

ANALIZA IZDUVNIH GASOVA OD VOZILA NA PRIMERU GRADA NIŠA

Prof.dr. Pavle Gladović, dipl.inž. saobraćaja, e mail: anaipavle@gmail.com

Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu

Dušan Radosavljević, dipl.inž.saob., email: dusan_222@yahoo.com

Milan Stanković, dipl.inž.saob., email: milanst08@gmail.com

Visoka tehnička škola strukovnih studija u Nišu, Srbija

Sažetak: Rad predstavlja metode za određivanje emisije gasova drumskih vozila na ulicama. Posmatrano je šest raskrsnica u gradu Nišu. Specifične emisije od vozila i ukupne godišnje emisije, su proračunate koristeći COPERT metodologiju. Analiza je pokazala da je na posmatranim deonicama, specifična emisija 11 puta viša u poređenju sa ostalim ulicama u gradu. Na osnovu ove činjenice, ulice su podeljene u dve kategorije: glavne ulice i sporedne ulice. Na kraju rada data je analiza greške. Iako visoka, greška je i dalje u razumnim granicama. Osnovni efekat primene rezultata ovog rada treba da bude stvaranje uslova za smanjenje količina emitovanih zagađujućih materija za realizaciju određene količine transportnog rada, a u cilju smanjenja nepovoljnog uticaja vozila na životnu sredinu. Kvalitetni i precizni podaci su osnova za modeliranje različitih scenarija promene strukture voznog parka i načina korišćenja vozila, efekata tih promena na životnu sredinu i uticaj tih promena na politiku oporezivanja, posjedovanja i korišćenja vozila, kako na nacionalnom tako i na lokalnom nivou.

Ključne reči: emisija gasova, zagađujuće materije, životna sredina, vozila.

ANALYSIS OF VEHICLE EXHAUST GASES ON CASE OF NIS

Abstract: The paper represents a method for determining the gas emissions of road vehicles in the streets. Six intersections were observed in Nis. Specific emissions from vehicles and the total annual emissions were calculated using COPERT methodology. The analysis showed that the observed sections, the specific emissions was 11 times higher, compared to other streets in the city. Based on these facts, the streets are divided into two categories: main streets and side streets. At the end, the analysis of the error is displayed. Although high, the error is still within reasonable limits. The main effect of the application of the results of this study should be to create conditions for reducing the amount of pollutants emitted to realize a certain amount of transport work, and to reduce the adverse impact of vehicles on the environment. High quality and exact data are the basis for modeling various scenarios of changes in the structure of the fleet and usage of vehicles, the effects of these changes on the environment and the impact of these changes on tax policies, possession and use of vehicles, both at the national and local levels.

Keywords: gas emissions, pollutants, environment, vehicles.

1. UVOD

Zahtevi za transportom ljudi i roba tesno su povezani sa privrednim razvojem. Transport je značajan i neophodan deo savremenog društva, ali su njegova rasprostranjenost i intenzitet prepoznati kao činioci koji doprinose određenim neželjenim efektima. Saobraćajna zagušenja čine životnu sredinu u gradovima manje prijatnom, smanjuju nivo kvaliteta života, ali i smanjuju efikasnost i ekonomičnost transportnog sistema povećanjem vremena putovanja, povećanjem potrošnje goriva i dr. Sa aspekta zaštite životne sredine značajan negativan uticaj transporta je zagađivanje vazduha. Svaki utrošeni litar fosilnog goriva sagorevanjem proizvede približno 100 g ugljen-monoksida, 20 g isparljivih organskih jedinjenja, 30 g azotnih oksida, 2,5 kg ugljen-dioksida i mnogih drugih štetnih i otrovnih materija kao što su jedinjenja olova, sumpora i čvrste čestice. Sva ova jedinjenja u određenoj meri dovode do

aerozagađenja, bilo direktnim uticajem na zdravlje ili globalno, npr. izazivanjem efekta staklene bašte. Evropska Unija (EU) se obavezala da smanji emisiju zagađujućih materija i potrošnju energije, koje potiču od transportnih aktivnosti, kako bi se smanjio negativan uticaj na životnu sredinu uz istovremeni ekonomski i privredni rast. Drugi izazov je postizanje održivog razvoja transporta. Za određivanje količina emitovanih gasovitih zagađujućih materija, koji potiču od drumskog saobraćaja, koristi se softverski alat COPERT 4, alat baziran na MS Windows okruženju. Razvoj COPERT-a je finansirala Evropska agencija za zaštitu životne sredine (*European Environment Agency* - EEA) u okviru aktivnosti Evropskog tematskog centra za vazduh i klimatske promene (*European Topic Centre on Air and Climate Change*) i on predstavlja jedini priznati alat za ove namene na evropskom nivou. Primena softverskog alata za proračun emisije zagađivača od strane drumskih transportnih sredstava omogućava izradu transparentnih, standardizovanih i uporedivih baza podataka i procedura izveštavanja o emisiji zagađivača, u saglasnosti sa međunarodnim sporazumima i zakonodavstvom EU.

