

UNIVERZITET U BEOGRADU
SAOBRAĆAJNI FAKULTET

Nikola S. Petrović

**UPRAVLJANJE UTICAJIMA
URBANIZACIJE I VIDOVA
SAOBRAĆAJA NA KVALITET ŽIVOTNE
SREDINE**

doktorska disertacija

Beograd, 2018.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF TRANSPORT AND TRAFFIC
ENGINEERING

Nikola S. Petrović

**MANAGING THE IMPACTS OF
URBANIZATION AND TRANSPORT
MODES ON THE ENVIRONMENT
QUALITY**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2018.

Informacije o mentoru, članovima komisije za odbranu doktorske disertacije i o datumu odbrane

MENTOR:

Redovni profesor dr Nebojša BOJOVIĆ,
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

ČLANOVI KOMISIJE:

Vanredni profesor dr Marijana PETROVIĆ,
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

Redovni profesor dr Dušan STAMENKOVIĆ,
Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet

Datum odbrane:

Zahvalnica

Ova doktorska disertacija je plod i nastavak uspešne dugogodišnje saradnje dva Univerziteta, u Beogradu i Nišu, kao i dva njihova tehnička fakulteta, Saobraćajnog i Mašinskog fakulteta.

Pre svega želeo bih da se zahvalim mom mentoru, prof. dr Nebojši Bojoviću na izdvojenom vremenu, savetima, idejama i podršci tokom izrade ove disertacije.

Takođe bih želeo da se zahvalim prof. dr Snežani Pejčić-Tarle koja me je uvela u naučnu oblast saobraćaja i pružila maksimalnu podršku i pomoć svojim dobronamernim sugestijama i smernicama na doktorskim studijama.

Zahvaljujem se i prof. dr Marijani Petrović i prof. dr Milošu Milovančeviću na nesebičnoj pomoći, ukazanim primedbama i korisnim sugestijama tokom naučno-istraživačkog rada u okviru ove doktorske disertacije.

Na kraju bih želeo da se zahvalim mojoj porodici na neizmernoj podršci, zato što su uvek bili uz mene i verovali u moj uspeh.

*“Život jeste i uvek će
ostati jednačina koju
nije moguće rešiti iako
sadrži neke poznate
činioce.”*

Nikola Tesla

UPRAVLJANJE UTICAJIMA URBANIZACIJE I VIDOVA SAOBRAĆAJA NA KVALITET ŽIVOTNE SREDINE

Rezime: Saobraćaj predstavlja jedan od najvećih emitenata štetnih supstanci koji utiče na kvalitet vazduha. Svaki vid saobraćaja ostvaruje različit promet putnika i robe. Istovremeno, svaki vid putničkog i teretnog saobraćaja ima diferenciran negativan uticaj na kvalitet životne sredine i kvalitet vazduha. Urbanizacija je doprinela povećanju prometa putnika i robe, a na taj način i većoj degradaciji životne sredine i vazduha. Neravnomeran privredni rast i razvoj vidova saobraćaja u Evropskoj Uniji imaju različiti negativan uticaj na kvalitet životne sredine i kvalitet vazduha pri čemu se kao najveći emitenti polutanata izdvajaju razvijene države. Zbog toga se u Evropskoj Uniji dugi niz godina ulažu posebni naponi za kreiranje i primenu strategija koje imaju za cilj poboljšanje kvaliteta životne sredine.

Ispitivanje validnosti Kuznetsove ekološke krive je od velike važnosti zato što može doprineti unapređenju postojećih i kreiranju novih strategija održivog saobraćaja u razvijenim i državama u tranziciji. Iako se poslednjih godina posebna pažnja posvećuje analizi Kuznetsove ekološke krive pri čemu se polazi od različitih država i regiona, kao i od različitih pokazatelja, osnovni problem koji se navodi u literaturi a odnosi se na ovu analizu predstavlja problem izbora pokazatelja kvaliteta vazduha. Radi prevazilaženja ovog problema razvijen je dvofazni model za kvantifikovanje uticaja indikatora kvaliteta vazduha u posmatranom vremenskom periodu koji predstavlja univerzalnu platformu za upravljanje različitim urbanim, saobraćajnim i ekonomskim pokazateljima i njihovim međusobnim uticajima na zagađenje vazduha. Iskorišćena je prednost veštačkih neuronskih mreža u obradi kompleksnih, veoma nelinearnih, brojnih i različitih podataka u razumnom vremenskom roku. Kao ulazne promenljive korišćeni su predstavnici grupa urbanih, ekonomskih i transportnih promenljivih dok su kao izlazne promenljive posmatrane emisije polutanata koje emituje saobraćaj. U prvoj fazi modela se određuju ekstremne vrednosti uticaja ulaznih na izlazne promenljive država Evropske Unije za vremenski period od 2000. do 2014. godine, primenom metodologije veštačkih neuronskih mreža, kako bi se izvršila selekcija

ulaznih promenljivih. U drugoj fazi modela, polazeći od izabranih promenljivih se primenjuje klaster analiza država Evropske Unije radi ispitivanja zakonitosti Kuznetsove ekološke krive. Na osnovu dobijenih rezultata pokazano je da se sprega između metodologije veštačkih neuronskih mreža, klaster analize i zakonitosti Kuznetsove krive može koristiti za ispitivanje uticaja široko dostupnih urbanih, ekonomskih i transportnih indikatora na različite indikatore kvaliteta životne sredine.

Kako bi se odredili negativni uticaji urbanizacije i vidova saobraćaja na kvalitet vazduha na teritoriji grada Niša upotrebljena je razvijena metodologija veštačkih neuronskih mreža iz prve faze dvofaznog modela. Dobijeni rezultati bi se mogli iskoristiti kao smernice za kreiranje strategija održivog saobraćaja ili povećanje kvaliteta već postojećih strategija. Jedna od mogućnosti ka značajnom smanjenju emisije štetnih gasova predstavlja postepena zamena i uklanjanje vozila sa konvencionalnim gorivima iz urbane sredine. Imajući u vidu da održivi urbani saobraćaj podrazumeva veću upotrebu čistijeg javnog prevoza primenjena je višekriterijumska analiza različitih pogonskih tehnologija kod autobusa na primeru grada Niša. Rezultati rangiranja aktuelnih alternativa pogonskih tehnologija kod autobusa, sa aspekta održivosti, mogu pomoći donosiocima odluka na globalnom i lokalnom nivou oko izbora adekvatne pogonske tehnologije kod autobusa.

Ključne reči: Kuznetsova ekološka kriva, urbanizacija, veštačke neuronske mreže, kvalitet vazduha, vidovi saobraćaja, višekriterijumska analiza

Naučna oblast: Saobraćaj

Uža naučna oblast: Menadžment u saobraćaju i transportu

UDK broj:

MANAGING THE IMPACTS OF URBANIZATION AND TRANSPORT MODES ON THE ENVIRONMENT QUALITY

Abstract: Transport is one of the largest emitters of harmful substances that affects on air quality. Every mode of transport produces different turnover of passengers and goods. At the same time, every mode of passenger and freight traffic has a differentiated negative impact on the environmental quality and the air quality. Urbanization has contributed to the increase in passengers and goods traffic, and in this way also to greater degradation of the environment and air. Uneven economic growth and the development of traffic in the European Union have a different negative impact on the environmental quality and the air quality, with the major emitters of pollutants being distinguished by the developed countries. For this reason, in the European Union for many years has been making special efforts for the creation and implementation of strategies aimed at improving the quality of the environment.

Testing the validity Kuznets environmental curve is of great importance because it can contribute to the improvement of existing and creation of new strategies for sustainable transport in developed countries and countries in transition. Although in recent years special attention has been devoted to the analysis of Kuznets environmental curve, starting with different countries and regions, as well as from different indicators, the main problem mentioned in the literature related to this analysis is the problem of selecting air quality indicators. In order to overcome this problem, a two-phase model for quantifying the impact of air quality indicators over a period of time has been developed, which represents a universal platform for managing a variety of urban, traffic and economic indicators and their mutual influence on air pollution. Utilized the advantage of artificial neural networks in the processing of complex, very non-linear, numerous and different data in a reasonable timeframe. The representatives of the groups of urban, economic and transport variables are used as input variables, while emissions of pollutants from transport are observed as output variables. In the first phase of the model, the extreme values of the impact of inputs on the output variables of the European

Union for the period from 2000 to 2014 are determined using the methodology of artificial neural networks in order to perform the selection of input variables. In the second phase of the model, starting from the selected variables, a cluster analysis of European Union countries is used to test the validity of Kuznets environmental curve. Based on the obtained results it has been shown that the link between the methodology of artificial neural networks, the cluster analysis and the Kuznets environmental curve can be used to examine the impact of widely available urban, economic and transport indicators on different environmental quality indicators.

In order to determine negative impacts of urbanization and transport modes on the territory of the city of Niš, the developed methodology of artificial neural networks from the first phase of the two-phase model was used. The obtained results could be used as guidelines for creating sustainable transport strategies or increasing the quality of already existing strategies. One of the possibilities for a significant reduction of emissions is the gradual replacement and removal of vehicles with conventional fuels from the urban areas. Bearing in mind that sustainable urban traffic implies greater use of cleaner public transport a multicriteria analysis of various bus propulsion technologies on the example of the city of Niš was applied. The results of ranking the current alternative bus propulsion technologies, in terms of sustainability, can help decision-makers at global and local level to choose adequate bus propulsion technology.

Key words: Kuznets environment curve, urbanization, artificial neural networks, air quality, transport modes, multi-criteria analysis

Scientific field: Transport and Traffic Engineering

Scientific subfield: Management in Transport and Traffic Engineering

UDK:

Sadržaj

1.	UVODNA RAZMATRANJA	1
1.1.	Predmet i cilj istraživanja	1
1.2.	Polazne hipoteze.....	6
1.3.	Naučni doprinos.....	7
1.4.	Pregled doktorske disertacije po poglavljima	10
2.	MEĐUZAVISNOST IZMEĐU VIDOVA SAOBRAĆAJA, PRIVREDNOG RASTA, URBANIZACIJE I ZAGAĐENJA VAZDUHA	12
2.1.	Urbanizacija i zagađenje vazduha u gradovima EU	14
2.2.	Vidovna raspodela u gradovima EU – dosadašnje razvojne tendencije i mere za unapređenje urbane mobilnosti	16
2.3.	Današnje aktuelne pogonske tehnologije kod autobusa	20
2.4.	Informaciona osnova za analizu uticaja vidova saobraćaja na kvalitet vazduha u EU.....	24
3.	PREGLED LITERATURE I RELEVANTNIH ISTRAŽIVANJA.....	28
3.1.	Pregled pristupa analizi uticaja urbanizacije i vidova saobraćaja na emisiju izduvnih gasova	29
3.2.	Kuznetsova ekološka kriva	31
3.3.	Kritički osvrt na Kuznetsovu ekološku krivu i predlog novog modela	33
3.3.1.	Problem izostavljanja promenljivih.....	33
3.3.2.	Problem ispitivanja validnosti Kuznetsove ekološke krive.....	35
4.	DVOFAZNI MODEL ZA EVALUACIJU UTICAJA URBANIZACIJE I VIDOVA SAOBRAĆAJA NA ZAGAĐENJE VAZDUHA U EU	36
4.1.	Opis modela.....	36
4.2.	Rezultati primene prve faze modela – Izdvajanje najuticajnijih faktora na zagađenje vazduha primenom ANN pristupa.....	38
4.2.1.	Rezultati u domenu putničkog saobraćaja	39
4.2.2.	Rezultati u domenu teretnog saobraćaja	46
4.2.3.	Rezultati u domenu efekata urbanizacije	53
4.3.	Primena druge faze modela – Klaster analiza država EU i utvrđivanje zavisnosti izdvojenih faktora i emisija CO ₂ i GHG od saobraćaja primenom Kuznetsove ekološke krive	55
4.3.1.	Rezultati u domenu međuzavisnosti između zaposlenosti u saobraćaju i CO ₂ koji emituje saobraćaj	57
4.3.1.	Rezultati u domenu međuzavisnosti BDP po glavi stanovnika i emisije GHG putem saobraćaja.....	60
4.3.2.	Ispitivanje Kuznetsove ekološke krive - Rezultati u domenu međuzavisnosti BDP po glavi stanovnika i CO ₂ koje emituje saobraćaj	64
4.3.3.	Rezultati u domenu međuzavisnosti gustine naseljenosti i CO ₂ koje emituje saobraćaj	66

4.4.	Unakrsna analiza rezultata i implikacije na upravljanje uticajima vidovima saobraćaja i urbanizacije na kvalitet vazduha.....	69
5.	MODELI ZA EVALUACIJU UTICAJA URBANIZACIJE I VIDOVA SAOBRAĆAJA NA KVALITET VAZDUHA U NIŠU	71
5.1.	Grad Niš i uticaji urbanizacije i saobraćaja na zagađenje vazduha.....	71
5.2.	Opis modela.....	74
5.3.	Rezultati primena modela na bazi ANN za utvrđivanje uticaja urbanizacije na zagađenje vazduha u gradu Nišu.....	76
5.4.	Rezultati primena modela na podsisteme JGTP u Nišu na bazi CRITIC/TOPSIS metoda.....	79
5.5.	Analiza rezultata i implikacije na upravljanje uticajima	90
6.	ZAKLJUČNA RAZMATRANJA I PRAVCI DALJIH ISTRAŽIVANJA	92
	Literatura	95
	Prilog A – Ulazne i izlazne promenljive u periodu od 2000. do 2014. godine	101
	Prilog B - Usporedne karakteristike osnovnih oblika izvora energije	116
	Prilog C - Matrica odlučivanja.....	117
	BIOGRAFIJA AUTORA.....	118

Popis tabela

Tabela 1. Evropski standardi za emisije od autobusa i teških vozila	21
Tabela 2. Dostupnost podataka o proceni uticaja saobraćaja na životnu sredinu u EU	24
Tabela 3. Statistička analiza uticaja saobraćaja na GHG emisiju u EU za 15 godina počevši od 2000. (ekvivalentno CO ₂ u milionima tona)	25
Tabela 4. Ulazne promenljive i izvori podataka	26
Tabela 5. Izlazne promenljive i izvori podataka.....	27
Tabela 6. Uticaji vidova putničkog saobraćaja na zagađenje vazduha	40
Tabela 7. Uticaji kombinacija vidova putničkog saobraćaja na zagađenje vazduha	41
Tabela 8. Uticaji vidova putničkog saob. i raz. ekonomskih parametara I na zagađenje vazduha....	44
Tabela 9. Uticaji vidova putničkog saob. i raz. ekonomskih parametara II na zagađenje vazduha ...	46
Tabela 10. Uticaji vidova teretnog saobraćaja na zagađenje vazduha	48
Tabela 11. Uticaji kombinacija vidova teretnog saobraćaja na zagađenje vazduha.....	48
Tabela 12. Uticaji vidova teretnog saob. i raz. ekonomskih parametara I na zagađenje vazduha.....	51
Tabela 13. Uticaji vidova teretnog saob. i raz. ekonomskih parametara II na zagađenje vazduha ...	52
Tabela 14. Uticaji urbanizacije na zagađenje vazduha	54
Tabela 15. Klaster analiza na osnovu broja zaposlenih i CO ₂ koje emituje saobraćaj.....	57
Tabela 16. Klaster analiza na osnovu BDP po glavi stanovnika i emisije GHG nastale od saob.	61
Tabela 17. Klaster analiza na osnovu BDP po g. s., CO ₂ koje emituje saob. i gustine naseljenosti....	64
Tabela 18. Broj stanovnika grada Niša po popisima 1948-2011.....	71
Tabela 19. Registrovana motorna i priključna vozila na teritoriji Niša u periodu 2006-2015.	72
Tabela 20. Uticaj saobraćaja na koncentraciju nikla, olova, kadmijuma, hroma, sumpor-dioksida i suspendovanih čestica	78
Tabela 21. Gradski saobraćaj.....	80
Tabela 22. Alternative pogonskih tehnologija kod autobusa	81
Tabela 23. Kriterijumi za ocenu pogonskih tehnologija kod autobusa.....	82
Tabela 24. Najčešće korišćeni tipovi normalizacija.....	84
Tabela 25. Vrednosti težinskih koeficijenata dobijeni različitim tipovima normalizacije	85
Tabela 26. Rangiranje alternativa pogonskih tehnologija kod autobusa primenom TOPSIS metode (sa različitim težinskim koeficijentima)	86
Tabela 27. Spearman-ovi koeficijenti korelacije rezultata rangiranja alternativa pogonskih tehnologija kod autobusa primenom TOPSIS metode (sa različitim težinskim koeficijentima)	87
Tabela 28. T-test značajnosti Spearman-ovih koeficijenata korelacije rezultata rangiranja alternativa pogonskih tehnologija kod autobusa	89

Popis slika

Slika 1. Najvažniji izvori emisije GHG	12
Slika 2. Raspodela stanovništva po stepenu urbanizacije (% ukupnog stanovništva)	15
Slika 3. Dvofazni model za evaluaciju uticaja urbanizacije i vidova saobraćaja na zagađenje vazduha u EU	37
Slika 4. ANN model za određivanje uticaja vidova putničkog saob. na zagađenje vazduha.....	40
Slika 5. ANN model za određivanje uticaja vidova putničkog saob. i različitih ekonomskih parametara I na zagađenje vazduha	43
Slika 6. ANN model za određivanje uticaja vidova putničkog saob. i različitih ekonomskih parametara II na zagađenje vazduha	45
Slika 7. ANN model za određivanje uticaja vidova teretnog saob. na zagađenje vazduha.....	47
Slika 8. ANN model za određivanje uticaja vidova teretnog saob. i različitih ekonomskih parametara I na zagađenje vazduha	50
Slika 9. ANN model za određivanje uticaja vidova teretnog saob. i različitih ekonomskih parametara II na zagađenje vazduha	51
Slika 10. ANN model za određivanje uticaja urbanizacije na zagađenje vazduha.....	53
Slika 11. Kretanje prosečnih vrednosti zaposlenosti u saob. i emisije CO ₂ koje emituje saob. u periodu od 2000. do 2014. godine respektivno u a) I, b) II, c) III i d) IV klasteru....	60
Slika 12. Kretanje prosečnih vrednosti BDP po g. s. i emisije GHG nastale od saob. u periodu od 2000. do 2014. godine respektivno u a) I, b) II i c) III klasteru	63
Slika 13. Kretanje prosečnih vrednosti BDP po glavi stanovnika i CO ₂ koje emituje saobraćaj u periodu od 2000. do 2014. godine respektivno u a) I, b) II i c) III klasteru.....	66
Slika 14. Kretanje prosečnih vrednosti CO ₂ koje emituje saobraćaj i gustine naseljenosti u periodu od 2000. do 2014. godine respektivno u a) I, b) II i c) III klasteru.....	68
Slika 15. ANN model za određivanje uticaja urbanizacije na ugljen-dioksid	76
Slika 16. Uticaji parametara urbanizacije na ugljen-dioksid.....	77
Slika 17. ANN model za određivanje uticaja frekvencije vozila na zagađenje vazduha.....	77
Slika 18. Spearman-ovi koeficijenti korelacije rezultata rangiranja alternativa pogonskih tehnologija kod autobusa.....	88

1. UVODNA RAZMATRANJA

1.1. Predmet i cilj istraživanja

Saobraćaj ima značajnu ulogu u procesu globalizacije svetske privrede. Efikasan i efektivan saobraćaj doprinosi smanjenju troškova proizvodnje i na taj način omogućava da proizvodi budu konkurentniji na svetskom tržištu. Neophodno je imati u vidu i činjenicu da saobraćaj doprinosi razvoju nacionalne i svetske privrede. Intenziviranjem međunarodne trgovine saobraćaj beleži ubrzani razvoj, ali saglasno tome predstavlja delatnost koja najviše doprinosi degradaciji životne sredine. S obzirom da je sve više izražen konflikt između povećanih zahteva za mobilnošću i povećanog pritiska na kapacitete životne sredine, održivi razvoj se postavlja kao jedina moguća koncepcija dugoročnog razvoja saobraćaja. Kada je koncept održivog razvoja postao jedan od najznačajnijih prioriteta povećava se interes za evaluaciju performansi saobraćaja uvažavajući načela održivosti [1]. Uloga saobraćaja u održivom razvoju ogleda se u mogućnosti da obezbedi veći stepen mobilnosti uvažavajući društvenu odgovornost, ekonomsku i ekološku efikasnost [2]. Zbog toga se u Evropskoj Uniji (EU) dugi niz godina ulažu posebni naponi za procenu mogućih scenarija razvoja održivog transporta, kao i formiranja i primene strategija koje imaju za cilj smanjenje negativnih uticaja transporta na životnu sredinu.

Na temelju kriterijuma i principa ideje održivog razvoja razvijala su se različita tumačenja pojma održivog transporta. U fokusu prvobitnog razumevanja bila je ekološka dimenzija održivosti, tj. odnos transporta prema ekosistemima. Savremeno shvatanje i tumačenje koncepta održivog razvoja u transportu podrazumeva da ova delatnost funkcioniše u skladu sa principima ekonomskog razvoja, socijalne jednakosti i solidarnosti i ekološke odgovornosti. Operativno shvatanje koncepta održivog razvoja nameće potrebu da se utvrde i kvantifikuju kompleksne veze između ekonomskog razvoja, dobrobiti čovečanstva i životne sredine.

Poslednjih nekoliko decenija evidentiran je rast degradacije životne sredine i kvaliteta vazduha kao posledice povećanja transportnih, industrijskih i drugih privrednih aktivnosti. Transportni sektor predstavlja jedan od najvećih emitenata štetnih supstanci koje utiču na kvalitet vazduha i stvaranje troposferskog ozona [1].

Svaki vid saobraćaja uzrokuje zagađenje vazduha, vode ili zemlje, ali su njihovi negativni efekti različiti. Istovremeno, svaki vid saobraćaja ostvaruje različiti obim prevoza robe i putnika. U EU dominantnu ulogu u prevozu putnika i robe ima drumski saobraćaj. I pored brojnih nedostataka koji karakterišu drumski saobraćaj kao što su degradacija kvaliteta životne sredine, zagađenje vazduha i velika potrošnje energije, on je uspeo da zadrži vodeću ulogu u prevozu putnika i robe. Sa jedne strane, privredni rast i razvoj predstavljaju jedan od najznačajnijih faktora neravnomernosti razmeštaja kapaciteta i razvoja drumskog saobraćaja, dok sa druge strane, drumski saobraćaj ima značajan uticaj na društveni proizvod i promene u strukturi privrede.

Međuzavisnost između BDP (bruto domaći proizvod) po glavi stanovnika i stepena zagađenosti životne sredine određenog društva može se objasniti pomoću Kuznetsove ekološke krive (eng. EKC - Environmental Kuznets Curve) [3]. Kriva pokazuje da ukoliko se određeno društvo nalazi na nižem nivou razvoja, stepen zagađenja je manji. Sa povećanjem BDP po glavi stanovnika raste i stepen zagađenosti dok dohodak po glavi stanovnika ne dostigne tačku preokreta. Nakon tačke preokreta koja nije ista za sve države i koja zavisi od vrste posmatranog zagađenja, povećanje dohotka po glavi stanovnika utiče na smanjenje stepena zagađenosti, jer je društvo spremno da više ulaže u zaštitu životne sredine.

Pritom, prekoračenje dozvoljene koncentracije zagađivača vazduha u mnogim svetskim i evropskim gradovima i dalje je prisutno, uprkos ukupnom napretku u smanjenju štetnih emisija. Efekti zagušenja u drumskom transportu prisutni su u većoj ili manjoj meri na čitavom evropskom prostoru i narušavaju ukupni evropski ekonomski potencijal.

Državni organi, regulatorne agencije i druge institucije donose i sprovode mere u cilju poboljšanja kvaliteta vazduha i životne sredine. Imajući u vidu dinamičnu i

heterogenu strukturu životne sredine, ali i heterogeni sastav vazduha, kontrola i praćenje degradacije životne sredine predstavlja veliki izazov za naučnike, istraživače i kreatore saobraćajne politike.

U XXI veku, javlja se svest o neophodnosti uravnoteženog razvoja transporta u EU, kao i podsticanje ekološki prihvatljivih vidova transporta, kao što su železnički i transport unutrašnjim plovnim putevima. Razvoj železnice je bio jedan od najboljih pokazatelja privrednog razvoja država. Oko 80% železničke mreže se nalazio na teritorijama najrazvijenijih država u svetu u prvoj polovini XX veka. Međutim, iako železnički saobraćaj predstavlja ekološki prihvatljiv i energetski najefikasniji vid saobraćaja, obim prevoza robe u železničkom saobraćaju beleži smanjenje.

Razvoj vodnog saobraćaja uticao je na razvoj industrije i robne proizvodnje. U razvijenim državama se posvećuje pažnja razvoju pomorskog, ali i saobraćaju unutrašnjim plovnim putevima. Međutim, učešće ovog vida saobraćaja u prevozu robe na teritoriji EU je oko 4% [4].

S obzirom da je sve više izražen konflikt između povećanih zahteva za mobilnošću, povećanog pritiska na kapacitete životne sredine i uvećanih energetske potreba, održivi razvoj se postavlja kao jedina moguća koncepcija dugoročnog razvoja transporta. Imajući u vidu visok stepen urbanizacije instrumenti politike održive mobilnosti koji se implementiraju na lokalnom nivou imaju u suštini mnogo šire dejstvo. Komisija Ujedinjenih Nacija za životnu sredinu i razvoj (WCED – World Commission on Environment and Development) 1987. godine je istakla tri osnovne komponente održivog razvoja: zaštitu životne sredine, privredni rast i socijalnu jednakost [5]. Privredni rast treba da se razvija u okviru kapaciteta životne sredine, odnosno ekoloških ograničenja planete. Privredni rast u državama u tranziciji praćen je nekontrolisanim povećanjem stepena mobilnosti koje je prouzrokovalo različite probleme kao što su povećanje nivoa buke, saobraćajne gužve i velike vremenske gubitke svih učesnika u saobraćaju u urbanim sredinama i znatno povećanje zagađenja vazduha i degradacije životne sredine na lokalnom i nacionalnom nivou.

Gradovi kao efikasna forma organizacije ljudskog društva i motori ekonomskog razvoja, su ujedno područja ukrštanja različitih vidova prevoza koji koriste zajedničku infrastrukturu - od individualnog motorizovanog, preko javnog gradskog prevoza, do oblika rekreacije kao što su biciklizam i pešačenje. Koncept održive mobilnosti za grad kao celinu znači slobodu i mogućnost kretanja za sve stanovnike grada bez obzira na uzrast, materijalni status, zanimanje i zdravstveno stanje kako za sadašnje, tako i buduće generacije [6].

Ekološki održiv sistem javnog gradskog transporta putnika predstavlja neophodan uslov održivog razvoja gradova. Sa naglim povećanjem broja automobila javni prevoz putnika u gradovima je izgubio svoju dominantnu ulogu ali je on i dalje značajan za rešavanje problema saobraćaja u centralnim gradskim područjima. Vozila sa konvencijalnim pogonom, u koje danas spada većina autobusa javnog gradskog transporta putnika, su jedan od značajnih uzroka urbanog zagađenja i emisije izduvnih gasova u gradovima. Uvođenje alternativnih pogonskih sistema je posebno efikasno u voznim parkovima preduzeća koja obavljaju javni prevoz putnika u gradovima.

Brojna istraživanja pokazala su izuzetan uticaj urbanizacije i vidova saobraćaja na kvalitet vazduha u različitom ekonomskom okruženju [7-11]. Predmet istraživanja ove doktorske disertacije je analiza uticaja urbanizacije i vidova saobraćaja na kvalitet vazduha u različitom ekonomskom okruženju na nacionalnom i lokalnom nivou. U literaturi se primenjuje ekonometrijska analiza u cilju analize uticaja urbanizacije i saobraćaja na kvalitet vazduha [7]. Međutim, u disertaciji posebna pažnja je posvećena kvantifikaciji i analizi uticaja urbanizacije i vidova putničkog i teretnog saobraćaja na kvalitet vazduha primenom veštačkih neuronskih mreža (eng. ANN - Artificial Neural Network) sa metodom ekstremnog učenja (eng. ELM - Extreme Learning Machine). Veštačke neuronske mreže jesu relativno nov pristup za analizu podataka i u suštini se razlikuju od pristupa koji se pojavljuje kod multivarijacionih metoda [12, 13]. Koristeći njihovo najvažnije svojstvo, sposobnost aproksimacije proizvoljne nelinearne funkcije sa željenom tačnošću, podobne su za identifikaciju i upravljanje nelinearnim procesima. Do sada razvijeno je više vrsta neuronskih mreža, a u ovoj disertaciji koristiće se jednosmerne neuronske mreže

[14, 15]. Učenje mreža odvija se rekurzivno, a parametri mreže podešavaju se određenim algoritmom. Akcenat je stavljen na ANN analizu međuzavisnosti između, sa jedne strane, emisija gasova staklene bašte, ugljen-dioksida, azotnih oksida, suspendovanih čestica i sumpor-dioksida, uzrokovanih različitim vidovima saobraćaja, urbanizacijom i privrednim rastom sa druge strane. Utvrđivanje posledice uticaja različitih vidova saobraćaja na kvalitet vazduha na nacionalnom i lokalnom nivou ima vrlo značajnu ulogu u optimizaciji saobraćajnog sistema, upravljanju saobraćajem i kvalitetom životne sredine.

U doktorskoj disertaciji ANN analiza se vrši na nivou EU i na nivou grada Niša. Primena ANN analize na nivou EU ima za cilj kvantifikaciju uticaja različitih vidova putničkog i teretnog saobraćaja na kvalitet vazduha, kao i kvantifikaciju uticaja faktora ekonomskog i demografskog okruženja na kvalitet vazduha. Polazeći od rezultata ANN analize ispitaće se validnost EKC. Primena ANN analize na nivou grada Niša ima za cilj kvantifikaciju i analizu uticaja vidova saobraćaja na kvalitet vazduha grada Niša.

Polazeći od rezultata ANN analize na nivou grada Niša, a imajući u vidu značaj javnog prevoza sa aspekta kvaliteta vazduha, u disertaciji posebna pažnja je posvećena rangiranju konvencionalnih i alternativnih tehnologija autobusa primenom višekriterijumske TOPSIS metode [16]. Izvršeno je ispitivanje ponašanja različitih tipova (vrsta) normalizacija u okviru CRITIC metode, kojom se određuju vrednosti težinskih koeficijenata, kako bi se utvrdio odgovarajući stepen kvaliteta vrednosti težinskih koeficijenata u odnosu na vrstu normalizacije i isto upotrebilo u rangiranju sadašnjih tehnologija autobusa sa ciljem povećanja kvaliteta vazduha [17, 18].

Na osnovu prethodno istaknutih problema i predmeta istraživanja, cilj istraživanja doktorske disertacije je da se razviju originalni modeli koji će omogućiti:

- upravljanje nelinearnim dinamičkim procesima korišćenjem neuronskih mreža za učenje primenom algoritama na bazi greške,
- utvrđivanje uticaja svakog vida saobraćaja na emisiju štetnih gasova,
- utvrđivanje optimalne kombinacije vidova saobraćaja za prevoz putnika i dobara koja bi doprinela smanjenju zagađenja vazduha u EU,

- utvrđivanje validnosti postojanja EKC pri čemu se polazi od BDP po glavi stanovnika i GHG i CO₂ koje emituje saobraćaj,
- utvrđivanje validnosti postojanja EKC pri čemu se polazi od najznačajnijih faktora ekonomskog i demografskog okruženja, sa jedne strane, i GHG i CO₂ koje emituje saobraćaj, sa druge strane,
- ispitivanje ponašanja promene vrste normalizacije tokom određivanja težinskih koeficijenata u postupku izbora sredstva javnog gradskog prevoza prema usvojenim kriterijumima.

1.2. Polazne hipoteze

Planirano istraživanje u skladu sa definisanim ciljevima u okviru doktorske disertacije uz poštovanje stavova i rezultata postignutih kroz naučnu literaturu biće izvedeno sa nekoliko sledećih polaznih hipoteza:

- Uticaj vidova saobraćaja na kvalitet vazduha zavisi od nivoa BDP po glavi stanovnika, privrednog rasta (godišnje povećanje BDP po glavi stanovnika) i zaposlenosti u saobraćaju;
- Privredni rast utiče na CO₂ koji emituje saobraćaj u zavisnosti od nivoa dohotka po glavi stanovnika;
- Povećanje urbane populacije ima najveći uticaj na CO₂ koji emituje saobraćaj;
- Promena tipa normalizacije tokom određivanja težinskih koeficijenata značajno utiče na rezultat višekriterijumskog rangiranja;
- Pravilnim izborom alternativne pogonske tehnologije kod autobusa može se optimalno uticati na sprovođenje ciljeva održivosti.

1.3. Naučni doprinos

Današnji ekonomski razvoj država EU, njegov svakodnevni uticaj na zagađenje vazduha kao i alarmantno stanje u pogledu klimatskih promena mora se prevazići kako na globalnom nivou tj. država članica EU tako i na lokalnom nivou odnosno gradovima. Potrebno je iskoristiti stečena iskustva razvijenih država EU sa aspekta degradacije životne sredine i skratiti vreme prilagođavanja država u tranziciji. EKC predstavlja potrebu za uspješnijim a samim tim i efikasnijim rešavanjem nezaobilaznog problema država u razvoju i njihovog naglog ekonomskog rasta smanjivanjem emisija zagađujućih materija. Ispitivanje validnosti postojanja EKC je od velike važnosti zbog sve intenzivnijeg i prostranijeg zagađenja životne sredine a naročito vazduha, koja mogu predstavljati ireverzibilni proces što dovodi do činjenice da su mere za poboljšanje kvaliteta životne sredine od ključnog značaja. Ipak, svaka politika bila na globalnom ili lokalnom nivou se mora zasnivati na teoriji koja je opravdana empirijskim rezultatima. Poslednjih godina posebna pažnja se posvećuje analizi EKC koja je služila za testiranje, u određenom (obično kratkom) vremenskom periodu, mnogih država i regiona. Može se reći da osnovni problem kod EKC analize predstavlja kvalitet pouzdanih i uporedivih podataka o indikatorima životne sredine u posmatranom vremenskom periodu. Do sada sprovedena istraživanja sa EKC pristupom teže da unaprede proces donošenja politika odnosno procedura koje su vezane za projekte i mere ublažavanja narušenog kvaliteta životne sredine. Podržavanje projekata za poboljšanje i unapređenje životne sredine, naročito od strane Evropske Komisije, ukazuje na razvojni akademski interes za istraživanjem relacija između globalnih klimatskih uslova i različitih globalnih/lokalnih politika i ciljeva kao i postojanja mogućnosti i pronalaženja načina njihove harmonizacije. S obzirom da je jedan od najvećih izvora emisija štetnih gasova, koji narušavaju već poljuljanu ravnotežu u prirodi, sektor transporta sve veća pažnja se usmerava ka proučavanju propratnih benefita vezanih za poboljšanje i unapređenje vidova prevoza putnika i robe u skladu sa karakteristikama ekonomskog okruženja. Države članice EU nemaju isti ekonomski rast i razlikuju se u pogledu koncentracije izduvnih polutanata nastalih aktivnostima saobraćaja.

U cilju kvantifikacije ostvarivanja ciljeva održivog transporta, ključno je definisati odgovarajuće indikatore [19]. Posmatrani indikatori se mogu definisati kao selektovane i izabrane promenljive koje reflektuju brigu javnosti i predstavljaju osnovu za donošenje odluka [20]. Većina indikatora je tradicionalno grupisana u tri osnovne dimenzije održivosti sa ciljem reflektovanja transportnih performansi u odnosu na ekonomska, društvena i ekološka pitanja. U nekim istraživanjima se razmatraju i dodatne dimenzije, kao što su tehničke, operativne ili institucionalne [20-22]. Usled tehnološkog napretka, podaci se generišu sve bržim intenzitetom a takođe veličina i kompleksnost skupova podataka nastavljaju sa rastom svakog dana. Iz tog razloga važan je kontinualni razvoj efikasnih i efektivnih algoritama ili metoda učenja, koje se mogu koristiti za analizu i obradu ovih podataka i iskoristiti korisno znanje i uvide iz ovog bogatstva informacija.

Veštačke neuronske mreže poseduju sposobnost da "uče" iz skupa eksperimentalnih podataka (npr. uslova obrade i odgovarajućih odgovora) bez stvarnog znanja o fizičkim i hemijskim zakonima koji upravljaju sistemom. Prema tome, primena ANN u tretmanu podataka je visoka i pogodna su za rešavanje problema koji su kompleksni, loše definisani, veoma nelinearni, sa brojnim i različitim učešćem promenljivih često podvrgnutih stohastičkoj prirodi, u razumnom vremenskom roku.

Ulazni parametri kreiranih modela u disertaciji obuhvataju širok spektar pokrivenosti usko povezanih oblasti sa urbanizacijom, vidovima saobraćaja, ekonomskim razvojem i zagađenja vazduha i kao takvi mogu poslužiti kao etalon za ispitivanje EKC.

U cilju određivanja najuticajnijih ulaznih podataka za klasterizaciju država EU i ispitivanja postojanja EKC, u prvoj fazi modela, na bazi ulaznih i izlaznih promenljivih za vremenski period od 2000. do 2014. godine, razvijenom ANN metodologijom se vrši kvantifikovanje uticaja usvojenih ulaznih i izlaznih parametara za države EU kako bi se izvršila njihova selekcija, zatim, u drugoj fazi, sprovodi klaster analiza i ispituje postojanje inverznog U odnosa.

Značaj ovog dvofaznog modela ogleda se u teorijsko-praktičnom aspektu i određivanju uticaja parametara urbanizacije, vidova saobraćaja i ekonomskog

razvoja na najveće polutante vazduha prouzrokovanim aktivnostima saobraćaja što predstavlja nedovoljno istraženu kompleksnu naučno-stručnu oblast. Primenom ANN metodologije analizirajući složene uticaje urbanizacije, vidova saobraćaja, ekonomskog razvoja i zagađenja vazduha istraživanje, u okviru disertacije, pruža uvid u različite i nedovoljno istražene vrste kauzalnih međuzavisnosti između ovih oblasti. Razvoj dvofaznog modela daje pored naučnog i praktičan doprinos jer pruža dobar fundament za formiranje svojevrsne platforme kako bi se kreirale i razvile politike tj. mere za poboljšanje kvaliteta vazduha na globalno/lokalnim nivoima. Takođe, može koristiti državama u tranziciji za unapredjenje i podešavanje odnosa između njihovog naglog ekonomskog rasta i emisija zagađujućih materija kako bi uspostavile dobar balans održivosti.

U okviru navedenih istraživanja koja se odnose na analizu uticaja urbanizacije i vidova saobraćaja na kvalitet vazduha, ostvareni su sledeći naučni doprinosi:

- Razvoj originalnog dvofaznog modela na bazi ANN metodologije i EKC radi kvantifikovanja uticaja urbanizacije, ekonomskih faktora i vidova (putničkog i teretnog) saobraćaja na kvalitet vazduha i utvrđivanja faktora ekonomskog okruženja i urbanizacije koji imaju najveći doprinos zagađenju vazduha na nacionalnom nivou;
- Ispitivanje validnosti EKC polazeći od BDP po glavi stanovnika i najznačajnijih faktora ekonomskog okruženja i urbanizacije, sa jedne strane, i kvaliteta vazduha sa druge strane;
- Razvoj originalnog modela na bazi ANN metodologije radi kvantifikovanja uticaja urbanizacije i vidova saobraćaja na kvalitet vazduha na lokalnom nivou, odnosno na nivou urbane sredine;
- Utvrđivanje najveće statističke značajnosti linearne međuzavisnosti rangova posmatranih alternativa prema usvojenim kriterijumima usled promene tipa normalizacije u određivanju težinskih koeficijenata.

1.4. Pregled doktorske disertacije po poglavljima

Struktura doktorske disertacije sledi formu definisanih istraživačkih ciljeva i postavljenih hipoteza i pored Uvoda i Zaključnih razmatranja obuhvata četiri poglavlja. U uvodnom poglavlju, polazeći od predmeta i cilja istraživanja, se daje opis razvoja dvofaznog modela i ukazuje na njegov doprinos. Imajući u vidu da je doprinos svakog vida saobraćaja na zagađenje vazduha različit, predmet doktorske disertacije se odnosi na analizu uticaja urbanizacije i svakog vida (putničkog i teretnog) saobraćaja na kvalitet vazduha u različitom ekonomskom okruženju i procesu urbanizacije primenom jednosmenih neuronskih mreža kao posebne vrste veštačkih neuronskih mreža. Razlog za to je da svaki vid saobraćaja različito doprinosi zagađenju vazduha, kao i da njihov uticaj zavisi od ekonomskog okruženja i procesa urbanizacije. Kvantifikacija uticaja različitih vidova (putničkog i teretnog) saobraćaja ima za cilj utvrđivanje optimalnih kombinacija vidova putničkog, kao i teretnog saobraćaja koje imaju najmanji uticaj na kvalitet vazduha odnosno najmanje doprinose zagađenju vazduha.

U drugom poglavlju posebna pažnja je posvećena demografskim promenama u EU, kao i uticaju urbanizacije na razvoj pojedinih vidova saobraćaja i zagađenje vazduha. Imajući u vidu da je jedan od ciljeva EU smanjenje zagađenja vazduha, ukazuje se na prednosti i nedostatke autobusa koji koriste alternativnu pogonsku tehnologiju sa aspekta njihovih uticaja na kvalitet vazduha.

Pregled literature koji se odnosi na analizu uticaja urbanizacije i vidova saobraćaja na kvalitet vazduha, kao i pregled literature koja se odnosi na EKC dat je u trećem poglavlju. Polazeći od nedostataka koji se javljaju prilikom ispitivanja validnosti EKC obrazložena je primena metoda koji se koriste u okviru četvrtog poglavlja. Na kraju ovog poglavlja dat je opis primenjene metodologije u disertaciji.

U četvrtom poglavlju se primenjuje ELM metoda u cilju kvantifikacije uticaja svakog vida saobraćaja na zagađenje vazduha, pri čemu je posebna pažnja posvećena kvantifikaciji uticaja vidova saobraćaja pri promeni ekonomskog i demografskog okruženja u državama EU. Na osnovu analize uticaja vidova saobraćaja u različitom ekonomskom i društvenom okruženju izdvajaju se promenljive koje imaju najveći

uticaj na zagađenje vazduha. Ove promenljive predstavljaju polaznu osnovu za ispitivanje validnosti EKC, budući da je jedan od ciljeva doktorske disertacije unapređenje pristupa na bazi EKC. Razvijen je dvofazni model za evaluaciju uticaja urbanizacije i vidova saobraćaja na zagađenje vazduha u EU kako bi se sprovedenom klaster analizom najuticajnijih ulaznih parametara izvršilo ispitivanje zakonitosti EKC. Na kraju poglavlja data je diskusija analize dobijenih rezultata i njihove implikacije na proces uticajima na kvalitet vazduha.

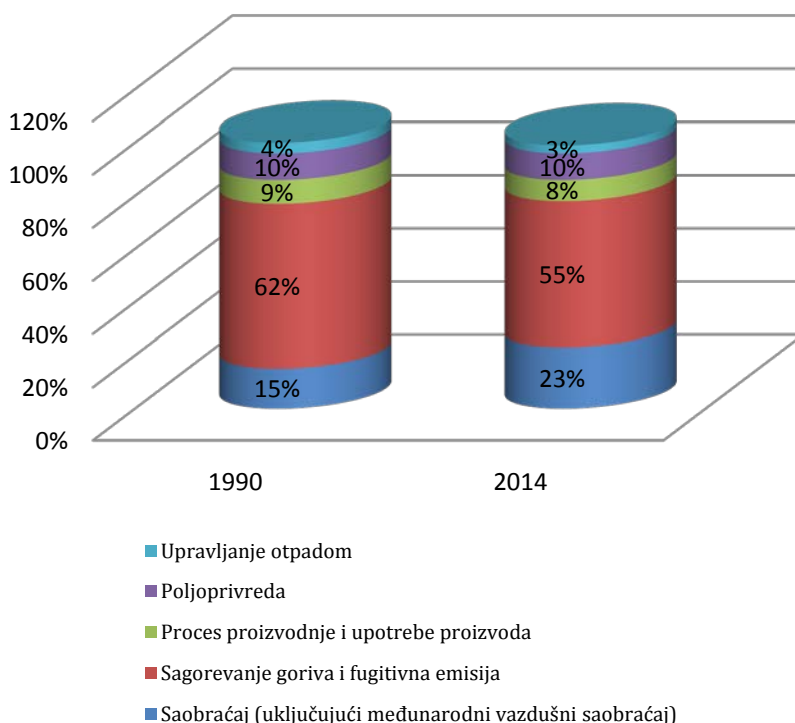
Da bi se razvijen postupak sproveo i na lokalnom nivou, na osnovu I faze dvofaznog modela i ANN metodologije, u petom poglavlju kreirana su dva modela za grad Niš kako bi se odredili uticaji urbanizacije i frekvencije vozila na zagađenje vazduha koja potiču od aktivnosti saobraćaja. Takođe, u cilju donošenja optimalne odluke pri izboru adekvatne pogonske alternativne tehnologije kod autobusa za grad Niš primenjena je višekriterijumska analiza bazirana na TOPSIS metodi i vršeno ispitivanje različitih vrsta normalizacija u okviru CRITIC metode kojom se određuju vrednosti težinskih koeficijenata.

U fokusu šestog poglavlja (zaključnih razmatranja) data je sistematizacija dobijenih rezultata i razmatrano je koliko su ispunjene postavljene hipoteze disertacije. U ovom poglavlju su takođe data ograničenja predloženih modela i predloženi pravci budućih istraživanja, pre svega u domenu uključivanja dodatnih parametara održivog razvoja saobraćaja.

2. MEĐUZAVISNOST IZMEĐU VIDOVA SAOBRAĆAJA, PRIVREDNOG RASTA, URBANIZACIJE I ZAGAĐENJA VAZDUHA

Razvoj industrije i intenziviranje međunarodne trgovine doprineli su ubrzanom razvoju saobraćaja, ali i porastu degradacije životne sredine, posebno u domenu narušavanja kvaliteta vazduha. Sa jedne strane, saobraćaj ima značajnu ulogu pri ostvarivanju društveno-ekonomskih aktivnosti i poboljšanju društvenog blagostanja. Sa druge strane, najznačajniji izvor emisije GHG predstavljaju fosilna goriva koja se koriste za proizvodnju energije i funkcionisanje saobraćaja [23].

Saobraćaj je jedan od najvećih zagađivača vazduha sa tendencijom povećanja njegovog učešća u periodu od 1990. do 2014. godine u odnosu na druge privredne delatnosti u EU a koje važe za države članica. U posmatranom periodu saobraćaj je povećao učešće u ukupnoj emisiji GHG sa 15% na 23% dok je poljoprivreda zadržala isto učešće, a ostale delatnosti su zabeležile smanjenje učešća u ukupnoj emisiji GHG EU (slika 1).



Slika 1. Najvažniji izvori emisije GHG [24]

Oko 75% emisije GHG na globalnom nivou prouzrokuje CO₂ [25]. Učešće drumskog saobraćaja u ukupnoj emisiji CO₂ je 75% [26].

Proces urbanizacije je značajno doprineo povećanju prometa putnika, a samim tim i povećanju zagađenja vazduha i degradaciji životne sredine. U svetu je zabeleženo povećanje učešća urbane u ukupnoj populaciji u periodu od 1950. do 2015. sa oko 30% na oko 54%, a u Evropi sa oko 51% na oko 74%. Znatno veće učešće urbane populacije je zabeleženo u Severnoj Americi (81,6%) [27]. U gradovima EU živi oko $\frac{3}{4}$ ukupnog stanovništva [28]. Učešće urbanog saobraćaja u CO₂ koji emituje saobraćaj je oko 23% u EU [29]. S obzirom da je sve više izražen konflikt između povećanih zahteva za mobilnošću i povećanog pritiska na kapacitete životne sredine, održivi razvoj se postavlja kao jedina moguća koncepcija dugoročnog razvoja saobraćaja. Kada je koncept održivog razvoja postao jedan od najznačajnijih prioriteta povećava se interes za evaluaciju performansi saobraćaja uvažavajući načela održivosti [1]. Uloga saobraćaja u održivom razvoju ogleda se u mogućnosti da obezbedi veći stepen mobilnosti uvažavajući društvenu odgovornost, ekonomsku i ekološku efikasnost [2]. Zbog toga se u EU i njenim gradovima dugi niz godina ulažu posebni naponi za procenu mogućih scenarija razvoja održivog transporta, kao i formiranja i primene strategija koje imaju za cilj smanjenje negativnih uticaja transporta na životnu sredinu.

