjeni%20koeficijent%20determinacije&source=web&cd=11&ved=0CCEQFjAAOAO&url=http%3A%2F%2Fwww.pbf.unizg.hr%2Fhr%2Fcontent%2Fdownload%2F14208%2F61056%2Fversion%2F1%2Ffile%2FPredavanje%2B1%2BUvodni%2Bpojmovi%2Bo%2Bmodeliranju.ppt&ei=zd-5ngLIOboOJzPID&usg=AFQjCNETVxKCUXpQP_ivd3ApmpY2qNZ_JQ