U ovom poglavlju posebna pažnja biće posvećena demografskim promenama u državama EU, kao i njihovom uticaju na razvoj održivog saobraćaja. Imajući u vidu povećane zahteve i potrebe stanovnika u gradovima EU ukazuje se na mere koje primenjuju EU u cilju smanjenja degradacije životne sredine i zagađenja vazduha. U gradovima EU se primenjuju mere radi smanjenja zagađenja vazduha. Jedna od mera odnosi se na smanjenje korišćenja putničkih automobila i korišćenja drugih načina prevoza. Jedan od načina prevoza putnika predstavlja javni prevoz. Da bi povećanje korišćenja javnog prevoza doprinelo povećanju kvaliteta vazduha u gradovima EU neophodno je autobuse koji koriste konvencionalna goriva zameniti autobusima koji primenjuju alternativne pogonske tehnologije. Imajući u vidu da primena svake alternativne pogonske tehnologije kod autobusa ima svoje prednosti i nedostatke u ovom poglavlju posebna pažnja je posvećena

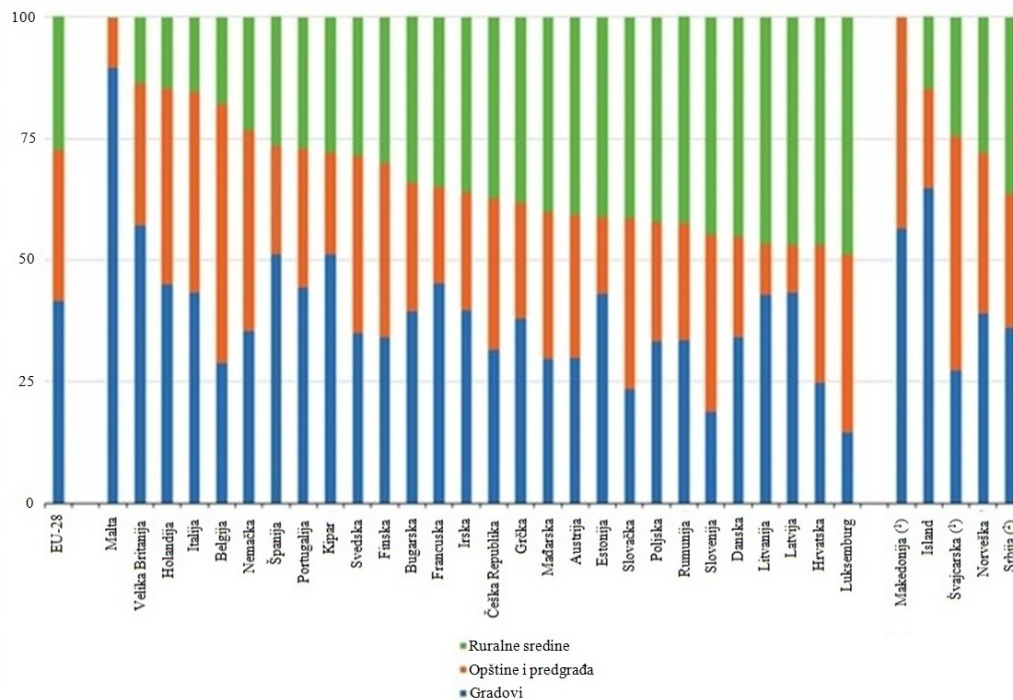
karakteristikama autobusa koji koriste fosilno gorivo i biogorivo, kao i karakteristikama električnih autobusa i autobusa na hibridni pogon, ali i analizi njihovih štetnih emisija na zagađenje vazduha.

2.1. Urbanizacija i zagađenje vazduha u gradovima EU

U odnosu na druge gradove sveta, stanovnici evropskih gradova su koncentrisani u gradove koji beleže od 250.000 do 5 miliona. Od 79 gradova koji beleže preko 5 miliona stanovnika u svetu, samo četiri grada se nalaze u Evropi. U gradovima koji beleže preko 5 miliona stanovnika živi samo jedan od sedam evropskih stanovnika, dok u svetu živi jedan od četiri stanovnika. Gradovi koji imaju manje od 250.000 stanovnika beleže veći udeo urbane populacije u Africi (33%) nego u Evropi (28%), ali je taj udeo značajnije manji u Severnoj Americi (17%) [4].

Gradovi koji su beležili smanjenje broja stanovnika nalazili su se u državama EU-13 (Bugarska, Hrvatska, Kipar, Češka Republika, Estonija, Mađarska, Latvija, Litvanija, Malta, Poljska, Rumunija, Slovačka i Slovenija), gde je 60% gradova smanjilo broj stanovnika, u poređenju sa samo 20% u EU-15 (Austrija, Belgija, Danska, Finska, Francuska, Nemačka, Grčka, Irska, Italija, Holandija, Luksemburg, Portugalija, Španija, Švedska i Velika Britanija)[30]. Svi gradovi na teritoriji sledećih članica EU su zabeležili povećanje broja stanovnika: Kipar, Danska, Finska, Luksemburg i Švedska), dok su svi gradovi u Estoniji i Letoniji zabeležili smanjenje broja stanovnika tokom poslednjih dvadesetak godina. U 2014. godini, udeo urbane u ukupnoj populaciji u EU iznosio je 72% (slika 2).

Tokom procesa urbanizacije u periodu između 1961. i 1991. godine, povećalo se učešće stanovnika u gradovima na teritoriji današnje EU u odnosu na ukupan broj stanovnika sa 65% na 71%. Međutim, između 1991. i 2011. godine, posmatrano učešće se povećalo samo za jedan procenat tj. na 72%. U urbanim sredinama, u EU živi 72%, dok u svetu živi 85% stanovnika. Takođe, udeo stanovništva u evropskim gradovima sa najmanje 50.000 stanovnika je nizak: 39% u poređenju sa 52% na globalnom nivou [30].



(1) 2011. Ruralne sredine: mala pouzdanost
 (2) 2013.

Slika 2. Raspodela stanovništva po stepenu urbanizacije, 2014.
 (% ukupnog stanovništva)[27]

Koncentracija radnih mesta i ustanova visokog obrazovanja u gradovima privlači više stanovnika. Upravo ta koncentracija ljudi i aktivnosti u gradovima često stvaraju visok nivo lokalnog zagađenja pri čemu značajno utiče na kvalitet vazduha. Jedan od najvećih izazova sa kojim se suočavaju evropski gradovi predstavlja smanjenje zagađenja vazduha na lokalnom nivou u cilju rešavanja (ili sprečavanja budućih) klimatskih promena na globalnom nivou.

Adaptacija i ublažavanje klimatskih promena postale su značajni problem mnogih gradova. Istraživanje koje su sprovedi Reckien i saradnici u radu [31] obuhvatilo je 200 evropskih gradova u toku 2014. godine. Pokazalo je da je 65% anketiranih gradova imalo plan za smanjenje zagađenja. Međutim, navedeni autori su ustanovili da je među državama postojala velika varijacija, na primer, 93% britanskih gradova imaju akcioni plan za klimatske promene u poređenju sa samo 43% francuskih gradova. Rezultati istog istraživanja su ukazali da je samo 25% od

ukupnog broja anketiranih gradova imalo plan adaptacije i ublažavanja, kao i da je postavilo kvantitativne ciljeve za smanjenje emisije GHG.

Budući da drumski saobraćaj predstavlja najveći izvor emisija zagađujućih materija (46% emisija EU), kao i izvor emisija suspendovanih čestica (13% PM₁₀ i 15% PM_{2.5}), mnogi gradovi u EU posebno ograničavaju pristup centru grada motornim vozilima na osnovu nivoa njihove emisije [30]. Oko 200 gradova u Danskoj, Nemačkoj, Italiji, Holandiji, Švedskoj i Velikoj Britaniji imaju zone sa niskim emisijama ili životne sredine gde su dozvoljena samo vozila sa niskim emisijama i posebnim dozvolama. Očekivani doprinos gradova za postizanje ciljeva globalne klimatske promene smatra se značajnim. Na osnovu predviđanja očekuje se da bi gradovi mogli da smanje emisiju štetnih materija koja utiče na kvalitet vazduha za 50% [32].

2.2. Vidovna raspodela u gradovima EU – dosadašnje razvojne tendencije i mere za unapređenje urbane mobilnosti

Stanovnici EU-27 u 2007. godini za svoja putovanja su najviše koristili putničke automobile 51,4 % i javni prevoz 20,6 % [33]. U periodu od 1995. do 2012. godine, broj vlasnika putničkih automobila na 1.000 stanovnika se povećao u svim članicama EU. U EU-15 je zabeleženo povećanje za 18% (500 automobila na 1000 stanovnika), a u EU-13 za 100 % (400 automobila na 1.000 stanovnika) [4]. Za razliku od nacionalnog nivoa, podaci na nivou gradova pokazuju značajano smanjenje korišćenja putničkih automobila kao vida prevoza putnika. U najvećim gradovima stope vlasništva automobila mogu biti čak 40% niže od nacionalnog proseka. To je slučaj u Amsterdamu, Berlinu, Londonu i Parizu. Međutim, postoje i neki izuzeci kao što su Bratislava, Budimpešta, Prag, Rim i Varšava, gde je povećanje zarada i životnog standarda stanovnika doprinelo povećanju broju automobila na 1000 stanovnika. U manjim gradovima stopa vlasništva automobila ima tendenciju da bude veća u odnosu na velike gradove, a ponekad posmatrana stopa je veća i u odnosu na prosečnu nacionalnu stopu. Podaci Nacionalnih ministarstva za saobraćaj i statističkih instituta (eng. National Ministries of Transport and Statistical Institutes) za sledeće države Holandija, Danska, Finska,

Švedska, Nemačka, Austrija, Velika Britanija i Francuska pokazuju da postoji veća potreba za korišćenjem putničkih automobila u predgrađima i ruralnim područjima, prvenstveno zbog dužih putovanja i nedostatka pogodnih opcija za javni prevoz [30].

U cilju smanjenja zagađenja vazduha i degradacije životne sredine EU i njene članice primenjuju mere fiskalne politike. Neke zemlje EU nude poreske olakšice za električne i hibridne automobile ili automobile sa malom zapreminom motora i visokom energetsom efikasnošću. Nacionalne vlade takođe podstiču manje zagađujuće automobile kroz godišnje takse za registraciju vozila koje variraju po veličini motora, tipu goriva, emisijama izduvnih gasova i drugim kriterijumima.

Glavni operativni troškovi automobila su gorivo i parking. Lokalne vlasti generalno određuju dostupnost i cenu parkinga, dok su nacionalne vlade propisale porez na gorivo a EU propisuje minimalni porez na gorivo. U 2013. godini porez na gorivo je varirao od 0,36 evra (Rumunija) do 0,75 evra po litru (Holandija) [34]. Porezi na gorivo u EU su mnogo veći nego u SAD-u ili Kanadi i podsticajno utiču na tražnju automobila koja imaju manju potrošnju goriva.

Preuzimanje obaveza EU za smanjenje emisija GHG prevode se u konkretne ciljeve na svakom pojedinačnom nivou države članice i za pojedine privredne sektore. Bela knjiga Evropske Komisije iz 2011. godine "Plan puta za jedinstveni evropski transportni prostor - ka konkurentnom i efikasnom transportnom sistemu" postavlja ciljeve koje se odnose na smanjenje emisije GHG za 60% u 2050. u odnosu na 1990. godinu. Budući da oko 70% emisije GHG koje uzrokuje saobraćaj potiče iz drumskog saobraćaja, Bela knjiga postavlja cilj da se emisije smanje za oko 60%. Pored navedenog u Beloj knjizi se navode i sledeći ciljeve: da se „smanji upotreba „konvencionalnih goriva“ u gradskom saobraćaju do 2030. godine za 50%; potpuna zamena „konvencionalnih goriva“ u gradovima do 2050. godine; do 2030. godine postići gradsku logistiku bez ugljen-dioksida u glavnim urbanim centrima“ [35].

U 2016. godini, za urbana područja, kvalitet vazduha i dalje je predstavljao prioritet u odnosu na globalno zagrevanje što bi značilo prvenstveno smanjenje emisija zagađujućih materija. Evropski gradovi će se suočiti sa novim izazovima u

donošenju ekonomski i ekološki prihvatljivih odluka [36] budući da se predviđa povećanje urbane mobilnosti za 100% [37] i ostvarivanje cilja EU da poveća udeo javnog prevoza, kao i poštovanje novih regulativa o emisiji CO₂ za vozila. Postizanje ovih ciljeva neće zahtevati samo tehnologiju koja motorizovana vozila čini energetski efikasnijim, već i prelazak na vidove saobraćaja sa niskom (ili još nižom) emisijom ugljenikovih oksida, kao što je javni gradski transport putnika, ali i motivisati stanovnike u gradovima da korišćenje određenih vidova saobraćaja zamene pešačenjem i biciklizmom.

Evropski gradovi u kojima živi više od 70% stanovništva EU stvaraju oko 85% BDP EU i predstavljaju početne i krajnje tačke većinu putovanja [38]. Stanovništvo EU iskazuje povećanu potražnju za urbanom mobilnošću što dovodi do lošeg kvaliteta vazduha, visokih nivoa emisija CO₂ i buke kao i ozbiljnih zagušenja čime se ugrožavaju ciljevi EU koji propagiraju konkurentno-efikasan transportni sistem. Evropska Komisija je sa Paketom mera politike za urbanu mobilnost (Urban mobility package) iz 2015. godine unapredila svoje mere u oblasti gradskog prevoza kroz razmenu iskustava i najboljih praksi između država EU u cilju poboljšanja međunarodne saradnje i pružanja finansijske podrške za istraživanja i inovacija u domenu urbane mobilnosti. Pomenut Paket mera za urbanu mobilnost zasnovan je na ojačanju podrške Evropskim gradovima u promeni pristupa gradskoj mobilnosti kako bi se urbana područja razvijala u okviru održivosti shodno ciljevima EU i boljim iskorišćavanjem učinka evropskog transportnog sistema. Takođe, realizuje se podrška, između ostalog i finansijskim instrumentima, nacionalnim, regionalnim i lokalnim telima za sprovođenje i razvoj održive urbane mobilnosti koja treba da se bazira na aktivnoj proceni funkcionisanja sadašnjeg i budućeg gradskog transportnog sistema.

S obzirom na značaj saobraćaja u emisijama u EU, Evropska Komisija je u julu 2016. godine usvojila Strategiju o mobilnosti sa niskom emisijom (A European Strategy for Low-Emission Mobility) [39]. Ova strategija identifikuje ključne poluge u oblasti saobraćaja, uključujući mere na nivou EU koje se odnose na povećanje učešća vozila sa niskim emisijama i nultoj emisiji, kao i vozila sa alternativnim gorivima s niskim emisijama. Prema mišljenju Evropske Komisije, gradovi i lokalne

vlasti će igrati ključnu ulogu u sprovođenju ove strategije, jer one već sprovode podsticaje za korišćenje alternativne energije i vozila sa niskim emisijama, podstiču aktivno putovanje (biciklizam i pešačenje), javni gradski prevoz i deljenje automobila/planove za udruživanje kako bi se smanjila zagušenost i zagađenje. Strategija se zasniva na postojećim mehanizmima i sredstvima.

Mnogi evropski gradovi su povećali broj pešačkih zona i sproveli mere smanjenja frekventnosti saobraćaja u centru i stambenim zonama. Dok pešačke zone imaju tendenciju da budu najvažnije u jezgrima gradova, smanjivanje frekventnosti saobraćaja postaje sve važnije u urbanim područjima. Ovo uključuje ne samo ograničenje brzine od 30 kilometara na sat za sve motorizovane saobraćajnice, već i delimičan redizajn ulica kako bi se smanjile brzine motornih vozila.

Značajan broj gradova u EU poboljšao je svoju biciklističku infrastrukturu kroz proširenje puteva, bolje popločavanje, poboljšano održavanje i bolje označavanje na putu, istovremeno proširujući i poboljšavajući snabdevanje, kvalitet i sigurnost parkinga za bicikle. Prošireni i poboljšani parking bicikala na železničkim i autobuskim stanicama promovisao je korišćenje bicikla kako bi se omogućila integracija sa javnim gradskim transportom putnika (koncept bike & ride). Promocija bike & ride koncepta dopunila je politiku izgradnje park & ride lokacija. Obično takve lokacije se nalaze u delovima gradova ili u njihovim predgrađima, gde je automobil jedini realan način pristupa železničkim stanicama[40, 41].

Javni gradski prevoz da bi povećao svoje učešće u modalnoj raspodeli putovanja u gradovima neophodno je sprovesti unapređenje i razvoj kvalitetnije mreže linija kako bi se zadovoljila svakodnevna potreba za mobilnošću korisnika. To bi značilo da korišćenje javnog gradskog prevoza treba posmatrati kao konkurenta automobilima. Javni gradski prevoz treba biti učestaliji, jeftiniji, pouzdaniji, sigurniji i dostupan svim korisnicima kako bi postao popularniji i pružao iste ili čak bolje karakteristike mobilnosti nego ostali vidovi transporta. Savremene informacione tehnologije omogućavaju jednostavnije i efikasnije korišćenje javnog gradskog prevoza obezbeđujući manja zagušenja u saobraćaju, više informacija, bolju uslugu i veću bezbednost za putnike. Međutim, takođe je potrebno da prevozna sredstva javnog prevoza budu u skladu sa uspostavljenim Evropskim

standardima koji definišu različite granice emisija izduvnih gasova iz motora drumskog vozila. Danas, najšire korišćenu tehnologiju javnog prevoza predstavlja autobuski podsistem javnog prevoza putnika. S obzirom da su autobusi pogonjeni konvencionalnim fosilnim (dizel) gorivom veliki emiteri zagađujućih materija, uvođenje "čistijih" autobusa u svakodnevnu upotrebu može doprineti smanjenju emisija izduvnih gasova i poboljšati kvalitet vazduha.

2.3. Današnje aktuelne pogonske tehnologije kod autobusa

Autobusi predstavljaju osnovu funkcionisanja mnogih evropskih sistema javnog prevoza. Autobusi su važan deo lokalnih vozničkih parkova flota javnog prevoza u većini zemalja članica EU. Iako su po upotrebi daleko iza privatnih automobila, autobusi su 2011. godine zabeležili prevoz 512 milijardi putnika, što je obezbedilo 7,8% mobilnosti putnika u EU [42]. Prema podacima Eurostata, zavoda za statistiku EU, starost oko 50% autobusa i trolejbusa u EU je veća od 10 godina. Sa relativno malim brojem modernih vozničkih parkova koji odgovaraju Euro VI standardu, autobusi značajno doprinose lokalnom zagađenju. Iako su savremene pogonske tehnologije na raspolaganju, autobusi sa dizel gorivom i biodizelima sa učešćem od 90%, predstavljali su najveći udeo u floti autobusa u 2015. godini [43].

Izborom autobusa koji je čistiji, energetski efikasniji ili sa malom emisijom ugljenika, može se doprineti dekarbonizaciji gradskog prevoza i poboljšati kvalitet vazduha u gradovima. Alternativne pogonske tehnologije kod autobusa za javni prevoz su aktuelna tema jer će uvođenje čistih autobusa doprineti ostvarivanju postavljenih ciljevi EU koji se odnose na kvalitet vazduha. Prema Inicijativi Evropske Komisije (European Clean Bus deployment Initiative) vlasti pojedinih država i gradova su se obavezale da kupuju autobuse sa niskim emisijama izduvnih gasova. Vlada Norveške kao i gradovi Atina, Pariz i Madrid planiraju da povuku iz upotrebe dizel vozila do 2025. godine [44]. Takođe, gradovi (Kopenhagen, London, Berlin, Oslo) su najavili svoje planove za zaustavljanje kupovine autobusa pogonjenim konvencionalnim dizel gorivom.

Konvencionalni pogoni koji su dugo u primeni poslednjih godina su tehnološki veoma unapređeni. Ali rapidno povećanje zagađenja životne sredine, kao direktne posledice sagorevanja fosilnih goriva, uticalo je na intenziviranje razvoja pogonskih sistema i alternativnih goriva. Uredba 595/2009 o odobrenju tipa motornih vozila i motora u odnosu na emisije iz teških vozila (Euro VI) je u upotrebi od januara 2014. godine. Ovaj standard predviđa smanjenje za 80% azotnih oksida i 66% emisija PM u odnosu na postavljene granice Euro V norme koja je stupila na snagu u oktobru 2008. godine (tabela 1).

Tabela 1. Evropski standardi za emisije od autobusa i teških vozila [45]

Nivo emisija i godina uvođenja		Ugljen monoksid	Ugljovodonici	Azotni oksidi	Suspendovane čestice
		CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)
Euro VI	2014	1,5	0,13	0,4	0,01
Euro V	2008	1,5	0,46	2	0,02
Euro IV	2005	1,5	0,46	3,5	0,02
Euro III	2000	2,1	0,66	5	0,10
Euro II	1996	4	1,1	7	0,15
Euro I	1991	4,5	1,1	8	0,36
Euro 0	1988	11,2	2,4	14,4	-

Inovacije koje bi mogle doprineti održivom razvoju javnog prevoza razvijaju se veoma brzo i definitivno brže od životnog ciklusa autobusa. Zbog toga bi donosiocima odluka bilo teško i skupo da prate inovacije. Zbog dugogodišnje tradicije dizel motora, autobusi pogonjeni dizel gorivom imaju značajne prednosti, a efikasnost, održavanje i eksploatacioni troškovi dizelskog autobusa su predvidljivi.

Veliki problemi vezani za fosilna goriva, koja su neobnovljivi izvori, je da se svetske rezerve iscrpljuju mnogo brže od novih kao i da se od sagorevanja fosilnih goriva u motorima vozila najveća količina gasova staklene bašte izbacuje u vazduh u odnosu na druge izvore energije potrebne za pokretanje vozila. Poređenje autobusa se najčešće izvodi u standardnoj izvedbi jednospratnog autobusa dužine 12m, mase praznog vozila 11500kg, kapaciteta 80-100 putnika [42].

Na današnjem stepenu tehnološkog razvoja koji primenjuju autobusi su dostupna četiri glavna izvora energije: fosilna goriva, biogoriva, električna energija i vodonik. Za navedene opcije postoje različite tehnologije pogona autobusa, koje koriste jedan ili kombinaciju dva ili više izvora energije (hibridi). Autobusi na komprimovani prirodni gas (eng. CNG - Compressed Natural Gas), drugu generaciju biogoriva, električnu energiju i hibridne konfiguracije koji kombinuju električnu energiju sa vodonikom ili dizel gorivom smatraju se najefikasnijim i najefektivnijim sa tehnološkog i ekološkog aspekta. Istovremeno, uz uvođenje standarda emisije Euro VI za autobuse na fosilno dizel gorivo, ove tehnologije postaju "čiste" kao i njihove alternative.

Kada su u pitanju fosilna goriva, autobusi mogu za svoj rad da koriste dizel, komprimovani prirodni gas (CNG - Compressed Natural Gas), tečni prirodni gas (LNG - Liquefied natural gas) i tečni naftni gas (TNG, engl. LPG - Liquefied Petroleum Gas). Korišćenje TNG za autobuse popularno je bilo pre nekoliko godina, ali se pokazalo da zahteva značajne investicije za razvoj sopstvene infrastrukture. Takođe je TNG imao negativan uticaj na izdržljivost motora, što predstavlja veliki problem za bezbednost. Iako autobusi na LNG imaju vrlo visok operativni opseg, vrlo velika ulaganja u infrastrukturu za punjenje gorivom čini ih manje atraktivnom opcijom za gradove od autobusa na CNG pogon [46].

FAME (Fatty Acid Methyl Ester) je jedan od najviše upotrebljivanih biogoriva prve generacije za napajanje autobusa. Upotreba čistog FAME, u odnosu na fosilni dizel, dovodi do povećanja emisije NO_x za putnička i teretna vozila za 10%, smanjenja ugljen monoksida za 48% i PM za 47% [47]. Danas se istraživanja i razvojni projekti fokusiraju na biogoriva druge generacije, a posebno na napredni biodizel napravljen tretiranjem biljnog ulja ili životinjske masti vodonikom (Hydrotreating Vegetable Oil - HVO). Biogoriva "druge generacije" eksploatišu neprehrambene useve i otpad od žitarica, a njihovu održivu proizvodnju podržava politika EU.

Bioetanol predstavlja tečno gorivo i uglavnom se koristi za autobuse u veoma velikom procentu sa dizelom. Potrošnja energije je ista kao i kod konvencionalnih autobusa, ali kao gorivo bioetanol sadrži 60% manje energije, a autobusima je potrebno više goriva po radnoj zapremini motora [48].

Autobusi koji koriste električnu energiju kao pogonsku smatraju se najčistijim tehnologijama trenutno dostupnih na tržištu, koji proizvode nulte lokalne emisije i stoga imaju najveći uticaj na lokalni kvalitet vazduha. Lokalne emisije zavise najviše od načina proizvodnje električne energije [49].

Skoro svi proizvođači vozila su uključeni u istraživanje gorivih ćelija, ali većina veruje da tehnologija gorivih ćelija neće postati dostupna pre 2020. godine. Prilagođena vozila na gorive ćelije i vodonik se proizvode, ali uglavnom za demonstracione projekte. Jedan primer je 27 autobusa pogonjenim gorivim ćelijama koje pokrivaju EU projekat CUTE (Clean Urban Transport for Europe)[50].

Hibridi (posebno serijski hibridi) takođe nude mogućnost da preduzmu kratke relacije u čisto električnom pogonu. Ova opcija je naročito atraktivna za gusta naseljena područja gde je potreban nizak nivo buke i lokalnih emisija kako bi se smanjilo zagađenje. Kod serijskih hibridnih autobusa prednosti su mnogo veće iskorišćenje energije kočenja, mogućnost da se dobije značajan opseg nultih emisija i bolja osnova za prelazak ka potpuno električnim autobusima. Najveća ušteda, do 30%, može se postići u vrlo zagašenom urbanom saobraćaju. Kako vozilo poseduje dva pogonska agregata i veće efikasnosti pogonskih sklopova uglavnom je niža GHG emisija zbog manje potrošnje energije.

Dakle, postavlja se pitanje koje su prednosti drugih pogonskih tehnologija autobusa, imajući u vidu današnje standarde zaštite životne sredine sa aspekta konvencionalnog autobusa pogonjenog dizel gorivom u odnosu na autobuse koji su pogonjeni alternativnim gorivima.

2.4. Informaciona osnova za analizu uticaja vidova saobraćaja na kvalitet vazduha u EU

Za modelovanje uticaja vidova saobraćaja na kvalitet vazduha neophodna je odgovarajuća informaciona osnova - indikatori i statistički podaci. Kvantifikacija faktora koji utiču na zagađenje vazduha, odnosno kvalitet vazduha uslovljena je dostupnošću podataka o zagađenosti vazduha, vode i zemljišta (tabela 2). Polazeći od stava koji je dat u dokumentu o dostupnosti podataka o zagađenosti životne sredine u SAD [51], kao i od analize dostupnosti podataka o zagađenosti životne sredine za članice EU može se zaključiti da postoje dostupni podaci o zagađenosti vazduha koje prouzrokuje saobraćaj.

Tabela 2. Dostupnost podataka o proceni uticaja saobraćaja na životnu sredinu u EU [24, 52, 53]

Vrsta zagađenja	Emisija	Promene	Konačni ishod (broj obolelih, efekti na društveno blagostanje)
Zagađenje vazduha			
Zagađenje vode			
Zagađenje zemljišta			
Modifikacija životne sredine	Nije primenljivo		Ne postoje podaci

- Postojanje podataka o uticaju saobraćaja
- Ograničenost i nedostupnost podataka
- Postojeći podaci ne ukazuju na učešće saobraćaja u ukupnom uticaju

Na osnovu analize dostupnih podataka može se zaključiti da postoje podaci o ostvarenom obimu prevoza putnika i robe sa aspekta vidova saobraćaja, kao i da postoje podaci o doprinosu saobraćaja zagađenju vazduha, promenu zagađenja vazduha usled promena u aktivnostima koje se odnose na saobraćaj. Međutim, podaci koji se odnose na uticaj saobraćaja na zagađenje vode i zemljišta su ograničeni ili ne postoje podaci o uticaju saobraćaja na ovu vrstu zagađenja.

Tabela 3. Statistička analiza uticaja saobraćaja na GHG emisiju u EU za 15 godina počevši od 2000. (ekvivalentno CO₂ u milionima tona) [52]

	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost
Austrija	18,82	24,94	22,4854
Belgija	24,63	27,87	25,9626
Bugarska	5,68	8,55	7,5316
Hrvatska	4,53	6,38	5,6015
Kipar	1,81	2,32	2,0573
Češka Republika	12,14	19,06	16,4651
Danska	11,95	14,22	12,8770
Estonija	1,68	2,44	2,1762
Finska	11,05	13,44	12,5029
Francuska	130,97	143,09	137,0727
Nemačka	153,33	182,76	162,9573
Grčka	16,24	25,18	20,7191
Mađarska	8,90	13,01	11,1605
Irska	10,79	14,39	12,0772
Italija	103,43	130,43	121,4596
Latvija	2,21	3,85	3,0140
Litvanija	3,46	5,45	4,4506
Luksemburg	4,84	6,98	6,1392
Malta	0,50	0,65	0,5703
Holandija	30,45	36,02	34,1850
Poljska	26,50	48,61	38,7981
Portugalija	15,46	19,76	18,3649
Rumunija	9,91	15,62	13,6784
Slovačka	5,66	7,81	6,7721
Slovenija	3,86	6,16	4,8815
Španija	79,45	108,83	93,5566
Švedska	17,93	21,16	20,0571
Velika Britanija	114,89	129,51	122,5946

Najveći nivo GHG koje emituje saobraćaj zabeležila je Nemačka 2000. godine, a Francuska 2002. godine. Dok su najmanji GHG koje emituje saobraćaj obe države zabeležile 2014. godine (tabela 3). Kao ulazne promenljive korišćeni su pokazatelji ekonomskog okruženja, urbanizacije i vidovi putničkog i teretnog saobraćaja (tabela 4).

Tabela 4. Ulazne promenljive i izvori podataka

	Oznaka	Ulazna promenljiva	Jedinica	Izvor podataka
Urbane	UP	Urbana populacija	% urbane u ukupnoj	Sajt svetske banke podataka, urbani indikatori [53]
	GUP	Rast urbane populacije	godišnji %	
	PD	Gustina naseljenosti	stanovnik/km ² države	
Ekonomske	GDP	Bruto domaći proizvod BDP po glavi stanovnika	američki dolar US\$	Sajt svetske banke podataka, razvojni indikatori [53]
	GGDP	Rast bruto domaćeg proizvoda po glavi stanovnika	godišnji prosek (%)	
	SGDP	Učešće uslužnog sektora u BDP	% GDP	
	IGDP	Učešće industrije u BDP	% GDP	
	ZUS	Zaposlenost u saob.	Broj zaposlenih	
Transportne	RTp	Železnički saobraćaj (putnici)	pkm (milijarde)	Sajt Evropske Komisije [54]
	RTg	Železnički saobraćaj (roba)	tkm (milijarde)	
	TTg	Drumski saobraćaj	tkm (milijarde)	
	PC	Putnički automobili	pkm (milijarde)	
	BS	Autobusi	pkm (milijarde)	
	ATp	Vazdušni saobraćaj (putnici)	broj putnika (hiljade)	
	ATg	Vazdušni saobraćaj (roba)	tkm (milijarde)	
	WTp	Pomorski saobraćaj (putnici)	broj putnika (hiljade)	
	WTg	Pomorski saobraćaj (roba)	tona (hiljade)	
	IWT	Unutrašnji vodni saobraćaj (roba)	tkm (milijarde)	

Sa povećanjem gustine naseljenosti i povećanjem urbane populacije povećava se potreba za različitim vidovima/načinima transporta i većom mobilnošću kao i za većim saobraćajnim površinama [55]. Kao pokazatelji urbanizacije se razmatraju učešće urbane u ukupnoj populaciji, rast urbane populacije i gustina naseljenosti. Urbani razvoj sa karakteristikama niske gustine naseljenosti, "rasplinjavanje", zavisnih ekoloških i socijalnih uticaja često se naziva nekontrolisano urbano širenje ili u inostranoj literaturi tzv. "Sprawl" indeks. Nekontrolisano urbano širenje ima tendenciju da poveća upotrebu automobila kao i negativan uticaj na biodiverzitet. "Sprawl" indeks je indikator se može smatrati relevantnijim parametrom uticaja urbanizacije na tranziciju održive urbane mobilnosti kako je pokazano u pojedinim

studijama [više u 56]. Problem korišćenja ovog pokazatelja je ograničenost statističkih podataka (posebno za vremenski period od 2000. do 2014. i za države članice EU koje su analizirane u ovoj disertaciji).

Grupu ekonomskih ulaznih parametara čine BDP po glavi stanovnika, rast BDP po glavi stanovnika, učešće uslužnog sektora u BDP, učešće industrije u BDP i zaposlenost u saobraćaju. Grupa transportnih ulaznih parametara obuhvatila je sve vidove transporta putnika i robe tj. drumski, železnički, vazdušni, pomorski, unutrašnji vodni kao i predstavnike drumskog transporta putnika, putničke automobile i autobuse.

Tabela 5. Izlazne promenljive i izvori podataka

	Oznaka	Izlazna promenljiva	Jedinica	Izvor podataka
Emisije koje potiču od saobraćaja	GHG	Gasovi staklene bašte	tona	Sajt Evropske Komisije [54]
	CO ₂	Ugljen-dioksid	tona	
	NO _x	Azotni oksidi	tona	
	PM _{2.5}	Suspendovane čestice	tona	
	SO _x	Sumpor-dioksid	tona	

Kao izlazni parametri (izlazne promenljive) modela posmatrane su emisije štetnih polutanata koje potiču od saobraćaja (tabela 5): gasovi staklene bašte, ugljen-dioksid, azotni oksidi, suspendovane čestice i sumpor-dioksid.

3. PREGLED LITERATURE I RELEVANTNIH ISTRAŽIVANJA

Dosadašnja literatura koja se odnosi na međuzavisnost između razvoja saobraćaja, urbanizacije, privrednog rasta, promena u strukturi privrede i zagađenja vazduha može se grupisati na literaturu koja se bavi izučavanjem međuzavisnosti između:

- razvoja saobraćaja i privrednog rasta,
- privrednog rasta i zagađenja vazduha koje uzrokuje saobraćaj,
- urbanizacije i privrednog razvoja,
- urbanizacije, vidova saobraćaja i zagađenja vazduha.

Osnovni stav svih studija je da unapređenje saobraćaja i veća saobraćajna aktivnost uzrokuju privredni rast, ali i da privredni rast takođe može da doprinese povećanju saobraćajne aktivnosti [7].

Rezultati istraživanja koja se odnose na međuzavisnost između razvoja saobraćaja i privrednog rasta su kontradiktorna, odnosno dok su pojedini autori ukazali da postoji međuzavisnost između posmatranih promenljivih, drugi autori su ukazali na postojanje jednosmerne veze. Beyzaltar i njegovi saradnici su ukazali da nivo dohotka po glavi stanovnika, kao i njegovo smanjenje tokom ekonomskih kriza utiče na međuzavisnost između posmatranih promenljivih [57]. Rezultati njihovih istraživanja su ukazali da postoji dvosmerna međuzavisnost između dohotka i saobraćaja u slučaju razvijenih država koje beleže visoki nivo BDP po glavi stanovnika (Austrija, Belgija, Finska, Nemačka, Luksemburg, Holandija i Velika Britanija), dok postoji jednosmerna veza (Danska, Irska, Italija, Portugalija, Španija i Švedska) između posmatranih promenljivih ili ne postoji veza (Grčka).

Uprkos mnogobrojnim istraživanjima koja se mogu naći u literaturi o degradaciji životne sredine i privrednog rasta, istraživanja su uglavnom usmerena na međuzavisnost između CO₂ koji emituje saobraćaj i privrednog rasta. Neka istraživanja su dokazala da postoji međuzavisnost između CO₂ koji emituje saobraćaj i privrednog rasta, odnosno da CO₂ koji emituje saobraćaj utiče na privredni rast, kao i da privredni rast utiče na CO₂ koji emituje saobraćaj [8, 58], dok su druga ukazala da samo privredni rast utiče na CO₂ koji emituje saobraćaj [59].

Postoji niz studija koje su izučivale odnos između privrednog rasta i urbanizacije. Međutim, i u okviru ovog područja istraživanja javljaju se kontradiktorni rezultati istraživanja u smislu da postoji međuzavisnost između posmatranih promenljivih [60, 61] ili samo jedna utiče na drugu bez povratne sprege [62]. Cheng je analizirao vezu između urbanizacije i razvoja tercijalnog sektora u Kini [63]. Rezultati njegovog istraživanja su ukazali da urbanizacija predstavlja značajan faktor uslužnog sektora, kao i da razvoj uslužnog sektora ne utiče na promenu stepena urbanizacije.

Iako im u literaturi nije posvećena dovoljna pažnja, glavni faktori zagađenja vazduha su rast populacije [9] i razvoj saobraćaja. Imajući u vidu njihov uticaj na zagađenje vazduha, u ovom poglavlju posebna pažnja biće posvećena pregledu literature koji se odnosi na uticaj urbanizacije i saobraćaja ili vidova saobraćaja na zagađenje vazduha. Budući da je jedan od ciljeva istraživanja unapređenje EKC istovremeno posebna pažnja biće usmerena na analizu radova koji su ispitivali Kuznetsovu krivu i EKC. Polazeći od metoda koji su korišćeni prilikom ispitivanja Kuznetsove krive, odnosno njihovih prednosti i nedostataka ukazaće se na metode koje će biti korišćene u doktorskoj disertaciji.

3.1. Pregled pristupa analizi uticaja urbanizacije i vidova saobraćaja na emisiju izduvnih gasova

Kada je u pitanju literatura koja se odnosi na uticaje urbanizacije i vidova saobraćaja na zagađenje vazduha neophodno je ukazati da se značajnija pažnja posvećuje uticaju urbanizacije na zagađenje vazduha, kao i uticaju saobraćaja ili pojedinih vidova saobraćaja na zagađenje vazduha, dok je neznatna pažnja posvećena međuzavisnosti između urbanizacije, vidova saobraćaja i zagađenja vazduha. Ovoj međuzavisnosti odnosno uticaju urbanizacije i vidova saobraćaja na zagađenje vazduha biće posebna pažnja posvećena u sledećem poglavlju ove disertacije.

Prema Engelmanu [64, 65], kao i prema O'Neilu i njegovim saradnicima [66] povećanje broja stanovnika predstavlja jedan od značajnih faktora zagađenja vazduha u razvijenim i državama u razvoju. Primenom dinamičkog pristupa

Mamun i njegovi saradnici [67] su ispitali vezu između emisije CO₂ i povećanja broja stanovnika u periodu od 1980. do 2009. godine. Njihovi rezultati su ukazali da povećanje broja stanovnika u dugom roku utiče na povećanje emisije CO₂. Ohlan [68] je ukazao na statistički značajnu pozitivnu vezu između posmatranih promenljivih u Indiji u kratkom i dugom roku. Zhang i njegovi saradnici [69] su došli do zaključka da povećanje učešća urbane u ukupnoj populaciji, kao i povećanje broja stanovnika utiču na povećanje emisije CO₂. Analizirajući uticaj gustine naseljenosti, privrednog rasta, korišćenja energije i izvoza na kvalitet životne sredine, Rahman je došao do zaključka da gustina naseljenosti negativno utiče na kvalitet životne sredine [9].

Al Mulali i njegovi saradnici su ukazali da postoji međuzavisnost između urbanizacije, potrošnje energije i emisije CO₂ u dugom roku [8]. Prema njihovom istraživanju međuzavisnost između posmatranih promenljivih zavisi od nivoa dohotka. Do istog zaključka su došli Martinez-Zarzoso i Maruotti koji su ukazali da u razvijenim državama urbanizacija ima negativan uticaj na emisiju CO₂, dok u nerazvijenim državama, odnosno u državama koje beleže nizak nivo BDP po glavi stanovnika urbanizacija ima pozitivan efekat na emisiju CO₂ [10]. Međutim, za razliku od njih, Poumanyong i Kaneko su došli do rezultata na primeru od 99 država koji su ukazali da urbanizacija ima pozitivan uticaj na emisiju CO₂ bez obzira na nivo BDP po glavi stanovnika a koje su ostvarile posmatrane države [11]. Istovremeno, rezultati istraživanja su ukazali da je uticaj urbanizacije najveći u državama sa srednjim nivoom dohotka.

Kao značajne faktore CO₂ koje emituje saobraćaj Timilsina i Shrestha su izdvojili: BDP po glavi stanovnika, povećanje broja stanovnika i potrošnja energije u saobraćaju [70]. Abdallah i njegovi saradnici su ukazali da postoji međuzavisnost između dodate vrednosti, potrošnje energije i infrastrukture u saobraćaju i CO₂ koje emituje saobraćaj u dugom roku [71]. I na kraju je neophodno i spomenuti istraživanje Arvina i njegovih saradnika koji ispituju uzročno posledičnu vezu između intenziteta saobraćaja, privrednog rasta, CO₂ po glavi stanovnika koje emituje saobraćaj i urbanizacije [7]. Rezultati su ukazali da postoji međuzavisnost između posmatranih promenljivih u kratkom roku, kao i da u dugom periodu

privredni rast utiče na promene u intenzitetu saobraćaja, urbanizaciju i CO₂ po glavi stanovnika koje emituje saobraćaj.

Degradacija životne sredine prouzrokovana ekonomskom aktivnošću sve više postaje dominantan problem razvijenih kao i država u tranziciji. Zagađenje vazduha, odnosno smanjenje kvaliteta vazduha, predstavlja jedan od vidova degradacije životne sredine. Primarne zagađujuće materije direktno se emituju u atmosferu i na taj način utiču na kvalitet vazduha i životne sredine. Budući da negativno utiču na životnu sredinu, klimu, biljni i životinjski svet, zagađujuće materije imaju isti negativan uticaj i na zdravlje ljudi.

Tri glavna pristupa koja dominiraju u literaturi o zagađenju vazduha i drugim negativnim uticajima na životnu sredinu su: IPAT model, konvergencijski pristupi i EKC [72, 73]. IPAT predstavlja skraćenice sledećih reči: životna sredina (environment), stanovništvo (population), bogatstvo (affluence) i tehnologija (technology). Ovaj model je baziran na stavu da na kvalitet životne sredine utiču sledeći faktori: stanovništvo, bogatstvo i tehnologija. Model su postavili autori Ehrlich i Holdren [74] u cilju kvantifikacije uticaja aktivnosti ljudi na okruženje. Konvergencijski pristupi su ukazali da zagađenje vazduha se povećava sporije u državama koje beleže intenzivan privredni razvoj u odnosu na države koje beleže ekstenzivan privredni razvoj.

3.2. Kuznetsova ekološka kriva

Uticaj privrednog rasta na degradaciju životne sredine je postalo ključno pitanje u okviru Brutlandskog izveštaja 1987. godine. Prema Kuznetsu [3] povećanje dohotka po glavi stanovnika utiče na povećanje nejednakosti raspodele dohotka u početku. Međutim, privredni rast utiče da povećanje dohotka po glavi stanovnika doprinese smanjenju nejednakosti na višim nivoima privrednog razvoja. Posmatrana međuzavisnost između dohotka po glavi stanovnika i nejednakosti prilikom raspodele dohotka je poznata pod nazivom Kuznetsova kriva.

Od devedesetih godina prošloga veka, Kuznetsova kriva ima novi oblik. Umesto inverznog U odnosa između ekonomskog rasta i ekonomske nejednakosti koji

predstavlja originalnu Kuznetsova krivu ispituje odnos između privrednog rasta i degradacije životne sredine koja je poznata pod nazivom EKC. Grossman i Krueger u radu [75] su ukazali na postojanje inverzne U krive između CO₂ i dohotka po glavi stanovnika. Mnogobrojna istraživanja su ispitivala međuzavisnost između degradacije životne sredine i dohotka po glavi stanovnika [76-82]. Većina istraživanja je ukazala da privredni i industrijski rast na nižim fazama razvoja utiču na veću emisiju zagađujućih materija i smanjenje kvaliteta životne sredine (75, 77, 78, 80). U postindustrijskoj fazi, na višim fazama prirednog razvoja kada se primenjuju „čiste“ tehnologije i kada dolazi do promene u strukturi privrede sa povećanjem dohotka po glavi stanovnika smanjuje se emisija zagađujućih materija i povećava kvalitet životne sredine [83]. Međutim, rezultati istraživanja zavise od izbora indikatora kvaliteta životne sredine. Literatura koja se odnosi na ispitivanje validnosti EKC uključuje različite zavisne i nezavisne promenljive. Kao zavisne promenljive posmatraju se indikatori degradacije životne sredine odnosno indikatori kvaliteta životne sredine (kao CO₂, SO₂, sumpor, arsen, emisije olova, krčenje šuma, zagađenje voda i ostale štetne materije) dok se kao nezavisne promenljive zajedno sa BDP po glavi stanovnika posmatraju sledeće: nejednakost dohotka, slobodna trgovina, kvalitet institucija, ekološki propisi i korupcija [26].

Poslednjih godina posebna pažnja u literaturi se posvećuje uticaju transporta na kvalitet životne sredine i kvalitet vazduha. Alshehry i Belloumi [84] su ispitali EKC na primeru Saudijske Arabije u periodu od 1971. do 2011. godine i ukazali da ne postoji inverzan U odnos između CO₂ koje emituje saobraćaj i privrednog rasta u Saudijskoj Arabiji, dok je Talbi na primeru Tunisa potvrdio validnost EKC između ovih promenljivih [85]. Istovremeno, u literaturi se posebna pažnja posvećuje urbanizaciji i njenom uticaju na zagađenje. Ksu (Xu) i saradnici su ukazali na postojanje U inverznog odnosa između urbanizacije i emisije ugljenika [86]. Vang (Wang) i saradnici su analizirali uticaj privrednog rasta i urbanizacije na CO₂ koji emituju različite grane industrije. Rezultati njihovih istraživanja su ukazali da postojanje inverzne U krive između urbanizacije i CO₂ koje emituje industrija zavisi od grane industrije koja se posmatra [87]. Katircioglu i saradnici su testirali međuzavisnost urbanizacije i emisije CO₂ u Turskoj. Rezultati su ukazali da ne postoji inverzna U kriva između posmatranih

promenljivih [88]. Međutim, neophodno je ukazati da u literaturi posebna pažnja nije posvećena ispitivanju validnosti EKC koja polazi od urbanizacije i CO₂ koje emituje saobraćaj [7].

EKC je testirana na primeru mnogih država i regiona. Međutim, rezultati istraživanja su različiti i zavise od izbora države i regiona. Jalil i Mahmud [78] su potvrdili validnost EKC polazeći od CO₂ i BDP po glavi stanovnika na primeru Kine za period od 1971. do 2005. godine, Zanin i Mara [89] na primeru Francuske i Švajcarske, Ahmed i Long [90] na primeru Pakistana za period od 1971. do 2008. godine, a Shahbaz i njegovi saradnici [91, 92] na primeru Rumunije za period od 1980. do 2010. godine. Sa druge strane, Cialani [93] nije potvrdio postojanje inverzne U krive na primeru Italije za period od 1861. do 2002. godine, kao ni Akbostanci i njegovi saradnici [94] na primeru Turske za period od 1968. do 2003. godine.

3.3. Kritički osvrt na Kuznetsovu ekološku krivu i predlog novog modela

Na osnovu istraživanja na bazi EKC može se izdvojiti nekoliko nedostataka pri čemu se ističu oni koji se odnose na ekonometrijska pitanja, a kreću se od stacionarnosti promenljivih do problema izostavljanja promenljive, kao i neadekvatnog ili nepostojanja teorijskog i konceptualnog okvira koji ne obuhvata povratni efekat odnosno uticaj degradacije životne sredine na proizvodnju [95].

3.3.1. Problem izostavljanja promenljivih

Jedan od glavnih nedostataka studija na bazi EKC odnosi se na problem izostavljanja promenljivih (eng. omitted variable bias) [96]. Razvijanje uprošćenih modela koji obuhvataju nekoliko promenljivih, kao i izostavljanje bitnih promenljivih za posledicu imaju procese koji vode ka pogrešnom zaključku i do pogrešnih prognoza.

Nekoliko istraživanja se bavi problemom izostavljanja promenljivih uključujući makroekonomske promenljive kao što su cena, stanovništvo, distribucija dohotka, obrazovanje, tehnologija i indikatore razvoja društva [95]. Rang uključenih

primenljivih je širok i proizvoljan. Richmond i Kaufman [97] su uključili potrošnju energije u svoju analizu u cilju rešenja ovog problema, dok su Perman i Stern [98] uključili emisiju sumpora. Međutim, oni su se složili da postoji dugoročan odnos između promenljivih koje se odnose na degradaciju životne sredine i dohotka, ali njihovi rezultati nisu potvrdili validnost EKC.

Da bi se u doktorskoj tezi prevazišao problem koji se odnosi na izostavljanja promenljivih prvo se vrši selekcija promenljivih odnosno izbor najznačajnijih faktora koji utiču na kvalitet vazduha radi ispitivanja validnosti EKC. Iz navedenog razloga, selekcija promenljivih u doktorskoj disertaciji se vrši primenom metode ekstremnog učenja (Extreme Learning Machine - ELM) u okviru veštačkih neuronskih mreža. Jedan od nedostataka veštačkih neuronskih mreža je vreme učenja. Veliki broj algoritama je u primeni za učenje neuronskih mreža kao što su metod povratne propagacije (Back Propagation - BP), metod podržanih vektora (Support Vector Machine - SVM) [99], metod skrivanja (Hidden Markov Model - HMM), itd. Vreme učenja kod tradicionalnih algoritama ponekad može da traje i nekoliko dana kako bi se izvršilo treniranje neuronske mreže. Autori u radovima [100, 101] su predložili novi algoritam učenja, metod ekstremnog učenja, za jednosmerne neuronske mreže sa jednim skrivenim slojem (Single-hidden Layer Feedforward Neural Networks (SLFN)). Novi algoritam nema nedostataka koje imaju tradicionalni algoritmi za učenje i njegova najvažnija performansa jeste redukcija potrebnog vremena za treniranje neuronske mreže. Kod tradicionalnih metoda učenja moraju se podešavati svi parametri jednosmernih neuronskih mreža dok kod ELM metoda nije neophodno podešavati ulazne težinske koeficijente i uticaje prvog skrivenog sloja. Kroz različita simulaciona ispitivanja u istraživanju [102] pokazalo se da ELM metod pored ubrzavanja procesa učenja proizvodi i odlične performanse generalizacije.

ELM metoda je kreirana kao SLFN mreža sa L skrivenim neuronima i može da nauči N različitih uzoraka sa greškom nula. Čak i ako je broj skrivenih neurona manji od broja različitih uzoraka N , ELM i dalje može da odredi nasumične parametre skrivenih čvorova i da izračuna izlazne težinske koeficijente primenom pseudo inverzne matrice čime se dobija mala greška. Parametri skrivenih čvorova (ulazni težinski koeficijenti i uticajni koeficijenti) ne moraju da se podešavaju u

toku treniranja i mogu se jednostavno odrediti kao nasumične vrednosti [103, 104]. Kao statistički pokazatelj performansi ELM modela najčešće se koristi [105] koren srednje kvadratne greške (Root means square error - RMSE). Preciznost modela je veća sa što manjom vrednošću RMSE.

3.3.2. Problem ispitivanja validnosti Kuznetsove ekološke krive

Prilikom ispitivanja validnosti EKC istraživači najčešće koriste različite vrste “unit root” testova. Međutim, glavni nedostaci primene “unit root” testa odnose se na činjenicu da se ne uzima u obzir:

- 1) heterogenost država sa aspekta posmatranih promenljivih;
- 2) mogućnost prisustva strukturnih prekidnih tačaka koje se javljaju u seriji [84].

Problem uvažavanja heterogenosti istraživači rešavaju primenom FMOLS (Fully Modified Ordinary Least Squares – modifikovana metoda najmanjih kvadrata). Međutim, primenom ove metode dobijaju se rezultati za svaku posmatranu državu, a ne za nekoliko država kod kojih se ispoljavaju iste ili slične ekonomske zakonitosti. Neophodno je ukazati i činjenicu da su rezultati koji se odnose na EKC ukazali da njena validnost zavisi od izbora države ili regiona. Iz navednog razloga, u doktorskoj disertaciji se nakon ELM metode primenjuje klaster analiza da bi se ukazalo za koje države važi validnost EKC, a za koje ne. Jedna od prednosti klaster analize se ogleda u mogućnosti njene primene u različitim naučnim disciplinama. Istraživači se suočavaju često sa velikim brojem posmatranih jedinica koje poseduju različite karakteristike. Mogućnost interpretacije posmatranih jedinica je moguće nakon primene klaster analize odnosno formiranja klastera. Na osnovu toga može se ukazati da sledeća prednost primene klaster analize predstavlja svođenje karakteristika skupa na karakteristike klastera pri čemu je gubitak informacija koje se odnose na celu populaciju minimalan. Kao glavni nedostatak ove analize je da rešenja njene primene zavise od izbora promenljivih. Međutim, navedeni nedostatak je prevaziđen u disertaciji primenom ELM metode.

4. DVOFAZNI MODEL ZA EVALUACIJU UTICAJA URBANIZACIJE I VIDOVA SAOBRAĆAJA NA ZAGAĐENJE VAZDUHA U EU

4.1. Opis modela

Danas, usled napredovanja u tehnologiji, podaci se generišu neverovatnim tempom, što dovodi do skupova podataka ogromnih dimenzija. Zbog toga je važno imati efikasne računске metode i algoritme koji se mogu baviti takvim velikim skupovima podataka, tako da se mogu analizirati u razumnom vremenskom roku. Jedan poseban pristup je postao popularan kod veštačkih neuronskih mreža poslednjih godina, metod ekstremnog učenja (eng. Extreme Learning Machine - ELM), koji koristi randomizaciju u svom skrivenom sloju i uz pomoć koga je moguće efikasno obučavati mrežu.

ELM jesu vrsta neuronskih mreža sa prostiranjem signala unapred koje karakterišu slučajna inicijalizacija njihovih skrivenih slojeva, u kombinaciji sa algoritmom brzog treniranja. Efektivnost ove slučajne inicijalizacije i njihovog brzog treniranja čini ih veoma privlačnim za analizu velikih količina podataka.

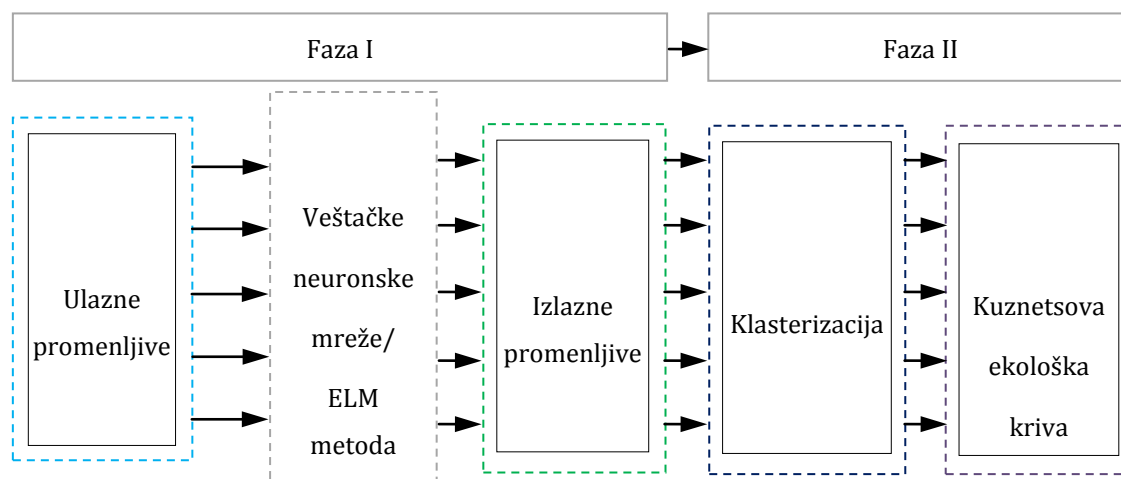
Iako su u teoriji ELM dokazali da su univerzalni aproksimatori i da je slučajna inicijalizacija skrivenih neurona može biti dovoljna da bi se rešio bilo koji problem aproksimacije, u praksi je značajno važno koliko je uzoraka dostupno za treniranje; da li postoje elementi u podacima koji ne pripadaju ostalima; i koje promenljive se koriste kao ulazi. Zbog toga je potrebno obratiti pažnju da bi se dobio robusan i precizan model i sprečila prevelika greška.

Prvi korak u modelovanju uticaja ANN metodom je definisanje ulaznih i izlaznih parametara (promenljivih) modela kako bi se uočile zakonitosti i veze među njima. Prikupljanje podataka je izvršeno sa sajtova Evropske Komisije i Svetske banke podataka za države EU u vremenskom periodu od 2000. do 2014. godine (prilog A).

U procesu prikupljanja javio se problem nekompletnih podataka i tu je iskorišćena jedna važna prednost veštačkih neuronskih mreža koja u svom radu može koristiti i nepotpune podatke.

Na osnovu verifikovane ANN metodologije u radu [106] za određivanje ekstremnih vrednosti uticaja ulaznih na izlazne promenljive u ovom poglavlju analogno su razvijeni ANN modeli za određivanje uticaja vidova putničkog saobraćaja, njihovih kombinacija i sprega vidova putničkog saobraćaja i različitih ekonomskih uslova na zagađenje vazduha u vremenskom periodu od 2000. do 2014. godine. Takođe, ANN modeli su razvijeni i za određivanje uticaja vidova teretnog saobraćaja, njihovih kombinacija i sprega vidova teretnog saobraćaja i različitih ekonomskih uslova na zagađenje vazduha. Kreiran je i ANN model za određivanje uticaja urbanizacije na zagađenje vazduha.

U cilju određivanja najuticajnijih faktora (promenljivih) odnosno ulaznih podataka za klasterizaciju država EU i validnost postojanja EKC na bazi ulaznih i izlaznih promenljivih razvijeni su ANN modeli. Naime, u prvoj fazi se razvijenim ANN modelima vrši kvantifikovanje uticaja usvojenih ulaznih i izlaznih parametara za države EU kako bi se izvršila njihova selekcija na kojima, u drugoj fazi modela (verifikovana u [107]), se vrši klasterizacija i ispituje međuzavisnost tj. postojanje inverznog U odnosa (slika 3).



Slika 3. Dvofazni model za evaluaciju uticaja urbanizacije i vidova saobraćaja na zagađenje vazduha u EU

4.2. Rezultati primene prve faze modela – Izdvajanje najuticajnijih faktora na zagađenje vazduha primenom ANN pristupa

Razvijeni ANN modeli predstavljaju troslojnu jednosmernu neuronsku mrežu, koja se sastoji od jednog ulaznog, jednog skrivenog i jednog izlaznog sloja. Izbor ove mreže je izvršen na osnovu sposobnosti aproksimacije bilo koje proizvoljne neprekidne funkcije od više realnih promenljivih.

Kreirana su dva skupa podataka za države EU: podaci ulaznih i izlaznih promenljivih u vremenskom periodu od 2000. do 2007. su korišćeni za treniranje (obučavanje) dok su od 2008. do 2014. godine korišćeni za testiranje neuronske mreže. Kako bi upoređivanje RMSE greške bilo najadekvatnije vrlo je važno da broj epoha za treniranje za sve ulaze u neuronsku mrežu pojedinačno budu iste. Konkretno tokom obrade navedenih ulazno – izlaznih podataka i određivanja uticaja ulaznih promenljivih u ANN modelu korišćena je jedna epoha za treniranje neuronske mreže. Sadržaj ulaznog sloja varira od 2, 3, 5 i 8 neurona tj. 2, 3, 5 i 8 različitih ulaza u neuronsku mrežu zavisno od određenog modelovanja uticaja. Izlazni sloj neuronske mreže se uvek sastoji od jednog neurona, čiji je izlaz za svaku kombinaciju ulaznih promenljivih, jedna od emisija koja potiče od saobraćaja respektivno GHG, CO₂, NO_x, PM_{2.5} i SO_x. U definisanim ANN modelima za treniranje neuronskih mreža korišćen je metod ekstremnog učenja kod koga nije neophodno podešavati ulazne težinske koeficijente i uticaje (biases) prvog skrivenog sloja. Kao aktivaciona funkcija za izlazni sloj korišćena je sigmoidna (logistička) funkcija dok je za skriveni sloj korišćena linearna (purelin) funkcija.

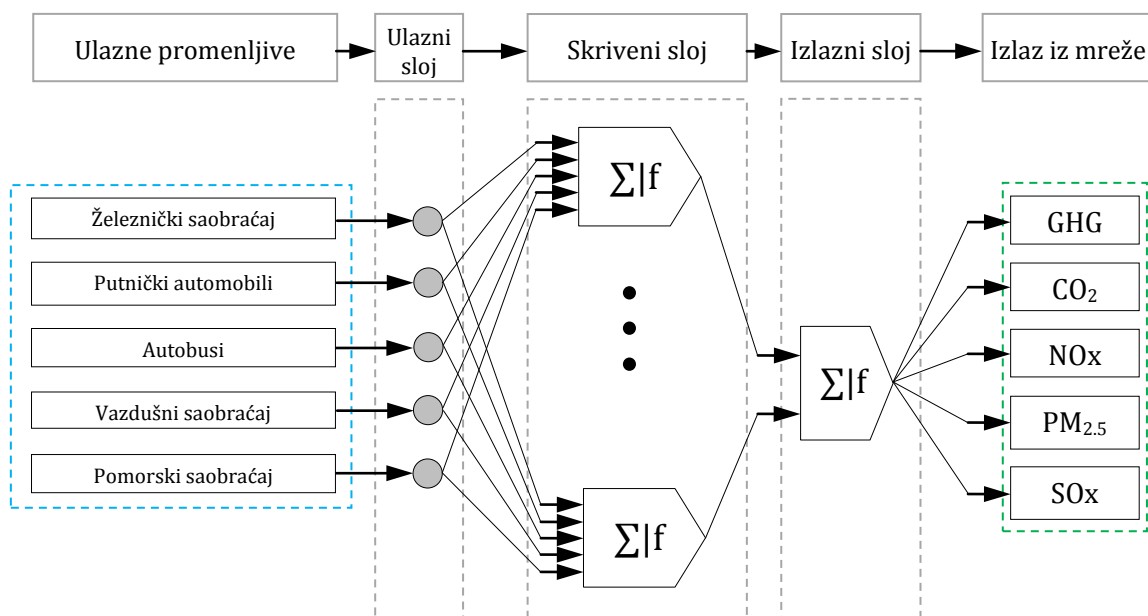
Usvojeni algoritam učenja samostalno podešava parametre neuronske mreže kako bi pronašao njihovu pravu kombinaciju sa kojom neuronska mreža sa velikim kvalitetom aproksimira nelinearnu funkciju. Mreže su trenirane za ulazne podatke na način kako bi bila određena RMSE greška pojedinačno svakog ulaza na određeni izlaz. Ulazna promenljiva sa dobijenom najmanjom RMSE greškom treniranja ima najveći uticaj na posmatranu izlaznu promenljivu i obratno, odnosno ulazna promenljiva sa najvećom RMSE greškom ima najmanji uticaj na usvojenu izlaznu promenljivu. U postupku treniranja mreže menjao se broj neurona u skrivenom

sloju, koji je takođe zavisio i od broja ulaznih neurona, kako bi se dobili najbolji rezultati u izlaznom sloju. Kod testiranja RMSE greška se upotrebljava za praćenje i nadzor toka regresije između skupova podataka za treniranje i testiranje. Proces treniranja neuronske mreže je potrebno zaustaviti kada RMSE greška testiranja počne da pokazuje svoj nagli rast u odnosu na RMSE grešku treniranja odnosno da se javlja odstupanje između skupova podataka za treniranje i testiranje. Usvojenim ANN modelom sve ulazne i izlazne promenljive modelovane su u okviru softverskog programa "Matlab R2015b". Sve dobijene vrednosti najmanje RMSE greške treniranja označene su plavom bojom dok su najveće vrednosti označene crvenom bojom u tabelama.

4.2.1. Rezultati u domenu putničkog saobraćaja

Modelovanje uticaja vidova putničkog saobraćaja na zagađenje vazduha, već predstavljenom ANN mrežom, izvršeno je u dve varijante bez i sa uključivanjem ekonomskih pokazatelja. Na osnovu ulaznih i izlaznih promenljivih Ulazni parametri koji su korišćeni u prvoj varijanti (slika 4) su; putnički kilometri ostvareni putničkim automobilima, autobusima i železničkim saobraćajem kao broj putnika prevezenih vazdušnim i pomorskim saobraćajem. Kao izlazni parametri analizirane su emisije GHG, ugljen-dioksida, azotnih oksida, suspendovanih čestica i sumpor-dioksida, respektivno.

Na osnovu dobijenih rezultata može se videti da ulazni parametar RTp (železnički putnički saobraćaj) ima najmanju RMSE grešku treniranja (označeno plavom bojom) i prema tome ima najveći uticaj na emisiju GHG i suspendovanih čestica dok sa druge strane isti ulazni parametar ima najveću RMSE grešku (označeno crvenom bojom) i prema tome ima najmanji uticaj na emisiju ugljen-dioksida (tabela 6).



Slika 4. ANN model za određivanje uticaja vidova putničkog saobraćaja na zagađenje vazduha

Ulazni parametar PC (Putnički automobili) imaju najmanju RMSE grešku treniranja (označeno plavom bojom) i prema tome najveći uticaj na emisiju azotnih-dioksida dok najmanji uticaj imaju na emisiju sumpor-dioksida na osnovu najveće RMSE greške (označeno crvenom bojom).

Tabela 6. Uticaji vidova putničkog saobraćaja na zagađenje vazduha

Ulazne promenljive	GHG		CO ₂		NO _x		PM _{2.5}		SO ₂	
	RMSE		RMSE		RMSE		RMSE		RMSE	
	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje
RTp	<u>41,9743</u>	45,4586	<u>9,5844</u>	13,8944	14,0359	24,4855	<u>7726,2607</u>	10326,7895	5646,1953	6929,2138
PC	43,4293	47,0690	8,2930	15,1279	<u>11,4384</u>	30,5961	7889,9994	10413,8731	<u>5702,5856</u>	5908,2769
BS	42,3833	36,7776	<u>7,5359</u>	13,6804	<u>16,5756</u>	21,1666	7986,2748	11052,4919	5550,9830	6766,5937
ATp	<u>44,0520</u>	48,787	9,3125	14,0945	16,0271	27,1264	<u>8207,515</u>	11396,324	<u>5459,28</u>	6289,49
WTp	42,9851	37,3124	8,9876	14,8765	15,9765	26,5432	7997,9876	10143,7654	5664,9873	5898,4321

BS (Autobusi) beleže najmanju RMSE grešku treniranja odnosno najveći uticaj na ugljen-dioksid i najveću RMSE grešku treniranja odnosno najmanji uticaj na

emisiju azotnih oksida nastalih od saobraćaja. Takođe, ATp (vazdušni saobraćaj putnika) ima najmanju RMSE grešku treniranja odnosno najveći uticaj na sumpordioksid i najmanje RMSE greške treniranja tj. najmanje uticaje na emisiju GHG i suspendovanih čestica. WTp (Pomorski saobraćaj putnika) kao ulazni parametar nije zabeležio ekstremne vrednosti RMSE greški i nema minimalnih ni maksimalnih uticaja na usvojene izlazne promenljive parametre.

Za smanjenje emisije GHG i suspendovanih čestica potrebno je da se transport putnika usmeri sa železničkog na vazdušni saobraćaj. Upotreba autobusa nije pogodna zbog najvećeg uticaja na emisiju ugljen-dioksida nastale od saobraćaja i prevoz putnika automobilima bi trebalo smanjiti i zameniti isti ostalim vidovima saobraćaja (tabela 7).

Tabela 7. Uticaji kombinacija vidova putničkog saobraćaja na zagađenje vazduha

Ulazne promenljive Kombinacija		GHG		CO ₂		NO _x		PM _{2.5}		SO ₂	
		RMSE		RMSE		RMSE		RMSE		RMSE	
		treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje
RTp	PC	11,4910	247,7076	4,1972	24,3752	1,2648	49,8064	3533,7484	48299,3538	4612,2783	26048,9841
RTp	BS	7,4004	213,2159	4,1646	51,5945	1,3973	104,3713	2847,1118	40691,0831	4433,6854	26521,1693
RTp	ATp	18,267	103,38	4,618	72,14	5,579	104,73	5128,945	28584,064	4511,381	25274,88
RTp	WTp	10,7654	187,497	4,342	64,876	3,987	101,745	3876,32	40432,91	45321	26543,76
PC	BS	26,7133	55,0334	6,1946	15,5567	0,4368	46,2705	5226,5633	13231,4868	4481,9754	9684,4414
PC	ATp	33,047	85,23	3,382	32,25	4,653	46,21	6302,202	18497,755	4503,848	12638,403
PC	WTp	29,632	76,987	5,932	17,987	0,965	46,842	5698,412	16431,932	4497,907	11976,329
BS	ATp	15,74	508,08	1,975	69,39	4,723	244,44	2735,203	184799,67	2865,742	93627,576
BS	WTp	16,651	616,11	2,017	71,96	5,87	2,489	2893,304	19765	2954,901	95432,91
Atp	WTp	20,532	775,15	5,029	15,715	4,231	41,529	4185,259	17763,546	3979,685	10458,565

U sledećem koraku su analizirani uticaji dva ulazna parametara vidova putničkog saobraćaja i pokrivene sve kombinacije istih na izlazne parametre (emisija GHG,

ugljen-dioksida, azotnih oksida, suspendovanih čestica i sumpor-dioksida). RMSE greške posle treniranja i testiranja ANN mreže za uticaj kombinacija ulaznih parametara putničkog saobraćaja na usvojene emisije date su u tabeli 7.

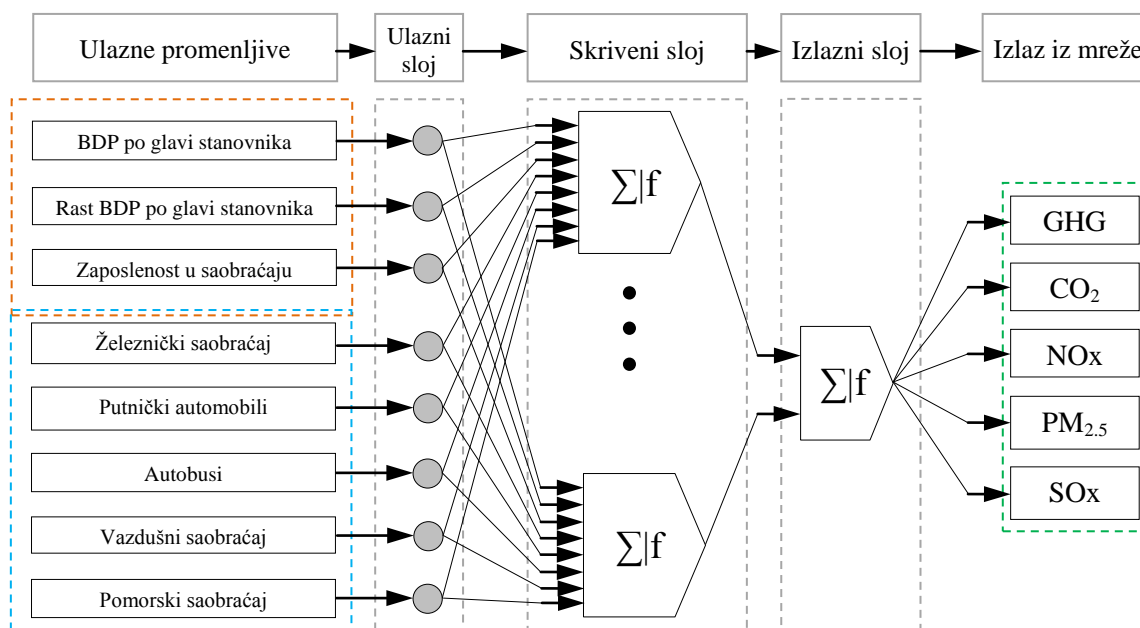
Na osnovu predstavljenih rezultata može se videti da kombinacije ulaznih parametara RTp (železnički saobraćaj putnika) i BS (autobusi), PC (putnički automobili) i BS (autobusi), BS (autobusi) i ATp (vazdušni saobraćaj putnika) imaju najmanje RMSE greške treniranja i prema tome imaju najveći uticaj, respektivno, na emisiju GHG, azotnih-oksida kao i ugljen-dioksida, suspendovanih čestica i sumpor-dioksida. Kombinacije ulaznih parametara RTp (železnički saobraćaj putnika) i PC (putnički automobili), PC (putnički automobili) i BS (autobusi), PC (putnički automobili) i ATp (vazdušni saobraćaj putnika) i BS (autobusi) i WTp (pomorski saobraćaj putnika) imaju najveće RMSE greške treniranja odnosno najmanje uticaje, respektivno, na emisiju sumpor-dioksida, ugljen-dioksida, GHG i suspendovanih čestica i azotnih oksida.

Prema tome, kombinaciju BS (autobusa) i ATp (vazdušnog saobraćaja putnika) je potrebno izbegavati zbog njenog najvećeg uticaja na emisiju ugljen-dioksida, suspendovanih čestica i sumpor-dioksida nastalih od saobraćaja. Optimalnu kombinaciju za smanjenje emisije GHG i suspendovanih čestica čine PC (putnički automobili) i ATp (vazdušni saobraćaj putnika). Kako bi bili postignuti najbolji rezultati za smanjenje azotnih oksida nastalih od saobraćaja potrebno je koristiti kombinaciju BS (autobusa) i WTp (vodnog saobraćaja putnika).

U drugoj varijanti modela izvršeno je modelovanje uticaja vidova putničkog saobraćaja i različitih ekonomskih parametara, na zagađenje vazduha, na osnovu odabranih ulaznih i izlaznih promenljivih (slika 5).

Ulazni parametri koji su korišćeni u ovom modelu su (BDP po glavi stanovnika izraženim u US\$, rast BDP po glavi stanovnika na godišnjem nivou u procentima, zaposlenost u saobraćaju prema broju zaposlenih, putnički kilometri ostvareni putničkim automobilima, autobusima i železničkim saobraćajem kao broj putnika prevezenih vazdušnim i pomorskim saobraćajem). Kao izlazni parametri

analizirane su emisije GHG, ugljen-dioksida, azotnih oksida, suspendovanih čestica i sumpor-dioksida, respektivno.



Slika 5. ANN model za određivanje uticaja vidova putničkog saobraćaja i različitih ekonomskih parametara I na zagađenje vazduha

RMSE greške posle treniranja i testiranja ANN mreže za uticaj usvojenih ulaznih parametara na emisije zagađujućih polutanata nastalih od aktivnosti saobraćaja date su u tabeli 8. Na osnovu predstavljenih rezultata može se videti da ulazni parametar ZUS (zaposlenost u saobraćaju) ima najmanje RMSE greške treniranja i prema tome ima najveći uticaj na emisije GHG, ugljen-dioksid, azotne okside i suspendovane čestice koje uzrokuje saobraćaj. Takođe, ulazni parametar WTP (pomorski saobraćaj putnika) usled najmanje RMSE greške treniranja ima najveći uticaj na emisiju sumpor-dioksida. S druge strane ulazni parametri, BDP po glavi stanovnika, GGDP (rast BDP po glavi stanovnika) i ATp (vazdušni saobraćaj putnika) imaju najveće RMSE greške treniranja i prema tome imaju najmanje uticaje respektivno na emisiju azotnih oksida i suspendovanih čestica, GHG i ugljen-dioksida i sumpor-dioksida nastalih od saobraćaja.

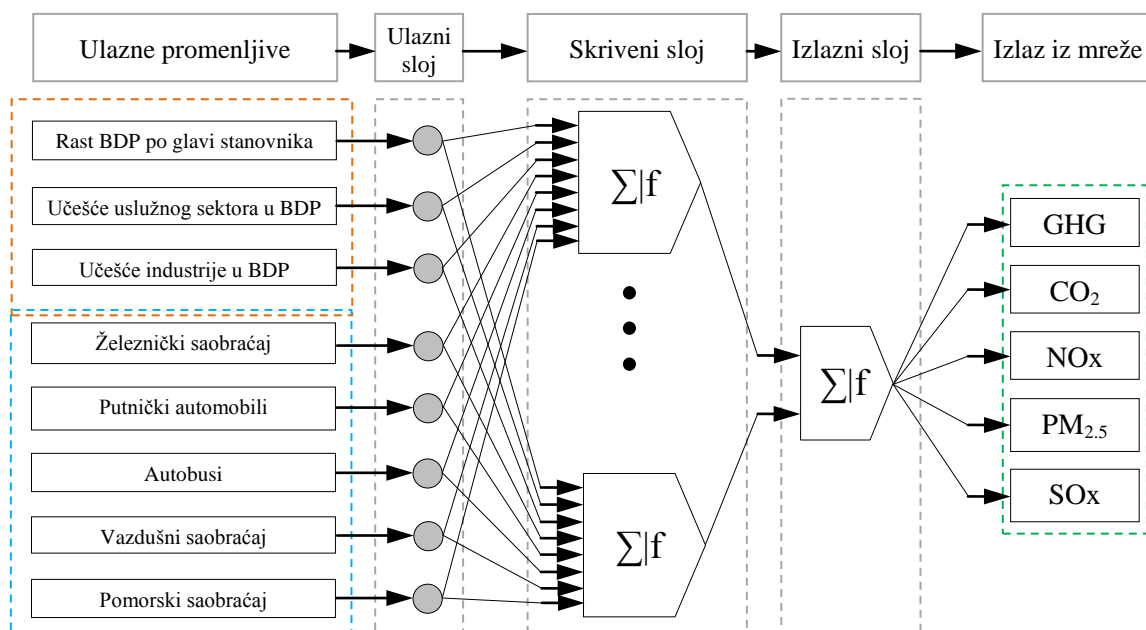
Tabela 8. Uticaji vidova putničkog saobraćaja i različitih ekonomskih parametara I na zagađenje vazduha

	GHG		CO ₂		NO _x		PM _{2.5}		SO ₂	
	RMSE		RMSE		RMSE		RMSE		RMSE	
	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje
GDP	22,8504	42,1046	28,6659	53,3880	9142,5308	11227,2714	8325,6192	8353,3966	5916,3781	9955,3477
GGDP	41,3408	74,5675	50,5875	82,3408	5682,5350	43169,7764	5259,1615	6884,4142	6488,7741	7040,0059
ZUS	3,1604	12,2970	7,4734	32,0035	2039,9525	20683,9586	1830,8584	1873,5951	6814,9946	11552,1910
RTp	6,1300	57,3487	18,3203	88,3530	6311,7068	42334,4373	5788,0847	6998,4192	5971,8195	9696,4889
PC	6,8274	15,1361	19,5429	21,4500	2482,6776	26085,7282	2163,5655	8185,9969	7089,4074	8442,1336
BS	11,9732	16,5433	25,7319	29,4433	4690,7765	4991,5443	3891,5321	4431,9754	75981,3321	7998,1132
ATp	22,7639	50,3393	16,5069	54,1913	8412,1493	34117,5635	7531,3898	8120,4786	8335,8088	9331,8294
WTp	33,1051	39,7082	41,6197	51,5609	6833,2394	9137,6304	6208,5556	7712,9446	1970,7687	2148,0352

Dobijeni rezultati ukazuju da BDP po glavi stanovnika i rast BDP po glavi stanovnika najmanje utiču na emisiju GHG i ugljen-dioksid kao i na azotne okside i suspendovane čestice.

Izvršeno modelovanje uticaja vidova putničkog saobraćaja i različitih ekonomskih parametara, na zagađenje vazduha nastalog od saobraćaja, pokazuje da jedino pojedini ekonomski pokazatelji imaju najmanji uticaj na emisiju GHG, ugljen-dioksida, azotnih oksida i suspendovanih čestica sem vodnog putničkog saobraćaja koji je zabeležio najveći uticaj na emisiju sumpor-dioksida.

Nakon sprovedene analize sa ekonomskim parametrima BDP po glavi stanovnika, rast BDP po glavi stanovnika i zaposlenost u saobraćaju i parametara kao što su putnički kilometri ostvareni automobilima, autobusima i železničkim saobraćajem kao i broj putnika prevezenih vazdušnim i pomorskim saobraćajem u trećoj varijanti modela izvršeno je modelovanje sa sledećim ekonomskim parametrima: rast BDP po glavi stanovnika, učešće uslužnog sektora i industrije u BDP procentualno. Kao izlazni parametri analizirane su emisije GHG, ugljen-dioksida, azotnih oksida, suspendovanih čestica i sumpor-dioksida, respektivno (slika 6).



Slika 6. ANN model za određivanje uticaja vidova putničkog saobraćaja i različitih ekonomskih parametara II na zagađenje vazduha

Predstavljenom ANN mrežom izvršeno je modelovanje uticaja vidova putničkog saobraćaja i različitih ekonomskih parametara, na zagađenje vazduha, na osnovu ulaznih i izlaznih promenljivih. Ulazni parametri koji su korišćeni u ovom modelu su (rast BDP po glavi stanovnika na godišnjem nivou u procentima, učešće uslužnog sektora i industrije u BDP procentualno, putnički kilometri ostvareni putničkim automobilima, autobusima i železničkim saobraćajem kao broj putnika prevezenih vazдушnim i pomorskim saobraćajem). Kao izlazni parametri analizirane su emisije GHG, ugljen-dioksida, azotnih oksida, suspendovanih čestica i sumpor-dioksida, respektivno.

RMSE greške posle treniranja i testiranja veštačke neuronske mreže za uticaj usvojenih parametara na emisije zagađujućih polutanata nastalih od aktivnosti saobraćaja date su u tabeli 9. Na osnovu predstavljenih rezultata može se videti da ulazni parametri RTp (Železnički saobraćaj putnika), PC (putnički automobili) i WTp (Pomorski saobraćaj putnika) imaju najmanje RMSE greške treniranja i prema tome imaju najveći uticaj, respektivno, na emisije GHG i ugljen-dioksida, azotnih oksida i suspendovanih čestica i sumpor-dioksida. koje emituje saobraćaj.

Tabela 9. Uticaji vidova putničkog saobraćaja i različitih ekonomskih parametara II na zagađenje vazduha

	GHG		CO ₂		NO _x		PM _{2.5}		SO ₂	
	RMSE		RMSE		RMSE		RMSE		RMSE	
	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje
GGDP	41,3408	74,5675	50,5875	82,3408	5682,5350	43169,7764	5259,1615	40884,4142	6488,7741	16040,0059
SGDP	43,6430	101,3918	49,5599	96,7397	6878,7314	21508,5679	6320,8645	14579,0203	2104,2395	35046,9027
IGDP	43,6553	63,6278	45,5393	75,2937	4446,2871	20477,1560	4120,4385	12809,5282	4984,7448	17063,7945
RTp	6,1300	57,3487	18,3203	88,3530	6311,7068	42334,4373	5788,0847	35399,4192	5971,8195	9696,4889
PC	6,8274	15,1361	19,5429	21,4500	2482,6776	26085,7282	2163,5655	18185,9969	7089,4074	8442,1336
BS	19,874	22,9923	27,9871	29,8812	5676,4431	5991,5541	3919,7651	4431,9913	4991,8871	5978,4421
ATp	22,7639	50,3393	16,5069	54,1913	8412,1493	34117,5635	7531,3898	25620,4786	8335,8088	8387,8294
WTp	33,1051	39,7082	41,6197	51,5609	6833,2394	9137,6304	6208,5556	13712,9446	1970,7687	2912,0352

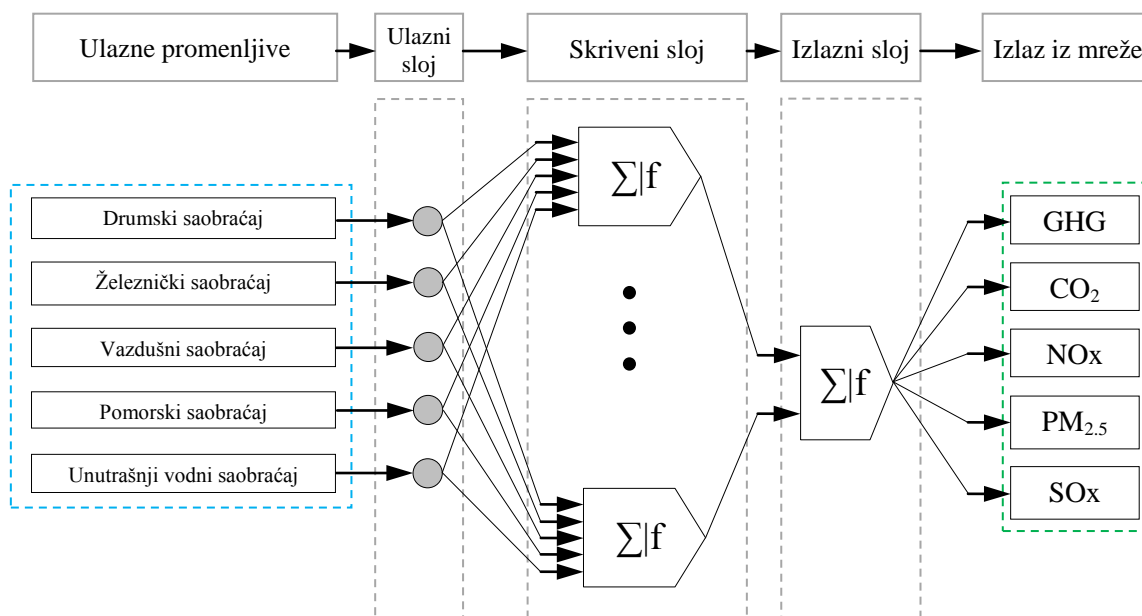
S druge strane ulazni parametri, rast BDP po glavi stanovnika, IGDP (Učešće industrije u BDP) i ATp (vazdušni saobraćaj putnika) imaju najveće RMSE greške treniranja i prema tome imaju najmanje uticaje, respektivno, na emisiju ugljen-dioksida, GHG i azotnih oksida, suspendovanih čestica i sumpor-dioksida nastale od saobraćaja.

U posmatranom ekonomskom okruženju određeni vidovi putničkog saobraćaja, poput železničkog saobraćaja, putničkih automobila i vodnog saobraćaja, imaju primat u svojim najvećim negativnim uticajima na emisiju zagađujućih materija u vazduhu nastalih od aktivnosti saobraćaja dok jedino najmanji negativan uticaj ostvaruje vazdušni putnički saobraćaj.

4.2.2. Rezultati u domenu teretnog saobraćaja

Modelovanje uticaja vidova teretnog saobraćaja na zagađenje vazduha, već predstavljenom veštačkom neuronskom mrežom, izvršeno je na osnovu ulaznih i izlaznih promenljivih (slika 7). Ulazni parametri koji su korišćeni u ovom modelu

su (tonski kilometri ostvareni drumskim, železničkim, vazdušnim i pomorskim saobraćajem). Kao izlazni parametri analizirane su emisije GHG, ugljen-dioksida, azotnih oksida, suspendovanih čestica i sumpor-dioksida, respektivno.



Slika 7. ANN model za određivanje uticaja vidova teretnog saobraćaja na zagađenje vazduha

Na osnovu dobijenih RMSE greški posle treniranja i testiranja veštačke neuronske mreže uticaji ulaznih parametara teretnog saobraćaja na zagađenje vazduha dati su u tabeli 10.

Na osnovu predstavljenih rezultata može se videti da ulazni parametar TTg (drumski saobraćaj robe) ima najmanju RMSE grešku treniranja i prema tome ima najveći uticaj na emisiju azotnih oksida. Takođe, ulazni parametar RTg (železnički saobraćaj robe) ima najmanju RMSE grešku treniranja i najveći uticaj na emisiju ugljen-dioksida i najveće RMSE greške treniranja odnosno najmanje uticaje na emisije GHG, azotnih oksida, suspendovanih čestica i sumpor-dioksida. Ulazni parametar ATg (vazdušni saobraćaj robe) je zabeležio najmanje RMSE greške treniranja i najveće uticaje na emisije GHG, suspendovanih čestica i sumpor-dioksida dok najveću RMSE grešku treniranja tj. najmanji uticaj ima na emisiju ugljen-dioksida.

Tabela 10. Uticaji vidova teretnog saobraćaja na zagađenje vazduha

Ulazne promenljive	GHG		CO ₂		NO _x		PM _{2,5}		SO ₂	
	RMSE		RMSE		RMSE		RMSE		RMSE	
	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje
TTg	44,0520	48,7873	9,3125	14,0945	<u>16,0271</u>	27,1264	8207,5157	11396,3245	5459,2840	6289,4973
RTg	<u>44,8247</u>	49,6153	<u>9,1431</u>	13,7122	<u>16,9193</u>	24,2202	<u>8238,2544</u>	10582,0296	<u>5563,5410</u>	6946,5495
ATg	<u>15,0410</u>	30,2506	<u>9,3363</u>	16,3130	16,6346	21,5914	<u>3555,4047</u>	22031,8779	<u>1626,1842</u>	2831,619
WTg	29,6325	38,7412	9,2163	15,3210	16,2934	22,4673	5719,0342	13901,7765	2793,5332	3197,9976
IWT	36,5132	41,5142	9,2796	16,2176	16,4375	26,9021	6987,0713	17761,2209	3576,7890	4997,2504

Na osnovu analize dobijenih uticaja može se zaključiti da, u cilju smanjenja emisija GHG, suspendovanih čestica i sumpor-dioksida je potrebno usmeriti transport robe sa vazdušnog na ostale vidove saobraćaja a najviše na železnicu.

U sledećem koraku su analizirani uticaji dva ulazna parametara putničkog saobraćaja i pokrivena sve kombinacije istih na emisiju zagađujućih materija (tabela 11).

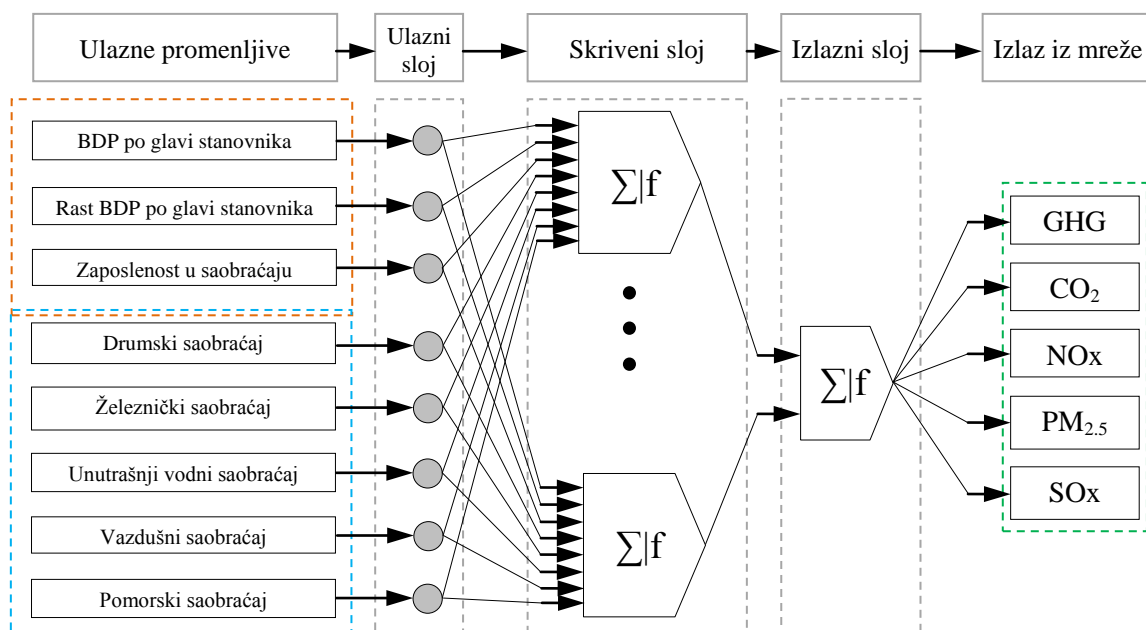
Tabela 11. Uticaji kombinacija vidova teretnog saobraćaja na zagađenje vazduha

Ulazne promenljive Kombinacija		GHG		CO ₂		NO _x		PM _{2,5}		SO ₂	
		RMSE		RMSE		RMSE		RMSE		RMSE	
		treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje
TTg	RTg	<u>17,3771</u>	247,5521	<u>2,7542</u>	67,3864	<u>2,3224</u>	123,8013	8207,515	11396,3245	<u>4512,1694</u>	13579,3155
TTg	ATg	<u>7,4007</u>	1589,9526	3,5150	624,9347	3,2472	251,2381	<u>8238,254</u>	10582,0296	<u>251,7107</u>	28526,1405
TTg	WTg	9,9321	376,654	2,9972	678,0032	2,5576	157,9321	8213,322	10987,3322	987,7765	2197,9006
TTg	IWT	11,7521	298,9980	3,3233	576,7765	2,9853	193,7312	8221,991	11239,9987	2143,5543	2431,7654
RTg	ATg	12,2700	465,6433	6,4872	319,6923	10,9938	259,3019	<u>3555,404</u>	8031,877	713,3418	27127,2266
RTg	WTg	12,6541	487,901	7,912	412,918	11,441	276,901	3711,331	8089,001	715,413	29811,887
RTg	IWT	13,213	491,321	<u>8,233</u>	441,901	<u>11,988</u>	299,811	3901,221	8978,221	717,004	29977,776
ATg	WTg	17,205	49,221	6,570	156,706	9,992	39,997	6997,991	108245,766	671,998	34398,667
ATg	IWT	16,947	48,147	6,895	254,458	8,876	124,529	6285,358	107572,292	634,742	33965,417
WTg	IWT	16,901	47,361	5,760	132,775	9,141	37,113	6975,554	101051,776	576,322	33374,774

Na osnovu dobijenih rezultata može se uočiti da kombinacije ulaznih parametara TTg (drumski saobraćaj robe) i RTg (železnički saobraćaj robe), TTg (drumski saobraćaj robe) i ATg (vazdušni saobraćaj robe) kao i RTg (železnički saobraćaj robe) i ATg (vazdušni saobraćaj robe) imaju najmanje RMSE greške treniranja i prema tome imaju najveći uticaj, respektivno, na emisije ugljen-dioksida i azotnih oksida, GHG i sumpor-dioksida kao i suspendovanih čestica. Kombinacije ulaznih parametara TTg (drumski saobraćaj robe) i RTg (železnički saobraćaj robe), TTg (drumski saobraćaj robe) i ATg (vazdušni saobraćaj robe) kao i RTg (železnički saobraćaj robe) i IWT (unutrašnji vodni saobraćaj robe) imaju najveće RMSE greške treniranja odnosno najmanje uticaje, respektivno, na emisiju GHG i sumpor-dioksida, suspendovanih čestica i ugljen-dioksida i azotnih oksida.

Kombinacija RTg (železnički saobraćaj) i IWT (unutrašnji vodni saobraćaj) predstavlja optimalnu za transport robe kako bi se vršila najmanja emisija ugljen-dioksida i azotnih oksida. Takođe, potrebno je izbegavati sledeću kombinaciju vidova saobraćaja, RTg (železnički saobraćaj robe) i ATg (vazdušni saobraćaj robe), zbog njenog najvećeg uticaja na emisiju suspendovanih čestica nastalih od saobraćaja.

U drugoj varijanti modela veštačkom neuronskom mrežom izvršeno je modelovanje uticaja vidova teretnog saobraćaja i različitih ekonomskih parametara, na zagađenje vazduha, na osnovu ulaznih i izlaznih promenljivih (slika 8). Ulazni parametri koji su korišćeni u ovom modelu su (BDP izraženim u US\$, rast BDP po glavi stanovnika na godišnjem nivou u procentima, zaposlenost u saobraćaju prema broju zaposlenih, tonski kilometri ostvareni drumskim, železničkim, vazdušnim i unutrašnjim vodnim putevima i tona prevezenih pomorskim saobraćajem). Kao izlazni parametri analizirane su emisije GHG, ugljen-dioksida, azotnih oksida, suspendovanih čestica i sumpor-dioksida, respektivno.



Slika 8. ANN model za određivanje uticaja vidova teretnog saobraćaja i različitih ekonomskih parametara I na zagađenje vazduha

U tabeli 12 date su RMSE greške posle treniranja i testiranja veštačke neuronske mreže za uticaj ulaznih parametara na emisije zagađujućih polutanata nastalih od aktivnosti saobraćaja. Na osnovu dobijenih rezultata može se videti da ulazni parametar ZUS (zaposlenost u saobraćaju) ima najmanje RMSE greške treniranja i prema tome ima najveći uticaj na posmatrane emisije koje uzrokuje saobraćaj. Dok sa druge strane, ulazni parametar WTg (pomorski saobraćaj robe) usled najmanjih RMSE greški treniranja ima najmanje uticaje na posmatrane emisije nastale od saobraćaja.

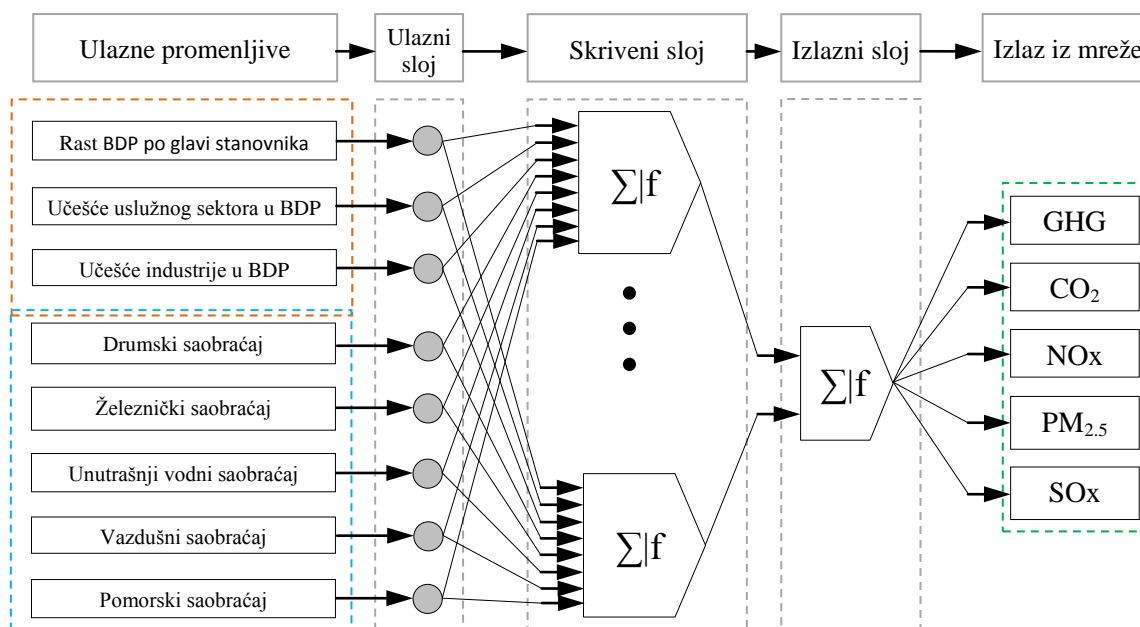
U posmatranom ekonomskom okruženju jedino zaposlenost u saobraćaju beleži najveće uticaje na emisiju svakog pojedinačnog polutanta u vazduhu, nastale od aktivnosti saobraćaja, dok sa druge strane samo vodni putnički saobraćaj ima najmanje uticaje na posmatrane zagađujuće emisije.

Nakon sprovedene analize sa ekonomskim parametrima BDP po glavi stanovnika, rast BDP po glavi stanovnika i zaposlenost u saobraćaju i parametara kao što su tonski kilometri ostvareni drumskim, železničkim, vazdušnim i unutrašnjim vodnim putevima i tona ostvarenih pomorskim saobraćajem, u trećoj varijanti modela veštačkom neuronskom mrežom izvršeno je modelovanje i sa sledećim

Tabela 12. Uticaji vidova teretnog saobraćaja i različitih ekonomskih parametara I na zagađenje vazduha

	GHG		CO ₂		NO _x		PM _{2.5}		SO ₂	
	RMSE		RMSE		RMSE		RMSE		RMSE	
	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje
GDP	23,4340	55,8996	29,6409	62,2301	6543,3827	11490,4339	6194,6415	10287,480	3556,2741	6838,2143
GGDP	40,3497	76,8580	45,2706	78,9940	13813,5801	21608,9233	10616,2548	15276,276	3563,7241	11740,3519
ZUS	<u>5.0574</u>	10,2618	<u>17.4269</u>	27,8217	<u>1397.1458</u>	14150,8459	<u>832.7830</u>	11399,829	<u>578.0056</u>	22309,7564
TTg	21,765	25,997	29,445	33,197	2975,3397	3554,3211	5987,9901	7811,3211	2987,5443	3391,9019
RTg	10,2887	87,7950	26,7194	61,1278	3067,4814	11255,3470	1619,8486	15229,671	1448,0735	103206,3938
IWT	37,3117	796,6134	40,1814	997,6846	15513,2265	19974,0538	9592,7346	21250,453	6452,5142	24368,3719
ATg	30,3732	103,8319	29,5812	79,8403	15319,2244	25790,8293	7837,3768	23117,677	7494,1191	9396,8759
WTg	<u>194.4959</u>	233,0130	<u>324.5079</u>	355,1868	<u>37862.4238</u>	39204,9651	<u>46423.8606</u>	51440,838	<u>11167.316</u>	11197,9343

ekonomskim parametrima: rast BDP po glavi stanovnika na godišnjem nivou u procentima, učešće uslužnog sektora i industrije u BDP procentualno. Kao izlazni parametri analizirane su emisije GHG, ugljen-dioksida, azotnih oksida, suspendovanih čestica i sumpor-dioksida, respektivno, nastalih od saobraćaja (slika 9).



Slika 9. ANN model za određivanje uticaja vidova teretnog saobraćaja i različitih ekonomskih parametara II na zagađenje vazduha

U tabeli 13 date su RMSE greške posle treniranja i testiranja veštačke neuronske mreže za uticaj ulaznih parametara na emisije zagađujućih polutanata nastalih od aktivnosti saobraćaja.

Tabela 13. Uticaji vidova teretnog saobraćaja i različitih ekonomskih parametara II na zagađenje vazduha

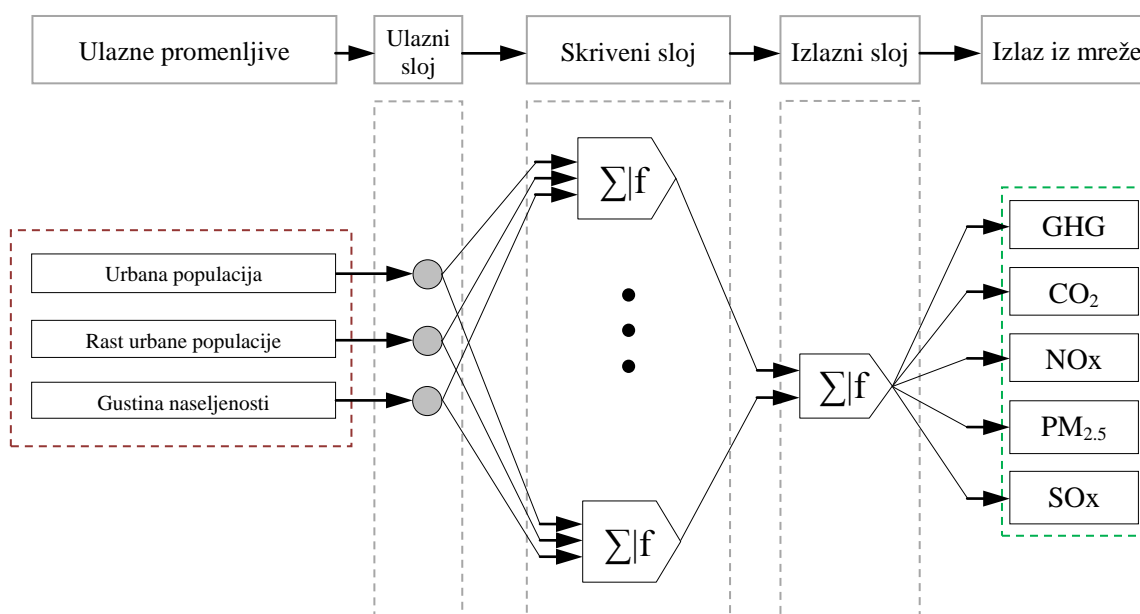
	GHG		CO ₂		NO _x		PM _{2.5}		SO ₂	
	RMSE		RMSE		RMSE		RMSE		RMSE	
	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje
GGDP	40,3497	76,8580	45,2706	78,9940	13813,5801	21608,9233	10616,2548	15276,2763	3563,7241	11740,3519
SGDP	21,0369	239,5391	20,2497	197,6533	9270,5175	102269,4303	5996,0359	69315,6113	3288,0413	33283,2772
IGDP	31,0438	150,0502	26,1414	143,1156	14748,8568	55666,3970	8686,6048	37787,2335	6218,5587	18061,1168
TTg	27,991	198,991	29,776	176,332	6876,9981	59789,9976	6678,9713	10991,7765	4798,5441	20901,991
RTg	10,2887	87,7950	26,7194	61,1278	3067,4814	116255,3470	1619,8486	15229,6718	1448,0735	103206,3938
IWT	37,3117	796,6134	40,1814	997,6846	15513,2265	195974,0538	9592,7346	218250,4537	6452,5142	24368,3719
ATg	30,3732	103,8319	29,5812	79,8403	15319,2244	25790,8293	7837,3768	23117,6771	7494,1191	114396,8759
WTg	194,4959	303,0130	324,5079	335,1868	37862,4238	124204,9651	46423,8606	51440,8383	11167,3166	12197,9343

Na osnovu dobijenih rezultata može se konstatovati da ulazni parametri RTg (Železnički teretni saobraćaj) i SGDP (Učešće uslužnog sektora u BDP) imaju najmanje RMSE greške treniranja i prema tome imaju najveće uticaje na emisije, respektivno, GHG, azotnih oksida, suspendovanih čestica i sumpor-dioksida i ugljen-dioksida koje uzrokuje saobraćaj. Dok sa druge strane, ulazni parametar WTg (pomorski saobraćaj robe) usled najmanjih RMSE greški treniranja ima najmanje uticaje na posmatrane emisije nastale od saobraćaja.

U posmatranom ekonomskom okruženju jedino učešće uslužnog sektora u BDP beleži najveći negativan uticaj na ugljen-dioksid, dok određeni vidovi putničkog saobraćaja, poput železničkog, putničkih automobila i vodnog saobraćaja, imaju primat u svojim najvećim negativnim uticajima na emisiju zagađujućih materija u vazduhu nastalih od aktivnosti saobraćaja dok jedino najmanji negativan uticaj ostvaruje vazdušni putnički saobraćaj.

4.2.3. Rezultati u domenu efekata urbanizacije

Koristeći već razvijenu veštačku neuronsku mrežu, modelovanje uticaja urbanizacije na zagađenje vazduha izvršeno je na osnovu ulaznih i izlaznih podataka za države EU u vremenskom intervalu od 2000. do 2014. godine (slika 10). Ulazni parametri koji su korišćeni u ovom modelu su (procenat urbane u ukupnoj populaciji, rast urbane populacije na godišnjem nivou u procentima i gustina naseljenosti prikazanoj u stanovniku po km² države). Kao izlazni parametar analizirana je emisija, u tonama, GHG, ugljen-dioksida, azotnih oksida, suspendovanih čestica i sumpor-dioksida, respektivno.



Slika 10. ANN model za određivanje uticaja urbanizacije na zagađenje vazduha

Kao prvi izlazni parametar je analizirana emisija GHG gasova koje emituje saobraćaj na bazi datih ulaznih parametara. Obzirom da je u fokusu istraživanja u disertaciji formiranje ANN modela za utvrđivanje uticaja pojedinih parametara na pojavu emisije GHG gasova, treba istaći da se validnost modela iskazuje kroz RMSE greške. Ova vrednost pokazuje odstupanje matematičkim ANN modelom dobijene vrednosti od stvarne izmerene vrednosti. Pritom, treba istaći da RMSE greške takođe ukazuje na povezanost ulaznih i izlaznih parametara, kao posledice matematičkog generisanja ulaznih i izlaznih vrednosti i njihove kauzalnosti.

RMSE greške posle treniranja i testiranja veštačke neuronske mreže kao uticaji urbanizacije na zagađenje vazduha nastalo od aktivnosti saobraćaja su dati u tabeli 14.

Tabela 14. Uticaji urbanizacije na zagađenje vazduha

	GHG		CO ₂		NO _x		PM _{2.5}		SO ₂	
	RMSE		RMSE		RMSE		RMSE		RMSE	
	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje	treniranje	testiranje
UP	33,0260	46,6723	43,5233	51,8307	<u>5603,9360</u>	16898,2868	<u>4691,1561</u>	11562,2329	1036,2964	7370,3828
GUP	<u>41,1064</u>	47,3226	<u>52,3932</u>	52,6333	<u>7303,1082</u>	17418,3342	<u>6241,5174</u>	11922,0353	<u>1170,6124</u>	7361,4472
GD	<u>32,9501</u>	44,6723	<u>42,6460</u>	50,7458	6104,3944	28776,5209	5300,5229	57926,4332	<u>932,2739</u>	12284,0244

Na osnovu dobijenih rezultata može se videti da ulazni parametar GD (Gustina naseljenosti) ima najmanju RMSE grešku treniranja. Ovo znači da postoji namanje odstupanje matematički generisanih vrednosti od stvarnih i prema tome, nedvosmisleno se može zaključiti da parametar GD ima najveći uticaj na GHG gasove koje emituje saobraćaj. S druge strane ulazni parametar GUP (Rast urbane populacije) ima najveću RMSE grešku treniranja, odnosno postoji najveće odstupanje matematički generisanih vrednosti od stvarnih. Dakle, može se zaključiti da parametar GUP ima najmanji uticaj na GHG gasove koje emituje saobraćaj.

Dobijeni rezultati ukazuju na činjenicu da ulazni parametar GD (Gustina naseljenosti) ima najmanju RMSE grešku treniranja. Ova činjenica nedvosmisleno dovodi do zaključka da parametar GD ima najveći uticaj na CO₂ koje emituje saobraćaj. Pritom, ulazni parametar GUP (Rast urbane populacije) ima najveću RMSE grešku treniranja. Imajući u vidu da je najveće odstupanje stvarne i projektovane vrednosti, nedvosmisleno se može zaključiti da parametar GUP ima najmanji uticaj na CO₂ koje emituje saobraćaj.

Rezultati ANN analize impliciraju da ulazni parametar UP (Urbana populacija) ima najmanju RMSE grešku treniranja i prema tome ima najveći uticaj na emisiju azotnih oksida. S druge strane ulazni parametar GUP (Rast urbane populacije) ima najveću RMSE grešku treniranja i prema tome ima najmanji uticaj na emisiju azotnih oksida.

Aksiomatska zavisnost ANN generisanih i stvarnih vrednosti ukazuje na činjenicu da ulazni parametar UP (Urbana populacija) ima najmanju RMSE grešku treniranja, odnosno najmanje odstupanje generisanih od stvarnih vrednosti te samim tim ima najveći uticaj na koncentraciju suspendovanih čestica. Pritom, ulazni parametar GUP (Rast urbane populacije) ima najveću RMSE grešku treniranja, odnosno najveće, odstupanje generisanih od stvarnih vrednosti i prema tome ima najmanji uticaj na koncentraciju suspendovanih čestica.

Takođe, dobijeni rezultati ukazuju da ulazni parametar GD (Gustina naseljenosti) ima najmanju RMSE grešku treniranja i prema tome ima najveći uticaj na sumpor-dioksid koje emituje saobraćaj. S druge strane ulazni parametar GUP (Rast urbane populacije) ima najveću RMSE grešku treniranja i prema tome ima najmanji uticaj na sumpor-dioksid koje emituje saobraćaj.

Nakon kvantifikacije uticaja, ANN metodologijom, posmatranih parametara na zagađenje vazduha nastalih aktivnostima saobraćaja, izvršena je klasterizacija država EU i na osnovu utvrđenih najvećih uticaja ispitana je validnost postojanja EKC.

4.3. Primena druge faza modela – Klaster analiza država EU i utvrđivanje zavisnosti izdvojenih faktora i emisija CO₂ i GHG od saobraćaja primenom Kuznetsove ekološke krive

Klaster analiza predstavlja multivarijabilnu tehniku grupisanja sličnih jedinica u različite grupe ili klastere [108] odnosno podelu skupa na podskupove prema određenoj meri udaljenosti. Dok su predmet faktorske analize promenljive, predmet klaster analize su jedinice posmatranja. Međutim, karakteristike jedinica posmatranja, odnosno karakteristike klastera se određuju na osnovu promenljivih.

Iako se početkom XX veka pojavila klaster analiza, ona se počela primenjivati 60-tih godina prošlog veka razvojem tehnike i tehnologije. Danas se koriste statistički softveri u cilju primene klaster analize kao što su Statistica i SPSS. U radu je korišćen softver STATISTICA 8.0 radi primene klaster analize.

Klaster analiza nema mehanizam koji omogućava razliku između relevantnih i nerelevantnih promenljivih na osnovu kojih se formiraju relativno homogeni klasteri. Prema tome, izbor uključenih promenljivih na osnovu kojih se vrši klaster analiza mora biti podvrgnut konceptualnim razmatranjima. Navedeno je veoma važno zato što formirani klasteri zavise od uključenih promenljivih. Rezultati klaster analize zavise i od reprezentativnosti uzorka i od multikolinearnosti promenljivih na osnovu kojih se vrši klaster analiza [109].

Jedna od prednosti klaster analize se ogleda u mogućnosti njene primene u različitim naučnim disciplinama. Istraživači se suočavaju često sa velikim brojem posmatranih jedinica koje poseduju različite karakteristike. Mogućnost interpretacije posmatranih jedinica je moguće nakon primene klaster analize odnosno formiranja klastera. Na osnovu toga može se ukazati da sledeća prednost primene klaster analize predstavlja svođenje karakteristika skupa na karakteristike klastera pri čemu je gubitak informacija koje se odnose na celu populaciju minimalan. Kao glavni nedostatak ove analize je da rešenja njene primene zavise od izbora metode klaster analize.

Nakon kvantifikacije i utvrđivanja najvećih uticaja posmatranih parametara država EU na zagađenje vazduha, izvršena je klaster analiza država EU i ispitana je zakonitost postojanja EKC pri čemu se polazi od emisija GHG i CO₂ nastalih aktivnostima saobraćaja. Klasterizacija predstavlja postupak koji omogućava podelu osnovnog skupa na podskupove ili klustere. Za svaki klaster formira se centar ili težište pri čemu udaljenost ili rastojaje se koristi kao mera sličnosti u ovom slučaju među državama EU. Drugim rečima, vrši se ispitivanje postojanja inverznog U odnosa između posmatranih ulaznih i izlaznih parametara država EU.

4.3.1. Rezultati u domenu međuzavisnosti između zaposlenosti u saobraćaju i CO₂ koji emituje saobraćaj

Primenom klaster analize formirana su četiri klastera polazeći od broja zaposlenih u saobraćaju i CO₂ koji emituje saobraćaj tokom XXI veka. Zaposlenost u saobraćaju predstavlja polaznu osnovu za ispitivanje validnosti EKC zato što je analiza primenom neuronskih mreža ukazala da zaposlenost u odnosu na druge promenljive koje čine ekonomsko okruženje ima najveći uticaj na CO₂ koje emituje saobraćaj. Rezultati deskriptivne statistike za svaki klaster dati su u tabeli 15.

Tabela 15. Klaster analiza na osnovu broja zaposlenih i CO₂ koje emituje saobraćaj

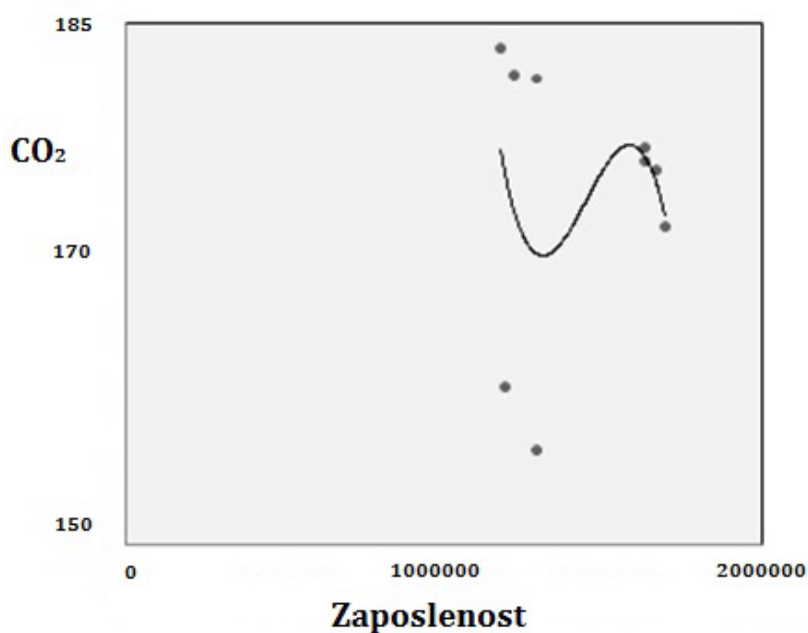
Klaster 1		Klaster 2		Klaster 3		Klaster 4	
Članovi	Rastojanje	Članovi	Rastojanje	Članovi	Rastojanje	Članovi	Rastojanje
Francuska	139210,00	Italija	107469,70	Austrija	38888,14	Bugarska	52670,34
Nemačka	139210,00	Poljska	184901,80	Belgija	35158,08	Kipar	42435,83
		Španija	80563,60	Češka	16553,44	Danska	39068,22
		Velika Britanija	209063,00	Grčka	45712,35	Estonija	30484,26
				Mađarska	30982,64	Finska	37647,91
				Holandija	98947,75	Irska	7097,48
				Rumunija	37794,36	Latvija	8068,17
						Litvanija	7954,41
						Luksemburg	41340,35
						Malta	50224,63
						Portugal	56038,67
						Slovačka	15975,52
						Slovenija	24350,26

Prvom klasteru pripadaju države koje beleže najveći broj zaposlenih u saobraćaju i najveći CO₂ koji emituje saobraćaj, dok četvrtom klasteru pripadaju države koje beleže najmanji broj zaposlenih u saobraćaju i najmanji CO₂ koji emituje saobraćaj.

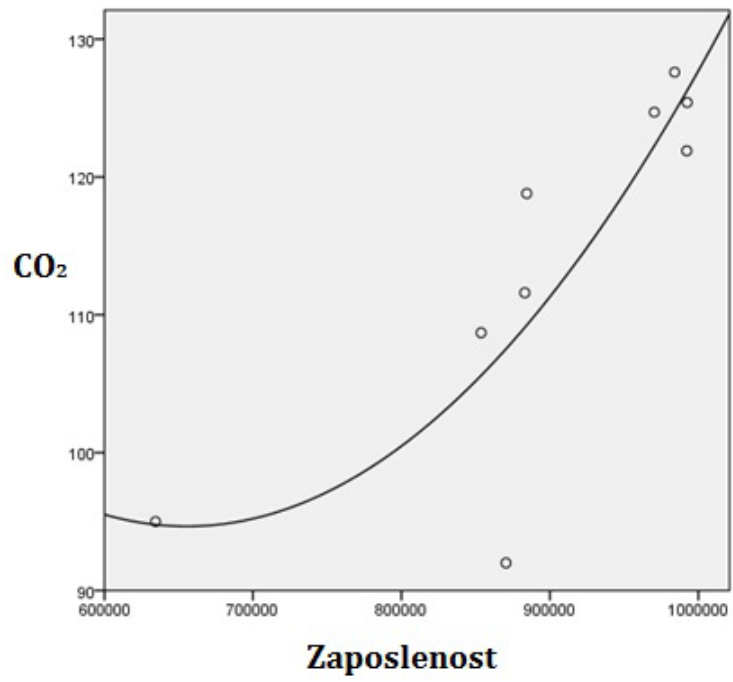
Prvom klasteru pripadaju visoko razvijene države kao što su Francuska i Nemačka a trećem klasteru Austrija, Belgija, Češka, Grčka, Mađarska, Holandija i Rumunija. Slika 11 pokazuje da sa povećanjem broja zaposlenih u saobraćaju povećava se i CO₂ koji emituje saobraćaj do određenog nivoa dok nakon toga svako povećanje broja zaposlenih doprinosi smanjenju CO₂ kada je u pitanju prvi i treći klaster

(slika 11 (a) i c)). Neophodno je ukazati na činjenicu da pri nivou od 1,6 miliona zaposlenih u saobraćaju beleži se smanjenje CO₂ koji emituje saobraćaj kada je u pitanju prvi klaster (slika 11a), odnosno oko 270.000 zaposlenih u saobraćaju kada je u pitanju treći klaster (slika 11c).

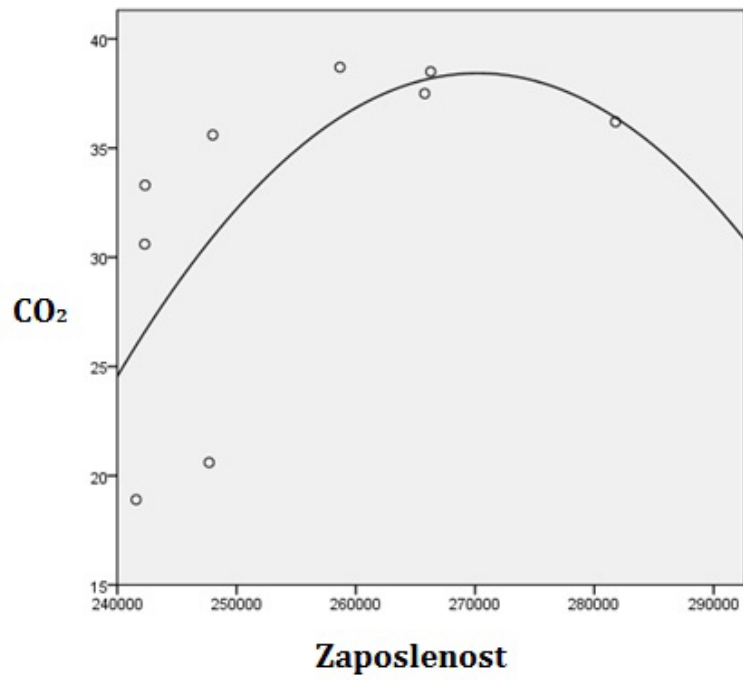
Četvrtom klasteru pripadaju države u tranziciji, kao i Kipar, Danska, Irska, Luksemburg, Malta i Portugalija, dok drugom klasteru pripadaju sledeće države: Italija, Poljska, Španija i Velika Britanija. Drugi klaster beleži manji broj zaposlenih u saobraćaju, kao i manji nivo CO₂ koji emituje saobraćaj u odnosu na prvi klaster. Države koje pripadaju drugom i četvrtom klasteru (slika 11 (b) i d)) beleže povećanje CO₂ koje emituje saobraćaj usled povećanja broja zaposlenih u saobraćaju. Neophodno je ukazati da Hrvatska i Švedska nisu obuhvaćene klaster analizom zbog nedostatka podataka koji se odnose na zaposlenost u saobraćaju.



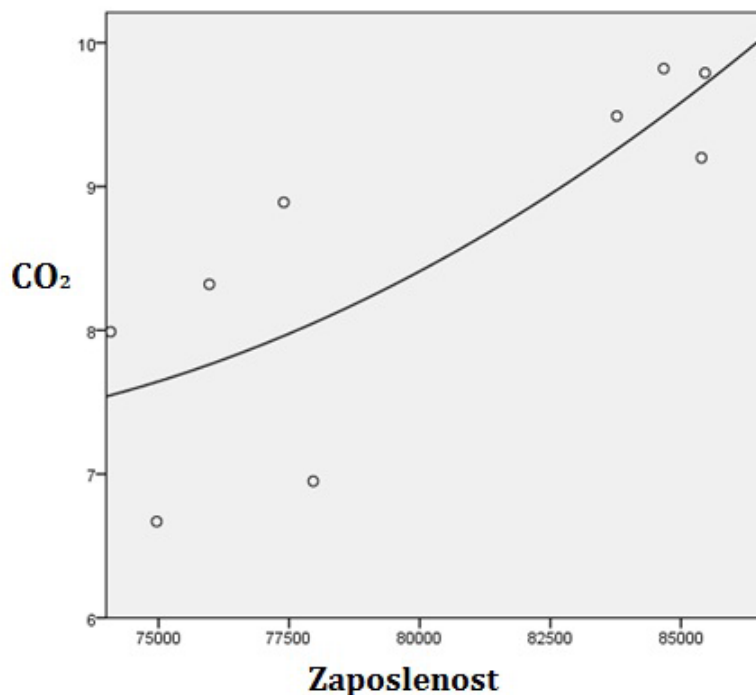
a)



b)



c)



d)

Slika 11. Kretanje prosečnih vrednosti zaposlenosti u saobraćaju i emisije CO₂ koje emituje saobraćaj u periodu od 2000. do 2014. godine respektivno u a) I, b) II, c) III i d) IV klasteru

4.3.1. Rezultati u domenu međuzavisnosti BDP po glavi stanovnika i emisije GHG putem saobraćaja

Polazeći od osnovne forme EKC u nastavku posebna pažnja je posvećena ispitivanju validnosti EKC polazeći od BDP po glavi stanovnika. Primenom klaster analize formirana su tri klastera polazeći od BDP po glavi stanovnika i GHG koju emituje saobraćaj tokom XXI veka. Rezultati deskriptivne statistike za svaki klaster dati su u tabeli 16.

U prvom klasteru se nalaze članice EU koje su zabeležile manju prosečnu vrednost BDP po glavi stanovnika, kao i manju prosečnu vrednost GHG koji emituje saobraćaj u odnosu na drugi klaster. Prvi klaster čine sledeće države: Kipar, Grčka, Italija, Malta, Portugalija, Slovenija i Španija. Posmatrane države do 2008. godine beleže povećanje BDP po glavi stanovnika, odnosno do 2007. godine povećanje emisije GHG nastale od saobraćaja, a nakog toga beleže kako smanjenje emisije

GHG tako smanjenje BDP po glavi stanovnika (slika 12a). Može se zaključiti da kada su posmatrane države dostigle nivo BDP po glavi stanovnika (2008) koji bi doprineo smanjenje emisije GHG nastale od saobraćaja one su usled ekonomske krize počele da beleže smanjenje BDP po glavi stanovnika.

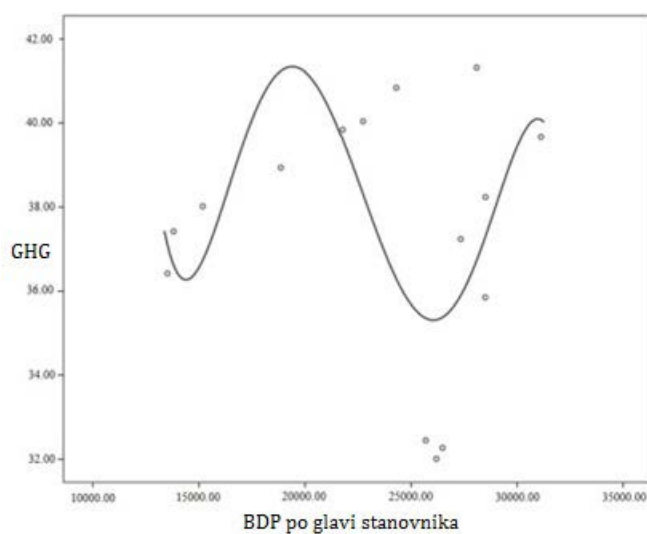
Tabela 16. Klaster analiza na osnovu BDP po glavi stanovnika i emisije GHG nastale od saobraćaja

Klaster 1		Klaster 2		Klaster 3	
Članovi	Rastojanje	Članovi	Rastojanje	Članovi	Rastojanje
Kipar	1902,826	Austrija	4150,63	Bulgarska	4013,021
Grčka	1511,792	Belgija	5588,99	Hrvatska	757,332
Italija	6152,557	Danska	3132,07	Češka Republika	3665,652
Malta	4128,699	Finska	3777,62	Estonija	1847,923
Portugalija	3094,260	Francuska	7549,23	Mađarska	912,204
Slovenija	2646,965	Nemačka	6615,41	Latvija	659,485
Španija	2338,866	Irska	2884,98	Lithuanija	623,774
		Luksemburg	31304,73	Poljska	663,010
		Holandija	2004,20	Rumunija	3083,448
		Švedska	1769,98	Slovačka	2124,844
		Velika Britanija	6421,15		

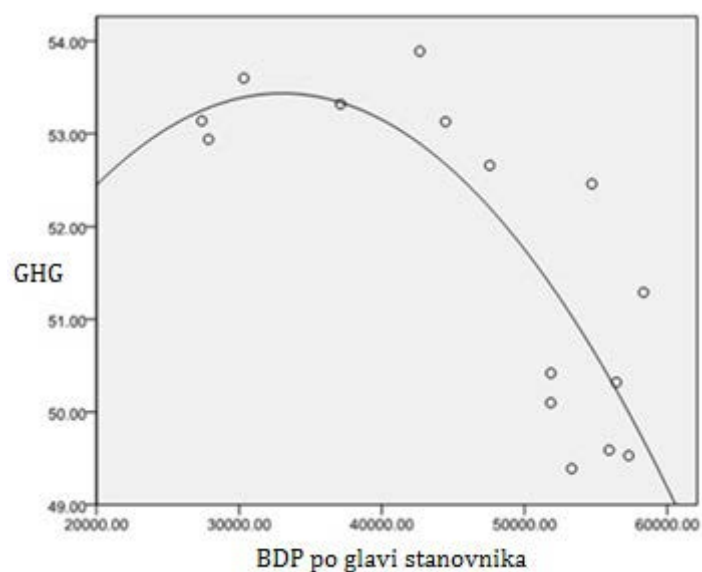
Istovremeno, može se ukazati da posmatrane države za razliku od država koje pripadaju drugom i trećem klasteru beleže smanjenje BDP po glavi stanovnika od 2008. do 2014. godine. Odnosno države koje pripadaju drugom i trećem klasteru beleže smanjenje BDP po glavi stanovnika 2009. i 2010. godine kao posledicu svetske ekonomske krize, a nakon toga beleže povećanje BDP po glavi stanovnika.

Drugi klaster čine države koje beleže najveće prosečne vrednosti BDP po glavi stanovnika i najveću prosečnu emisiju GHG u posmatranom periodu, a to su: Austrija, Belgija, Danska, Finska, Francuska, Nemačka, Irska, Luksemburg, Holandija, Švedska i Velika Britanija. Može se zaključiti da ovom klasteru pripadaju visoko razvijene države koje su istovremeno i najveći zagađivači vazduha. Međutim, neophodno je ukazati da su posmatrane države dostigle nivo BDP po glavi stanovnika gde svako dalje povećanje BDP po glavi stanovnika doprinosi smanjenju emisije GHG nastale od saobraćaja (slika 12b).

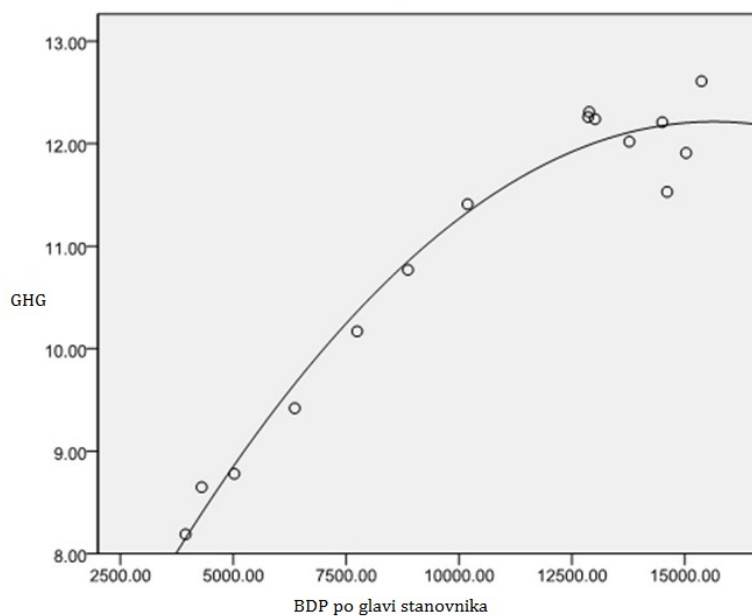
U trećem klasteru se nalaze države koje beleže najmanju prosečnu vrednost BDP po glavi stanovnika i namanju prosečnu vrednost GHG koju emituje saobraćaj u posmatranom periodu. Treći klaster čine sledeće države: Bugarska, Hrvatska, Češka Republika, Estonija, Mađarska, Latvija, Litvanija, Poljska, Rumunija i Slovačka Republika. Treći klaster čine sve države u tranziciji koje su članice EU izuzev Slovenije koja pripada prvom klasteru. Na osnovu prethodno navedenog može se zaključiti da razvijene države beleže visok nivo BDP po glavi stanovnika i visok nivo GHG koju emituje saobraćaj, dok države u tranziciji beleže nizak nivo BDP po glavi stanovnika i nizak nivo GHG koju emituje saobraćaj. Istovremeno, može se ukazati da svako povećanje BDP po glavi stanovnika u državama u tranziciji (izuzev Slovenije) utiče na povećanje GHG koju emituje saobraćaj, odnosno da države u tranziciji još uvek nisu dostigle nivo BDP po glavi stanovnika čije bi povećanje doprinelo smanjenju GHG koju emituje saobraćaj (slika 12c) [107].



a)



b)



c)

Slika 12. Kretanje prosečnih vrednosti BDP po glavi stanovnika i emisije GHG nastale od saobraćaja u periodu od 2000. do 2014. godine respektivno u a) I, b) II i c) III klasteru

Na osnovu napred navedenog može se izvesti zaključak da razvijene države beleže najviši nivo BDP po glavi stanovnika i najviše doprinose zagađenju vazduha, dok države u tranziciji beleže najmanji nivo BDP po glavi stanovnika i najmanje doprinose zagađenju vazduha tokom XXI veka.

4.3.2. Ispitivanje Kuznetsove ekološke krive - Rezultati u domenu međuzavisnosti BDP po glavi stanovnika i CO₂ koje emituje saobraćaj

Primenom klaster analize na osnovu BDP po glavi stanovnika, CO₂ koje emituje saobraćaj i gustine naseljenosti formirana su tri klastera. Tabela 17 sadrži države koje pripadaju I, II i III klasteru, kao i deskriptivnu statistiku posmatranih država.

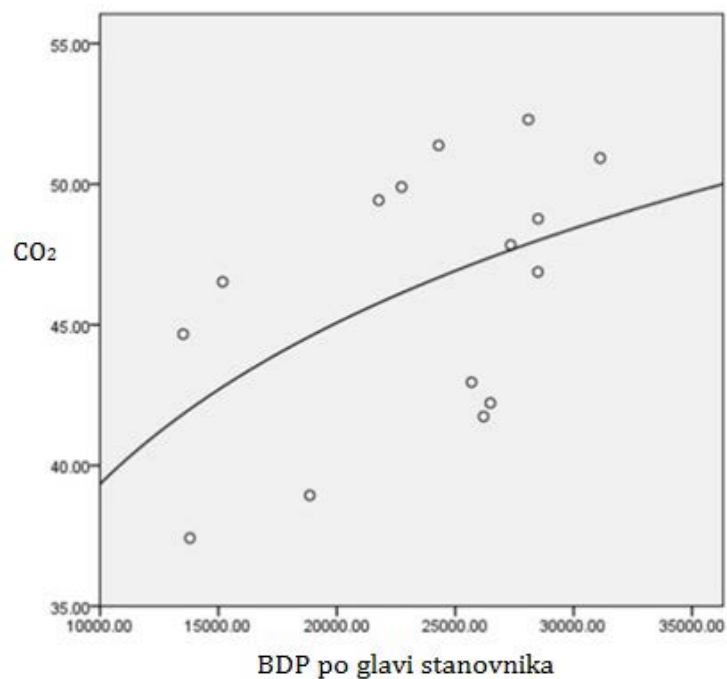
Tabela 17. Klaster analiza na osnovu BDP po glavi stanovnika, CO₂ koje emituje saobraćaj i gustine naseljenosti

Klaster 1		Klaster 2		Klaster 3	
Članovi	Rastojanje	Članovi	Rastojanje	Članovi	Rastojanje
Kipar	1556,741	Austrija	3389,32	Bulgarska	3276,628
Grčka	1239,614	Belgija	4564,49	Hrvatska	618,369
Italija	5023,793	Danska	2557,55	Češka Republika	2993,132
Malta	3419,438	Finska	3085,88	Estonija	1509,123
Portugalija	2528,331	Francuska	6164,05	Mađarska	744,984
Slovenija	2163,844	Nemačka	5401,62	Latvija	539,205
Španija	1913,216	Irska	2356,62	Lituanija	509,205
		Luksemburg	25560,21	Poljska	541,866
		Holandija	1646,09	Rumunija	2517,628
		Švedska	1448,06	Slovačka	1735,004
		Velika Britanija	5243,12		

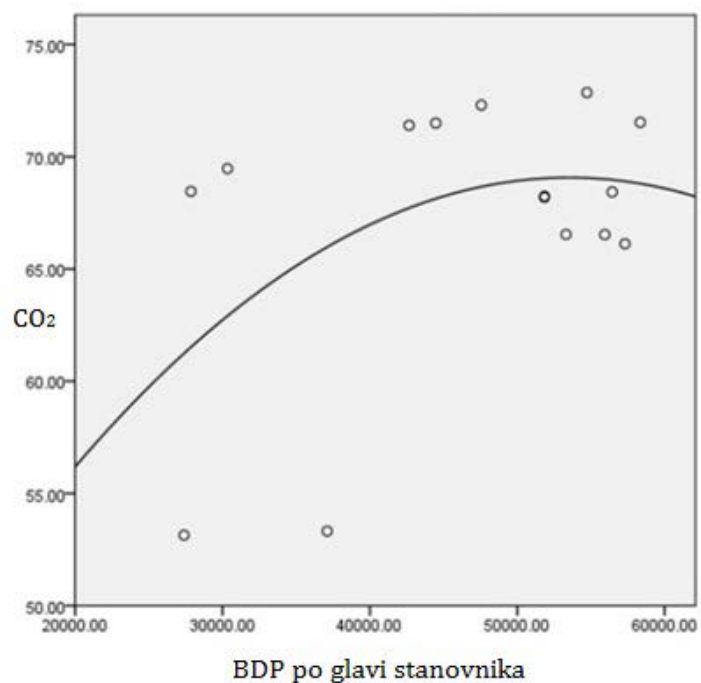
Prvom klasteru pripadaju države koje beleže značajno manji BDP po glavi stanovnika, ali i znatno manji CO₂ koje emituje saobraćaj u odnosu na države koje pripadaju drugom klasteru. Drugom klasteru pripadaju države koje beleže najveći BDP po glavi stanovnika i najveći CO₂ koje emituje saobraćaj. Dok trećem klasteru pripadaju države u tranziciji izuzev Slovenije koje beleže najniži nivo BDP po glavi stanovnika i najmanji CO₂ koje emituje saobraćaj.

Slika 13a pokazuje da države koje pripadaju I klasteru beleže povećanje CO₂ koje emituje saobraćaj usled povećanja BDP po glavi stanovnika, a države koje pripadaju II klasteru (slika 13b) nakon perioda povećanja CO₂ koje emituje saobraćaj usled povećanja BDP po glavi stanovnika su ušle u fazu da povećanje BDP po glavi stanovnika utiče na smanjenje CO₂ koje emituje saobraćaj. II klaster

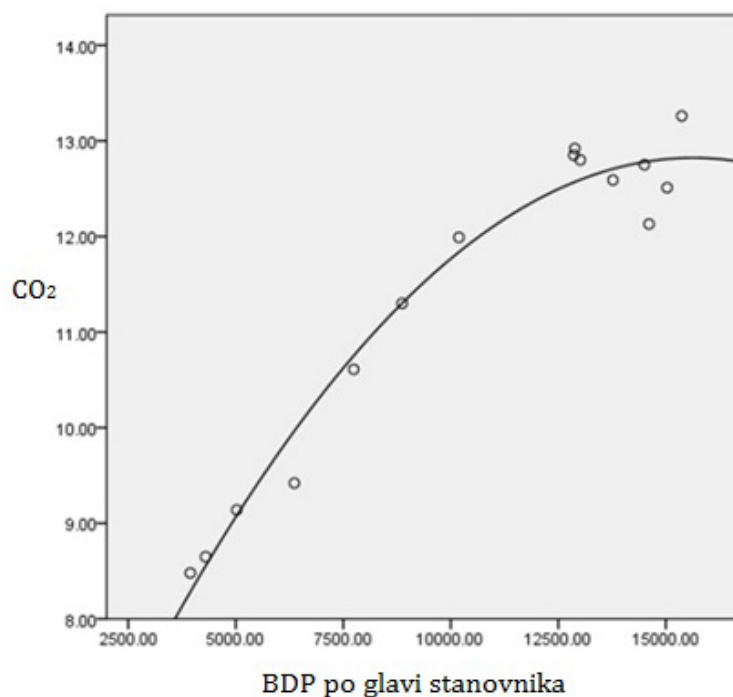
beleži smanjenje CO₂ koje emituje saobraćaj pri nivou BDP po glavi stanovnika od oko 50000 dolara po glavi stanovnika.



a)



b)



c)

Slika 13. Kretanje prosečnih vrednosti BDP po glavi stanovnika i CO₂ koje emituje saobraćaj u periodu od 2000. do 2014. godine respektivno u a) I, b) II i c) III klasteru

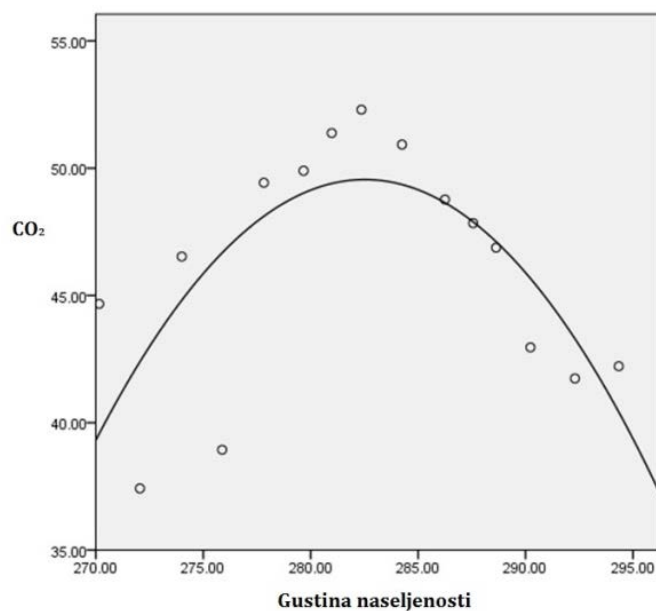
Države koje pripadaju III klasteru (slika 13c) još uvek nisu dostigle BDP po glavi stanovnika koji bi trebalo da doprinese smanjenju CO₂ koje emituje saobraćaj.

4.3.3. Rezultati u domenu međuzavisnosti gustine naseljenosti i CO₂ koje emituje saobraćaj

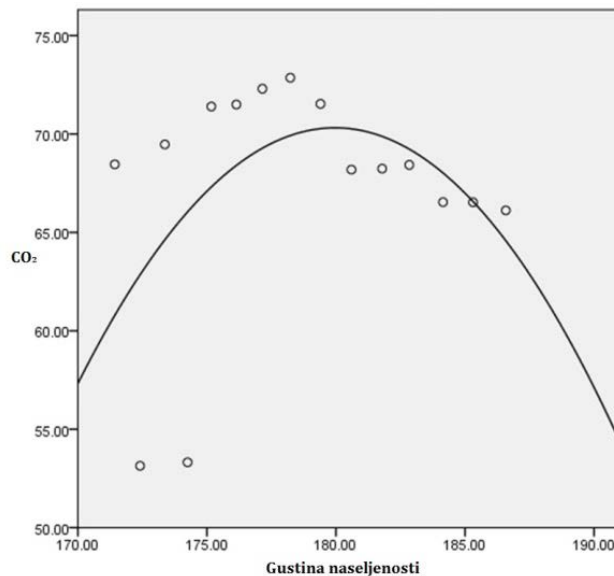
Polazeći od napred izvršene klaster analize u ovom delu biće izvršena analiza kretanja CO₂ koji emituje saobraćaj usled povećanja gustine naseljenosti u okviru posmatranih klastera. Prvom klasteru pripadaju države koje beleže manji BDP po glavi stanovnika i CO₂ koje emituje saobraćaj u odnosu na države koje pripadaju drugom klasteru. Međutim, države koje pripadaju prvom klasteru beleže najveću gustinu naseljenosti, odnosno veću gustinu naseljenosti u odnosu na države koje pripadaju II klasteru. Države koje pripadaju III klasteru beleže najmanji BDP po

glavi stanovnika i CO₂ koje emituje saobraćaj, ali i najmanju gustinu naseljenosti u odnosu na posmatrane klasterne.

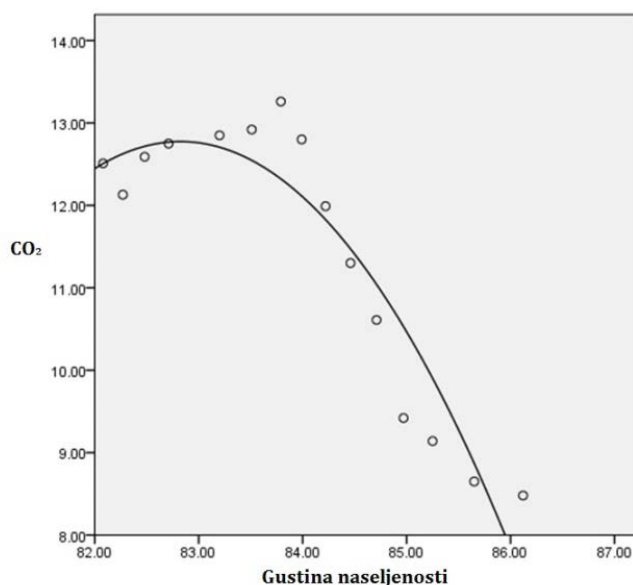
Slika 14 (a) i b)) pokazuje da su države koje pripadaju I i II klasteru u toku XXI veka prošle kroz fazu koju karakteriše povećanje CO₂ koje emituje saobraćaj usled povećanja gustine naseljenosti i ušle u fazu koju karakteriše smanjenje CO₂ koje emituje saobraćaj usled povećanja gustine naseljenosti. Države koje pripadaju III klasteru (slika 14c) su na početku posmatranog perioda nalazile na kraju faze koju karakteriše povećanje CO₂ koje emituje saobraćaj usled povećanja gustine naseljenosti.



a)



b)



c)

Slika 14. Kretanje prosečnih vrednosti CO₂ koje emituje saobraćaj i gustine naseljenosti u periodu od 2000. do 2014. godine respektivno u a) I, b) II i c) III klasteru

Neophodno je ukazati na činjenicu da zabeležena gustina naseljenosti pri kojoj dolazi do smanjenja CO₂ koje emituje saobraćaj nije ista za posmatrane klasterne. Za I klaster to je gustina naseljenosti od oko 280 stn/km², za II klaster zabeležena je gustina naseljenosti od oko 180 stn/km², a za III klaster gustina naseljenosti od oko 82 stn/km².

4.4. Unakrsna analiza rezultata i implikacije na upravljanje uticajima vidovima saobraćaja i urbanizacije na kvalitet vazduha

U cilju prevazilažena nedostataka u literaturi koja se bavi ispitivanjem validnosti EKC, a odnosi se na izostavljanje promenljive, u disertaciji se modelovanjem podataka kroz dvofazni model prvo primenjuju veštačke neuronske mreže radi utvrđivanja uticaja faktora ekonomskog i društvenog okruženja, kao i utvrđivanje doprinosa svakog vida putničkog i teretnog saobraćaja zagađenju vazduha. Rezultati primene veštačkih neuronskih mreža ukazali su da promene ekonomskog i demografskog okruženja mogu doprineti uticaju pojedinih vidova putničkog i teretnog saobraćaja zagađenju vazduha. Na osnovu toga može se zaključiti da je potvrđena hipoteza da vidovi saobraćaja utiču na kvalitet vazduha u zavisnosti od BDP po glavi stanovnika, privrednog rasta i zaposlenosti u saobraćaju. Imajući u vidu činjenicu da se saobraćaj, putnički i teretni, razvija u različitom ekonomskom okruženju u EU, primenjuje se klaster analiza radi ispitivanja validnosti EKC.

Kroz I fazu i ANN/ELM metodologiju izračunati uticaji kombinacija vidova putničkog i teretnog saobraćaja na zagađenje vazduha nisu korišćeni za II fazu i klasterizaciju država EU i ispitivanje postojanja EKC.

Kako rezultati primene veštačkih neuronskih mreža pokazuju da zaposlenost u saobraćaju ima najveći uticaj na CO₂ koji emituje saobraćaj prvo je posvećena pažnja ispitivanju validnosti EKC polazeći od od zaposlenosti u saobraćaju i CO₂ koji emituje saobraćaj. Rezultati ispitivanja su ukazali da su visoko razvijene države (Francuska i Nemačka) pri nivou od 1,6 miliona zaposlenih u saobraćaju dostigli nivo da sa daljim povećanjem zaposlenih u saobraćaju dolazi do smanjenja CO₂ koji emituje saobraćaj. Ostale države EU i dalje se nalaze u fazi kada sa povećanjem broja zaposlenih u saobraćaju dolazi do povećanja CO₂ koji emituje saobraćaj.

Polazeći od forme EKC koji razmatra odnos BDP po glavi stanovnika i CO₂, prvo se ispituje validnost EKC polazeći od BDP po glavi stanovnika i CO₂ koje emituje saobraćaj, kao i od BDP po glavi stanovnika i GHG koji emituje saobraćaj. Rezultati istraživanja su potvrdili validnost postojanja EKC između posmatranih promenljivih. Međutim, neophodno je ukazati na činjenicu da države koje od 2010.

godine su beležile rast BDP po glavi stanovnika dostigle su nivo BDP po glavi stanovnika pri kome sa daljim povećanjem BDP po glavi stanovnika dolazi do smanjenja CO₂ ili GHG koji emituje saobraćaj. Razvijene države pri nivou od oko 35000 dolara po glavi stanovnika kada se posmatra GHG koji emituje saobraćaj, odnosno pri nivou od oko 50000 dolara po glavi stanovnika kada se posmatra CO₂ koji emituje saobraćaj. Države u tranziciji još uvek nisu dostigle BDP po glavi stanovnika čije povećanje utiče na smanjenje GHG ili CO₂ koji emituje saobraćaj. Istovremeno, rezultati su potvrdili hipotezu da privredni rast utiče na CO₂ koji emituje saobraćaj u zavisnosti od nivoa BDP po glavi stanovnika, odnosno do određenog nivoa BDP po glavi stanovnika privredni rast doprinosi povećanju CO₂ koji emituje saobraćaj, a nakon dostignutog nivoa BDP po glavi stanovnika privredni rast doprinosi smanjenju CO₂ koji emituje saobraćaj.

Takođe, u prvoj fazi modela i sprovedena je ANN analiza i na osnovu tako dobijenih rezultata može se zaključiti da gustina naseljenosti ima najveći uticaj na GHG, CO₂ i SO₂ dok ulazni parametar rast urbane populacije ima najmanji uticaj na zagađenje vazduha. Rezultati istraživanja nisu dokazali postavljenu hipotezu da povećanje urbane populacije ima najveći uticaj na CO₂ koji emituje saobraćaj zato što najveći uticaj ima gustina naseljenosti.

Nakon uradjene klaster analize prema gustini naseljenosti i emisije CO₂ nastale od saobraćaja ispitana je validnost postojanja EKC. Prvom klasteru pripadaju države koje beleže manji CO₂ koje emituje saobraćaj u odnosu na države koje pripadaju drugom klasteru. Međutim, države koje pripadaju prvom klasteru beleže najveću gustinu naseljenosti, odnosno veću gustinu naseljenosti u odnosu na države koje pripadaju II klasteru. Države koje pripadaju III klasteru beleže najmanji CO₂ koje emituje saobraćaj, ali i najmanju gustinu naseljenosti u odnosu na posmatrane klasterne.

Dobijena gustina naseljenosti pri kojoj dolazi do smanjenja CO₂ koje emituje saobraćaj nije ista odnosno za I klaster to je gustina naseljenosti od oko 280 stn/km², za II klaster zabeležena je gustina naseljenosti od oko 180 stn/km², a za III klaster gustina naseljenosti od oko 82 stn/km².

5. MODELI ZA EVALUACIJU UTICAJA URBANIZACIJE I VIDOVA SAOBRAĆAJA NA KVALITET VAZDUHA U NIŠU

5.1. Grad Niš i uticaji urbanizacije i saobraćaja na zagađenje vazduha

Niš je najveći grad u jugoistočnoj Srbiji i sedište Nišavskog okruga. Na području Grada Niša, prema popisu iz 2011. godine, je živelo 260.237 stanovnika (tabela 18). Grad Niš predstavlja treći grad po veličini u Srbiji posle Beograda i Novog Sada. Grad Niš zauzima površinu od oko 596,79 km² i predstavlja prostor na kome su disperzno locirane glavne gradske funkcije stanovanja, rada, javnih službi (društvenih delatnosti), kao i svih pratećih funkcija u oblasti saobraćaja, infrastrukture i komunalnih delatnosti.

Tabela 18. Broj stanovnika po popisima 1948-2011.[110]

	Broj stanovnika po popisima							
	1948	1953	1961	1971	1981	1991	2002	2011
Ukupno	109 280	122 100	148 354	195 362	232 563	248 086	250 518	260 237
U gradu	48 206	57 757	80 703	127 395	161 180	179 828	180 068	187 544
Van grada	61 074	64 343	67 651	67 967	71 383	68 258	70 450	72 693

U Nišu, saobraćaj predstavlja jedan od primarnih i najbrže rastućih delatnosti ljudskih aktivnosti koje oslobadjaju štetne materije odnosno polutante kao posledicu sagorevanja fosilnih goriva. Među različitim vidovima saobraćaja, drumski saobraćaj je najodgovorniji za povećanje emisija izduvnih gasova. Grad se susreće sa problemima koje nameće veliki porast broja individualnih vozila, koja zahtevaju više saobraćajnih površina nego što grad može da pruži, a pogoršavaju životne uslove i kvalitet života. Povećani broj putničkih automobila u gradovima ima za posledicu zagušenja saobraćaja i neefikasan javni prevoz kao i pogoršanje životne sredine zbog izduvnih gasova i buke.

Dodatni problem je što se u našoj zemlji, a samim tim i u gradovima, uglavnom koriste vozila koja emituju veće količine polutanata i vozila koja su već dugo u upotrebi, ne retko i preko 20 godina. Svake godine se povećava broj vozila u Nišu

(tabela 19) . Autobusi igraju značajnu ulogu u saobraćajnom sistemu grada Niša i to kao prvenstveno dostupno i prihvatljivo sredstvo prevoza i kao sredstvo za masovni prevoz građana. Opšti značaj autobusnog saobraćaja za grad Niš i njegovo korišćenje prvenstveno se odnose na pitanje urbane mobilnosti. Povećanje broja vozila i obima saobraćaja najviše ugrožava kvalitet životne sredine tj. izloženost stanovništva lošem kvalitetu vazduha i negativnom uticaju buke.

Tabela 19. Registrovana motorna i priključna vozila na teritoriji Niša u periodu 2006-2015. [110]

	Mopedi i motocikli	Putnički automobili	Spec. putnička vozila	Autobusi	Teretna vozila	Spec. teretna	Radna vozila	Drumski tegljači	Priključna vozila
2006	545	57521	687	502	3364	1071	31	107	403
2007	731	59534	662	500	3597	1152	37	112	458
2008	958	59105	617	467	3635	1034	73	102	479
2009	1074	62971	644	504	3801	1049	74	105	490
2010	943	36849	-	293	2687	-	13	105	589
2011	1077	60481	-	449	3970	-	59	107	2126
2012	1576	62590	-	455	3570	-	74	648	2317
2013	1706	64026	-	469	3487	-	90	883	2451
2014	1965	64717	-	485	4530	-	93	902	2536
2015	1772	62025	-	489	4328	-	127	999	2470

Uzorkovanje ambijentalnog vazduha i laboratorijsko ispitivanje vazduha u Nišu vrši svakog dana, Institut za javno zdravlje Niš, akreditovanim metodama. Rezultati ispitivanja tumače se u skladu sa Zakonom o zaštiti vazduha (Sl. glasnik RS br. 36/09) i Uredbom o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha (Sl. glasnik RS br. 11/2010 i 75/2010) [111]. Provera kvaliteta merenja, način obrade i prikaza rezultata i ocena njihove pouzdanosti i verodostojnosti, sprovedeno je prema propisanim metodama merenja i zahtevima standarda SRPS ISO/IEC 17025.

Da bi podaci dobijeni monitoringom vazduha mogli da se koriste u proceni ekspozicije neophodno je da se merna mesta postave na takozvane "vruće tačke" koje su neposredno uz velike emitere aerozagađenja, kao i pozadinske lokacije da bi se što bolje utvrdila izloženost celokupnog stanovništva. U zavisnosti od polutanta koji se posmatra potrebno je pokriti veći broj lokacija različitog tipa da

bi se stekla kompletna slika o ukupnoj izloženosti. Broj mernih mesta veoma često nije sasvim adekvatan jer je ograničen materijalnim mogućnostima.

Monitoring buke se vrši sistematskim merenjem, ispitivanjem i ocenjivanjem indikatora buke, fizičkih veličina kojima se opisuje buka u životnoj sredini i koje su vezane za štetni efekat buke. Postupak merenja buke u životnoj sredini bio je obavljen kroz Proceduru za sprovođenje laboratorijskog ispitivanja (Q.CTI.PR.03) i Uputstva za merenje buke u životnoj sredini (Q.CTI.UP.10). Pozicija merne tačke u odnosu na susedne objekte i saobraćajnice je bila usklađena sa standardom SRPS ISO 1996. Monitoring stanja nivoa buke na teritoriji grada Niša se organizuje na nivou dnevne, nedeljne i mesečne dinamike, za karakteristične vremenske intervale dnevnog i noćnog perioda vremena od strane Laboratorije za buku i vibracije u sastavu Fakulteta zaštite na radu Univerziteta u Nišu. Procedura kontinuiranog monitoringa nivoa buke traje 12 meseci. Mesečna dinamika podrazumeva definisanje vremenske zavisnosti postojećeg stanja nivoa buke na 8 mernih tačaka u okviru definisanih mernih lokaliteta, što ukupno iznosi 40 merenja parametara buke sa definisanjem parametara saobraćaja i saobraćajnica [112]. Merni intervali su izabrani tako da se njima obuhvati ceo ciklus promena nivoa posmatrane buke u toku dnevnog i noćnog perioda vremena. Istovremeno sa merenjem zagađenja bukom prate se i frekvencije putničkih, lakih i teških teretnih vozila, autobusa i motocikala na istim lokacijama.

Petrović i saradnici u radu [113] izvršili su procenu kvaliteta životne sredine, na deset lokacija, na osnovu izmerenih koncentracija štetnih materija u vazduhu i nivoa buke za 2011. godinu. Takođe identifikovana je lokacija na teritoriji grada Niša sa najnižim kvalitetom životne sredine. Osnovna hipoteza od koje se polazilo je da postoji nejednakost kvaliteta životne sredine na teritoriji grada Niša. Na osnovu indikatora kvaliteta životne sredine i težinskih koeficijenata dobijenih metodom Entropije, a primenom višekriterijumske metode VIKOR izvršeno je rangiranje posmatranih alternativa, odnosno posmatranih lokaliteta na teritoriji grada Niša.

5.2. Opis modela

Saobraćaj predstavlja jedan od najvećih izvora zagađenja vazduha u gradskim sredinama sa očekivanom tendencijom njegovog povećanja u budućnosti. Za unapredjenje urbane mobilnosti obaveze EU su na visokom nivou za smanjenje emisija, prevedene u konkretne ciljeve smanjenja emisije GHG za zemlje članice, pitanja javnog zdravstva i njihova povezanost sa kvalitetom vazduha i ciljevima za kvalitet vazduha u EU, sigurnosti goriva i neophodnost prelaska na alternativne izvore energije. Mere politike životne sredine mogu doprineti ostvarivanju dugoročnih ciljeva pri čemu novi načini mobilnosti stanovnika mogu imati značajnu ulogu. Međutim, odluku treba doneti i na lokalnom nivou. U vremenu brzih promena ekonomskih uslova, gradovi moraju donositi odluke ka uspostavljanju održivog saobraćaja o troškovima u ograničenom budžetu, koje su, takođe, u skladu sa svojim lokalnim ciljevima o kvalitetu vazduha.

U cilju stvarivanja strategije održivog saobraćaja, kao i realizacije povećanja saobraćajnih zahteva usled povećanja prometa putnika u javnom prevozu, primena autobusa na alternativni pogon sve više dobija na značaju u evropskim gradovima. Međutim, autobusi na alternativni pogon imaju različiti uticaj na zagađenje vazduha, pri čemu su ulaganja i troškovi njihovog korišćenja različiti.

Analogno prethodno razvijenim ANN modelima za podatke na nivou država EU u ovom poglavlju upotrebljena je ista metodologija za kreiranje modela na lokalnom nivou odnosno za grad Niš, kako bi se odredili uticaji urbanizacije (rast ruralne populacije, ruralna populacija, rast populacije, rast urbane populacije i urbana populacija) i frekvencije (putničkih, lakih teretnih, teških teretnih vozila, autobusa i motocikala) na zagađenje vazduha koja potiču od aktivnosti saobraćaja.

Prilikom donošenja odluka često se postavlja pitanje izbora najbolje odluke. Višekriterijumsko odlučivanje odnosi se na situacije odlučivanja u kojima je prisutan veći broj najčešće konfliktnih kriterijuma. Da bi se donela dobra odluka, potrebno je detaljnije odrediti alternative definisanjem odgovarajućih kriterijuma. Tipični način prikazivanja problema višeatributnog odlučivanja je matična forma. U problemima

višeatributnog odlučivanja pravilo je da se alternative opisuju sa dve vrste atributa: kvalitativnim i kvantitativnim. Usled toga pojavljuju se problemi koji su dvojake prirode: kako upoređivati dve vrste atributa i kako tretirati različite (nehomogene) jedinice mere. Pored toga za svaki kriterijum se određuje da li je potrebno izabrati alternativu tako da kriterijum bude minimalan ili maksimalan, odnosno šta je priroda tog kriterijuma. Nakon toga se po svakom kriterijumu posebno ocenjuju alternative na bazi egzaktno utvrđenih parametara ili subjektivne procene.

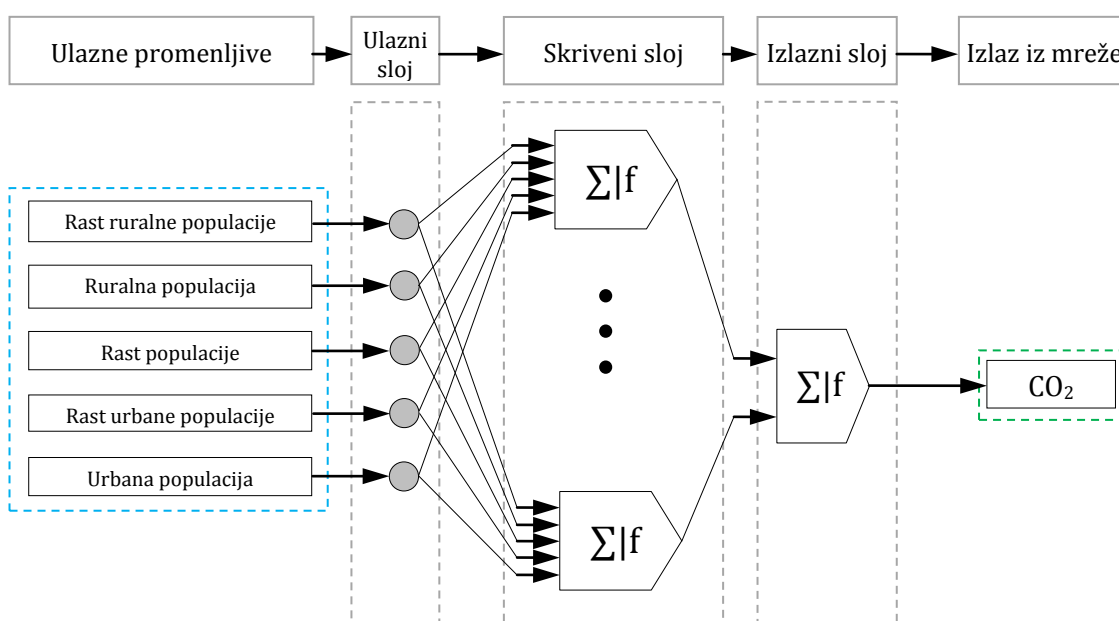
Od šezdesetih godina prošlog veka pa do danas, razvijen je veliki broj metoda, koje mogu više ili manje uspešno da reše većinu realnih višekriterijumskih problema. Prema tipu informacija, sve navedene metode su podeljene u dve grupe [114]. Prva grupa su metode bez informacija o kriterijumima: Metoda dominacije, MAXIMIN metoda, MAXIMAX metoda. Druga grupa su metode za koje su potrebne određene informacije o kriterijumima: Konjuktivna metoda, Disjunktivna metoda, Leksikografska metoda, Metoda linearnog dodeljivanja, Metoda jednostavnih aditivnih težina, Analitički hijerarhijski proces, ELECTRE, TOPSIS, PROMETHEE. Neke metode višekriterijumske analize imaju više verzija (npr. ELECTRE I, II, II i IV, ili PROMETHEE 1 i 2).

Nakon izbora višekriterijumske metode potrebno je i definisati težinske koeficijente za svaki kriterijum, odnosno važnost svakog kriterijuma u odnosu na druge.

Sprovedena je kvantitativna i kvalitativna analiza aktuelnih alternativnih tehnologija autobusa za grad Niš, polazeći od usvojenih kriterijuma, primenom višekriterijumske TOPSIS metode u kojoj su težinski koeficijenti dobijeni CRITIC metodom u okviru koje su korišćene različite vrste normalizacija. Kriterijumi na osnovu kojih se vrši rangiranje predstavljaju performanse alternativnih pogonskih sistema i goriva kod autobusa polazeći od njihovog uticaja na zagađenje vazduha, formiranja buke, kao i od troškova njihovog korišćenja i potrošnje energije.

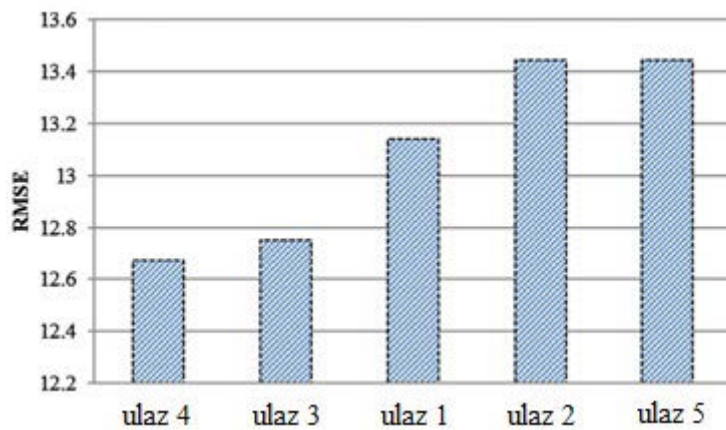
5.3. Rezultati primena modela na bazi ANN za utvrđivanje uticaja urbanizacije na zagađenje vazduha u gradu Nišu

Petrović i saradnici u radu [106] analizirali su uticaje rasta populacije grada Niša na emisiju ugljen-dioksida shodno podacima za 2013. godinu. Kao ulazni podaci za analizu emisije ugljen-dioksida korišćeni su sledeći parametri, respektivno: rast ruralne populacije, ruralna populacija, rast populacije, rast urbane populacije i urbana populacija (slika 15).



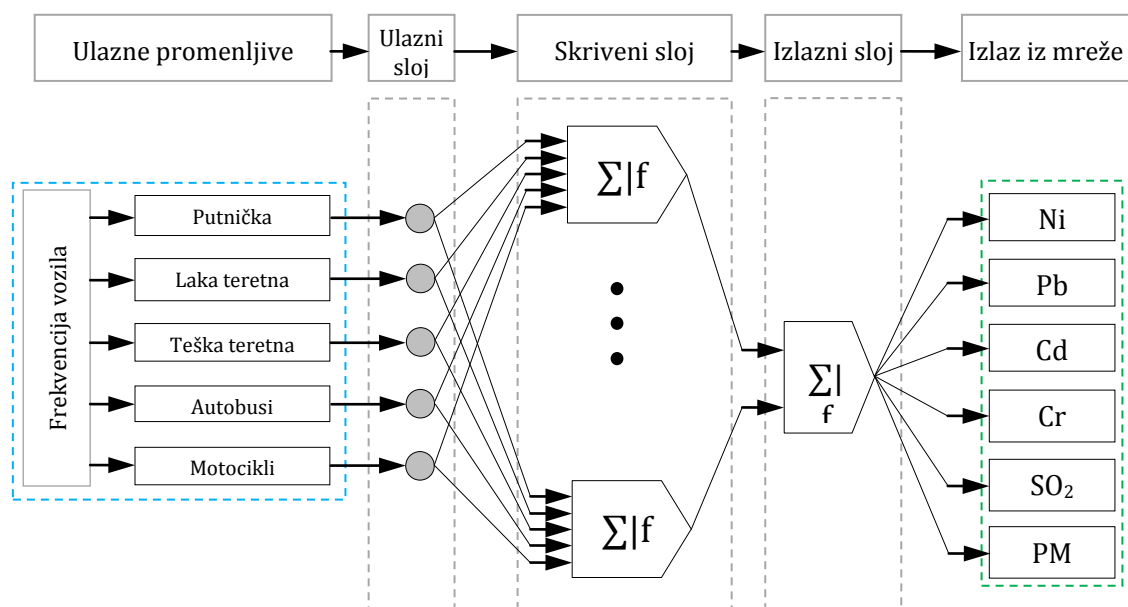
Slika 15. ANN model za određivanje uticaja urbanizacije na ugljen-dioksid

Za date podatke primenjena je ANN metodologija kako bi se utvrdili uticaji ulaznih na izlazni parametar. Mreža je obučavana za svaki ulaz kako bi se utvrdili uticaji parametara urbanizacije na ugljen-dioksid. Aksiomska zavisnost ANN generisanih i stvarnih vrednosti ukazuje na činjenicu da ulazni parametar 4 sa najmanjom RMSE greškom imao je najveći uticaj na emisiju ugljen -dioksida, odnosno najmanje odstupanje generisanih od stvarnih vrednosti te samim tim rast urbane populacije ima najveći uticaj na emisiju ugljen-dioksida (slika 16).



Slika 16. Uticaji parametara urbanizacije na ugljen-dioksid [104]

Takođe u istom radu [106], shodno podacima za 2013. godinu, na osam mernih lokacija, Medijana (MK Božidar Adžije), Palilula (Palilulska rampa), Pantelej (MK Ratko Pavlović), Crveni krst (Bul. 12. Februar), Niška Banja (Zdravstvena stanica), Medijana (OŠ Dušan Radović), Obilićev venac (MK Duško Radović), Železnička stanica (MK Ledena stena), vršeno je određivanje uticaja frekvencije putničkih, lakih teretnih vozila, teških teretnih vozila, autobusa i motocikala na sumpor dioksid, čađ, nikl, olovo, kadmijum i hrom (slika 17).



Slika 17. ANN model za određivanje uticaja frekvencije vozila na zagađenje vazduha

ELM metoda u okviru ANN je korišćena jer je veoma robusna kod eksperimentalnih grešaka podataka i može se baviti podacima sa visokom nelinearnošću

Aksiomska zavisnost ANN generisanih i stvarnih vrednosti ukazuje na činjenicu da ulazi sa najmanjom RMSE greškom imaju najveći uticaj na određenu koncentraciju u vazduhu (tabela 20) odnosno frekvencija:

- lakih teretnih vozila ima najveći uticaj na koncentraciju nikla,
- putničkih vozila ima najveći uticaj na koncentraciju olova i sumpor-dioksida,
- motocikala ima najveći uticaj na koncentraciju kadmijuma i hroma,
- autobusa ima najveći uticaj na koncentraciju čađi.

Tabela 20. Uticaj saobraćaja na koncentraciju nikla, olova, kadmijuma, hroma, sumpor-dioksida i suspendovanih čestica [106]

		RMSE					
		Nikl	Olovo	Kadmijum	Hrom	Sumpor dioksid	Suspendovane čestice
Frekvencija vozila	putnička	1,6500	<u>1,5407</u>	0,3610	8,6101	<u>2,4465</u>	7,8560
	laka teretna	<u>1,3455</u>	1,9378	0,3404	9,1260	2,8669	5,0260
	teška teretna	1,5680	1,7638	0,2664	9,6449	3,6713	15,8147
	autobusi	1,6106	1,7665	0,3409	8,3214	2,7099	<u>4,8641</u>
	motocikli	1,3729	2,0104	<u>0,2174</u>	<u>6,9886</u>	2,8000	6,9256

Smanjenje ovih emisija predstavlja ključ za stabilizaciju uticaja ljudskih aktivnosti na životnu sredinu. Predlog mera za postizanje boljeg kvaliteta života u Nišu podrazumeva niz koraka koji se moraju sistematski i kontinuirano sprovoditi. Postepeno uklanjanje vozila sa konvencionalnim gorivima iz gradske sredine bio bi glavni doprinos smanjenju velike naftne zavisnosti, emisije štetnih gasova, zagađenja i buke. Da bi se to obezbedilo, neophodno je uvesti nova vozila sa odgovarajućim alternativnim izvorima energije.

5.4. Rezultati primena modela na podsisteme JGTP u Nišu na bazi CRITIC/TOPSIS metoda

Javni gradski transport putnika (JGTP) pruža transportnu uslugu dostupnu za sve korisnike po unapred definisanim i poznatim uslovima funkcionisanja. Uloga javnog prevoza putnika je značajna za sve gradove, naročito za rešavanje problema saobraćaja u centralnim gradskim područjima.

Gradski prevoz je odgovoran za oko četvrtinu emisije ugljen-dioksida u transportu [4]. Postepeno uklanjanje vozila sa konvencionalnim gorivima iz gradske sredine je glavni doprinos smanjenju velike naftne zavisnosti, emisije štetnih gasova, zagađenja i buke.

U okviru rada Petrović i saradnici [115] izvršili su višekriterijumsku analizu različitih podсистema JGTP, i to autobusa sa konvencionalnim dizel motorima i sa alternativnim pogonima, kao i podсистema trolejbusa i tramvaja. Od alternativnih pogona autobusa, razmatrani su motori na prirodni zemni gas i bio gorivo, zatim dizel-električni tj. hibridni pogon, električni pogon i pogon na vodonik. Kriterijumi prema kojima su ocenjivana alternativna rešenja su: snabdevanje energentom, energetska efikasnost, buka, tehničke karakteristike vozila, investicioni troškovi, troškovi održavanja, uključenje domaće industrije i, kao najvažniji kriterijum, zagađenje vazduha. S obzirom da je zagađenje vazduha tretirano kao najvažniji kriterijum, to je analiza izvršena na dva načina i to, najpre sa 12 kriterijuma (varijanta I) gde su pojedinačno razmatrani PM, NO_x, HC, CO i CO₂, a drugi (varijanta II) kod koga je korišćen kao kriterijum zagađenja samo CO₂. TOPSIS metodom utvrđeno je, u obe varijante kriterijumskog odlučivanja, da je najbolja alternativa električni autobus. Međutim, električni autobus još uvek nije tehnički razvijen za masovnu upotrebu zbog nerešenog problema potrebe za čestim punjenjem. Takođe u obe varijante je najlošije ocenjen klasičan dizel pogon. Alternativna rešenja, autobus sa pogonom na obnovljiva biogoriva (biodizel), dizel-električni autobusi (hibridna vozila), autobus sa pogonom na vodonik (H₂) i trolejbus, su ocenjena kao dobra rešenja. Zbog toga alternativna rešenja, kao što su autobus na biodizel i hibridni pogon, imaju izuzetan značaj za kratkoročna /trenutna rešenja. Pogon na vodonik nazivaju pogonom budućnosti, ali je još uvek

u razvojnoj fazi. Dalje istraživanje u okviru ovog poglavlja predstavlja proširenje i unapredjenje rada [115].

Kompleksnost transporta u gradovima se često nedovoljno razume i uticaji transporta na gradsku sredinu su često potcenjeni. Cilj planiranja prevoza bi trebalo da bude, ne samo efikasan transportni sistem, već kreiranje gradova sa dobrim i kvalitetnim životom, koji podrazumeva visok nivo mobilnosti, ali i bolji kvalitet životne sredine. Da bi se to obezbedilo, neophodno je uvesti nova vozila sa odgovarajućim alternativnim izvorima energije. S obzirom da vozila javnog gradskog prevoza predstavljaju velike „zagađivače“, uvođenje alternativnih izvora energije je posebno efikasno u voznim parkovima gradskih autobusa.

Autobuski podsistem javnog gradskog prevoza putnika je danas najšire korišćena tehnologija prevoza putnika, sa osnovnom karakteristikom autonomnog kretanja vozila koje vertikalni kontakt ostvaruje preko gumenog točka (pneumatika) na čvrstoj podlozi (beton, asfalt i sl.), upravljano manuelno - vizuelnim sistemom kontrole, sa pogonskim agregatom koji kao energiju koristi najčešće konvencionalno fosilno gorivo (naftu) ili danas tzv. alternativne izvore energije (komprimovani prirodni gas, obnovljiva biogoriva, električna, vodonik, itd.) [116].

Javni gradski prevoz putnika u Nišu se obavlja autobusima (tabela 21).

Tabela 21. Gradski saobraćaj [110]

	Broj zaposlenih	Broj autobusa	Broj sedišta	Prevezeni putnici (u hilj.)	Pređeni kilometri (u hilj.)	Potrošeno gorivo (tone)
2007	677	249	11205	22024	10684	-
2008	605	249	11205	23569	10612	-
2009	483	179	7290	20750	10995	-
2010	652	143	4149	30804	8683	3338
2011	682	144	4191	27770	8512	3514
2012	677	144	4197	27511	8533	3368
2013	701	144	4167	27608	8565	3393
2014	-	-	-	27828	-	-
2015	-	-	-	28503	-	-
2016	-	-	-	28139	-	-

Do 2009. godine prikazani podaci se odnose samo na saobraćaj A.D. Nišekspress Niš, dok se počev od 2010. prikazani podaci odnose na izvršen saobraćaj svih prevoznika koji obavljaju gradski prevoz u Gradu Nišu

Od 1. septembra 2008. godine u Nišu postoji uređen, potpuno regulisani sistem javnog prevoza sa novom mrežom linija, koje opslužuju više prevoznika i jedinstvenim zonskim tarifnim sistemom. Zbog postojeće saobraćajne infrastrukture prevoznici koriste najviše standardne (solo) autobuse dužine 12 m. S obzirom da autobusi javnog gradskog prevoza predstavljaju velike „zagađivače“, uvođenje alternativnih izvora energije je posebno efikasno u voznim parkovima gradskih autobusa.

Cilj istraživanja je da se izvrši višekriterijumsko rangiranje alternativnih pogonskih sistema i goriva za autobuse za grad Niš TOPSIS metodom u odnosu na usvojene kriterijume usled primene različitih vrsta normalizacije u okviru CRITIC metode koja se koristi za izračunavanje težinskih koeficijenata.

Na osnovu današnjih tehničko tehnoloških rešenja, alternative pogonskih sistema i goriva koja su razmatrana u ovom istraživanju date su u (tabeli 22).

Tabela 22. *Alternative pogonskih tehnologija kod autobusa*

Oznaka	Naziv alternative
A ₁	Autobus sa dizel motorom (Euro V)
A ₂	Autobus sa dizel motorom (Euro VI)
A ₃	Autobus sa pogonom na komprimovani prirodni gas (CNG)
A ₄	Autobus sa pogonom na biodizel: prve generacije FAME
A ₅	Autobus sa pogonom na biodizel: druge generacije HVO
A ₆	Autobus sa pogonom na bioetanol
A ₇	Električni autobus sa prilaznim punjenjem
A ₈	Električni autobus sa punjenjem preko noći
A ₉	Trolejbus
A ₁₀	Vodonik/električni autobusi (vozila pogonjena vodonikom)
A ₁₁	Serijski električni/dizel autobusi (hibridna vozila)

Kriterijumi su usvojeni na osnovu aktuelnih ponuda pogonskih tehnologija kod autobusa i njihovih karakteristika ne samo sa aspekta zagađenja vazduha i buke već i sa aspekta troškova/ulaganja i potrošnje energije (Prilog B). Operativni, emisioni i ekonomski kriterijumi koji su uzeti za ocenu alternativnih pogonskih sistema i goriva javnog gradskog prevoz putnika dati su u tabeli 23.

Prilikom formiranja matrice odlučivanja (Prilog C), čest je slučaj da se vrednosti kriterijuma, za svaku alternativu po određenom kriterijumu predstavljaju kao kvalitativne vrednosti. Pri tome se javljaju problemi kako izvesti poređenje kvalitativne sa kvantitativnom vrednosti kriterijuma. Za prevazilaženje pomenutog problema, vrši se tzv. kvantifikacija kvalitativnih kriterijuma, odnosno prevođenje kvalitativnih kriterijuma u kvantitativne. Postoje razni načini prevođenja kvalitativnih vrednosti atributa u kvantitativne: redna (ordinalna) skala, interval skala i skala odnosa.

Tabela 23. Kriterijumi za ocenu pogonskih tehnologija kod autobusa

Oznaka	Kriterijum	Jedinica
f ₁	Rang	km
f ₂	Potrošnja energije	kWh/km
f ₃	Rang nulte emisije	km
f ₄	Fleksibilnost rute	-
f ₅	Vreme punjenja	min
f ₆	Emisija CO ₂	g/km
f ₇	Emisija PM ₁₀	g/km
f ₈	Emisija buke – stajanje	dB
f ₉	Emisija buke – prolaz	dB
f ₁₀	Cena vozila - investicioni troškovi	Euro
f ₁₁	Ukupni troškovi vlasništva	euro/km
f ₁₂	Infrastruktura - dodatno ulaganje	euro

Kako se najčešće primenjuje interval skala, ova metoda je korišćena i u ovom istraživanju za prevođenje kvalitativnih vrednosti u kvantitativne. Raspon skale kreće se u intervalu od 1 do 9 za kriterijume tipa “max” odnosno od 9 do 1 za kriterijume tipa “min”. Vrednosti 0 i 10 nisu uključene jer se ne znaju eksplicitne ekstremne vrednosti posmatranog kriterijuma.

Proces normalizacije, koji se koristi u višekriterijumskim metodama, je proces transformacije kako bi se dobili numerički i uporedivi ulazni podaci koristeći zajedničku skalu [117]. Nakon prikupljanja ulaznih podataka, potrebno je napraviti neku prethodnu obradu kako bi se osigurala uporedivost kriterijuma kako bi oni

bili korisni za dalje korišćenje. U literaturi postoje različite metode za određivanje težinskih koeficijenata [118 - 120].

Ulazne podatke tj. vrednosti kriterijuma potrebno je na neki način, prilagoditi. Naime, vrednosti kriterijuma je uobičajeno normalizovati svođenjem na interval vrednosti od 0 do 1 jer su različiti kriterijumi mereni u različitim jedinicama, pa bi, ako bi se vrednosti kriterijuma upoređivale direktno, uticaji nekih kriterijuma bi bili zanemareni zbog drugih koji imaju veći opseg vrednosti. Normalizacija vrednosti kriterijuma olakšava računске probleme karakteristične različitim mernim jedinicama u matrici odluke.

Metoda CRITIC (CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation) u literaturi predstavlja jednu od najpoznatijih metoda za određivanje težinskih koeficijenata. Konflikt između različitih kriterijuma jedna je od osnovnih pojava u višekriterijumskom odlučivanju koja predstavlja suštinu svake situacije odlučivanja. U višekriterijumskim problemima kod kojih su kriterijumske vrednosti varijanti po svim kriterijumima u potpunoj saglasnosti rešenje je očigledno. Međutim, kada su kriterijumi međusobno konfliktni, rešenje višekriterijumskog problema zahteva primenu složenih postupaka izbora jedne preferirane varijante ili utvrđivanja poretka varijanti. Metoda CRITIC se koristi za određivanje objektivnih vrednosti težina kriterijuma koja uključuje intenzitet kontrasta i konflikt koji je sadržan u strukturi problema odlučivanja. Ona spada u klasu korelacionih metoda i zasniva se na analitičkom ispitivanju matrice odlučivanja radi utvrđivanja informacija sadržanih u kriterijumima po kojima se ocenjuju varijante. Za utvrđivanje kontrasta kriterijuma koriste se standardna odstupanja normiranih kriterijumskih vrednosti varijanti po kolonama, kao i koeficijenti korelacije svih parova kolona. Na osnovu prethodne analize može se zaključiti da kako je veća vrednost količine informacija koja se dobija od datog kriterijuma, veća je i relativna važnost posmatranog kriterijuma za dati proces odlučivanja [121].

Nekoliko studija o efektima tehnika normalizacije u rangiranju alternativa u problemima višekriterijumskog rangiranja pokazalo je da su određene tehnike pogodnije za specifične metode odlučivanja od drugih [122-126].

Na početku primene CRITIC metode za dobijanje težinskih koeficijenata umesto klasične upotrebe linearne maxmin normalizacije ispitano je kako utiču vektorska, linearna zasnovana na sumi, nelinearna, linearna tipa I, Marković, linearna tipa II i logaritamska normalizacija (tabela 24).

Tabela 24. Najčešće korišćeni tipovi normalizacija [127]

Vrsta normalizacije	Vektorska	Linearna zasnovana na sumi	NE linearna	Linearna tip I
Za kriterijume tipa max	$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}}$	$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}}$	$r_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{a_j^{max}}\right)^2$	$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_j^{max}}$
Za kriterijume tipa min	$r_{ij} = 1 - \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}}$	$r_{ij} = \frac{1/a_{ij}}{\sum_{i=1}^m 1/a_{ij}}$	$r_{ij} = \left(\frac{a_j^{min}}{a_{ij}}\right)^3$	$r_{ij} = 1 - \frac{a_{ij}}{a_j^{max}}$

Vrsta normalizacije	Linearna maxmin	Markovic	Linearna tip II	Logaritamska
Za kriterijume tipa max	$r_{ij} = \frac{a_{ij} - a_j^{min}}{a_j^{max} - a_j^{min}}$	$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_j^{max}}$	$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_j^{max}}$	$r_{ij} = \frac{\ln(a_{ij})}{\ln\left(\prod_{i=1}^m a_{ij}\right)}$
Za kriterijume tipa min	$r_{ij} = \frac{a_j^{max} - a_{ij}}{a_j^{max} - a_j^{min}}$	$r_{ij} = 1 - \frac{a_{ij} - a_j^{min}}{a_j^{max}}$	$r_{ij} = \frac{a_j^{min}}{a_{ij}}$	$r_{ij} = \frac{1 - \frac{\ln(a_{ij})}{\ln\left(\prod_{i=1}^m a_{ij}\right)}}{m - 1}$

U istraživanju su primenjene formule date normalizacije zavisno da je potrebno određeni kriterijum minimizirati ili maksimizirati.

U literaturi do sada nisu analizirani efekti promene vrste normalizacije u okviru CRITIC metode na dobijene vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma. Na osnovu tabele 28 može se uvideti da vrsta normalizacije ima značajan uticaj na vrednosti težinskih koeficijenata koje su izračunate primenom urađene zamene u CRITIC metodi. Ni jedna vrsta normalizacije ne daje iste vrednosti težinskih koeficijenata kao linearna maxmin normalizacija, koja se u CRITIC metodi koristi u izvornom obliku. Međutim, postavlja se pitanje kako promena vrste normalizacije

kod CRITIC metode (tabela 25) za dobijanje težinskih koeficijenata utiče na rešenje višekriterijumskog rangiranja sprovedeno TOPSIS metodom.

Tabela 25. Vrednosti težinskih koeficijenata dobijeni različitim tipovima normalizacije

kriterijum vrsta	f ₁	f ₂	f ₃	f ₄	f ₅	f ₆	f ₇	f ₈	f ₉	f ₁₀	f ₁₁	f ₁₂
Linearna maxmin	0,07235	0,06124	0,08102	0,11730	0,06986	0,07648	0,07833	0,08707	0,09033	0,08025	0,09473	0,09104
Vektorska	0,09459	0,05022	0,11997	0,07430	0,10519	0,08028	0,10862	0,12592	0,01942	0,00847	0,08982	0,12320
Linearna zasnovana na sumi	0,06836	0,06183	0,15467	0,05146	0,09390	0,05326	0,16367	0,16250	0,01871	0,00810	0,04218	0,12135
Nelinearna	0,08094	0,10086	0,10397	0,13363	0,07334	0,12640	0,00291	0,00291	0,06512	0,03505	0,13003	0,14484
Linearna tipa I	0,09262	0,05702	0,10245	0,11125	0,08833	0,07253	0,11143	0,12386	0,02891	0,01317	0,08331	0,11512
Marković	0,09270	0,05711	0,10259	0,11133	0,08840	0,07260	0,11155	0,12297	0,02896	0,01319	0,08336	0,11523
Linearna tipa II	0,09697	0,09772	0,15300	0,11969	0,08256	0,10594	0,00100	0,05246	0,04301	0,02002	0,08850	0,13914
Logaritamska	0,04485	0,01462	0,66215	0,09935	0,01747	0,00260	0,09486	0,02010	0,00131	0,00055	0,01328	0,02883

Hwang i Yoon su 1981. godine razvili metodu TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) [128]. Osnovni koncept TOPSIS metode je da izabrana alternativa treba da ima najmanje rastojanje od idealnog rešenja i najveće rastojanje od negativnog idealnog rešenja, u geometrijskom smislu. Tokom normalizacije se ne vrši transformacija minimizacionih u maksimizacione kriterijume. Za svaku alternativu se u odnosu na svaki kriterijum računa rastojanje od idealnog i negativnog idealnog rešenja, uz uvažavanje kriterijuma koji se minimiziraju i maksimiziraju. Težina/značaj svake alternative se konačno određuje na osnovu relativne blizine (S_i) alternativa idealnom rešenju. Detaljna procedura TOPSIS metode prikazana je u radu [129]. Kada je alternativa A_i bliža idealnom rešenju onda je vrednost S_i bliža jedinici. Najbolja alternativa je ona koja je najbliža ili čak zauzima vrednost jedan a ostale alternative rangiraju se po opadajućim vrednostima. Najbolja alternativa je ona sa najvećom vrednošću S_i .

Znatan naučno - istraživački napor je uložen na razvoj modela normalizacije u višekriterijumskom rangiranju, ali uprkos tome ne postoji definitivan odgovor na pitanje: koja je tehnika najprikladnija? Iako se mnoge metode normalizacije mogu pojaviti kao manje varijante jedne od drugih, ove nijanse mogu imati značajne posledice u donošenju odluka.

Koristeći originalnu CRITIC metodu za dobijanje težinskih koeficijenata kriterijuma i TOPSIS metodu za rangiranje alternativa, najbolje rangirana alternativa pogonskih tehnologija je autobus sa pogonom na bioetanol dok najgore rangirana alternativa predstavlja električni autobus sa prilaznim punjenjem. Druga i treća po redu rangirane alternative pogonskih tehnologija kod autobusa su autobus sa pogonom na komprimovani prirodni gas (CNG) i vodonik/električni autobus (vozila pogonjena vodonikom).

Tabela 26. Rangiranje alternativa pogonskih tehnologija kod autobusa primenom TOPSIS metode (sa različitim težinskim koeficijentima)

	TOPSIS							
	Vektorska	Linearna zasnovana na sumi	Nelinearna	Linearna tipa I	Linearna maxmin	Marković	Linearna tipa II	Logaritamska
A ₁	6	2	7	3	4	3	7	7
A ₂	11	11	9	11	10	11	10	11
A ₃	2	4	4	2	2	2	4	5
A ₄	9	7	11	8	9	8	11	6
A ₅	8	5	10	5	8	5	9	10
A ₆	1	1	5	1	1	1	5	9
A ₇	10	10	6	10	11	10	6	4
A ₈	7	9	3	9	7	9	3	3
A ₉	3	6	2	6	6	6	2	2
A ₁₀	4	8	1	7	3	7	1	1
A ₁₁	5	3	8	4	5	4	8	8

U nekim slučajevima određene vrednosti težinskih koeficijenata usvojenih kriterijuma ne daju očekivano ili željeno rešenje i iz tog razloga je potrebno sprovesti analizu njihovog uticaja na konačan ishod. Polazeći od vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma dobijenih različitim vrstama normalizacije u tabeli 28, na osnovu rezultata njihove primene u TOPSIS metodi (tabela 26), može

se izvesti zaključak da čak i mala promena vrednosti težinskih koeficijenata dovodi do odlučujućeg uticaja u rangiranju alternativa. U ovakvim situacijama, Spearman-ov koeficijent korelacije ranga se koristi za ispitivanje i utvrđivanje stepena uzajamnih veza između rešenja (rangiranja).

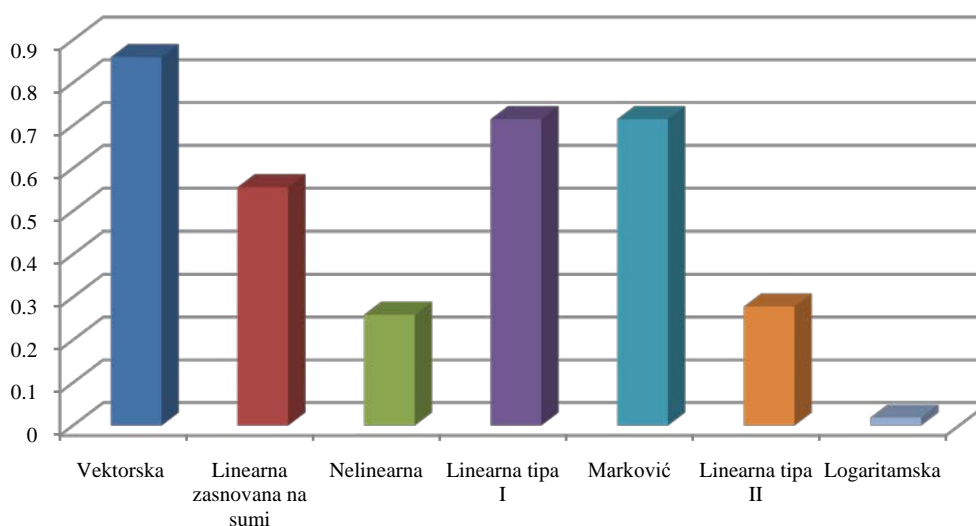
Spearman-ov koeficijent korelacije ili koeficijent rang korelacije se koristi za korelaciju relativno malog broja podataka (maksimalno 30) čije se osobine ne mogu iskazati broјčano kao i za podatke koji nemaju normalnu raspodelu. Vrednost navedenog koeficijenta korelacije se može kretati u granicama [-1, +1] gde prva vrednost predstavlja idealnu negativnu korelaciju a druga idealnu pozitivnu korelaciju. Pozitivan predznak vrednosti koeficijenta korelacije pokazuje da se oba posmatrana skupa rangiranja kreću u istom smeru tj. postoji korelacija, dok kada je negativan predznak jedan skup rangiranja raste a druga opada, odnosno rangovi su u negativnoj korelaciji. Ako je korelacija jednaka nuli znači da na osnovu jednog skupa rangiranja se ne može ništa zaključiti o drugom skupu rangiranja i ne postoji slaganje između skupova tj. rangovi su nekorelisani. Spearman-ov koeficijent korelacije se može izračunati na osnovu [130].

Tabela 27. Spearman-ovi koeficijenti korelacije rezultata rangiranja alternativa pogonskih tehnologija kod autobusa primenom TOPSIS metode (sa različitim težinskim koeficijentima)

	Vektorska	Linearna zasnovana na sumi	Nelinearna	Linearna tipa I	Linearna maxmin	Marković	Linearna tipa II	Logaritamska
Vektorska	1	0,7	0,618182	0,809091	0,927273	0,809091	0,645455	0,281818
Linearna zasnovana na sumi	0,700000	1	-0,036360	0,963636	0,745455	0,963636	0,018182	-0,263640
Nelinearna	0,618182	-0,036360	1	0,118182	0,509091	0,118182	0,990909	0,772727
Linearna tipa I	0,809091	0,963636	0,118182	1	0,845455	1	0,172727	-0,17273
Linearna maxmin	0,927273	0,745455	0,509091	0,845455	1	0,845455	0,527273	0,136364
Marković	0,809091	0,963636	0,118182	1	0,845455	1	0,172727	-0,17273
Linearna tipa II	0,645455	0,018182	0,990909	0,172727	0,527273	0,172727	1	0,781818
Logaritamska	0,281818	-0,26364	0,772727	-0,17273	0,136364	-0,17273	0,781818	1

Vrednosti Spearman-ovih koeficijenata rezultata rangiranja alternativa pogonskih tehnologija kod autobusa primenom TOPSIS metode (sa različitim težinskim koeficijentima) prikazani su u tabeli 27. Izračunati koeficijent korelacije ne opisuje korelacionu vezu, njenu jačinu i smer, i ne zavisi od numeričkih vrednosti između posmatranih vrednosti alternativa rangiranja već samo između njihovih relativnih odnosa tj. rangova.

Iz prethodne tabele se može uočiti da Spearman-ov koeficijent korelacije rezultata rangiranja sa vrednostima težinskih koeficijenata dobijenih linearnom maxmin i vektorskom normalizacijom je dosta blizu jedinice $\rho=0,927273$, što znači da je veza između ova dva rangiranja pozitivna i dosta jaka (slika 18). Takođe jaka korelacija postoji između rangiranja sa vrednostima težinskih koeficijenata dobijenih linearnom maxmin i linearnom tipa I i Marković normalizacijom $\rho=0,845455$.



Slika 18. Spearman-ovi koeficijenti korelacije rezultata rangiranja alternativa pogonskih tehnologija kod autobusa

Kako je broj alternativa $n \geq 10$ odnosno $n=11$ i kako bi se potvrdila statistička značajnost dobijenog koeficijenta korelacije, primenjuje se t-test koji se može izračunati na osnovu [131], čije su izračunate vrednosti prikazane u tabeli 28. Na ovaj način dobijena vrednost t-testa upoređuje se sa teorijskom vrednostima iz tablice za t-test na osnovu izračunatog broja stepeni slobode. Ako je izračunata vrednost t veća od vrednosti iz tablice, za odgovarajući stepen slobode, može se

konstatovati da je koeficijent korelacije statistički značajan tj. različit od nule. Suprotno, ako je izračunata vrednost t manja ili jednaka tabličnoj smatra se da je koeficijent korelacije jednak nuli.

T-test određuje da li je povezanost između dva rangiranja statistički značajna ili nije. Broj stepeni slobode računa se $df=n-2$ odnosno $df=9$. Izračunate vrednosti se upoređuju sa graničnim vrednostima na osnovu broja stepeni slobode $df=9$ u tablici za t-test (granični $t(5\%)=2,262$, granični $t(1\%)=3,250$). Kako je izračunata

Tabela 28. T-test značajnosti Spearman-ovih koeficijenata korelacije rezultata rangiranja alternativa pogonskih tehnologija kod autobusa

	Vektorska	Linearna zasnovana na sumi	Nelinearna	Linearna tipa I	Linearna maxmin	Marković	Linearna tipa II	Logaritamska
Vektorska	0	2,940588	2,359367	4,130238	7,430337	4,130238	2,535175	0,881170
Linearna zasnovana na sumi	2,940588	0	-0,109160	10,81858	3,3551	10,81858	0,054554	-0,819920
Nelinearna	2,359367	-0,109160	0	0,357048	1,774428	0,357048	22,096610	3,652186
Linearna tipa I	4,130238	10,818580	0,357048	0	4,749323	0	0,526089	-0,526090
Linearna maxmin	7,430337	3,355100	1,774428	4,749323	0	4,749323	1,861628	0,412948
Marković	4,130238	10,818580	0,357048	0	4,749323	0	0,526089	-0,526090
Linearna tipa II	2,535175	0,0545540	22,09661	0,526089	1,861628	0,526089	0	3,761716
Logaritamska	0,881170	-0,819920	3,652186	-0,52609	0,412948	-0,526090	3,761716	0

vrednost $t=7,430337$ ($\rho=0,927273$), veća od granične vrednosti za odabranu verovatnoću nulte hipoteze (0,05 ili 0,01) uzetu iz tablice, korelacija je ubedljiva, tj. postoji visoka statistička značajnost linearne međuzavisnosti rangova posmatranih alternativa. To se može zaključiti i za vrednosti $t=4,749323$ ($\rho=0,845455$), kao i za $t=3,355100$ ($\rho=0,745455$).

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da pri promeni vrste normalizacije u CRITIC metodi za određivanje težinskih koeficijenata i upotrebi istih u TOPSIS metodi javlja se razlika u rangiranju alternativa. Najveću statističku značajnost linearne međuzavisnosti rangova posmatranih alternativa ostvarilo se

upotrebom vektorske zatim linearnom tipa I i Marković normalizacijom umesto linearne maxmin normalizacije u CRITIC metodi.

5.5. Analiza rezultata i implikacije na upravljanje uticajima

Povećana mobilnost u gradovima uslovljena je prevashodno rastom populacije koja ima kao nusproizvod degradaciju životne sredine odnosno povećanje koncentracija zagađujućih materija u vazduhu.

Rezultati ANN analize uticaja urbanizacije na CO₂ koji emituje saobraćaj u gradu Nišu ukazali su da rast urbane populacije ima najveći uticaj na emisiju CO₂. Dok su rezultati ANN analize uticaja urbanizacije na CO₂ koji emituje saobraćaj u EU ukazali da gustina naseljenosti ima najveći uticaja na emisiju CO₂.

Na osnovu podataka, a primenom ANN metodologije izvršena je kvantifikacija uticaja frekvencije putničkih, lakih teretnih vozila, teških teretnih vozila, autobusa i motocikala na sumpor-dioksid, čađ, nikl, olovo, kadmijum i hrom. Sprovedenom ANN metodologijom utvrđeno je da najveće uticaje na određenu koncentraciju u vazduhu imaju: frekvencija lakih teretnih vozila na koncentraciju nikla, frekvencija putničkih vozila na koncentraciju olova i sumpor-dioksida, frekvencija motocikala na koncentraciju kadmijuma i hroma i frekvencija autobusa na koncentraciju čađi.

Za postizanje boljeg kvaliteta vazduha u gradu Nišu, dobijeni podaci bi se mogli iskoristiti kao smernice za unapređenje sadašnjih i kreiranje budućih strategija razvoja saobraćaja. Drugim rečima, ako jedna ili više od korišćenih zagađujućih materija prekorače propisanu normu koju zakon predviđa potrebno je smanjiti frekvenciju određenih vozila neophodnim merama.

U cilju određivanja adekvatne pogonske tehnologije kod autobusa, konkretno za grad Niš, izvršena je višekriterijumska analiza primenom CRITIC i TOPSIS metode na osnovu usvojenih kriterijuma. Primena različitih vrsta normalizacije u okviru CRITIC metode, koja se koristi za izračunavanje težinskih koeficijenata, imala je za cilj analizu njihovog uticaja na rešenja rangiranja alternativa. Primena Spearmanovog koeficijenta korelacije ranga omogućila je utvrđivanje stepena

uzajamnih veza između rangiranja alternativnih pogonskih tehnologija kod autobusa primenom TOPSIS metode (sa različitim težinskim koeficijentima). Rezultati su ukazali najveća statistička značajnost linearne međuzavisnosti rangova posmatranih alternativa ostvarila upotrebom vektorske normalizacije umesto originalne linearne maxmin normalizacije u CRITIC metodi.

Rezultati primene višekriterijumske analize ukazali su da na osnovu primene kriterijuma i različitih vrsta normalizacija kao najbolje rangirana alternativa se izdvaja autobus sa pogonom na bioetanol. Budući da je u Beloj knjizi navedena preporuka da se postepeno uklanjaju vozila sa konvencionalnim gorivima iz urbanih sredina, rezultati istraživanja mogu pomoći donosiocima odluka na lokalnom nivou prilikom izbora adekvatne tehnologije kod autobusa u cilju ostvarivanja održivog razvoja i održivog saobraćaja.

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA I PRAVCI DALJIH ISTRAŽIVANJA

Saobraćaj predstavlja značajnu privrednu delatnost u EU, odnosno u razvijenim, kao i državama u tranziciji koje su članice EU. Između razvoja saobraćaja i privrednog razvoja postoji međuzavisnost. Sa jedne strane, razvoj saobraćaja doprinosi da proizvodi postanu konkurentniji na domaćem i međunarodnom tržištu, a sa druge strane razvoj industrije i razvoj trgovine doprinosi razvoju saobraćaja. Međutim, saobraćaj predstavlja privrednu delatnost koja beleži najveći porast degradacije životne sredine i kvaliteta vazduha.

Predmet istraživanja ove doktorske disertacije se odnosi na analizu uticaja urbanizacije i svakog vida (putničkog i teretnog) saobraćaja na kvalitet vazduha u različitom ekonomskom okruženju i efektima urbanizacije primenom jednosmenih neuronskih mreža kao posebne vrste veštačkih neuronskih mreža. Cilj istraživanja doktorske disertacije je razvoj modela koji će omogućiti kvantifikaciju i analizu uticaja vidova saobraćaja kvalitetu vazduha na nivou EU i grada Niša, kao i unapređenje EKC. Razlog za to je da svaki vid saobraćaja različito doprinosi zagađenju vazduha, kao i da njihov uticaj zavisi od ekonomskog okruženja i urbanizacije. Kvantifikacija uticaja različitih vidova (putničkog i teretnog) saobraćaja ima za cilj utvrđivanje optimalnih kombinacija vidova putničkog, kao i teretnog saobraćaja koje imaju najmanji uticaj na kvalitet vazduha odnosno najmanje doprinose zagađenju vazduha.

Na osnovu ANN metodologije za određivanje ekstremnih vrednosti uticaja ulaznih na izlazne promenljive razvijeni su ANN modeli za određivanje uticaja vidova putničkog saobraćaja, njihovih kombinacija i sprega vidova putničkog saobraćaja i različitih ekonomskih uslova i urbanizacije na zagađenje vazduha. Isti postupak je sproveden i za određivanje uticaja vidova teretnog saobraćaja, njihovih kombinacija i sprega vidova teretnog saobraćaja i različitih ekonomskih uslova i urbanizacije na zagađenje vazduha.

Rezultati istraživanja su ukazali da zaposlenost u saobraćaju predstavlja faktor ekonomskog okruženja koji ima najznačajniji uticaj na kvalitet vazduha u EU, dok gustina naseljenosti predstavlja pokazatelj urbanizacije koji najviše doprinosi

zagađenju vazduha u EU. Polazeći od BDP po glavi stanovnika, zaposlenosti u saobraćaju i gustine naseljenosti sa jedne strane, i zagađenja vazduha koje uzrokuje saobraćaj sa druge strane potvrđena je validnost EKC. Istovremeno, rezultati istraživanja su potvrdili hipotezu koja se odnosi na stav da vidovi (putničkog i teretnog) saobraćaja utiču na kvalitet vazduha odnosno zagađenje vazduha u zavisnosti od nivoa BDP po glavi stanovnika, privrednog rasta i zaposlenosti u saobraćaju, a nisu potvrdili hipotezu koja ukazuje da povećanje urbane populacije ima najveći uticaj na CO₂ koji emituje saobraćaj na nacionalnom nivou zato što najveći uticaj na posmatranu emisiju ima gustina naseljenosti. Istraživanje je ukazalo da ekonomsko okruženje i urbanizacija ne predstavljaju kočnicu već mogu da doprinesu razvoju održivog saobraćaja.

Analogno razvijenim ANN modelima za podatke na nivou država EU upotrebljena je ista metodologija za kreiranje modela na lokalnom nivou tj. za grad Niš, kako bi se odredili uticaji urbanizacije (rast ruralne populacije, ruralna populacija, rast populacije, rast urbane populacije i urbana populacija) i frekvencije (putničkih, lakih teretnih, teških teretnih vozila, autobusa i motocikala) na zagađenje vazduha koja potiču od aktivnosti saobraćaja. Metodologija bi se mogla koristiti kao svojevrsna platforma pri kreiranju studija i strategije održivog saobraćaja grada Niša.

Na osnovu rezultata sprovedenog istraživanja mogu se izdvojiti sledeći naučni doprinosi ove doktorske disertacije:

- Izvršena je nadgradnja dosadašnje literature koja se odnosi na određivanje uticaja vidova (putničkog i teretnog) saobraćaja na kvalitet vazduha u zavisnosti od ekonomskog okruženja i stepena urbanizacije;
- Razvijena je originalna ANN metodologija kao prva faza, u okviru dvofaznog modela, koja služi za kvantifikovanje uticaja vidova (putničkog i teretnog) saobraćaja na zagađenje vazduha u različitom ekonomskom okruženju i stepenu urbanizacije na nacionalnom nivou;
- Razvijen dvofazni model može se primeniti na druge države koje nisu članice EU;

- Utvrđena je, prvom fazom modela, optimalna kombinacija vidova putničkog saobraćaja koja ima najmanji uticaj na zagađenje vazduha na nacionalnom nivou;
- Utvrđena je, prvom fazom modela, optimalna kombinacija vidova teretnog saobraćaja koja najmanje doprinosi zagađenju vazduha na nacionalnom nivou;
- Unapređena je EKC, razvijenim dvofaznim modelom, polazeći od njenih nedostataka na koje se ukazuje u literaturi;
- Razvijen ANN model u okviru prve faze dvofaznog modela, je korišćen za kvantifikaciju uticaja urbanizacije i vidova saobraćaja na lokalnom nivou, odnosno nivou urbane sredine;
- Razvijen ANN model u okviru prve faze dvofaznog modela može se primeniti na druge urbane sredine;
- Izvršeno je ispitivanje uticaja promene tipa normalizacije u delu dodeljivanja težinskih koeficijenata radi formiranja modela višekriterijumske analize u cilju rangiranja aktuelnih pogonskih tehnologija autobusnog podsistema javnog saobraćaja prema njihovom doprinosu kvalitetu životne sredine u odabranoj urbanoj sredini.

Nedostatak predloženih modela odnosi se na činjenicu da su u okviru uticaja urbanizacije na kvalitet vazduha razmatrani sledeći pokazatelji: učešće urbane u ukupnoj populaciji, rast urbane populacije i gustina naseljenosti odnosno uticaj kvantitativnih promena stanovnika na kvalitet vazduha pri čemu nije razmatran uticaj kvalitativnih promena stanovnika (učestće radnosposobnog u urbanom stanovništvu i obrazovna struktura stanovništva) na kvalitet vazduha u EU.

Pravci budućeg istraživanja biće usmereni na:

- Istraživanje uticaja kvalitativnih promena stanovnika na promet putnika i robe odnosno na korišćenje vidova putničkog i teretnog saobraćaja;
- Analizu uticaja kvalitativnih promena stanovnika na kvalitet vazduha;
- Primenu ANN modela koji su razvijeni u okviru ove doktorske teze za simulaciju preciznih scenarija emisija ili koncentracija polutanata;
- Ispitivanje validnosti EKC koja se odnosi na međuzavisnost između različitih vidova putničkog (teretnog) saobraćaja i BDP po glavi stanovnika.

Literatura

- [1] Kolak, I., Akin, D., Birbil, I., Feyzioglu, O., Noyan, N. (2011). Multicriteria Sustainability Evaluation of Transport Networks for Selected European Countries. Proceedings of the World Congress on Engineering 2011, July 6-8 2011, London, U.K.
- [2] Bojković, N., Petrović, M. (2015). Odabrani modeli za politiku transporta i komunikacija, Saobraćajni fakultet, Beograd.
- [3] Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1-28.
- [4] European Commission .(2016). EU transport in figures, Luxembourg: Publications Office of the European Union. Available at: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/pocketbook2016.pdf> (15.12.2016)
- [5] Pejčić-Tarle, S., Bojković, N. (2012). Evropska politika održivog razvoja transporta, Saobraćajni fakultet, Beograd.
- [6] Pejčić-Tarle, S., Bojković, N., Davidović, M. (2004). Transport, saobraćaj i komunikacije za održivost gradova: mogućnosti i prepreke, Ekološki problemi gradova, Zbornik radova, ISBN 0354-3285, Beograd.
- [7] Arvin, M.B., Pradhan, R.P., Norman, N.R. (2015). Transportation intensity, urbanization, economic growth and CO₂ emissions in the G-20 countries. *Utilities Policy*, 35, 50-66.
- [8] Al-Mulali, U., Fereidouni H.G., Lee J.Y.M., Sab, C.N.B.C. (2013). Exploring The Relationship Between Urbanization, Energy Consumption and CO₂ Emission in MENA Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, 107-112.
- [9] Rahman, M. M. (2017). Do population density, economic growth, energy use and exports adversely affect environmental quality in Asian populous countries? *Renewable and sustainable energy reviews*, 77, 506-514.
- [10] Inmaculada, M.Z., Antonello, M. (2011). The impact of urbanization on CO₂ emissions: Evidence from developing countries, *Ecological Economics*, 70(7), 1344-1353.
- [11] Phetkeo, P., Shinji, K., (2010). Does urbanization lead to less energy use and lower CO₂ emissions? A cross-country analysis, *Ecological Economics*, 70(2), 434-444.
- [12] Leshno, M., Lin, V.Y. Pinkus, A., Schocken, S. (1993). Multilayer feedforward networks with a nonpolynomial activation function can approximate any function. *Neural Networks*, 6, 861-867.
- [13] Huang, G.-B., Babri, H.A. (1998). Upper bounds on the number of hidden neurons in feedforward networks with arbitrary bounded nonlinear activation functions. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 9(1), 224-229.
- [14] Huang, G.-B., Chen, L., Siew, C.-K. (2006). Universal Approximation Using Incremental Constructive Feedforward Networks with Random Hidden Nodes. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 17(4), 879-892.
- [15] Liang, N.-Y., Huang, G.-B., Rong, H.-J., Saratchandran, P., Sundararajan, N. (2006). A Fast and Accurate On-line Sequential Learning Algorithm for Feedforward Networks. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 17(6), 1411-1423.
- [16] Tzenga, G.-H., Lina, C.-W., Opricovic, S. (2005). Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation. *Energy Policy*, 33, 1373-1383.
- [17] Jahan, A., Edwards, K. (2015). A state-of-the-art survey on the influence of normalization techniques in ranking: Improving the materials selection process in engineering design. *Materials and Design*, 65, 335-342.
- [18] Çelen A. (2014). Comparative Analysis of Normalization Procedures in TOPSIS Method: With an Application to Turkish Deposit Banking Market. *Informatica*, 25(2), 185-208.
- [19] Kolak, I., Feyzioglu, O. (2016). Sustainability Performance Evaluation of Transportation Networks Using MCDM Analysis. Proceedings of the World Congress on Engineering, London, U.K.
- [20] Gudmundsson, H. (1999). Indicators for environmentally sustainable transport. Social Change and a Sustainable Transport, European Science Foundation and the U.S. National Research Foundation European Science Foundation and the U.S. National Research Foundation.
- [21] Petrović, N., Petrović, J., Jovanović, V., Mitrović, M. (2014). Multicriteria sustainability evaluation of transport modes. RAILCON, Faculty of Mechanical Engineering, Niš, 113-116.

- [22] Awasthi, A., Omrani, H., Gerber, Ph. (2013). Multicriteria decision making for sustainability evaluation of urban mobility projects, Working Paper No 2013-01, CIISE, Concordia University, Canada, CEPS/INSTEAD, Luxembourg. Available at: <http://www.statistiques.public.lu/catalogue-publications/working-papers-CEPS/2013/01-2013.pdf> (13.05.2017)
- [23] United Nations – UN. (2016). World cities report 2016. Urbanization and development, Emerging Futures. Available at: <http://wcr.unhabitat.org>. (18.04.2017)
- [24] http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse_gas_emission_statistics (10.10.2016)
- [25] Atasoy, B.S. (2017). Testing the environmental Kuznets curve hypothesis across the U.S.: Evidence from panel mean group estimators. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 731-747.
- [26] Ajanovic, A., Dahl, C., Schipper, L. (2012). Modelling transport (energy) demand and policies - An introduction. *Energy Policy*, 41, iii–xiv.
- [27] (Eurostat, Urban Europe - statistics on cities, towns and suburbs - executive summary [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Urban_Europe - statistics on cities, towns and suburbs - executive summary](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Urban_Europe_-_statistics_on_cities_towns_and_suburbs_-_executive_summary)) (20.05.2017)
- [28] (Eurostat, European statistics on cities, <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/4031688/7672011/KS-04-16-588-EN-N.pdf/418067e1-67a5-4c43-bb3f-b10181194447>) (15.05.2017)
- [29] (Eurostat, The urban dimension of the EU transport policy, <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/urban/consultations/doc/2012-12-10-urbandimension-hardcopy.pdf>.) (17.05.2017)
- [30] European Commission, The State of European Cities: Cities leading the way to a better future, Unhabitat, 2016.
- [31] Reckien D., Flacke, J., Dawson, R. J., Heidrich, O., Olazabal, M., Foley, A., Hamann, J. J.-P., Orru, H., Salvia, M., De Gregorio Hurtado, S., Geneletti, D., Pietrapertosa, F. (2014). Climate change response in Europe: What's the reality? Analysis of adaptation and mitigation plans from 200 urban areas in 11 countries, *Climatic Change*, 122 (1-2), 331–340.
- [32] Ecofys (2015). Non-State Actors account for a growing share of emissions reductions. (<http://www.ecofys.com/en/blog/non-stateactors-account-for-growing-share-of-emission-reductions>) (19.05.2017)
- [33] European Commission (2007). Eurobarometer, Attitudes on issues related to EU Transport Policy.
- [34] Fuel Prices, Indicator Assessment, European Environment Agency (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/fuel-prices-andtaxes/assessment-5>) (15.09.2017)
- [35] European Commission (2011). White paper on transport: Roadmap to a single European Transport area — towards a competitive and resource-efficient transport system, Publications Office of the European Union.
- [36] European Commission, A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050, COM (2011)112, <http://www.cbss.org/wp-content/uploads/2012/12/EU-Low-Carbon-Road-Map-2050.pdf> (07.07.2017)
- [37] McKinsey, Urban buses: alternative powertrains for Europe. A fact-based analysis of the role of diesel-hybrid, hydrogen, fuel cell, trolley and battery electric powertrains, 2012.
- [38] European Commission (2013). Together towards competitive and resource-efficient urban mobility, COM(2013) 913 final.
- [39] European Commission (2016). A European Strategy for Low-Emission Mobility, COM(2016) 501 final.
- [40] Pucher, J., Buehler, R. (2008). Making Cycling Irresistible: Lessons from the Netherlands, Denmark, and Germany, *Transport Reviews*, 28(1), 495-528.
- [41] Pucher, J., Buehler, R. (2012). *City Cycling: Urban and Industrial Environments*, Cambridge, Mass: The MIT Press.
- [42] CIVITAS (2016). Policy note, Smart choices for cities, Alternative Fuel Buses.
- [43] UITP, Position paper (2015). Bus systems in Europe: Towards a higher quality of urban life and a reduction of pollutants and CO₂ emissions.
- [44] https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/cleanbus_en (07.01.2018)

- [45] <http://www.unece.org/index.php?id=28534> (16.07.2017)
- [46] CIVITAS (2013). Policy note, Smart choices for cities, Clean buses for your city.
- [47] Kousoulidou, M. (2008). Effect of biodiesel and bioethanol on exhaust emissions, Laboratory of applied thermodynamics, Mechanical engineering department, Report No.: 08.RE.0006.V1. Aristotle University Thessaloniki, Greece.
- [48] Rutz, D., Janssen, R. (2008). Biofuel Technology Handbook, WIP Renewable Energies, München, Germany.
- [49] Birath, K., Sjölin, L. (2007). Clean vehicles and alternative fuels - Trends and visions, NICHE Consortium, Stockholm, Sweden.
- [50] The Fuel Cell Bus Club, (2008). www.fuel-cell-bus-club.com (20.07.2017)
- [51] Environmental Protection Agency US. (1996). Indicators of the Environmental Impacts of Transportation: Highway, Rail, Aviation and Maritime Transport, Policy, Planning and Evaluation.
- [52] <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (13.10.2016)
- [53] <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators> (12.10.2016)
- [54] <https://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics> (10.10.2016)
- [55] Koneski, A. (2009). Određivanje gustine naseljenosti u urbanističkim planovima grada Niša, Nauka&Praksa, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, 12(1), 80-83.
- [56] Bojković, N., Petrović, M., Parezanović, T. (2018). Towards indicators outlining prospects to reduce car use with an application to European cities, Ecological Indicators, Vol. 84, 172-182.
- [57] Beyzatlar, A.M., Karacal, M., Yetkiner, H. (2014). Granger-causality between transportation and GDP: A panel data approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 63, 43-55.
- [58] Pao, H.T., Tsai, C. M. (2011). Multivariate Granger causality between CO₂ emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (Gross domestic product): evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries. *Energy*, 36 (1), 685-693.
- [59] Solarin, S.A. (2014). Tourist arrivals and macroeconomic determinants of CO₂ emissions in Malaysia, *Anatolia*, 25 (2), 228-241.
- [60] Solarin, S. A., Shahbaz, M. (2013). Trivariate causality between economic growth, urbanization and electricity consumption in Angola: cointegration and causality analysis. *Energy Policy*, 60 (3), 876-884.
- [61] Liu, Y. (2009). Exploring the relationship between urbanization and energy consumption in China using ARDL (autoregressive distributed lag) and FDM (factor decomposition model). *Energy*, 34(11), 1846-1854.
- [62] Ghosh, S., Kanjilal, K. (2014). Long-term equilibrium relationship between urbanization, energy consumption and economic activity: empirical evidence from India. *Energy*, 66 (3), 324-331.
- [63] Cheng, C. (2013). Dynamic quantitative analysis on Chinese urbanization and growth of service sector. LISS 2012: Proceedings of 2nd International Conference on Logistics, Informatics and Service Science, 663-670.
- [64] Engelman, R. (1994). Stabilizing the atmosphere: population, consumption and greenhouse gases. Washington DC: Population Action International.
- [65] Engelman, R. (1998). Profiles in carbon: an update on population, consumption and carbon dioxide emissions. Washington DC: Population Action International.
- [66] Neill, O., Brian, C., Landis, MacKellar F., Lutz, W. (2001). Population and Climate Change. Cambridge University Press.
- [67] Mamun, M.D., Sohag, K., Mia, M.A.H., Uddin, G.S., Ozturk, I. (2014). Regional differences in the dynamic linkage between CO₂ emissions, sectoral output and economic growth. *Renew Sustain Energy Rev*, 38, 1-11.
- [68] Ohlan, R. (2015). The impact of population density, energy consumption, economic growth and trade openness on CO₂ emissions in India. *Nat Hazards*, 79(2), 1409-28.
- [69] Zhang, Y-J. (2014). The impact of economic growth, industrial structure and urbanization on carbon emission intensity in China. *Natural Hazards*, 73(2), 579-595.
- [70] Govinda, R. T., Ashish, S. (2009). Transport sector CO emissions growth in Asia: Underlying factors and policy options, *Energy Policy*, 37(11), 4523-4539.

- [71] Khaled, B. A., Mounir, B., Daniel D. W. (2013). Indicators for sustainable energy development: A multivariate cointegration and causality analysis from Tunisian road transport sector, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 25, 34–43.
- [72] Stern, D.I., Gerlagh, R., Burke, P.J. (2017). Modeling the emissions-income relationship using long-run growth rates. *Environment and Development Economics*, 22(6), 699-724.
- [73] Blanco, G., Gerlagh, R., Suh, S., Barrett, J., de Coninck, H., Morejon, C.F. Diaz, Mathur, R., Nakicenovic, N., Ahenkorah, A.O., Pan, J., Pathak, H., Rice, J., Richels, R., Smith, Steven J., Stern, David I., Toth, F.L., Zhou, P. (2014). Drivers, trends and mitigation. In: Edenhofer, O., et al. (Eds.), *Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- [74] Ehrlich, P.R., Holdren, J.P. (1971). Impact of population growth. *Science* 171 (3977), 1212–1217.
- [75] Grossman, G.M., Krueger, A.B. (1991). Environmental impacts of the North American Free Trade Agreement. NBER, Working paper 3914. Available at: <http://www.nber.org/papers/w3914.pdf>. (15.09.2017)
- [76] Dinda, S. (2009). Climate change and human insecurity, *International Journal of Global Environmental Issues*, 9(½), 103-109.
- [77] Han, X.M., Zhang, M.L., Liu, S. (2011). Research on the relationship of economic growth and environmental pollution in Shandong province based on environmental Kuznets curve. *Energy Procedia*, 5, 508–512.
- [78] Jalil, A., Mahmud, S. F. (2009). Environmental Kuznets curve for CO₂ emission: a cointegration analysis for China. *Energy Policy*, 37, 5167–5172.
- [79] Kristrom, B., Lundgren, T. (2003). Swedish CO₂ emissions 1900–2010: an exploratory note. *Energy Policy*, 33, 1223–1230.
- [80] Pao, H.T., Tsai, C.M. (2011) Modeling and forecasting the CO₂ emissions, energy consumption and economic growth in Brazil, 36(5), 2450-2458.
- [81] Schmalensee, R., Stoker, T.M., Judson, R.A. (1998) World carbon dioxide emissions: 1950-2050. *Review of Economics and Statistics*, 80(1), 15-27
- [82] Stern, D.I., Common, M.S., Barbier, E.B. (1996) Economic growth and environmental degradation: The environmental Kuznets curve and sustainable development. *World Development*, 24(7), 1151-1156.
- [83] Munasinghe, M. (1999). Is Environmental Degradation an Inevitable Consequence of Economic Growth: Tunneling Through the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 29(1), 89–109.
- [84] Alshehry, A.S. Belloumni, M. (2017). Study of the environmental Kuznets curve for transport carbon dioxide emissions in Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75(3), 1339-1348.
- [85] Besma, T. (2017). CO₂ emissions reduction in road transport sector in Tunisia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 69, 232-238.
- [86] Qian, X., Yu-xiang D., Ren Y., (2018). Urbanization impact on carbon emissions in the Pearl River Delta region: Kuznets curve relationships, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 180, 514-523.
- [87] Yang, W., Chen, Z., Aitong, L., Li, L., Yanmin, H., Junji T., Xiaodong Z. (2017). A disaggregated analysis of the environmental Kuznets curve for industrial CO₂ emissions in China, *Applied Energy*, Vol. 190, 172-180.
- [88] Setareh, K., Salih, K. (2017). Testing the role of urban development in the conventional Environmental Kuznets Curve: evidence from Turkey, *Applied Economics Letters*, 1-6. Published online
- [89] Zanin, L., Marra, G. (2012). Assessing the functional relationship between CO₂ emissions and economic development using an additive mixed model approach, *Economic Modelling*, 29(4), 1328-1337.
- [90] Ahmed, K., Long, W. (2012). Environmental Kuznets curve and Pakistan: an empirical analysis. *Procedia Economics and Finance*, Vol. 1, 4–13.
- [91] Shahbaz, M., Mutascu, M., Azim, P. (2013). Environmental kuznets curve in Romania and the role of energy consumption, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 18, 165–173.

- [92] Shahbaz, M., Tiwari, A.K., Nasir, M. (2013). The effects of financial development, economic growth, coal consumption and trade openness on CO₂ emissions in South Africa, *Energy Policy*, Vol. 61, 1452–1459.
- [93] Cialani, C. (2007). Economic growth and environmental quality: an econometric and a decomposition analysis, *J Management of Environmental Quality: An International Journal*, Vol. 18, 568–577.
- [94] Akbostanci, E., Turut-Asik, S., Tunc, G.I. (2008). The relationship between income and environment in Turkey: is there an environmental Kuznets curve?, *Energy Policy*, Vol. 37, 861–867.
- [95] Ugur, S., Ramazan, S., Bradley, T. E. (2007). Energy consumption, income and carbon emissions in the United States, *Ecological Economics*, Vol. 62, 482-489.
- [96] Adnan, K., Yavuz, S. D. (2015). CO₂ emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: A panel data analysis, *Economic Modelling*, Vol. 44, 97-103.
- [97] Richmond, A.K., Kaufmann, R.K., (2006). Is there a turning point in the relationship between income and energy use and/or carbon emissions?, *Ecological Economics*, Vol. 56, 176-189.
- [98] Perman, R., Sten, D.I. (2003). Evidence from panel unit root and cointegration tests that the environmental Kuznets curve does not exist, *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 47, 325-347.
- [99] Liu, D. (2008). Neural networks: Algorithms and applications. *Neurocomputing*, 71, 471-473.
- [100] Huang, G.-B., Zhu, Q. -Y., Siew, Ch. -K. (2004). Extreme Learning Machine: A New Learning Scheme of Feedforward Neural Networks. *International Joint Conference on Neural Networks*, 2, 985-990.
- [101] Wang, D., Huang, G.-B. (2005). Protein Sequence Classification Using Extreme Learning Machine. *Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks*, 3, 1406- 1411.
- [102] G.-B. Huang, Zhu, Q.-Y., Siew, C.-K. (2003). Real-time learning capability of neural networks. *Technical Report ICIS/45/2003*, School of Electrical and Electronic Engineering, Nanyang Technological University, Singapore.
- [103] Huang, G. B., Zhu, Q. Z. Y., Siew, Ch. K. (2006). Extreme Learning Machine: Theory and Applications. *Neurocomputing*, 70, 489-501.
- [104] Kordanuli, B. (2017). Značaj regulatornog okvira solventnost II na poslovanje društava za osiguranje u Republici Srbiji. *Doktorska disertacija*, Univerzitet Singidunum, Beograd.
- [105] Batinić, B. (2015). Model za predviđanje količine ambalažnog i biorazgradivog otpada primenom neuronskih mreža, *Doktorska disertacija*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [106] Petrović, N., Bojović, N., Petrović, J. (2016). Appraisal of urbanization and traffic on environmental quality, *Journal of CO₂ Utilization/ Impact Factor* (2015): 4.764, Vol. 16, 428-430.
- [107] Petrović, N., Bojović, N., Petrović, M., Jovanović, V. (2018). Study of the environmental Kuznets curve for transport greenhouse gas emissions in the European Union, *The Scientific journal Facta Univerzitatatis, Series Mechanical Engineering*, 16 (2), University of Niš.
- [108] Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E. (2010.) *Multivariate Data Analysis-A Global Perspective*, Upper Saddle River NJ, Pearson Education.
- [109] Ketchen, D.J., Shook, C.L. (1996.). The application of cluster analysis in strategic management research: An analysis and critique. *Strategic Management Journal*, 17, 441 - 458.
- [110] *Statistički godišnjak Grada Niša SGN-2016*. (2017). Grad Niš, Gradska Uprava, Sekretarijat za Privredu.
- [111] *Izveštaj o kvalitetu ambijentalnog vazduha na teritoriji grada Niša za 2013.god.* (2014). Institut za javno zdravlje, Niš.
- [112] *Godišnji izveštaj o stanju nivoa buke na teritoriji grada Niša za 2013.* (2014). Fakultet Zaštite na radu u Nišu, broj izveštaja: 01/03-50/63.
- [113] Petrović, N., Petrović, J., Parezanović, T. (2015). Multicriteria Approach of Transport Impact Assessment on the Environmental Inequality in the City of Niš, *Mechanical Engineering in XXI Century*, 3rd International Conference, Niš, Mašinski fakultet Niš, 431-434.
- [114] Chen, S.J., Hwang, C.L. (1992). *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- [115] Petrović, N., Stamenković, D., Pejčić Tarle, S., Vasin, Lj., Milošević, M. (2014). Multi-criteria

analysis of alternative propulsion systems for vehicles of public transport passengers in Niš, The 5th International Conference TRANSPORT AND LOGISTICS - TIL 2014, Faculty of Mechanical Engineering, University of Niš, 135-138.

- [116] Tica, S.M. (2017). Sistem javnog gradskog transporta putnika: Podsystemi javnog masovnog transporta putnika, Predavanja, Saobraćajni fakultet Beograd.
- [117] Milićević R. Milić, Župac Ž. G. (2012). Objektivni pristup određivanju težina kriterijuma. *Vojnotehnički glasnik/military technical courier*, LX(1), 39-56.
- [118] Pöyhönen, M., Hämmäläinen, R. P. (2001). On the convergence of multiattribute weighting methods. *European Journal of Operational Research*, 129(3), 569–585.
- [119] Stewart, T. J. (1992). A critical survey on the status of multiple criteria decision making theory and practice. *OMEGA International Journal of Management Science*, 20(5/6), 569–586.
- [120] Zardari, N.H, Ahmed, K., Shirazi, S.M., Yusop, Z.B. (2015). *Weighting Methods and their Effects on Multi-criteria decision Making Model Outcomes in Water Resources Management*. Springer International Publishing.
- [121] Diakoulaki, D., Mavrotas, G., Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: the Critic method, *Computers&Operations Research*, 22, 763–770.
- [122] Opricovic, S., Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156, 445–455.
- [123] Milani, A. S., Shanian, A., Madoliat, R., and Nemes, J. A. (2005). The effect of normalization norms in multiple attribute decision making models: A case study in gear material selection. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 29, 312–318.
- [124] Chakraborty S., Yeh C.H. (2007). A simulation based comparative study of normalization procedures in multiattribute decision making. *Proceedings of the 6th WSEAS Ing Con on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Data Bases, Corfu Island, Greece*, 102-109.
- [125] Jahan, A., Bahraminasab, M., Edwards, K. L. (2012). A target-based normalization technique for materials selection. *Materials & Design*, 35, 647–654.
- [126] Jahan, A., Mustapha, F., Sapuan, S. M., Ismail, M. Y., and Bahraminasab M. (2012). A framework for weighting of criteria in ranking stage of material selection process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 58, 411–420.
- [127] Jahan, A., Edwards, K. (2015). A state-of-the-art survey on the influence of normalization techniques in ranking: Improving the materials selection process in engineering design. *Materials and Design*, 65, 335-342.
- [128] Hwang, C. L., Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making – methods and applications*. Springer Verlag, Berlin.
- [129] Zeleny, M. (1982). *Multiple Criteria Decision Making*. McGraw-Hill, New York.
- [130] Conover, W. J. (1980). *Practical nonparametric statistics (Wiley series in probability and statistics)*. John Wiley & Sons, New York.
- [131] Gopal K. K. (2006). *100 STATISTICAL TESTS*, SAGE Publications- The Cromwell Press, 3rd Edition, Trowbridge, Wiltshire.

Prilog A – Ulazne i izlazne promenljive u periodu od 2000. do 2014. godine

Podaci za 2000. godinu

Država	Ulazne promenljive																	Izlazne promenljive				
	Ekonomski					Urbani			Transportni									Emisije koje potiču od saobraćaja				
	BDP po stanovniku	Rast BDP po stanovniku	Usluge	Industrija	Zaposleni u saobraćaju	Urbana populacija	Rast urbane populacije	Gustna naseljenosti	Železnički saobraćaj (putnici)	Železnički saobraćaj (roba)	Putnički automobili	Autobusi	Vazdušni saobraćaj (putnici)	Vazdušni saobraćaj (roba)	Pomorski saobraćaj (putnici)	Pomorski saobraćaj (roba)	Unutrašnji vodni saobraćaj (roba)	GHG	CO ₂	NOx	PM _{2.5}	SOx
	US\$	(godišnji %)	(% BDP)		(% od ukupne)	(godišnji %)	(stanovnik/km ² države)	Milijarda pkm	(Milijarda tkm)		Milijarda pkm		Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	Milioni tona	% ukupnog sagorevanja goriva	tone	tone	tone
Austrija	23207	3,120140	66,506860	31,643645	:	65,8	0,240462	97,015815	8,7	16,6	66,7	9,5	6641,875	0,41	:	2,4	18,8182	30,0908	133193	7181	2509	
Belgija	1609	3,382815	70,882775	27,808702	:	97,128	0,307397	338,548547	7,7	7,7	102,5	13,3	10738,119	1,02	1520	179381	7,2	24,64584	21,4674	162360	10338	5274
Bugarska	4920	5,530878	61,574472	25,845978	:	68,899	-0,171158	73,851324	3,5	5,5	26,9	14,6	535,246	0,01	:	0,3	5,68309	12,8703	54135	2008	1503	
Hrvatska	14673	6,768454	64,267627	29,327291	:	55,587	-2,600589	79,162940	1,3	1,8	20,0	3,3	1072,000	0,00	:	16886	4,5297	26,1848	35296	2159	5702	
Kipar	5995	4,605802	77,024515	19,388162	:	68,648	2,081122	102,087338	:	:	3,9	1,1	1396,076	0,04	:	:	1,80662	27,4603	10995	1908	7586	
Češka Republika	30744	4,587002	59,401270	37,180258	:	73,988	-0,458662	132,717264	7,3	17,5	63,9	16,2	2229,216	0,03	:	0,1	12,14177	9,7832	97174	6206	5514	
Danska	4070	3,400722	70,046705	27,455488	:	85,1	0,350679	125,845298	5,5	2,0	50,6	7,4	5922,623	0,20	40396	96533	:	12,28504	23,6256	108038	4657	3125
Estonija	24253	10,034541	67,358252	27,802769	:	69,368	0,926408	32,955532	0,3	8,1	6,7	2,6	277,595	0,00	:	:	1,68338	11,3715	17907	796	2759	
Finska	22466	5,415770	60,462248	36,156879	:	82,183	0,496415	16,994021	3,4	10,1	55,7	7,7	6828,143	0,28	15722	80681	0,1	12,12726	21,6097	109033	8253	1866
Francuska	23719	3,166120	74,315765	23,341127	:	75,871	1,024238	111,242091	69,4	57,7	744,5	42,0	52581,312	5,22	26304	325789	9,1	139,33699	36,3297	1011228	65287	28993
Nemačka	12043	2,822697	68,036708	30,906640	:	73,067	0,139537	235,596813	75,4	82,7	831,3	69,0	57962,865	7,13	19665	242535	66,5	182,7644	21,3440	1113438	55558	33585
Grccka	4623	3,495564	72,955990	20,948125	:	72,716	0,572821	83,830939	1,9	0,4	63,0	21,7	7937,434	0,13	14282	127750	:	18,89914	21,6754	183328	:	21318
Mađarska	26242	4,473367	62,492514	31,771093	:	64,575	-0,456240	113,936298	9,7	8,8	46,2	18,7	2197,521	0,05	:	0,9	8,89936	16,6448	78275	5697	1363	
Irska	20051	8,456934	61,717932	35,443213	:	59,146	1,756601	55,235506	1,4	0,5	34,6	7,0	13983,022	0,17	2797	45273	-	10,78898	25,3000	69459	3719	3112
Italija	3353	3,663134	70,017720	27,134473	:	67,222	0,134600	193,608201	49,6	22,8	713,9	93,4	30418,137	1,75	45934	446641	0,2	123,6564	27,6772	882721	53243	94115
Latvija	3297	6,427826	68,355060	26,526144	:	68,067	-1,188489	38,065953	0,7	13,3	11,5	2,3	278,396	0,00	:	:	2,20618	30,9942	24082	836	628	
Litvanija	48318	4,564579	64,127262	29,595267	:	66,986	-0,792941	55,831780	0,6	8,9	26,0	2,8	283,836	0,00	:	0,0	3,46033	29,7456	33467	1114	1120	
Luksemburg	11292	6,794700	80,981943	18,328604	:	84,216	2,260035	168,455598	0,3	0,6	5,6	0,6	870,831	3,52	:	0,4	4,83774	60,1737	34035	1529	589	
Malta	25921	6,083459	46,845390	50,808511	:	92,368	0,952299	1219,021875	:	:	1,8	0,5	1364,904	0,01	:	:	0,51976	21,5962	3820	722	840	
Holandija	4493	3,496352	72,800205	24,702979	:	76,795	1,715922	471,727281	14,7	4,5	141,1	11,3	20898,713	4,37	2004	405802	41,3	32,78646	20,6374	227741	10576	6283
Poljska	11502	5,657246	63,887318	41,377692	:	61,716	-0,973016	124,909821	24,1	54,0	130,1	59,2	2340,919	0,08	:	1,2	27,69243	9,3075	225820	15560	858	
Portugalija	1668	3,060571	68,550242	32,813524	:	54,399	1,916107	112,457902	4,0	2,2	71,0	11,8	6721,365	0,23	357	56404	-	18,96887	30,4461	118351	8718	5405
Rumunija	5403	2,527721	60,245717	27,903018	:	53,004	-0,419566	97,701323	11,6	16,4	51,0	12,0	1218,102	0,01	:	2,6	9,91257	10,9578	107095	4988	15879	
Slovačka Republika	10228	1,347281	59,516512	27,734225	:	56,233	-0,243776	112,031601	2,9	11,2	23,9	9,3	57,095	0,00	:	1,4	5,65602	11,0087	41037	1655	860	
Slovenija	14788	3,847512	61,679338	36,066397	:	50,752	0,349225	98,754965	0,7	2,9	20,3	3,5	627,907	0,00	:	:	3,85739	25,1067	23969	1044	2278	
Španija	29283	4,819358	65,144179	35,008009	:	76,262	0,553406	81,298325	20,1	11,6	302,6	50,3	39711,776	0,88	5833	272957	:	87,25975	32,4310	656053	31333	44069
Švedska	27770	4,567243	67,729089	30,735212	:	84,026	0,193900	21,621360	8,2	19,5	101,4	9,5	13354,314	0,29	35280	159291	:	19,80706	40,8120	122966	4881	3904
Velika Britanija	24517	3,374942	72,026040	27,056525	:	78,651	0,433616	243,427909	38,4	18,1	638,6	48,0	70436,030	5,16	32649	573050	0,2	124,10358	23,5863	822214	32400	30020

Podaci za 2001. godinu

Država	Ulazne promjenjive																Izlazne promjenjive					
	Ekonomski					Urbani			Transportni								Emissioni koje potiču od saobraćaja					
	BDP po stanovniku	Rast BDP po stanovniku	Usluge	Industrija	Zaposleni u saobraćaju	Urbana populacija	Rast urbane populacije	Gustina naseljenosti	Železnički saobraćaj (putnici)	Železnički saobraćaj (roba)	Putnički automobili	Autobusi	Vazdušni saobraćaj (putnici)	Vazdušni saobraćaj (roba)	Pomorski saobraćaj (putnici)	Pomorski saobraćaj (roba)	Unutrašnji vodni saobraćaj (roba)	GHG	CO ₂	NOx	PM _{2.5}	SOx
	US\$	(godišnji %)	(% BDP)			(% od ukupne)	(godišnji %)	(stanovnik/km2 države)	Milijarda pkm	(Milijarda tkm)	Milijarda pkm		Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	Milioni tona	% ukupnog sagorevanja goriva	tone	tone	tone
Austrija	23122	0.963289	66.641436	31.483947	:	65.801	0.384323	97.387903	8.8	16.9	67.1	9.5	6550.376	0.4	:	2.6	20.30911	30.3604	140557	7289	2561	
Belgija	1762	0.465497	71.745481	27.025260	:	97.184	0.401590	339.714993	8.0	7.1	103.4	13.8	8489.007	0.9	1358	174181	7.7	25.20023	21.9880	162416	9590	4567
Bugarska	5245	6.344013	61.046023	26.896708	:	69.166	-1.603864	72.395752	3.0	4.9	27.9	15.0	233.963	0.0	:	20192	0.4	5.83784	12.4362	57076	2135	1508
Hrvatska	15063	3.108260	64.705224	28.874933	:	55.725	0.563750	79.413343	1.2	2.1	21.0	3.5	1245	0.0	:	19056	0.1	4.58288	25.2237	34594	2244	4390
Kipar	6595	2.490000	77.250528	19.192830	:	68.769	2.086647	104.056494	:	:	4.0	1.2	1503.427	0.0	:	:	:	1.86662	28.9176	10335	1812	7383
Češka Republika	30752	3.439434	59.152646	37.552824	:	73.877	-0.525860	132.219555	7.3	16.9	63.5	17.5	2565.808	0.0	:	:	0.1	12.90384	10.5124	99429	6707	4834
Danska	4499	0.462531	70.702419	26.580917	:	85.15	0.417064	126.297030	5.7	2.1	49.6	7.3	6382.092	0.2	36179	93972	:	12.27313	22.9843	105089	4392	3000
Estonija	24913	7.008147	66.813550	28.448351	:	69.242	-0.818771	32.746285	0.2	8.6	6.8	2.5	277.768	0.0	:	40383	:	2.01069	13.0929	19180	675	780
Finska	22527	2.347494	61.646907	35.207810	:	82.368	0.452528	17.032759	3.3	9.9	57.0	7.7	6697.556	0.2	15901	96150	0.1	12.24435	19.7216	103513	8000	1557
Francuska	23687	1.215127	74.745639	22.909572	:	76.127	1.064638	112.054654	71.1	51.7	776.1	41.8	50476.541	4.8	26166	318188	8.3	142.12487	36.4649	982066	64062	29809
Nemačka	12538	1.524538	68.735437	30.114471	:	73.113	0.231161	236.027300	75.8	81.0	852.6	68.7	56389.365	7.0	19391	246050	64.8	178.96128	20.3774	1044167	53113	29729
Grčka	5271	3.591653	72.435669	21.719366	:	72.913	0.790436	84.267898	1.7	0.4	68.0	21.8	8430.333	0.1	24078	122171	:	19.80514	21.9312	195315	:	28686
Mađarska	28224	4.012411	62.911092	31.457100	:	64.67	-0.082385	113.675251	10.0	7.7	46.2	18.6	2023.385	0.0	:	:	1.1	9.37692	17.0035	78062	10236	1836
Irska	20401	4.376768	59.398069	38.361546	:	59.395	2.012268	56.121977	1.5	0.5	36.5	7.3	15450.847	0.2	2651	45795	:	11.31199	25.1164	69020	3583	2989
Italija	3573	1.715039	70.456158	26.791221	:	67.282	0.145384	193.716977	50.1	21.8	722.6	95.6	31031.074	1.5	46363	444804	0.2	125.70742	28.2048	867015	52308	92494
Latvija	3530	7.845164	69.568084	25.416064	:	67.95	-1.463509	37.577497	0.7	14.2	12.0	2.3	255.392	0.0	:	56827	:	2.60375	34.6207	27293	1127	669
Litvanija	47680	7.405828	64.149387	30.381229	:	66.919	-0.924059	55.373612	0.5	7.7	26.0	2.8	304.051	0.0	:	20953	0.0	3.65352	30.5428	34653	1235	1034
Luksemburg	11022	1.318613	81.007931	18.325805	:	84.843	1.932309	170.472973	0.3	0.6	5.8	0.7	885.852	3.8	:	:	0.4	5.05381	58.5731	34654	1538	598
Malta	26584	-0.144491	54.005001	43.230410	:	92.641	1.046086	1228.212500	:	:	1.8	0.5	1340.031	0.0	:	:	0.5422	17.2691	17.2691	4251	1027	407
Holandija	4981	1.356292	72.699975	24.864344	:	77.83	2.093581	475.301540	14.4	4.3	141.6	11.4	20072.98	4.1	2042	405853	41.8	33.06785	20.1337	218982	10100	4050
Poljska	11729	1.275941	65.483828	39.853171	:	61.761	0.045302	124.875366	22.5	47.7	132.3	55.4	2670.283	0.1	:	46210	1.3	27.46481	9.2792	221706	15486	835
Portugalija	1840	1.226898	69.118827	31.117626	:	55.044	1.883938	113.253792	4.0	2.1	73.2	11.2	6650.492	0.2	448	56164	:	19.27588	30.9144	117689	8434	5224
Rumunija	5708	7.075793	56.141046	27.511558	:	52.852	-1.682608	96.347438	11.0	16.1	52.5	11.5	1137.305	0.0	:	27619	2.7	11.94023	12.6423	122428	4902	18195
Slovačka Republika	10479	3.505723	60.229820	29.364778	:	56.163	-0.307577	111.826757	2.8	10.9	24.1	9.2	43.113	0.0	:	:	1.0	6.08233	14.2934	42971	1781	871
Slovenija	15359	2.787349	62.148569	34.817148	:	50.78	0.212668	98.910626	0.7	2.8	20.8	3.4	689.635	0.0	:	9146	:	3.97978	24.7984	24335	1026	2447
Španija	26969	3.281730	65.347255	34.879325	:	76.343	0.800226	81.943376	20.8	11.7	308.0	51.7	41469.789	0.9	15225	314219	:	90.77952	33.7516	640759	30935	40627
Švedska	27284	1.291108	68.156652	30.643317	:	84.071	0.322021	21.679485	8.7	19.0	102.4	9.2	13123.426	0.3	31057	152830	:	19.94924	41.3294	113795	4807	3664
Velika Britanija	19495	2.331397	73.552683	25.575164	:	78.751	0.512040	244.366854	39.4	19.4	651.4	48.0	70331.7	4.5	31853.0	566366	0.2	124.07965	22.7565	785080	31627	26793

Podaci za 2002. godinu

Država	Ulazne promjenljive																Izlazne promjenljive					
	Ekonomski					Urbani			Transportni								Emissioni koje potiču od saobraćaja					
	BDP po stanovniku	Rast BDP po stanovniku	Usluge	Industrija	Zaposleni u saobraćaju	Urbana populacija	Rast urbane populacije	Gustina naseljenosti	Željeznički saobraćaj (putnici)	Željeznički saobraćaj (roba)	Putnički automobili	Autobusi	Vazdušni saobraćaj (putnici)	Vazdušni saobraćaj (roba)	Pomorski saobraćaj (putnici)	Pomorski saobraćaj (roba)	Unutrašnji vodni saobraćaj (roba)	GHG	CO ₂	NOx	PM _{2.5}	SOx
	US\$	(godišnji %)	(% BDP)			(% od ukupne)	(godišnji %)	(stanovnik/km2 države)	Milijarda pkm	(Milijarda tkm)	Milijarda pkm		Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)		Milioni tona	% ukupnog sagorevanja goriva	tone	tone	tone
Austrija	26351	1,156956	67,626330	30,616173	:	65,806	0,499590	97,868213	8,8	17,1	68,0	9,6	7070,344	0,40	:	2,8	22,2217	32,4077	148046	7509	2462	
Belgija	25052	1,325025	72,388692	26,466092	:	97,239	0,504850	341,241248	8,3	7,3	104,8	15,0	2341,816	0,66	1121	173824	8,1	25,51143	23,4583	160395	8881	2317
Bugarska	2079	8,344616	62,396054	26,693524	:	69,524	-1,654432	72,032730	2,6	4,6	29,3	17,0	62,798	0,00	:	20390	0,6	6,08748	13,7209	59264	2142	1582
Hrvatska	6054	5,246475	65,388758	28,297562	:	55,876	0,270591	79,413343	1,2	2,2	22,0	3,6	1356	0,00	:	18584	0,1	4,84476	25,3425	36677	2328	5241
Kipar	16372	2,220906	76,532890	19,895364	:	68,694	1,786571	106,047944	:	:	4,1	1,2	1704,78	0,04	:	7220	:	1,84955	27,9180	10191	1695	7143
Češka Republika	8012	1,843217	60,816710	36,379346	:	73,809	-0,284982	131,964747	6,6	15,8	65,3	16,5	2808,793	0,03	:	:	0,1	13,51504	11,3377	95162	6621	4742
Danska	33229	0,145880	71,556523	26,370297	:	85,25	0,436848	126,701178	5,7	1,9	49,5	7,3	6322,432	0,19	36469	94283	:	12,36532	23,4582	102526	4146	2869
Estonija	5308	6,750451	67,037900	28,727843	:	69,116	-0,815565	32,539514	0,2	9,7	7,1	2,3	304,135	0,00	5136	44682	:	2,14347	14,2759	19279	778	848
Finska	26834	1,434170	62,565278	34,382907	:	82,503	0,406147	17,074093	3,3	9,7	58,3	7,7	6415,606	0,22	15728	99099	0,1	12,42425	19,2725	100671	7899	1699
Francuska	24275	0,385761	75,210090	22,554475	:	76,38	1,059019	112,872520	72,9	51,3	786,3	41,7	49305,864	5,03	27555	319032	8,3	143,0896	37,0143	944040	61188	30204
Nemačka	25205	-0,167987	69,689853	29,363913	:	73,174	0,251525	236,451571	70,8	81,1	863,0	67,5	61889,678	7,20	20229	246353	64,2	176,68206	20,4186	986638	51031	17364
Grčka	14110	3,542623	72,614970	21,793727	:	73,303	0,900027	84,577362	1,8	0,3	72,0	22,0	7579,225	0,08	46790	147692	:	20,12681	22,1718	189799	:	25057
Mađarska	6651	4,801062	64,325267	30,842839	:	65,081	0,348783	113,352020	10,5	7,8	46,3	18,9	2098,76	0,03	:	:	1,4	9,94944	18,3647	78614	10169	1937
Irska	32539	3,812750	58,374830	39,658169	:	59,649	2,111881	57,075729	1,6	0,4	37,8	7,3	19728,801	0,12	2647	44919	:	11,50656	26,1169	64635	3349	2121
Italija	22197	0,099371	70,750245	26,630669	:	67,382	0,297434	194,005668	49,3	20,7	731,4	97,1	28244,627	1,39	43967	457958	0,1	127,63768	28,2703	825362	50282	60051
Latvija	4132	8,354647	69,716993	25,157249	:	67,85	-1,309137	37,143434	0,7	15,0	12,5	2,4	264,991	0,00	:	51978	:	2,68301	35,8230	26210	1137	688
Litvanija	4147	7,621237	65,133548	29,505731	:	66,828	-0,938849	54,930871	0,5	9,8	26,0	3,0	303,865	0,00	:	24405	0,0	3,77896	31,4730	34133	1280	1096
Luksemburg	52241	2,737472	81,157830	18,033132	:	85,299	1,583749	172,268340	0,3	0,6	5,9	0,7	822,533	4,16	:	:	0,4	5,19659	56,6239	34580	1529	540
Malta	11844	2,217929	53,315146	43,905962	:	92,905	1,030092	1237,403125	:	:	1,9	0,5	1398,99	0,01	:	3300	:	0,49986	12,5000	4270	992	153
Holandija	28817	-0,533288	73,809524	23,925922	:	79,113	2,273314	478,345053	14,3	4,0	144,2	10,8	22931,166	4,20	2201	413312	41,0	33,82979	20,4134	212653	9422	3922
Poljska	5197	2,088879	66,646106	37,689200	:	61,787	-0,004229	124,817539	20,7	46,6	135,8	52,0	2845,919	0,07	:	48111	1,1	26,50115	9,1556	208235	13751	782
Portugalija	12882	0,218428	70,051134	30,299356	:	55,666	1,671334	113,875749	3,9	2,2	77,7	9,9	6795,58	0,19	238	55599	:	19,75992	29,9611	114456	8214	5316
Rumunija	2125	7,127485	57,376179	26,838764	:	52,78	-1,966977	94,533850	8,5	15,2	54,0	11,5	959,487	0,01	:	32698	3,6	12,29825	12,9564	127224	4882	18921
Slovačka Republika	6525	4,560796	60,860113	30,066099	:	56,013	-0,303778	111,786112	2,7	10,4	25,0	9,2	82,821	0,00	:	:	0,6	6,01592	16,6441	43762	1910	795
Slovenija	11814	3,707716	62,315297	34,121113	:	50,777	0,117965	99,033267	0,7	3,1	21,3	3,3	720,513	0,00	2	9305	:	3,86472	25,1822	23445	1036	569
Španija	17020	1,436704	65,710894	34,480672	:	76,533	1,661162	83,022519	21,2	11,6	315,0	50,1	40380,629	0,81	14172	325498	:	92,36871	32,3428	631308	29546	41518
Švedska	29572	1,741931	68,610732	30,494886	:	84,133	0,399153	21,750154	8,9	19,2	105,3	9,3	12421,22	0,27	30385	154626	:	20,37459	40,4893	106874	4726	3727
Velika Britanija	29603	1,964679	74,039211	25,117923	:	79,047	0,798501	245,403542	39,9	18,5	672,7	42,1	72381,2	4,94	33036	558325	0,2	126,40396	23,6862	749039	30523	27269

Podaci za 2003. godinu

Država	Ulazne promjenljive																Izlazne promjenljive					
	Ekonomski					Urbani			Transportni								Emisije koje potiču od saobraćaja					
	BDP po stanovniku	Rast BDP po stanovniku	Usluge	Industrija	Zaposleni u saobraćaju	Urbana populacija	Rasturbane populacije	Gustina naseljenosti	Željeznički saobraćaj (putnici)	Željeznički saobraćaj (roba)	Putnički automobili	Autobusi	Vazdušni saobraćaj (putnici)	Vazdušni saobraćaj (roba)	Pomorski saobraćaj (putnici)	Pomorski saobraćaj (roba)	Unutrašnji vodni saobraćaj (roba)	GHG	CO ₂	NOx	PM _{2.5}	SOx
	US\$	(godišnji %)	(% BDP)		(% od ukupne)	(godišnji %)	(stanovnik/km2 države)	Milijarda pkm	(Milijarda tkm)	Milijarda pkm	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	Milijoni tona	% ukupnog sagorevanja goriva	tone	tone	tone	
Austrija	32103	0.266533	67.663821	30.659170	:	65.812	0.496246	98.346125	8,7	16,9	68,9	9,8	6902,78	0,43	:	2,3	24.07441	32.2373	154676	7549	2442	
Belgija	30744	0.353496	73.133764	25.725239	:	97.292	0.473126	342.672820	8,3	7,3	102,5	16,5	2904,114	0,60	734	181110	8,2	26.0855	23.1440	159816	8537	2211
Bugarska	2694	5.913161	62.072971	27.522106	:	69.879	-0.282797	71.484113	2,5	5,3	30,7	14,4	310,952	0,00	:	21358	0,6	6.68469	13.7385	66694	2636	1803
Hrvatska	7806	5.557907	65.959659	28.865099	:	56.04	0.293093	79.413343	1,2	2,5	22,5	3,7	1582	0,00	:	20320	0,1	5.23883	25.5917	36771	2528	6490
Kipar	20293	1.237982	76.773247	20.142429	:	68.553	1.641578	108.024892	:	:	4,2	1,3	1882,981	0,04	:	7258	:	1.95979	26.7806	10295	1626	6754
Češka Republika	9741	3.631498	61.707349	35.707419	:	73.74	-0.122154	131.926983	6,5	15,9	67,4	16,4	3391,474	0,04	:	:	0,1	15.3392	12.4567	98483	7414	2168
Danska	40459	0.117373	72.360951	25.766371	:	85.36	0.400964	127.046288	5,8	2,0	49,7	7,3	5886,037	0,17	36698	103954	:	12.81564	22.0714	101740	4142	3244
Estonija	7174	8.092451	66.684377	29.278211	:	68.989	-0.811590	32.335928	0,2	9,7	7,7	2,3	395,485	0,00	5173	47048	:	2.03593	12.0773	17176	717	530
Finska	32816	1.751062	63.208639	33.881567	:	82.638	0.401974	17.114856	3,3	10,0	59,6	7,7	6183,906	0,26	15525	104439	0,1	12.61309	17.3006	97083	7817	1524
Francuska	29691	0.107473	75.878892	22.065290	:	76.632	1.038163	113.613129	71,1	48,1	793,0	41,7	47258,82	5,07	26523	330135	8,0	142.46534	36.0831	899636	58691	30647
Nemačka	30360	-0.764861	69.882657	29.250338	:	73.253	0.135961	236.616427	71,3	85,1	857,7	67,5	72693,124	7,30	20182	254834	58,2	170.16349	19.9698	913408	48047	15018
Grčka	18478	5.542361	71.558941	22.868403	:	73.689	0.763852	84.779441	1,6	0,5	76,0	22,0	7518,932	0,06	50983	162534	:	21.20167	22.3429	189422	:	26673
Mađarska	8396	4.125571	64.945495	30.554115	:	65.489	0.338511	113.027806	10,3	7,6	47,5	18,7	2260,849	0,03	:	:	1,5	10.42269	18.3163	78325	10133	1329
Irska	41107	1.998007	61.972767	36.353948	:	59.925	2.090585	58.013079	1,6	0,4	39,9	7,5	28863,657	0,12	2572	46165	:	11.70993	26.6142	64382	3305	2347
Italija	27387	-0.292868	71.443511	25.959486	:	67.501	0.620956	194.850082	48,7	20,3	740,1	98,3	36345,771	1,37	43833	477028	0,1	128.49423	27.3620	798423	48906	59901
Latvija	5135	9.483655	71.585876	23.882725	:	67,8	-1.040127	36.786208	0,8	18,0	13,0	2,6	339,747	0,00	:	54652	:	2.83128	36.7292	27112	1211	690
Litvanija	5506	11.440102	64.017631	31.052315	:	66.737	-0.948536	54.486487	0,4	11,5	29,0	3,0	329,271	0,00	:	30242	0,0	3.82964	31.9305	34525	1298	1029
Luksemburg	64670	0.401761	81.088654	18.344930	:	85.743	1.734295	174.374517	0,3	0,5	6,0	0,7	853,903	4,35	:	:	0,3	5.63186	59.4512	36906	1618	562
Malta	13690	1.871518	53.266397	43.845340	:	93.116	0.931832	1245.568750	:	:	1,9	0,5	1309,119	0,01	3388	3417	:	0.51984	13.7931	4201	965	164
Holandija	35245	-0.188117	74.214396	23.546699	:	80.341	2.012103	480.607287	13,8	4,7	146,1	11,3	23454,932	4,33	2014	410330	39,0	34.33382	20.3061	209795	8907	3695
Poljska	5694	3.632392	65.825030	31.244809	:	61.676	-0.247302	124.753690	19,6	47,4	141,3	51,6	3252,222	0,07	:	51020	0,9	28.89543	9.6487	222561	15265	5285
Portugalija	15773	-1.305412	71.113088	25.857985	:	56.287	1.484821	114.304055	3,8	2,1	81,5	10,5	7590,259	0,21	288	57470	:	19.64984	34.1476	110623	6851	19604
Rumunija	2775	6.288136	59.169236	27.910308	:	52.912	-0.471485	93.821813	8,5	15,0	56,0	11,5	1255,313	0,01	:	35925	3,5	12.95214	12.8041	133251	4878	209
Slovačka Republika	8697	5.488127	60.374809	35.181471	:	55.863	-0.333982	111.689337	2,3	10,1	25,2	8,8	190,182	0,00	:	:	0,5	6.00803	15.0535	42546	1575	606
Slovenija	14880	2.780091	62.895124	24.043809	:	50.685	-0.121030	99.092999	0,8	3,0	21,3	3,4	758,392	0,00	:	10788	:	4.00377	25.7849	23397	5930	27355
Španija	21496	1.338244	65.941307	34.693347	:	76.778	2.128607	84.508814	21,1	11,7	321,9	49,2	42506,835	0,87	14839	342681	:	96.75378	33.4127	637931	30292	46262
Švedska	36961	2.005478	68.932251	29.246345	:	84.196	0.446939	21.831235	8,8	20,2	106,3	9,1	11586,025	0,25	30919	161454	:	20.62113	40.0889	103918	:	-
Velika Britanija	34008	2.985577	75.069930	30.324797	:	79.339	0.834360	246.548907	41,2	18,7	668,5	46,1	76388,7	5,16	30731	555662	0,2	126.03703	23.4002	712001	7549	2442

Podaci za 2004. godinu

Država	Ulazne promjenjive																Izlazne promjenjive					
	Ekonomski					Urbani			Transportni								Emisije koje potiču od saobraćaja					
	BDP po stanovniku	Rast BDP po stanovniku	Usluge	Industrija	Zaposleni u saobraćaju	Urbana populacija	Rasturbane populacije	Gustina naseljenosti	Železnički saobraćaj (putnici)	Železnički saobraćaj (roba)	Putnički automobili	Autobusi	Vazdušni saobraćaj (putnici)	Vazdušni saobraćaj (roba)	Pomorski saobraćaj (putnici)	Pomorski saobraćaj (roba)	Unutrašnji vodni saobraćaj (roba)	GHG	CO ₂	NOx	PM _{2.5}	SOx
	US\$	(godišnji %)	(% BDP)		(% od ukupne)	(godišnji %)	(stanovnik/km2 države)	Milijarda pkm	(Milijarda tkm)		Milijarda pkm		Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	Milioni tona	% ukupnog sagorevanja goriva	tone	tone	tone
Austrija	36693	2.070516	67.732410	30.601385	199 211	65.818	0.629536	98.958174	8,3	18,8	69,6	9,9	7619.372	0,50	:	1,7	24.59009	32.1997	153007	7386	364	
Belgija	35590	3.187227	73.331361	25.531373	192 352	97.345	0.487254	344.159082	9,2	7,7	103,0	17,1	3264.582	0,71	742	187889	8,4	27.15541	24.1876	164398	8384	2239
Bugarska	3354	7.362888	63.590383	26.656127	161 788	70.233	-0.249496	70.953108	2,4	5,2	32,8	13,0	476.277	0,00	:	23125	7.02545	14.9127	63690	2901	1081	
Hrvatska	9366	4.106258	64.590618	29.872448	:	56.217	0.292838	79.324518	1,2	2,5	23,5	3,4	1743	0,00	:	25246	5.42697	27.2312	36102	2620	5688	
Kipar	23932	3.180830	76.898759	20.286030	18 237	68.41	1.546592	109.937987	:	:	4,6	1,2	2013.254	0,05	:	6837	2.06433	28.6541	9601	1035	2452	
Češka Republika	11668	4.915521	59.828531	37.625042	277 355	73.671	-0.063183	131.984222	6,6	15,1	67,6	15,2	4219.478	0,04	:	:	16.11222	12.9943	93648	6780	2504	
Danska	46488	2.403208	72.342783	25.763826	134 563	85.566	0.499468	127.375041	5,9	2,3	50,6	7,3	6428.701	0,17	36559	100373	13.13385	25.2414	97477	4010	3404	
Estonija	8850	6.932101	67.277893	28.828829	35 202	68.862	-0.782095	32.143194	0,2	10,5	7,8	2,5	509.556	0,00	6452	44808	2.0806	12.2744	16231	781	476	
Finska	37636	3.624745	63.671154	33.606002	113 518	82.772	0.452372	17.164621	3,4	10,1	60,9	7,6	7049.416	0,33	15979	106534	12.94441	18.8696	92697	7621	1348	
Francuska	33875	2.032367	76.125724	21.845214	1 125 487	76.883	1.063323	114.515478	73,9	46,3	794,5	42,9	48543.473	5,58	25165	334035	8,4	142.99845	36.0699	873026	56267	29945
Nemačka	34166	1.191937	69.582713	29.415258	1 238 001	73.289	0.054730	236.592195	72,9	91,9	868,7	67,8	82099.657	8,07	20856	271869	63,7	169.77578	20.3604	871435	46786	13555
Grčka	21955	4.801379	72.712194	22.549008	200 000	74.073	0.767168	84.989457	1,7	0,6	80,0	21,6	9276.954	0,06	47747	157892	21.6479	22.8672	194544	:	31660	
Mađarska	10260	5.238170	63.783818	31.171359	212 273	65.896	0.398122	112.777795	10,2	8,7	49,1	18,2	2546.234	0,02	:	:	10.91351	19.7567	77481	10806	1424	
Irska	47631	4.791367	63.165858	35.036829	62 642	60.202	2.289497	59.083495	1,6	0,4	42,6	7,9	34748.853	0,12	2433	47720	12.43028	27.8905	66996	3378	2223	
Italija	31175	0.926638	71.442445	25.961772	935 659	67,62	0.823321	196.115207	49,3	22,2	748,8	99,8	35922.093	1,39	43474	484984	130.4267	27.2635	772824	48168	59633	
Latvija	6351	9.524299	71.188428	24.027880	65 504	67,9	-0.943887	36.386938	0,8	18,6	11,5	2,7	593.662	0,00	:	54829	2.97213	38.3690	26047	1240	654	
Litvanija	6707	7.753375	62.722549	32.669536	75 755	66.646	-1.259472	53.878031	0,4	11,6	31,0	3,5	447.883	0,00	:	25842	4.16943	33.1315	34308	1400	940	
Luksemburg	74971	2.149919	81.489473	17.883875	18 739	86.177	1.926368	176.870656	0,3	0,6	6,1	0,8	855.84	4,67	146	:	6.58522	60.8192	44499	1812	86	
Malta	15109	-0.228934	58.721286	38.552833	10 385	93.407	0.936304	1253.962500	:	:	2,0	0,5	1365.223	0,01	3512	3474	0.50304	17.3077	3832	946	144	
Holandija	39955	1.676790	74.406841	23.577284	341 566	81.514	1.796943	482.280184	14,5	5,8	151,6	11,6	25595.676	4,78	2012	440722	43,0	34.86234	20.3586	204308	8437	3527
Poljska	6681	5.197185	63.901419	32.399044	566 844	61.564	-0.240274	124.644083	18,4	52,3	146,8	51,1	3493.094	0,08	1867	52272	32.68174	10.8185	257535	17723	5363	
Portugalija	18046	1.568412	71.630653	25.400871	150 361	56.907	1.334601	114.577716	3,8	2,3	83,0	10,8	9052.471	0,24	308	59071	19.61897	34.2282	112266	6494	19186	
Rumunija	3553	8.977766	57.997786	28.017700	273 303	53.043	-0.322505	93.268470	8,6	17,0	58,0	11,5	1337.781	0,00	:	40594	13.58537	13.7372	140485	4832	223	
Slovačka Republika	10655	5.280271	59.705257	36.224961	75 721	55.713	-0.289252	111.689813	2,2	9,7	25,3	8,8	636.276	0,00	:	:	6.72402	16.3677	46996	1691	663	
Slovenija	17261	4.284963	62.764895	34.633933	40 632	50.593	-0.117613	99.156504	0,7	3,1	22,0	3,2	764.991	0,00	:	12063	4.1535	26.5092	24092	4618	35693	
Španija	24919	1.401909	66.503821	30.084914	820 203	77.022	2.042762	85.984805	20,3	12,4	330,2	53,5	45539.952	1,04	15008	373726	100.45771	33.0388	652033	26046	4667	
Švedska	42442	3.911044	68.516454	29.687870	:	84.258	0.466911	21.917266	8,6	20,9	107,1	8,9	11623.925	0,26	31404	167350	20.93017	42.1496	100310	:	:	
Velika Britanija	39825	1.946208	75.993272	23.113857	1 091 914	79.629	0.933797	247.955628	43,5	22,6	672,8	42,5	86054.8	5,70	29454	573070	127.43405	23.6455	688429	29095	27409	

Podaci za 2005. godinu

Država	Ulazne promjenljive																Izlazne promjenljive						
	Ekonomski					Urbani			Transportni								Emisije koje potiču od saobraćaja						
	BDP po stanovniku	Rast BDP po stanovniku	Usluge	Industrija	Zaposleni u saobraćaju	Urbana populacija	Rast urbane populacije	Gustina naseljenosti	Željeznički saobraćaj (putnici)	Željeznički saobraćaj (roba)	Putnički automobili	Autobusi	Vazdušni saobraćaj (putnici)	Vazdušni saobraćaj (roba)	Pomorski saobraćaj (putnici)	Pomorski saobraćaj (roba)	Unutrašnji vodni saobraćaj (roba)	GHG	CO ₂	NOx	PM _{2.5}	SOx	
	US\$	(godišnji %)	(% BDP)		(% od ukupne)	(godišnji %)	(stanovnik/km2 države)	Milijarda pkm	(Milijarda tkm)		Milijarda pkm		(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	Milioni tona	% ukupnog sagorevanja goriva	tone	tone	tone	tone
Austrija	38242	1,447197	68,213373	30,363343	191 386	65,824	0,690372	99,634645	8,7	19,0	70,6	9,7	8037,89	0,54	:	1,8	24,93685	32,7471	151729	7162	340		
Belgija	36967	1,534450	73,962549	25,101348	196 314	97,397	0,603462	346,057365	8,5	8,1	102,8	17,5	3340,509	0,71	782	206539	8,6	26,18377	24,0894	157175	8322	2366	
Bugarska	3853	8,046705	63,252110	28,237515	165 211	70,584	-0,254448	70,498638	2,4	5,2	35,1	13,7	653,703	0,00	:	24841	0,8	7,83288	16,3871	65721	3147	941	
Hrvatska	10224	4,093492	65,954246	29,042627	:	56,406	0,403198	79,378127	1,2	2,8	24,0	3,4	2099	0,00	:	26201	0,1	5,5909	27,7445	34735	2703	4884	
Kipar	25324	2,241218	77,177310	20,156360	19 642	68,268	1,428603	111,751732	:	:	4,8	1,3	1920,516	0,05	:	7305	:	2,10438	28,6525	9189	720	173	
Češka Republika	13318	6,295127	59,841130	37,711305	277 580	73,602	0,044623	132,166917	6,7	14,9	68,6	15,6	4706,226	0,04	:	:	0,1	17,45948	14,4690	91321	3695	748	
Danska	48817	2,055134	72,447473	26,204807	132 768	85,856	0,613842	127,726420	6,0	2,0	49,8	7,2	551,345	0,00	35636	99688	:	13,24219	27,5036	96358	3943	3249	
Estonija	10338	10,001403	66,723355	29,775287	35 655	68,735	-0,756790	31,959778	0,2	10,6	9,9	2,7	577,808	0,00	7530	46546	:	2,15244	12,7229	16198	747	287	
Finska	38969	2,428793	63,847905	33,539663	114 758	82,905	0,502794	17,223468	3,5	9,7	61,9	7,5	7075,195	0,35	16290	99577	0,1	12,94721	23,1459	88842	7481	1127	
Francuska	34880	0,844669	76,621305	21,505767	1 116 903	77,13	1,074557	115,384071	76,0	40,7	788,1	43,9	52477,178	5,80	23745	341470	8,9	140,92357	35,2809	824507	49956	8889	
Nemačka	34697	0,763910	69,843657	29,397585	1 274 149	73,355	0,033236	236,464681	76,8	95,4	856,9	67,1	90788,848	7,72	20268	284865	64,1	161,38211	19,7760	806054	43978	12411	
Grčka	22552	0,304568	75,388693	19,837813	202 215	74,452	0,803597	85,239054	1,9	0,6	85,0	21,7	9452,219	0,06	42806	151250	:	21,70765	22,8757	187867	:	27774	
Mađarska	11162	4,590696	64,263323	31,446489	206 393	66,354	0,493749	112,566287	9,9	9,1	49,4	17,8	2735,214	0,02	:	:	2,1	11,82884	21,5461	77759	5016	363	
Irska	50887	3,486712	64,354489	34,456442	60 473	60,477	2,634456	60,384874	1,8	0,3	44,4	7,9	42872,544	0,11	2226	52146	0,1	13,1213	28,5940	66547	3183	1356	
Italija	31959	0,454826	71,935843	25,815669	954 672	67,738	0,665742	197,081267	50,1	22,8	677,0	101,0	36115,764	1,37	40675	508946	0,1	128,7053	26,9402	735896	45558	52519	
Latvija	7559	11,899680	72,841457	22,871115	65 849	68	-0,933436	35,995868	0,9	19,8	12,1	2,9	1032,128	0,00	:	59698	:	3,09993	39,5778	24750	1171	259	
Litvanija	7863	9,496003	62,510926	32,711934	79 298	66,635	-1,644869	53,007786	0,3	12,5	34,8	3,7	505,409	0,00	:	26146	0,0	4,43613	33,0888	35766	1455	574	
Luksemburg	79494	1,605863	82,972770	16,624495	19 286	86,598	2,017393	179,597683	0,3	0,4	6,3	0,8	851,136	5,15	166	:	0,3	6,97824	62,7178	47057	1836	89	
Malta	15835	3,124201	59,528449	37,837123	10 385	93,645	0,891926	1261,981250	:	:	2,0	0,5	1371,865	0,01	3463	3503	:	0,55777	11,7647	3433	1003	54	
Holandija	41577	1,921934	74,038195	23,954005	336 693	82,63	1,593469	483,408412	15,2	5,9	148,8	11,8	26132,696	4,89	2117	460940	42,2	35,08613	20,9678	198560	7980	3076	
Poljska	8021	3,539153	64,608117	32,081753	557 498	61,452	-0,226040	124,589315	17,9	50,0	152,3	49,2	3553,68	0,07	1380	54769	0,3	35,08129	11,6436	236890	17420	2559	
Portugalija	18785	0,580003	72,716710	24,636642	156 539	57,522	1,260433	114,828140	3,8	2,4	85,0	6,4	10139,655	0,24	309	65301	:	19,40121	31,0738	107662	5753	2827	
Rumunija	4676	4,817198	62,313873	28,205388	280 459	53,174	-0,370871	92,702344	8,0	16,6	61,0	11,8	1707,714	0,01	:	47694	8,4	12,57914	13,0153	105107	4772	237	
Slovačka Republika	11669	6,740490	60,254051	36,117521	74 118	55,563	-0,259771	111,700769	2,2	9,5	25,8	8,5	711,939	0,00	:	:	0,7	7,59255	17,4765	50610	2014	160	
Slovenija	18169	3,823021	63,317920	34,081634	40 552	50,501	-0,008809	99,328401	0,7	3,2	22,5	3,1	757,651	0,00	:	12625	:	4,42743	27,8964	22674	4037	18385	
Španija	26511	1,985575	66,540125	30,434631	863 671	77,263	2,001758	87,465497	21,2	11,6	337,8	53,2	49855,007	1,02	15600	399682	:	103,40491	32,7339	635911	25666	4543	
Švedska	43085	2,407936	69,169644	29,689462	:	84,319	0,472320	22,005098	8,9	21,7	107,4	8,8	30612	178122	:	30612	178122	:	21,08193	45,6508	98078	:	:
Velika Britanija	41524	2,267499	76,047274	23,290328	1 105 853	79,915	1,045134	249,663977	44,6	21,4	667,2	44,0	93602,9	6,00	26928	584919	0,2	128,52746	23,9424	665065	28443	27726	

Podaci za 2006. godinu

Država	Ulazne promjenljive																Izlazne promjenljive					
	Ekonomski					Urbani			Transportni								Emisije koje potiču od saobraćaja					
	BDP po stanovniku	Rast BDP po stanovniku	Usluge	Industrija	Zaposleni u saobraćaju	Urbana populacija	Rast urbane populacije	Gustina naseljenosti	Željeznički saobraćaj (putnici)	Željeznički saobraćaj (roba)	Putnički automobili	Autobusi	Vazdušni saobraćaj (putnici)	Vazdušni saobraćaj (roba)	Pomorski saobraćaj (putnici)	Pomorski saobraćaj (roba)	Unutrašnji vodni saobraćaj (roba)	GHG	CO ₂	NOx	PM _{2.5}	SOx
	US\$	(godišnji %)	(% BDP)			(% od ukupne)	(godišnji %)	(stanovnik/km2 države)	Milijarda pkm	(Milijarda tkm)	Milijarda pkm		Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	Milioni tona	% ukupnog sagorevanja goriva	tone	tone	tone
Austrija	40431	2.840717	68,040006	30,489883	193,369	65,829	0,502402	100,128857	8,9	21,0	70,9	9,6	8785,116	0,57	:	1,8	23,63189	32,1296	136904	6690	318	
Belgija	38852	1,825318	74,039325	24,949456	193,772	97,448	0,711903	348,347358	9,0	8,6	102,7	18,1	3641,155	0,74	750	218941	8,9	25,58628	24,2636	150821	7565	1830
Bugarska	4456	7,567017	63,029035	29,756971	145,803	70,932	-0,267690	69,971665	2,4	5,4	37,6	12,9	808,451	0,00	:	27513	0,8	8,31843	17,0409	64697	3146	426
Hrvatska	11363	4,832321	66,134887	28,725744	:	56,608	0,312416	79,342387	1,3	3,3	25,0	3,5	2148	0,00	11565	26325	0,1	5,95189	29,4381	34805	2882	4758
Kipar	27170	2,781023	77,557454	20,182319	19,642	68,125	1,300019	113,451623	:	:	5,0	1,3	1944,138	0,05	:	7676	:	2,09199	28,1294	8699	674	174
Češka Republika	15159	6,587519	59,547072	38,171149	265,922	73,533	0,177007	132,542460	6,9	15,8	69,6	16,0	4921,6	0,04	:	:	0,0	18,11302	14,6713	85397	6962	574
Danska	52041	3,572036	71,608914	27,019460	137,941	86,098	0,610097	128,146877	6,1	1,9	49,6	7,1	582,011	0,00	35574	107674	:	13,60475	23,9886	93680	3880	3286
Estonija	12595	10,924029	66,262314	30,644985	37,235	68,607	-0,776088	31,771880	0,3	10,4	9,9	2,9	598,123	0,00	7321	49998	:	2,3129	14,8100	16183	741	264
Finska	41121	3,656623	62,955973	34,744642	119,290	83,037	0,542867	17,316984	3,5	11,1	62,5	7,5	7597,125	0,41	15911	110536	0,1	13,10562	19,3534	85342	7396	1364
Francuska	36545	1,663680	77,050338	21,251702	1,125,058	77,377	1,016918	116,191330	79,3	41,2	789,1	44,1	59537,872	6,14	24934	350334	9,0	140,20947	36,2981	790751	47316	7916
Nemačka	36448	3,817197	69,095674	30,124131	1,317,644	73,494	0,076512	236,225198	79,0	107,0	863,3	66,2	99647,314	8,13	20429	302789	64,0	157,36026	19,1992	778273	40323	8170
Grčka	24801	5,335602	73,830852	22,556420	195,310	74,827	0,802745	85,495438	1,8	0,7	90,0	21,8	9481,314	0,07	45177	159425	:	22,56028	23,6644	193286	:	30409
Mađarska	11399	4,017592	64,596244	31,350537	203,376	66,863	0,608454	112,391139	9,7	10,2	52,3	17,9	2591,666	0,02	:	:	1,9	12,63106	23,2644	76539	5445	183
Irska	54326	3,050103	64,787217	34,159529	64,052	60,752	3,149701	62,034998	1,9	0,2	46,0	8,0	50737,809	0,13	2099	53326	:	13,8015	30,3473	67113	3121	1078
Italija	33411	1,700457	71,694588	26,141207	968,491	67,856	0,474608	197,674505	50,2	24,2	676,3	103,0	36709,131	1,38	45425	520183	0,1	129,99425	27,6665	693011	42270	50091
Latvija	9668	12,920441	72,680136	23,592195	68,229	67,967	-0,965773	35,667197	1,0	16,8	14,0	2,8	1409,62	0,01	:	56861	:	3,41125	41,2204	24087	1128	206
Litvanija	9241	9,134817	62,488319	33,235008	85,571	66,706	-1,489928	52,168299	0,3	12,9	39,5	3,7	429,657	0,00	:	27235	0,0	4,69218	34,9194	37714	1427	605
Luksemburg	88680	3,514143	84,276040	15,344153	19,980	87,009	2,068484	182,485328	0,3	0,4	6,5	0,8	927,738	5,27	190	:	0,4	6,67526	61,0275	42643	1677	83
Malta	16672	1,458392	59,524954	37,797762	10,385	93,875	0,609767	1266,587500	:	:	2,1	0,5	1495,333	0,01	3554	3578	:	0,56564	13,5135	3513	1027	54
Holandija	44454	3,352505	73,770800	24,116352	351,835	83,636	1,370737	484,185456	15,9	6,3	148,0	12,0	27454,451	4,96	2126	477238	42,2	36,01688	22,0729	196949	7502	3048
Poljska	9041	6,246912	64,164594	32,764067	590,438	61,341	-0,244160	124,514452	18,2	53,6	156,6	48,7	3625,982	0,08	1596	53131	0,3	38,85128	12,4120	269372	19555	2566
Portugalija	19821	1,370085	72,912228	24,485118	160,422	58,137	1,243828	115,035400	3,9	2,4	86,0	6,1	9440,93	0,29	323	66861	:	19,46199	33,6878	107762	5601	2976
Rumunija	5829	8,697584	63,303693	27,953500	292,710	53,305	-0,346340	92,154796	8,1	15,8	64,1	11,7	2047,466	0,00	:	46709	8,2	13,05761	13,1347	103454	4911	222
Slovačka Republika	13139	8,447902	57,811849	38,623864	76,085	55,412	-0,267534	111,705904	2,2	10,0	26,3	8,7	779,759	0,00	:	:	0,6	6,76112	16,7535	47313	1799	170
Slovenija	19726	5,319373	63,235736	34,498254	43,015	50,409	0,136802	99,645879	0,7	3,4	23,0	3,1	860,735	0,00	:	15483	3,4	4,64708	28,7793	22852	5958	34912
Španija	28483	2,428009	67,064033	30,297570	888,270	77,502	1,999208	88,976149	21,6	11,5	340,9	49,4	53122,464	1,10	14036	414378	:	106,55547	34,7951	627488	24671	3310
Švedska	46256	4,100926	68,484115	30,162264	:	84,43	0,694033	22,129222	9,6	22,3	107,1	8,7	:	:	30326	180487	:	20,92795	47,9296	93666	:	-
Velika Britanija	44017	1,752324	76,077652	23,280271	1,085,163	80,199	1,089795	251,505890	47,3	21,9	672,4	42,0	97544,6	6,22	26609	583739	0,2	128,34926	24,1883	643004	27451	27128

Podaci za 2007. godinu

Država	Ulazne promjenljive																	Izlazne promjenljive				
	Ekonomski					Urbani			Transportni									Emisije koje potiču od saobraćaja				
	BDP po stanovniku	Rast BDP po stanovniku	Usluge	Industrija	Zaposleni u saobraćaju	Urbana populacija	Rasturbane populacije	Gustina naseljenosti	Željeznički saobraćaj (putnici)	Željeznički saobraćaj (roba)	Putnički automobili	Autobusi	Vazdušni saobraćaj (putnici)	Vazdušni saobraćaj (roba)	Pomorski saobraćaj (putnici)	Pomorski saobraćaj (roba)	Unutrašnji vodni saobraćaj (roba)	GHG	CO ₂	NOx	PM _{2.5}	SOx
	US\$	(godišnji %)	(% BDP)		(% od ukupne)	(godišnji %)	(stanovnik/km2 države)	Milijarda pkm	(Milijarda tkm)	Milijarda pkm	Milijarda tkm	Milijarda tkm	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	Milioni tona	% ukupnog sagorevanja goriva	tone	tone	tone
Austrija	46587	3.286169	67.574830	30.825591	194.871	65.835	0.333257	100.456381	9.2	21.4	72.0	10.1	9140.909	0.45	:	2.6	23.78841	33.5184	128090	6208	316	
Belgija	44404	2.640995	74.040785	24.968502	195.560	97.497	0.784605	350.914795	9.4	9.3	104.6	18.7	4078.094	0.76	758	236320	9.0	25.52057	25.1829	144754	7347	1784
Bugarska	5933	8.469986	64.040143	30.531185	144.164	71.278	-0.248679	69.471853	2.4	5.2	40.4	13.6	855.229	0.00	:	24900	1.0	8.15925	15.5913	55020	2840	315
Hrvatska	13547	5.244820	67.071207	28.096882	:	56.822	0.287206	79.270908	1.6	3.6	26.0	3.8	1545.318	0.00	12133	30097	0.1	6.37889	29.4145	34687	2774	3643
Kipar	31387	2.612592	77.133933	20.777667	19.565	67.982	1.186796	115.047619	:	:	5.3	1.3	2071.648	0.05	:	7516	:	2.22908	28.8410	8925	669	198
Češka Republika	18334	4.915252	59.592758	38.236815	274.688	73.463	0.488302	133.318162	6.9	16.3	71.5	16.1	4869.586	0.03	:	:	0.0	19.05647	15.1860	80176	6611	612
Danska	58501	0.462745	72.240962	26.374969	136.956	86.293	0.669712	128.716427	6.2	1.8	50.8	6.9	:	:	36137	109660	:	14.21661	27.3643	90736	3736	2430
Estonija	16586	8.240850	65.718436	30.826217	38.595	68.479	-0.642968	31.627271	0.3	8.4	10.0	2.7	651.323	0.00	7207	44964	:	2.43583	12.5646	15704	750	243
Finska	48289	4.738264	62.263678	35.053222	123.407	83.168	0.583074	17.391956	3.8	10.4	63.8	7.5	8288.683	0.49	15760	114819	0.1	13.44202	20.4924	79832	7368	1410
Francuska	41601	1.730132	77.136925	21.062776	1217.999	77.621	0.933555	116.912447	81.3	42.6	799.2	46.6	61551.258	6.42	25801	346825	9.2	138.84395	36.9523	750778	45347	7445
Nemačka	41815	3.398706	68.642941	30.531583	1374.278	73.695	0.139400	235.943362	79.1	114.6	866.5	65.4	106101.74	8.53	20975	315051	64.7	154.15862	19.3532	715142	38140	8561
Grčka	28827	3.010984	76.153517	20.403287	196.353	75.199	0.750673	85.713522	1.9	0.8	95.0	22.0	10206.223	0.07	45858	164300	:	23.30458	23.3463	188693	:	27433
Mađarska	13843	0.604079	64.839351	31.175914	205.119	67.368	0.597526	112.217163	8.8	10.0	53.9	17.1	3133.574	0.03	:	:	2.2	13.00554	24.6954	74635	5081	183
Irska	61388	0.838871	66.781866	32.036718	65.299	61.025	3.339308	63.854580	2.0	0.1	48.0	8.3	60099.058	0.13	2049	54139	:	14.38811	32.2610	65865	3120	828
Italija	37699	0.962787	71.423279	26.472889	984.832	67.974	0.678682	198.675155	49.8	25.3	677.1	102.7	37830.745	1.55	44716	537327	0.1	129.98802	28.2497	664792	40392	47517
Latvija	14044	10.850443	71.726553	24.529976	70.718	67.9	-0.914799	35.377275	1.0	18.3	16.0	2.6	1344.912	0.01	311	61083	:	3.85321	44.8565	24251	1121	202
Litvanija	12298	12.414479	63.182939	32.950520	92.442	66.777	-1.081554	51.552234	0.2	14.4	39.1	3.6	423.585	0.00	:	29253	0.0	5.44992	40.1437	36469	1656	633
Luksemburg	104841	6.693995	82.864788	16.674184	21.439	87.409	2.002970	185.325483	0.3	0.6	6.6	0.9	1039.067	5.51	211	:	0.3	6.40918	61.9270	37716	1535	79
Malta	19376	3.624422	60.068454	37.544104	10.801	94.092	0.579683	1271.012500	:	:	2.1	0.5	1674.773	0.01	3796	3228	:	0.58838	12.3636	3222	1041	59
Holandija	51241	3.473152	73.999759	24.035009	362.513	84.539	1.291414	485.239810	16.3	7.2	148.8	12.3	28857.44	5.01	1871	507463	46.0	35.57244	21.4400	192735	7189	2990
Poljska	11260	7.092943	63.718095	32.838380	622.247	61.229	-0.237058	124.446853	19.5	54.3	162.3	47.7	4269.655	0.08	1479	52433	0.3	42.90903	13.8024	294896	22813	2527
Portugalija	22780	2.291003	73.310237	24.388595	162.841	58.749	1.243482	115.261441	4.0	2.6	86.6	6.2	10320.04	0.32	358	68229	:	19.079	35.0970	104912	5526	1708
Rumunija	8214	8.454091	68.374668	26.158160	304.774	53.436	-1.231773	90.839019	7.5	15.8	67.5	12.2	3003.872	0.01	:	48928	8.2	13.72049	14.3815	104040	4257	251
Slovačka Republika	16058	10.767252	58.135885	37.865878	81.624	55.261	-0.243704	111.738503	2.2	9.6	26.0	8.7	2679.227	0.05	:	:	1.0	7.43333	18.7447	52097	2148	195
Slovenija	23841	6.345289	62.708318	35.151866	45.648	50.317	0.376499	100.204667	0.7	3.6	24.4	3.2	945.42	0.00	:	15853	:	5.22824	32.5493	25861	5613	31469
Španija	32709	1.865718	67.880825	29.407980	929.180	77.74	2.157701	90.614901	21.4	11.2	343.3	59.2	60664.991	1.20	14469	426648	:	108.83074	34.3567	606971	24229	1689
Švedska	53324	2.640983	68.095541	30.318800	:	84.588	0.928519	22.293932	10.3	23.3	109.5	8.8	:	:	30551	185057	:	21.15797	50.3002	89294	:	:
Velika Britanija	49949	1.760353	76.732225	22.618697	1100.903	80.479	1.127190	253.471926	50.5	21.3	673.9	42.2	101622.8	6.15	26982	581504	0.2	129.51037	24.8413	619075	25756	21050

Podaci za 2008. godinu

Država	Ulazne promjenjive																	Izlazne promjenjive				
	Ekonomski					Urbani			Transportni									Emisije koje potiču od saobraćaja				
	BDP po stanovniku	Rast BDP po stanovniku	Usluge	Industrija	Zaposleni u saobraćaju	Urbana populacija	Rasturbane populacije	Gustina naseljenosti	Željeznički saobraćaj (putnici)	Željeznički saobraćaj (roba)	Putnički automobili	Autobusi	Vazdušni saobraćaj (putnici)	Vazdušni saobraćaj (roba)	Pomorski saobraćaj (putnici)	Pomorski saobraćaj (roba)	Unutrašnji vodni saobraćaj (roba)	GHG	CO ₂	NOx	PM _{2.5}	SOx
	US\$	(godišnji %)	(% BDP)		(% od ukupne)	(godišnji %)	(stanovnik/km2 države)	Milijarda pkm	(Milijarda tkm)		Milijarda pkm		(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	Milioni tona	% ukupnog sagorevanja goriva	tone	tone	tone
Austrija	51386	1,229876	68,355267	30,129845	188,393	65,841	0,322149	100,771343	10,4	21,9	73,3	9,9	9140,68	0,42	:	2,4	22,51082	31,4807	113347	5420	309	
Belgija	48425	-0,045461	74,897874	24,311297	191,427	97,546	0,840217	353,697919	10,1	8,9	107,9	17,6	5878,585	0,98	672	243819	8,7	27,86539	26,1811	145991	6516	1527
Bugarska	7296	6,391174	63,576604	29,472024	140,249	71,622	-0,220467	68,985922	2,3	4,7	43,2	13,8	1073,496	0,00	:	2,6576	8,5522	17,1852	60971	3052	441	
Hrvatska	15894	2,087702	67,143589	27,900908	:	57,048	0,363297	79,244246	1,8	3,3	27,0	4,1	1752,603	0,00	12585	29223	0,8	6,22181	30,5610	34011	2593	3454
Kipar	35391	1,288334	77,310027	20,482804	20,872	67,839	1,095029	116,559524	:	:	5,8	1,3	2111,205	0,05	:	7962	:	2,27397	28,7599	8792	632	217
Češka Republika	22649	1,862581	60,173321	37,693485	262,555	73,394	0,735450	134,428518	6,8	15,4	72,4	16,1	4974,879	0,03	:	:	0,0	18,90177	15,7509	72217	6253	629
Danska	64182	-1,094851	72,558804	26,438750	124,452	86,487	0,812104	129,474923	6,3	1,9	51,5	6,8	:	:	35048	106096	:	13,91069	28,5832	84559	3420	2023
Estonija	18095	-5,165513	67,761747	29,495365	36,306	68,351	-0,455241	31,542581	0,3	5,9	10,5	2,5	685,582	0,00	7836	36191	:	2,31404	13,2883	14257	689	194
Finska	53401	0,252854	63,840339	33,695844	122,543	83,299	0,622925	17,484038	4,1	10,8	63,4	7,5	7916,485	0,54	16392	114725	0,1	12,79084	22,4632	72986	7106	1304
Francuska	45413	-0,363092	77,638001	20,675286	1151,168	77,864	0,871428	117,567650	86,3	40,4	786,6	50,3	61214,656	6,19	25625	351976	8,9	132,42596	35,6304	695242	42717	6594
Nemačka	45699	1,274699	69,042312	30,063198	1432,285	73,895	0,080878	235,522178	82,5	115,7	871,3	63,6	107941,58	8,35	20196	320636	64,1	154,02055	19,2188	634413	34450	8457
Grčka	31997	-0,599390	79,099864	17,723019	176,314	75,568	0,754960	85,941358	1,7	0,8	100,0	22,1	9442,743	0,08	45221	152498	:	22,33375	23,5064	179639	:	23311
Mađarska	15669	1,066014	65,822081	30,221413	194,879	67,87	0,567296	112,020846	8,3	9,9	54,0	17,7	3111,575	0,01	:	:	2,3	12,97261	24,8889	73428	4887	176
Irska	61235	-6,303288	70,087287	28,945770	68,24	61,298	2,485093	65,169749	2,0	0,1	48,9	8,6	69447,262	0,12	1965	51081	:	13,66086	30,6540	60240	2827	420
Italija	40640	-1,703749	71,813840	26,118660	983,889	68,092	0,835915	199,995686	49,5	23,8	676,4	102,4	30672,048	1,28	46984	526219	0,1	124,70597	27,4904	632675	38301	40859
Latvija	16349	-2,590562	72,237087	24,466984	70,518	67,834	-1,148184	35,007428	0,9	19,6	14,3	2,5	1371,81	0,01	403	61430	:	3,63703	44,5844	21742	990	301
Litvanija	14962	3,689037	63,827703	32,517947	91,962	66,848	-0,922228	51,028815	0,3	14,7	38,0	3,4	609,847	0,00	:	36379	0,0	5,42614	40,2087	37618	1793	655
Luksemburg	112851	-3,028532	84,358097	15,291052	22,034	87,8	2,233911	188,667954	0,3	0,3	6,7	0,9	1059,848	5,36	211	:	0,4	6,53592	63,1827	34626	1426	79
Malta	21929	2,676266	61,251183	36,917251	6,454	94,295	0,866122	1279,309375	:	:	2,2	0,5	1708,268	0,01	3941	3373	:	0,60288	20,9302	3111	1059	57
Holandija	56929	1,303924	74,041973	24,189025	417,301	85,402	1,404945	487,132494	15,3	7,0	147,0	12,5	29601,23	4,90	1959	530359	45,3	35,87246	21,4273	184945	6644	1887
Poljska	14001	4,235429	64,174062	32,928815	646,335	61,116	-0,171087	124,471952	19,8	52,0	172,6	47,7	4634,676	0,08	1568	48833	0,3	44,84812	14,6760	287010	22814	1290
Portugalija	24816	0,054898	74,320982	23,430913	154,625	59,359	1,177148	115,427758	4,2	2,5	87,0	6,3	11171,02	0,35	335	65275	:	18,80964	36,4067	95152	5112	2410
Rumunija	10136	10,281468	68,173197	25,262565	305,13	53,567	-1,421523	89,333950	7,0	15,2	70,5	13,9	3253,417	0,01	:	50458	8,7	15,39684	16,4055	108513	4541	1910
Slovačka Republika	18650	5,539235	57,952366	37,966122	99,45	55,111	-0,186061	111,834366	2,3	9,3	26,4	7,4	2690,428	0,05	:	:	1,1	7,81495	20,6945	51855	1841	254
Slovenija	27502	3,136900	63,964566	34,145686	48,46	50,224	-0,026790	100,363257	0,8	3,5	24,9	3,1	1103,685	0,00	:	16554	:	6,1569	35,8209	30042	5193	226
Španija	35579	-0,484362	68,545402	28,962475	904,836	77,976	1,898447	92,129322	23,5	11,0	342,6	60,9	55213,716	1,31	14212	416104	:	102,83501	35,4613	550569	21976	24978
Švedska	55747	-1,328732	69,126497	29,269865	:	84,746	0,965653	22,468287	11,1	22,9	108,2	8,5	:	:	30565	187778	:	20,63149	50,8384	82824	:	1388
Velika Britanija	46523	-1,406232	77,066458	22,215253	1002,402	80,757	1,131869	255,474703	53,0	21,1	666,0	44,7	104713,6	6,28	25946	562166	0,2	123,97462	24,1571	586646	24520	14671

Podaci za 2009. godinu

Država	Ulazne promjenjive																Izlazne promjenjive					
	Ekonomski					Urbani			Transportni								Emisije koje potiču od saobraćaja					
	BDP po stanovniku	Rast BDP po stanovniku	Usluge	Industrija	Zaposleni u saobraćaju	Urbana populacija	Rasturbane populacije	Gustina naseljenosti	Željeznički saobraćaj (putnici)	Željeznički saobraćaj (roba)	Putnički automobili	Autobusi	Vazdušni saobraćaj (putnici)	Vazdušni saobraćaj (roba)	Pomorski saobraćaj (putnici)	Pomorski saobraćaj (roba)	Unutrašnji vodni saobraćaj (roba)	GHG	CO ₂	NOx	PM _{2.5}	SOx
	US\$	(godišnji %)	(% BDP)		(% od ukupne)	(godišnji %)	(stanovnik/km2 države)	Milijarda pkm	(Milijarda tkm)	Milijarda pkm	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	Milijarda tkm	Milioni tona	% ukupnog sagorevanja goriva	tone	tone	tone
Austrija	47654	-4.050747	69,785125	28,917154	211,567	65,847	0,271071	101,035663	10,2	17,8	72,7	9,2	8520,74	0,34	:	2,0	21,70944	33,4674	103670	4813	297	
Belgija	44881	-3,068172	76,392852	22,882570	230,599	97,594	0,853794	356,555251	10,2	6,4	108,1	17,6	4858,7	1,43	566	203368	7,1	27,00993	28,4002	136700	5991	1340
Bugarska	6956	-3,600640	64,648612	30,459090	162,497	71,963	-0,169291	68,574457	2,1	3,1	46,3	10,5	798,165	0,00	:	21893	5,4	8,22085	18,8915	64021	2781	513
Hrvatska	14157	-7,270237	67,275260	27,675350	:	57,287	0,295555	79,147212	1,8	2,6	26,8	3,4	1679,197	0,00	12992	23377	0,7	6,22321	32,2043	31383	2454	2914
Kipar	32106	-4,374274	79,726305	18,028637	23,429	67,695	1,030893	118,017965	:	:	6,0	1,3	1943,949	0,04	:	6808	:	2,27513	29,0667	7914	560	172
Češka Republika	19698	-5,382388	61,412873	36,771144	287,959	73,324	0,474307	135,196583	6,5	12,8	72,3	16,1	5048,36	0,02	:	:	0,0	18,37916	16,1610	62606	6538	583
Danska	57896	-5,413992	75,804868	23,223169	133,047	86,654	0,727991	130,169573	6,2	1,7	51,9	6,8	:	:	32269	90636	:	13,18322	28,0964	75887	3045	2058
Estonija	14726	-14,559861	70,619747	26,936309	37,682	68,223	-0,380189	31,481835	0,2	5,9	10,5	2,1	395,532	0,00	7737	38505	:	2,13576	14,4309	12197	558	124
Finska	47107	-8,706689	68,016647	29,439589	153,893	83,429	0,634201	17,567855	3,9	8,9	64,3	7,5	7423,265	0,48	16584	93239	0,1	12,21224	22,4536	65402	7095	1040
Francuska	41631	-3,439412	78,492311	20,043167	1422,915	78,106	0,824804	118,174079	85,6	32,1	789,0	49,3	58318,312	6,62	24328	315562	8,7	131,0973	36,8795	650338	40910	3129
Nemačka	41733	-5,379411	71,456156	27,807720	1846,317	74,093	0,014206	234,939637	82,3	95,8	881,1	62,1	103396,73	10,19	20150	262863	55,7	153,32701	20,4250	580363	30840	7123
Grčka	29711	-4,552117	79,736674	17,126314	202,646	75,932	0,743552	86,167704	1,5	0,6	101,3	20,9	8795,133	0,03	43867	135430	:	25,18425	27,4803	191406	:	46740
Mađarska	12967	-6,418781	66,732527	29,747885	224,609	68,366	0,573247	110,710814	8,0	7,7	54,4	16,3	2952,885	0,01	:	:	1,8	12,86422	27,3096	68585	4885	175
Irska	51984	-5,529506	71,039795	28,311591	81,066	61,569	1,456779	65,835027	1,7	0,1	48,9	8,9	77747,207	0,12	2875	41829	0,1	12,44087	30,8511	52723	2511	364
Italija	36977	-5,911711	73,767825	24,253196	1125,154	68,209	0,627293	200,908972	48,1	17,8	719,9	101,7	33194,501	0,40	51570	469879	0,1	120,16498	29,1407	600483	35848	38511
Latvija	12219	-12,906107	72,639989	23,698357	70,475	67,764	-1,754269	34,443052	0,7	18,7	12,7	2,1	1301,848	0,02	553	60088	0,0	3,18648	43,3148	19478	932	209
Litvanija	11837	-13,863035	69,419403	27,773089	91,427	66,842	-1,119315	50,465353	0,2	11,9	36,1	2,8	616,514	0,01	:	34344	0,0	4,4703	36,7021	32478	1387	451
Luksemburg	101222	-6,113373	86,797540	12,917197	23,363	88,178	2,281284	192,194208	0,3	0,2	6,7	0,9	681,482	8,37	205	:	0,3	6,04105	61,3704	28747	1234	73
Malta	20676	-3,194856	65,041145	32,910423	8,099	94,486	0,956235	1288,990625	:	:	2,2	0,5	1992,9	0,01	3792	3369	:	0,57567	18,6235	3124	1059	51
Holandija	51900	-4,261222	75,540601	22,799261	479,858	86,242	1,493063	490,079692	15,4	5,6	146,3	12,1	29108,547	4,52	1741	483133	35,7	34,43972	20,9310	168651	5991	1606
Poljska	11528	2,750571	64,013094	33,134145	673,351	61,004	-0,115663	124,564461	18,1	43,4	182,8	43,9	4279,072	0,06	1519	45079	0,2	45,54574	15,3294	281162	22500	2424
Portugalija	23064	-3,070552	75,411539	22,396333	168,073	59,964	1,109404	115,386472	4,2	2,2	86,0	6,0	9903,771	0,31	388	61714	:	18,7514	35,7143	94251	4945	1113
Rumunija	8220	-6,289378	67,675887	26,284881	335,200	53,698	-0,588840	88,531196	6,1	11,1	75,5	12,8	3268,022	0,00	:	36094	11,8	15,17671	19,1687	102831	4411	235
Slovačka Republika	16513	-5,548490	62,761469	33,907012	103,509	54,96	-0,141099	112,006779	2,3	7,0	26,4	5,4	3440,816	0,00	:	:	0,9	6,8954	19,3865	44663	1578	59
Slovenija	24634	-8,626919	66,719082	31,389003	53,543	50,133	0,722473	101,274528	0,8	2,8	25,8	3,2	953,378	0,00	:	13356	:	5,32519	33,2668	25084	4452	20397
Španija	32333	-4,424122	70,429332	27,230097	946,605	78,21	1,185378	92,979065	23,1	7,8	350,4	57,0	49289,158	1,08	13733	363536	:	95,43053	36,6835	492666	20370	2490
Švedska	46207	-5,988964	71,608690	26,916062	:	84,902	1,035807	22,660513	11,3	20,4	108,3	8,5	:	:	29132	161823	:	20,22492	52,1739	75661	:	-
Velika Britanija	38010	-5,048664	78,517205	20,866188	1223,605	81,031	1,095105	257,414417	52,8	19,2	661,2	45,7	102464,5	6,62	24712	500863	0,1	119,36538	25,0063	496195	23246	13939

Podaci za 2010. godinu

Država	Ulazne promjenljive																Izlazne promjenljive					
	Ekonomski					Urbani			Transportni								Emisije koje potiču od saobraćaja					
	BDP po stanovniku	Rast BDP po stanovniku	Usluge	Industrija	Zaposleni u saobraćaju	Urbana populacija	Rast urbane populacije	Gustina naseljenosti	Željeznički saobraćaj (putnici)	Željeznički saobraćaj (roba)	Putnički automobili	Autobusi	Vazdušni saobraćaj (putnici)	Vazdušni saobraćaj (roba)	Pomorski saobraćaj (putnici)	Pomorski saobraćaj (roba)	Unutrašnji vodni saobraćaj (roba)	GHG	CO ₂	NOx	PM _{2.5}	SOx
	US\$	(godišnji %)	(% BDP)			(% od ukupne)	(godišnji %)	(stanovnik/km ² države)	Milijarda pkm	(Milijarda tkm)	Milijarda pkm		Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)		Milioni tona	% ukupnog sagorevanja goriva	tone	tone	tone
Austrija	46660	1,683937	69,876893	28,688987	208,425	65,852	0,247989	101,287425	10,3	19,8	73,5	10,0	13493,79	0,36	:	2,4	22,38674	31,9134	102160	4502	303	
Belgija	44383	1,761154	75,971262	23,176147	217,022	97,641	0,961789	359,827807	10,6	7,5	109,4	17,4	7528,59	1,07	611	228228	9,1	27,09912	26,0379	137953	6918	1649
Bugarska	6843	0,715365	67,550807	27,501569	155,573	72,302	-0,188315	68,124530	2,1	3,1	46,9	10,6	801,84	0,00	:	22946	6,0	7,97831	17,5450	52036	2654	231
Hrvatska	13509	-1,449884	68,069374	27,061393	77,149	57,537	0,180070	78,945336	1,7	2,6	25,7	3,2	1577,23	0,00	12587	24329	0,9	6,00318	32,3898	29746	2216	2277
Kipar	30818	-1,297600	81,096434	16,646670	21,418	67,551	0,990199	119,446429	:	:	5,9	1,3	1583,63	0,04	:	6954	:	2,32399	30,7163	7797	543	182
Češka Republika	19764	1,997475	61,537025	36,782283	291,300	73,255	0,197200	135,608622	6,6	13,8	63,6	17,0	5145,19	0,02	:	:	0,0	17,32307	14,8896	51765	5581	550
Danska	57648	1,419488	75,822559	22,773605	131,362	86,795	0,606766	130,749069	6,3	2,2	51,7	6,8	:	:	31048	87068	:	13,12375	27,4626	72750	2913	1873
Estonija	14639	2,492552	68,840302	27,967317	36,926	68,094	-0,417259	31,410120	0,2	6,6	10,1	2,1	582,32	0,00	9512	46026	:	2,26266	12,0643	13022	570	106
Finska	46205	2,522229	67,295563	29,973720	148,087	83,558	0,611998	17,648411	4,0	9,8	64,7	7,5	8685,77	0,73	17265	109326	0,1	12,7159	20,2371	63718	7112	1172
Francuska	40706	1,463151	78,616166	19,601917	1380,227	78,345	0,799564	118,759347	85,6	30,0	796,9	50,3	60864,42	5,08	24927	316137	9,5	134,03088	36,2474	644165	41142	3173
Nemačka	41788	4,239504	69,118166	30,162532	1880,565	74,291	0,113677	234,606908	83,9	107,3	887,0	61,8	97330,73	7,49	20457	275953	62,3	154,20518	19,5313	561230	28581	5191
Grčka	26919	-5,600778	81,079250	15,655525	198,212	76,292	0,601865	86,278829	1,4	0,6	99,6	21,1	10352,66	0,00	42130	129059	:	22,41844	26,3486	148261	:	34118
Mađarska	13026	0,904900	66,274224	30,168198	219,821	68,859	0,492518	110,460875	7,7	8,8	52,6	16,5	12477,06	0,01	:	:	2,4	11,63233	24,5212	61539	4563	162
Irska	48541	1,479093	72,254502	26,693269	78,150	61,84	0,984082	66,194731	1,7	0,1	48,1	8,5	84784,23	0,14	3080	45071	:	11,52732	29,3415	47566	2286	316
Italija	35852	1,374225	73,677907	24,354761	1109,597	68,327	0,480439	201,527902	47,2	18,6	698,4	102,2	32645,16	0,78	44696	494091	0,1	119,56491	27,8437	596121	35643	29195
Latvija	11330	-1,766235	71,749052	23,844089	68,239	67,692	-2,187637	33,701076	0,7	17,2	12,3	2,3	3158,05	0,01	646	58691	0,0	3,25359	39,3078	20798	951	204
Litvanija	11989	3,793653	67,609156	29,065795	90,416	66,757	-2,224153	49,418141	0,2	13,4	32,6	2,7	81,45	0,00	:	37869	0,0	4,59368	35,0287	33571	1517	527
Luksemburg	103267	2,968123	86,834067	12,885688	22,929	88,547	2,243099	195,734749	0,3	0,3	6,5	0,9	786,92	4,57	251	:	0,4	6,37217	61,4085	28608	1215	75
Malta	21088	3,035346	65,379516	32,701727	7,386	94,665	0,680455	1295,337500	:	:	2,2	0,5	1699,83	0,01	4031	3796	:	0,62324	21,2598	2981	573	20
Holandija	50341	0,883876	75,956615	22,136231	407,144	87,061	1,458096	492,599881	15,4	5,9	144,2	12,1	26979,68	6,44	1996	538702	46,6	34,99428	19,9489	165109	5585	1074
Poljska	12600	3,903294	64,088904	32,947285	727,788	60,892	-0,469373	124,209201	17,5	48,7	188,8	41,7	4099,08	0,08	1913	59507	0,1	47,99492	15,1712	296244	24258	2470
Portugalija	22540	1,851921	75,188324	22,624173	163,193	60,567	1,046478	115,439458	4,1	2,3	83,7	6,1	10428,17	0,36	336	65981	:	18,50477	38,9485	93145	4668	1324
Rumunija	8297	-0,207496	62,439600	31,289083	318,501	53,829	-0,350300	88,010741	5,4	12,4	75,5	12,0	3733,25	0,01	:	38122	14,3	14,22986	18,4858	96682	4082	269
Slovačka Republika	16602	4,943873	61,984264	35,204117	114,539	54,685	-0,408451	112,108877	2,3	8,1	26,9	5,3	74,86	0,00	:	:	1,2	7,33083	20,6887	48422	1774	57
Slovenija	23439	0,797240	67,412591	30,605312	50,829	50,04	0,250433	101,717130	0,7	3,4	25,6	3,2	979,80	0,00	:	14591	:	5,26482	33,7217	24219	3843	15492
Španija	30738	-0,445627	71,436177	26,012791	921,035	78,442	0,756608	93,151931	22,3	8,9	341,6	50,9	52847,71	1,24	13276	377095	:	91,98906	37,5410	466269	19330	2005
Švedska	52076	5,089186	69,444779	28,930844	:	85,056	1,033750	22,854526	11,2	23,5	108,0	8,6	:	:	29305	179579	:	20,38386	47,1112	73170	:	:
Velika Britanija	38709	1,119384	78,484901	20,777195	1211,350	81,302	1,117771	259,440189	55,8	18,6	644,0	46,2	101515,72	6,08	25006	511875	0,2	117,82101	24,5646	473543	22492	11388

Podaci za 2011. godinu

Država	Ulazne promjenljive																Izlazne promjenljive						
	Ekonomski					Urbani			Transportni								Emisije koje potiču od saobraćaja						
	BDP po stanovniku	Rast BDP po stanovniku	Usluge	Industrija	Zaposleni u saobraćaju	Urbana populacija	Rast urbane populacije	Gustina naseljenosti	Željeznički saobraćaj (putnici)	Željeznički saobraćaj (roba)	Putnički automobili	Autobusi	Vazdušni saobraćaj (putnici)	Vazdušni saobraćaj (roba)	Pomorski saobraćaj (putnici)	Pomorski saobraćaj (roba)	Unutrašnji vodni saobraćaj (roba)	GHG	CO ₂	NOx	PM _{2.5}	SOx	
	US\$	(godišnji %)	(% BDP)		(% od ukupne)	(godišnji %)	(stanovnik/km2 države)	Milijarda pkm	(Milijarda tkm)		Milijarda pkm		(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	Milioni tona	% ukupnog sagorevanja goriva	tone	tone	tone	tone
Austrija	51124	2.462037	69.856237	28.532832	208.793	65.858	0.346184	101.641732	10.8	20.3	74.5	9.9	14088.25	0.38	:	2.1	21.70464	31.7675	94409	4138	301		
Belgija	47700	0.394609	76.271626	23.009681	218.917	97.687	1.433954	364.852840	10.7	7.6	110.0	17.7	8638.55	1.24	495	9.3	26.87937	28.0072	129498	6183	1303		
Bugarska	7814	2.570626	65.055270	29.645441	156.086	72.638	-0.177597	67.689094	2.1	3.3	48.1	10.8	932.87	0.00	:	4.3	8.16544	16.1959	49259	2645	258		
Hrvatska	14542	2.913909	68.309407	27.022308	77.838	57.8	-2.697859	76.494317	1.5	2.4	25.2	3.1	1812.52	0.00	13317	0.7	5.85641	32.3383	28124	1984	888		
Kipar	32234	-2.206049	82.646697	14.957400	20.190	67.406	0.952461	120.848918	:	:	5.9	1.3	1263.12	0.02	:	:	6564	:	2.25075	30.8571	7322	496	181
Češka Republika	21717	1.794030	60.540003	37.050166	278.231	73.185	0.111146	135.889280	6.7	14.3	65.5	15.8	4902.82	0.02	:	0.0	17.12296	14.9081	47121	5386	567		
Danska	61304	0.920391	75.101564	23.364986	131.222	86.957	0.598214	131.288522	6.6	2.6	53.0	6.7	:	:	30581	:	12.77917	30.1422	69826	2729	1821		
Estonija	17454	7.924443	66.927333	29.191681	37.123	67.965	-0.493243	31.314909	0.2	6.3	10.4	2.1	614.93	0.00	10108	:	2.27111	12.6482	11655	510	98		
Finska	50788	2.096442	68.382085	28.890492	145.971	83.688	0.619009	17.730995	3.9	9.4	65.5	7.5	9508.05	0.74	17490	0.1	12.52347	22.6836	60395	7061	1308		
Francuska	43807	1.586720	78.327092	19.832192	1357.360	78.584	0.788242	119.335112	88.7	34.2	798.7	51.7	64185.34	5.07	23401	9.0	133.88075	39.5523	624169	38075	3406		
Nemačka	45936	5.599481	68.610811	30.566852	1982.524	74.488	-1.588893	230.304633	85.4	113.3	894.4	61.4	107042.78	7.72	19813	55.0	156.35967	20.5083	538925	27428	4638		
Grčka	25915	-8.997955	81.070180	15.571642	201.606	76.649	0.318901	86.151272	1.0	0.4	98.3	21.2	9569.21	0.00	39140	:	19.91214	23.9017	129749	:	35114		
Mađarska	14049	2.028121	65.249938	30.117983	220.720	69.348	0.424271	110.148315	7.8	9.1	52.3	16.5	13729.55	0.01	:	1.8	11.05904	24.6782	56535	4143	151		
Irska	52564	-0.403967	70.269366	28.298914	78.517	62.111	0.801496	66.436261	1.6	0.1	47.5	8.4	89956.33	0.12	2901	:	11.21954	30.1249	45702	2154	278		
Italija	38332	0.403803	73.715068	24.186707	1091.119	68.444	0.343066	201.874784	46.8	19.8	665.3	102.4	33923.37	0.76	41147	0.1	118.51993	28.4078	579127	33650	27355		
Latvija	13798	8.336201	72.192359	23.940479	69.464	67.62	-1.927209	33.114293	0.7	21.4	11.3	2.4	3299.39	0.01	712	:	2.89528	38.4196	17969	815	228		
Litvanija	14367	8.471691	65.115812	31.024652	98.944	66.672	-2.385886	48.315330	0.3	15.1	29.9	2.7	69.45	0.00	:	0.0	4.56415	37.4449	30919	1381	468		
Luksemburg	113240	0.285277	86.844971	12.872790	23.385	88.906	2.627293	200.133977	0.3	0.3	6.6	1.0	785.20	4.65	280	0.3	6.78889	66.0324	28258	1210	79		
Malta	22957	0.967477	79.058034	19.342645	8.700	94.833	0.600902	1300.837500	:	:	2.2	0.5	1673.77	0.01	4125	:	0.63795	20.9486	3538	618	18		
Holandija	53537	1.190542	75.935920	22.391001	411.376	87.837	1.353807	495.049644	16.8	6.4	144.4	12.6	29959.48	6.35	1771	46.5	35.16773	21.4427	162874	5151	479		
Poljska	13893	4.960164	63.004916	33.730930	732.947	60.78	-0.130333	124.296297	17.6	53.7	197.8	40.1	4448.73	0.04	1900	0.2	48.61341	15.7225	302410	24373	2224		
Portugalija	23195	-1.682349	75.842752	22.076960	162.071	61.167	0.838691	115.269789	4.2	2.3	83.2	5.9	11014.64	0.36	318	:	17.18662	36.5434	87359	4147	1189		
Rumunija	9200	1.554581	60.213742	32.452726	324.268	53.96	-0.248798	87.533249	5.1	14.7	75.0	11.8	3659.21	0.01	:	11.4	14.37026	17.3548	99142	3861	72		
Slovačka Republika	18186	2.686614	61.039362	35.577922	124.503	54.41	-0.375190	112.260522	2.4	8.0	26.9	5.5	34.86	0.00	:	0.9	7.17971	21.6743	44539	1736	59		
Slovenija	24984	0.440502	66.794443	30.919531	44.551	49.948	0.023702	101.928649	0.7	3.8	25.5	3.2	972.71	0.00	:	:	5.69817	36.0985	25153	3761	14445		
Španija	31832	-1.351241	72.550957	24.969580	888.005	78.673	0.649389	93.507836	22.9	9.5	334.0	55.7	52736.14	1.31	13490	:	86.72156	34.6903	428489	17260	1610		
Švedska	59594	1.892057	70.129984	28.239543	:	85.21	0.936037	23.027765	11.4	22.9	109.2	8.7	:	:	29149	:	19.95873	49.6464	68332	:	:		
Velika Britanija	41243	0.718682	78.346074	20.967435	1224.169	81.57	1.110770	261.476121	58.5	21.0	641.6	44.1	111598.55	6.28	24205	0.1	116.25057	26.3807	449656	20875	9936		

Podaci za 2012. godinu

Država	Ulazne promjenljive																Izlazne promjenljive						
	Ekonomski					Urbani			Transportni								Emisije koje potiču od saobraćaja						
	BDP po stanovniku	Rast BDP po stanovniku	Usluge	Industrija	Zaposleni u saobraćaju	Urbana populacija	Rast urbane populacije	Gustina naseljenosti	Željeznički saobraćaj (putnici)	Željeznički saobraćaj (roba)	Putnički automobili	Autobusi	Vazdušni saobraćaj (putnici)	Vazdušni saobraćaj (roba)	Pomorski saobraćaj (putnici)	Pomorski saobraćaj (roba)	Unutrašnji vodni saobraćaj (roba)	GHG	CO ₂	NOx	PM _{2.5}	SOx	
	US\$	(godišnji %)	(% BDP)		(% od ukupne)	(godišnji %)	(stanovnik/km ² države)	Milijarda pkm	(Milijarda tkm)	Milijarda pkm	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	Milijarda tkm	Milioni tona	% ukupnog sagorevanja goriva	tone	tone	tone	tone
Austrija	48334	0.287464	69.674940	28.788570	207.844	65.864	0.465047	102.114870	11.2	19.5	74.5	9.9	14518.84	0.32	:	2.2	21.59698	33.1493	89259	3787	299		
Belgija	44741	-0.587342	76.668128	22.454896	211.852	97.732	0.772080	367.511427	10.9	7.3	110.0	17.7	9508.17	1.37	465	223987	10.4	24.83933	27.6313	115007	5410	1085	
Bugarska	7378	0.612025	65.135549	29.547717	153.931	72.971	-0.121812	67.298158	1.9	2.9	48.1	10.8	973.06	0.00	:	26012	5.3	8.45452	18.5377	49850	2786	256	
Hrvatska	13236	-1.888002	68.453836	27.073188	77.279	58.074	0.167268	76.260865	1.1	2.3	25.2	3.1	1872.80	0.00	13056	18972	0.8	5.67972	34.0593	25658	1811	148	
Kipar	28951	-4.622161	83.976100	13.637310	17.849	67.261	0.911884	122.218939	:	:	5.9	1.3	1285.98	0.01	:	6236	:	2.0754	30.5684	6502	408	199	
Češka Republika	19730	-0.938554	60.376736	37.001607	267.444	73.115	0.044226	136.097177	7.2	14.3	65.5	15.8	3594.88	0.01	:	:	0.0	16.80133	15.2396	42395	4983	549	
Danska	58125	-0.149947	75.101319	23.109151	150.556	87.142	0.588808	132.407578	6.7	2.3	53.0	6.7	:	:	30051	87827	:	12.1467	30.6883	64936	2531	1753	
Estonija	17422	4.681290	67.189002	28.828193	38.559	67.835	-0.549393	31.203020	0.2	5.1	10.4	2.1	914.52	0.00	10575	43519	:	2.29651	13.7470	11453	517	88	
Finska	47416	-1.894099	70.226254	27.040257	147.168	83.819	0.632215	17.815562	4.0	9.3	65.5	7.5	10731.83	0.69	17718	105120	0.1	12.21037	24.6097	56671	6860	862	
Francuska	40838	-0.301002	78.489418	19.691585	1382.332	78.82	0.783847	119.914073	88.0	32.6	798.7	51.7	64683.77	4.63	21670	303269	8.9	132.25618	39.0985	595250	36597	3767	
Nemačka	44065	0.303518	68.429207	30.798951	2012.376	74.688	0.455869	230.750625	88.8	110.1	894.4	61.4	105978.47	7.24	20454	298758	58.5	154.85081	19.9455	521477	26035	4902	
Grčka	22243	-6.797861	80.126302	16.210129	162.329	77	-0.083872	85.686664	0.8	0.3	98.3	21.2	8785.28	0.00	35926	153317	:	16.24345	21.2923	101015	:	25362	
Mađarska	12834	-1.093036	65.122048	30.269319	219.52	69.832	0.179068	109.580934	7.8	9.2	52.3	16.5	12289.56	0.00	:	:	2.0	10.7171	25.5819	52195	3388	132	
Irska	49231	-1.320711	71.824506	26.933583	75.902	62.386	0.662278	66.582915	1.6	0.1	47.5	8.4	92637.19	0.12	2757	47649	:	10.83605	28.9194	44330	2010	310	
Italija	34814	-3.080609	73.964548	23.848527	1075.959	68.56	0.438880	202.419654	46.8	20.2	665.3	102.4	31072.96	0.80	37922	476823	0.1	106.04386	27.9405	517480	28463	24706	
Latvija	13799	5.303342	72.278436	24.039337	72.804	67.548	-1.346862	32.716613	0.7	21.9	11.3	2.4	2888.68	0.00	731	72723	:	2.79379	39.0558	17086	803	223	
Litvanija	14343	5.236919	64.826401	30.729775	103.326	66.604	-1.443271	47.671650	0.3	14.2	29.9	2.7	593.00	0.00	:	41033	0.0	4.58589	37.6761	32632	1306	466	
Luksemburg	105447	-2.717089	87.373855	12.222481	23.02	89.247	2.784190	204.998456	0.4	0.2	6.6	1.0	781.15	4.40	286	:	0.3	6.51347	64.2095	25130	1099	77	
Malta	22082	1.802080	81.106358	17.397869	9.623	94.991	0.929151	1310.796875	:	:	2.2	0.5	1535.10	0.01	4092	3326	:	0.5832	19.4757	3732	618	18	
Holandija	49475	-1.422504	76.104941	22.143699	411.035	88.575	1.206743	496.884994	17.8	6.2	144.4	12.6	31672.22	6.01	1707	551828	47.5	33.54587	20.8875	152937	4703	476	
Poljska	13145	1.606880	63.933508	32.852657	729.459	60.688	-0.151718	124.300059	17.7	48.9	197.8	40.1	4909.10	0.09	1839	58825	0.1	46.73923	15.4504	290635	22519	2051	
Portugalija	20577	-3.638377	75.994839	21.825664	153.419	61.758	0.556138	114.803406	3.8	2.4	83.2	5.9	11338.08	0.32	255	67875	:	15.82946	34.1685	77824	3801	1006	
Rumunija	8558	1.089996	66.908588	27.769656	330.643	54.091	-0.202696	87.201265	4.6	13.5	75.0	11.8	3593.31	0.01	:	39520	12.5	15.24874	19.5013	100616	4067	56	
Slovačka Republika	17275	1.484292	61.164585	35.289539	120.525	54.163	-0.284820	112.451734	2.5	7.6	26.9	5.5	45.11	0.00	:	:	1.0	6.86063	20.7106	42441	1759	58	
Slovenija	22486	-2.893575	66.205072	31.722316	44.319	49.856	0.025646	102.142949	0.7	3.5	25.5	3.2	816.63	0.00	:	16907	:	5.77246	37.5925	25038	3349	10689	
Španija	28648	-2.992815	73.991161	23.520488	861.297	78.902	0.355582	93.506837	22.5	9.5	334.0	55.7	48089.18	1.13	13329	419865	:	80.63279	31.7271	395132	15215	1070	
Švedska	57134	-1.021244	71.625074	26.888006	:	85.363	0.919161	23.369603	11.8	22.0	109.2	8.7	:	:	:	28424	172976	:	18.72361	51.3218	61507	:	:
Velika Britanija	41538	0.611017	78.557266	20.760868	1214.546	81.834	1.018443	263.300541	60.8	21.4	641.6	44.1	115419.92	6.24	22601	500860	0.2	115.79852	24.9594	425105	19673	9222	

Podaci za 2013. godinu

Država	Ulazne promjenljive																Izlazne promjenljive					
	Ekonomski					Urbani			Transportni								Emisije koje potiču od saobraćaja					
	BDP po stanovniku	Rast BDP po stanovniku	Usluge	Industrija	Zaposleni u saobraćaju	Urbana populacija	Rast urbane populacije	Gustina naseljenosti	Željeznički saobraćaj (putnici)	Željeznički saobraćaj (roba)	Putnički automobili	Autobusi	Vazdušni saobraćaj (putnici)	Vazdušni saobraćaj (roba)	Pomorski saobraćaj (putnici)	Pomorski saobraćaj (roba)	Unutrašnji vodni saobraćaj (roba)	GHG	CO ₂	NOx	PM _{2.5}	SOx
	US\$	(godišnji %)	(% BDP)		(% od ukupne)	(godišnji %)	(stanovnik/km2 države)	Milijarda pkm	(Milijarda tkm)		Milijarda pkm		Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	(Milijarda tkm)	Milioni tona	% ukupnog sagorevanja goriva	tone	tone	tone
Austrija	50505	-0.458901	70.300627	28.265990	:	65.884	0.614462	102.741697	11.8	19.3	74.8	9.9	15037.45	0.33	:	2.4	22.82038	35.0376	90153	3545	300	
Belgija	46508	-0.550035	77.001073	22.207294	:	97.776	0.534197	369.313639	10.9	7.3	109.8	21.5	9521.42	1.56	387	228130	10.4	24.63002	27.3146	110559	5022	892
Bugarska	7675	1.428147	67.102867	27.555578	:	73.3	-0.109811	66.922577	1.8	3.2	51.4	10.3	1013.22	0.00	:	28841	5.4	7.46279	18.5402	46002	2333	227
Hrvatska	13575	-0.787991	68.251072	27.355619	:	58.359	0.211047	76.048767	0.9	2.1	26.1	3.5	1716.70	0.00	13237	19366	0.8	5.77349	35.6027	27281	1754	152
Kipar	27908	-5.733871	86.003535	11.479604	:	67.133	0.897120	123.555411	:	:	5.9	1.3	1211.21	0.01	:	7172	:	1.86829	31.8505	5507	350	249
Češka Republika	19916	-0.516675	60.438465	36.865885	:	73.06	-0.042078	136.142328	7.5	14.0	64.7	15.7	5186.68	0.02	:	0.0	16.64955	15.7619	39687	3384	121	
Danska	60362	0.513433	75.782641	22.854097	:	87.324	0.625527	132.878928	6.8	2.4	52.6	6.5	:	:	30139	88406	:	11.94821	28.8585	62232	2367	1729
Estonija	19030	1.776786	67.560235	28.936258	:	67.721	-0.524079	31.092168	0.2	4.7	11.2	2.4	627.59	0.00	10944	42908	:	2.24177	11.7179	10571	496	78
Finska	49638	-1.214216	70.077462	26.931258	:	83.952	0.619286	17.897831	4.1	9.5	65.1	7.5	10467.32	0.66	17911	105117	0.1	12.19059	24.2122	53550	5891	749
Francuska	42571	0.059969	78.653097	19.747015	:	79.055	0.772221	120.484437	87.4	32.0	805.5	52.5	63925.15	4.33	24316	303031	9.2	131.43413	38.3592	569333	34378	3823
Nemačka	45688	0.215722	68.902738	30.307309	:	74.89	0.542994	231.155713	89.6	112.6	903.1	60.5	109062.32	7.34	21059	297281	60.1	159.21754	20.0645	513372	25148	4916
Grčka	21875	-2.537259	79.902819	16.369354	:	77.343	-0.280652	85.067580	1.1	0.2	95.8	21.0	8761.12	0.00	35544	160986	:	17.8457	23.6609	93281	:	20697
Mađarska	13614	2.398733	65.332194	30.114523	:	70.306	0.401109	109.279598	7.8	9.7	51.8	17.1	13926.54	0.00	:	:	1.9	9.982	25.1392	49561	2998	127
Irska	52035	0.848267	72.503062	26.066052	:	62.667	0.697559	66.748352	1.6	0.1	48.0	8.1	93408.04	0.12	2745	46722	:	11.06751	30.3842	45533	2009	295
Italija	35370	-2.860797	74.059207	23.619195	:	68.686	1.342864	204.779860	48.7	19.0	620.4	101.8	27846.22	0.89	36452	457078	0.1	103.42935	29.7735	486049	25912	23256
Latvija	15033	3.731630	72.897988	23.702665	:	67.476	-1.177674	32.362872	0.7	19.5	11.7	2.3	2754.72	0.00	770	67148	:	2.83056	39.8268	16643	824	214
Litvanija	15692	4.559641	65.992891	30.054141	:	66.554	-1.087107	47.190890	0.3	13.3	33.3	2.8	1009.73	0.00	:	39757	0.0	4.58412	39.8882	32223	1260	450
Luksemburg	113727	1.614356	87.989266	11.717223	:	89.568	2.670351	209.791506	0.4	0.2	6.9	1.0	1555.79	5.22	:	0.3	6.37175	66.3255	23961	1036	76	
Malta	24057	3.543685	81.708636	16.934580	:	95.139	1.085830	1323.043750	:	:	2.3	0.5	1603.40	0.00	4396	3101	:	0.58583	22.3176	1567	618	18
Holandija	51574	-0.484165	76.154612	21.925268	:	89.271	1.077518	498.795844	17.7	6.1	145.4	11.7	33455.25	5.75	1740	557929	48.6	32.75134	20.4378	143182	4362	475
Poljska	13781	1.452044	64.347894	32.322001	:	60.617	-0.177419	124.229111	16.7	50.9	213.1	37.8	5002.98	0.10	1741	64282	0.1	43.95741	14.7586	243303	20075	2224
Portugalija	21619	-0.586051	76.168150	21.466850	:	62.338	0.385964	114.162609	3.6	2.3	81.9	6.0	11861.00	0.32	248	78244	:	15.46495	34.7061	78845	3474	894
Rumunija	9585	3.916755	66.843286	26.973546	:	54.235	-0.105460	86.874290	4.4	12.9	80.4	12.9	3087.14	0.01	:	43577	12.2	15.0883	21.4701	97389	3795	53
Slovačka Republika	18192	1.381645	63.076385	32.956176	:	53.945	-0.295837	112.572638	2.5	8.5	27.2	5.3	64.01	0.00	:	1.0	6.73317	19.9815	42294	1709	58	
Slovenija	23150	-1.221083	65.638518	32.296551	:	49.764	-0.048958	102.281678	0.7	3.8	25.2	3.3	857.00	0.00	:	17184	:	5.45912	37.4477	23278	3254	12444
Španija	29371	-1.383287	74.497633	22.680717	:	79.129	-0.040385	93.200946	23.8	9.3	316.5	53.8	48056.74	0.96	14832	397462	:	79.45071	34.8723	355509	14059	1175
Švedska	60283	0.386963	72.532216	26.080927	:	85.514	1.024086	23.568466	11.8	21.0	107.6	8.7	:	:	28596	161570	:	18.15699	52.4533	58557	:	-
Velika Britanija	42407	1.231028	78.023083	21.283019	:	82.092	0.984309	265.069342	62.0	22.4	640.6	41.9	118605.87	6.03	23381	503324	0.2	114.88654	25.4084	404010	18382	8404

Podaci za 2014. godinu

Država	Ulazne promjenljive																Izlazne promjenljive					
	Ekonomski					Urbani			Transportni								Emisije koje potiču od saobraćaja					
	BDP po stanovniku	Rast BDP po stanovniku	Usluge	Industrija	Zaposleni u saobraćaju	Urbana populacija	Rasturbane populacije	Gustina naseljenosti	Željeznički saobraćaj (putnici)	Željeznički saobraćaj (roba)	Putnički automobili	Autobusi	Vazdušni saobraćaj (putnici)	Vazdušni saobraćaj (roba)	Pomorski saobraćaj (putnici)	Pomorski saobraćaj (roba)	Unutrašnji vodni saobraćaj (roba)	GHG	CO ₂	NOx	PM _{2.5}	SOx
	US\$	(godišnji %)	(% BDP)		(% od ukupne)	(godišnji %)	(stanovnik/km2 države)	Milijarda pkm	(Milijarda tkm)	Milijarda pkm	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	Broj putnika (hiljade)	(Milijarda tkm)	Milijarda (tkm)	Milioni tona	% ukupnog sagorevanja goriva	tone	tone	tone
Austrija	51323	-0.088054	70.553679	28.043808	:	65.919	0.783988	103.505386	12.0	20.5	76.6	10.1	15210.49	0.37	:	2.2	22.18072	:	83192	:	:	:
Belgija	47347	1.408233	77.152296	22.145153	:	97.818	0.474785	370.911922	11.0	7.3	0.0	0.0	10535.22	1.60	373	237852	10.5	25.22621	:	107671	:	:
Bugarska	7853	1.906432	67.566993	27.167898	:	73.626	-0.124615	66.543276	1.7	3.4	54.0	11.5	1060.15	0.00	:	27235	5.1	8.51126	:	48242	:	:
Hrvatska	13481	-0.085591	66.840095	28.830145	:	58.656	0.100249	75.739618	0.9	2.1	26.1	3.6	1756.07	0.00	11599	18603	0.7	5.71959	:	25897	:	:
Kipar	27341	-0.441661	87.097620	10.550098	:	67.019	0.876210	124.854762	:	:	6.1	1.3	688.37	0.01	:	7186	:	1.81933	:	6170	:	:
Češka Republika	19745	2.607307	59.335227	37.960359	:	73.019	0.049144	136.321034	7.6	14.6	66.3	16.7	5010.00	0.03	:	:	0.0	17.15713	:	39280	:	:
Danska	61331	1.161688	76.164859	22.457804	:	87.502	0.710679	133.535446	6.8	2.5	53.7	6.6	:	0.0	30365	92244	:	12.1263	:	57172	:	:
Estonija	19941	3.092920	68.447779	28.110045	:	67.622	-0.408537	31.010734	0.3	3.3	11.9	2.4	602.88	0.00	11353	43578	:	2.26606	:	9839	:	:
Finska	49888	-1.041827	70.628619	26.535325	:	84.086	0.573043	17.972003	3.9	9.6	65.5	7.5	10992.79	0.67	18401	105537	0.1	11.05244	:	49548	:	:
Francuska	42697	0.440220	78.889098	19.435712	:	79.289	0.744551	121.026618	86.7	32.2	815.7	53.4	63434.26	4.15	24894	298203	8.8	130.97304	:	550537	:	:
Nemačka	47903	1.172692	68.989474	30.328010	:	75.094	0.688907	232.108054	89.5	112.6	920.8	63.2	112353.10	7.18	22000	303742	59.1	161.13009	:	492720	:	:
Grčka	21674	1.023544	80.400706	15.761106	:	77.678	-0.233906	84.502816	1.1	0.3	96.9	21.0	11152.24	0.02	32744	168501	:	17.59555	:	115907	:	:
Mađarska	14118	4.327980	64.364463	31.171286	:	70.771	0.389840	108.985618	7.7	10.2	52.7	17.6	16482.06	:	:	:	1.8	11.15234	:	52384	:	:
Irska	55503	8.017657	72.815166	25.620443	:	62.952	0.864585	67.023153	1.7	0.1	47.2	10.2	98449.14	0.13	2753	47483	:	11.34665	:	47012	:	:
Italija	35365	-0.800675	74.343243	23.479698	:	68.821	1.113857	206.667369	50.0	20.1	642.9	102.8	27193.94	0.99	38804	443141	0.1	104.85479	:	478474	:	:
Latvija	15710	3.086169	73.374682	23.359490	:	67.421	-1.023292	32.064683	0.6	19.4	12.6	2.3	2636.61	0.00	677	71836	:	2.95192	:	16409	:	:
Litvanija	16490	4.388731	66.015299	30.543001	:	66.522	-0.907912	46.805539	0.3	14.3	24.3	3.0	1274.91	0.00	:	41105	0.0	5.06453	:	32833	:	:
Luksemburg	116613	3.166437	87.832000	11.870063	:	89.872	2.695744	214.794981	0.4	0.2	7.1	1.0	1710.62	5.75	:	0.3	6.09672	:	19701	:	:	
Malta	25125	7.294460	83.130379	15.577669	:	95.277	1.083008	1335.512500	:	:	2.4	0.5	1588.17	0.00	4643	3460	:	0.64944	:	3498	:	:
Holandija	52157	1.055409	76.964075	21.201867	:	89.91	1.073082	500.593885	16.2	6.2	145.0	145.0	33956.34	5.73	1841	570489	49.3	30.44727	:	128724	:	:
Poljska	14342	3.359902	64.017754	32.594457	:	60.568	-0.155715	124.144273	15.9	50.1	218.9	39.2	5038.75	0.12	1841	68744	0.1	44.19589	:	232878	:	:
Portugalija	22124	1.438569	76.128514	21.545754	:	62.908	0.371016	113.542514	3.9	2.4	83.3	5.6	12635.44	0.35	252	80156	:	15.71154	:	76736	:	:
Rumunija	10020	3.463125	67.364765	27.273530	:	54.393	-0.083675	86.530681	5.0	12.3	85.2	14.1	3067.72	0.01	:	43753	11.8	15.61878	:	95627	:	:
Slovačka Republika	18595	2.471361	61.980646	33.621164	:	53.757	-0.252076	112.686624	2.6	8.8	27.3	5.4	29.03	:	:	0.9	6.49294	:	44845	:	:	
Slovenija	24021	3.004923	64.674810	33.122072	:	49.695	-0.040394	102.382324	0.6	4.1	25.6	3.4	916.98	0.00	:	18012	:	5.38429	:	21426	:	:
Španija	29719	1.682525	75.069097	22.410311	:	79.355	-0.013747	92.922736	25.1	10.8	319.7	39.5	53069.34	0.96	14819	427672	:	79.8786	:	343738	:	:
Švedska	59180	1.591300	72.913759	25.743953	:	85.665	1.168649	23.805234	12.1	21.3	114.9	8.7	:	:	27539	167530	:	17.92614	:	57559	:	:
Velika Britanija	46412	2.296920	78.362044	20.955593	:	82.345	1.061068	267.073782	64.7	22.1	654.2	41.1	124901.68	5.97	24086	503171	0.2	116.37714	:	392156	:	:

Prilog B - Uporedne karakteristike osnovnih oblika izvora energije [42, 46]

Osnovni oblici izvora energije		Karakteristike												
		Operativne					Emisione					Ekonomske		
		Rang (km)	Potrošnja energije (kWh/km)	Rang nulte emisije km	Fleksibilnost rute	Vreme punjenja (min)	CO ₂ g/km	NO _x g/km	PM ₁₀ g/km	Buka-stajanje (dB)	Buka-prolaz (dB)	Cena (1000 euro)	Ukupni troškovi vlasništva (euro/km)	Infrastruktura - dodatno ulaganje (1000 euro)
Fosilna goriva	Dizel Euro V	600-900	4,13	Nema	Visoka	Svakog 2. dana 5-10 min	1000	3,51	0,10	80	77	+/- 220	2,1	Ne
	Dizel Euro VI	600-900	4,13	Nema	Visoka	Svakog 2. dana 5-10 min	834	1,1	0,03	80	77	+/- 220	2,1	Ne
	Prirodni gas CNG	350-400	5,21	Nema	Visoka	Svakog 2. dana 5-10 min	1000	1,4-4,5	0,005-0,03	78	78	+/- 250	2,1	500-1000 po jednoj stanici za punjenje
Bio goriva	Bio dizel: 1 st gen, FAME	570-850	4,13	Nema	Visoka	Svakog 2. dana 5-10 min	≥500	4,39	0,04	80	77	+/- 220	2,22	+/-50
	Bio dizel: 2 st gen, HVO	570-850	4,13	Nema	Visoka	Svakog 2. dana 5-10 min	≥500	3,16	0,08	80	77	+/- 220	2,35	+/-50
	BioEtanol	400-600	4,13	Nema	Visoka	Svakog 1-2 dana 5-10 min	400-600	3,51	0,10	80	77	+/- 250	2,52	+/- 200 po jednoj stanici za punjenje
El. energija	Prilazno punjenje	<100	1,8	<50	Ograničena	Više puta u toku dana	0-500	0	0	n/a	n/a	+/- 400	3,2	+/- 10 po autobusu po stanici za punjenje
	Punjenje preko noći	100-200	1,91	150	Visoka	Svakog dana 3-8h	0-500	0	0	n/a	n/a	350-500	5,5	+/- 100 po autobusu po stanici za punjenje
	Trolejbus	Ograničeni el. mrežom	1,8	>300	Ograničena	Ne	0-500	0	0	62	72	+/- 300	3,1	1000 euro/km
Vodonik	Hibrid vodonik/električni	200-400	3,2	>300	Visoka	Svakog dana 5-10 min	1500	0	0	63	69	800	4,6	100 po autobusu po stanici za punjenje
Hibrid	Serijski hibridni električni/dizel	600-900	3,34	Nema	Visoka	Svakog 2. dana 5-10 min	700-1000	3,51	0,10	69	73	270	2,4	Ne

Prilog C - Matrica odlučivanja

Osnovni oblici izvora energije		Karakteristike												
		Operativne					Emisione					Ekonomske		
		Rang (km)	Potrošnja energije (kWh/km)	Rang nulte emisije km	Fleksibilnost rute	Vreme punjenja (min)	CO ₂ g/km	NOx g/km	PM ₁₀ g/km	Buka-stajanje (dB)	Buka-prolaz (dB)	Cena (1000 euro)	Ukupni troškovi vlasništva (euro/km)	Infrastruktura - dodatno ulaganje (1000 euro)
Fosilna goriva	Dizel Euro V	750	4,13	1	9	3	1000	3,51	0,10	80	77	220	2,1	1
	Dizel Euro VI	750	4,13	1	9	3	834	1,1	0,03	80	77	220	2,1	1
	Prirodni gas CNG	375	5,21	1	9	3	1000	4,5	0,03	78	78	250	2,1	9
Bio goriva	Bio dizel: 1 st gen, FAME	610	4,13	1	9	3	500	4,39	0,04	80	77	220	2,22	3
	Bio dizel: 2 st gen, HVO	610	4,13	1	9	3	500	3,16	0,08	80	77	220	2,35	3
	BioEtanol	500	4,13	1	9	5	600	3,51	0,10	80	77	250	2,52	7
El. energija	Prilazno punjenje	100	1,8	5	3	9	500	0	0	62 ²	69 ²	400	3,2	3
	Punjenje preko noći	150	1,91	7	9	7	500	0	0	62 ²	69 ²	425 ¹	5,5	5
	Trolejbus	1000	1,8	9	3	1	500	0	0	62	72	300	3,1	9
Vodonik	Hibrid vodonik/električni	300	3,2	9	9	5	1500	0	0	63	69	800	4,6	5
Hibrid	Serijski hibridni električni/dizel	750 ¹	3,34	1	9	3	1000	3,51	0,10	69	73	270	2,4	1

¹ Prosečna vrednost

² Pretpostavljena vrednost

BIOGRAFIJA AUTORA

Nikola Petrović, diplomirani inženjer mašinstva, rođen je 20.12.1982. godine u Nišu. Mašinski fakultet u Nišu upisao je 2001. godine, diplomirao 2006. godine sa prosečnom ocenom 9,58 tokom studija i ocenom 10 na diplomskom radu pod nazivom „Strategijsko upravljanje transportom na domaćem i međunarodnom tržištu” i mentorstvom prof. dr Nade Barac sa Ekonomskog fakulteta u Nišu.

Od 2008. godine je zaposlen kao saradnik i asistent na Mašinskom fakultetu u Nišu. Izvodi vežbe na osnovnim i master studijama iz sledećih predmeta: Transportne tehnologije, Osnove saobraćaja i transporta, Saobraćaj i transport, Eksploatacija vozila, Menadžment u saobraćaju i transportu, Kontejnerski transport, Pakovanje i paletizacija, Hidraulički i pneumatski sistemi kod vozila.

Istovremeno, od 2012. godine je član Komisije za ispitivanje i kontrolu vozila u Centru za motore i motorna vozila Mašinskog fakulteta u Nišu kao jedne od ovlašćenih laboratorija od strane Agencije za bezbednost saobraćaja Republike Srbije.

Aprila 2010. godine je upisao doktorske akademske studije na Saobraćajnom fakultetu i položio sve predviđene ispite (10) sa prosečnom ocenom 9,3.

Trenutno je član radnih timova pri izradi **3** projekta, od kojih je **1** međunarodni (Horizon 2020) i **2** nacionalna (Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije).

Autor i koautor je ukupno **45** radova objavljenih u celini u međunarodnim i domaćim naučnim i stručnim časopisima ili saopštenim na naučnim skupovima.

Posедуje odlično znanje engleskog jezika i osnovno znanje nemačkog jezika. Služio je vojni rok u periodu od 2009. do 2010. godine.

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора Никола Петровић

Број индекса 09D008

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

УПРАВЉАЊЕ УТИЦАЈИМА УРБАНИЗАЦИЈЕ И ВИДОВА САОБРАЋАЈА НА

КВАЛИТЕТ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, _____

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије
докторског рада

Име и презиме аутора Никола Петровић

Број индекса 09D008

Студијски програм Саобраћај

Наслов рада УПРАВЉАЊЕ УТИЦАЈИМА УРБАНИЗАЦИЈЕ И ВИДОВА САОБРАЋАЈА НА
КВАЛИТЕТ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Ментор Редовни професор др Небојша Бојовић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, _____

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

УПРАВЉАЊЕ УТИЦАЈИМА УРБАНИЗАЦИЈЕ И ВИДОВА САОБРАЋАЈА НА
КВАЛИТЕТ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.
Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, _____

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.