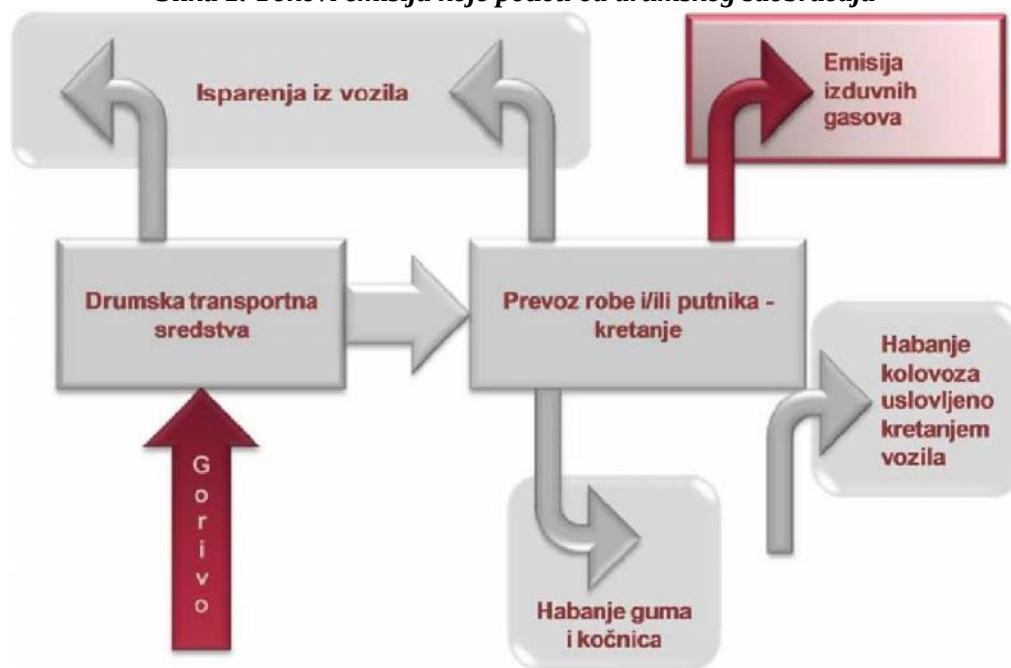
2. MODEL COPERT IV

COPERT IV je model i softverski alat za određivanje količine emitovanih zagađujućih materija koje potiču od drumskog saobraćaja. Sastavni je deo EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook, metodologije UNFCCC, UNECE TFEIP, kao i UNECE CLRTAP, kao i uputstva Evropske unije (EU) o maksimalnim emisijama na nacionalnom nivou. Model COPERT IV, koji podržava specijalizovani softver, u potpunosti ispunjava zahteve proračuna u svim navedenim dokumentima i metodologijama. Softverskim alatom COPERT IV procenjuje se emisija najznačajnijih zagađivača (CO, NO_x, VOC, PM, NH₃, SO₂, teških metala), kao i gasova koji utiču na efekat staklene bašte (CO₂, N₂O, CH₄), koju proizvode različite kategorije vozila (putnička, laka i teška teretna vozila, mopedi i motocikli). U početku je COPERT bio namenjen nacionalnim stručnjacima za procenu emisije zagađivača koja potiče od drumskog saobraćaja, radi formiranja godišnjih nacionalnih izveštaja. Danas ovaj softverski alat može da se koristi i u istraživanjima za naučnu i akademsku primenu. Za proračun se koriste podaci na godišnjem nivou. Minimalni vremenski period za koji se prikupljaju podaci i vrše analize je jedna godina.

2.1. OBUHVATNOST MODELA COPERT

Emisija izduvnih gasova u drumskom saobraćaju nastaje sagorevanjem goriva (benzin, dizel, tečni naftni gas – TNG i prirodni gas) u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem. Smeša vazduha i goriva se pali pomoću varnice (OTO motori) ili sabijanjem (samopaljenje kod dizel motora). Emisije koje potiču od drumskih transportnih sredstava šematski su prikazane na narednoj slici (Slika 1.). Crvenom bojom označena je emisija izduvnih gasova koja će se razmatrati u ovom radu.

Slika 1. Tokovi emisija koje potiču od drumskog saobraćaja



Najznačajniji zagađivači koje emituju drumska transportna sredstva su:

- prekursori ozona (CO, NO_x, NMVOCs₂);
- gasovi koji stvaraju efekat staklene bašte (CO₂, CH₄, N₂O);
- kisele supstance (NH₃, SO₂);
- čvrste čestice (PM);
- kancerogena jedinjenja (PAHs₃ i POPs₄);
- otrovne supstance (dioksini i furani);
- teški metali

2.2. IZBOR METODA

Primenom COPERT IV modela daje se mogućnost izbora jednog od tri metoda (Tier 1, Tier 2, Tier 3) za procenu emisije zagađivača koja potiče od drumskog saobraćaja. Izbor metoda zavisi od podataka kojima se raspolaže.

Tier 1 metod koristi gorivo kao pokazatelj aktivnosti drumskog transporta zajedno sa prosečnim specifičnim emisionim faktorima goriva. Obezbeđuje podatke koji su grupisani na osnovu četiri NFR šifre emisije izduvnih gasova. Kako se pretpostavlja da je drumski saobraćaj najveći zagađivač u svim državama, Tier 1 metod treba da se koristi samo ako ne postoje podaci o gorivu koji su detaljniji od nacionalne statistike. Tier 2 pristup uzima u obzir gorivo prema različitim kategorijama vozila i nivo emisije zagađivača (emisione standarde). Emisija izduvnih gasova u Tier 3 metodu izračunava se kombinovanjem tehničkih podataka proizvođača (npr. o emisionim faktorima) i podataka o aktivnostima (npr. ukupan pređeni put vozila). Ovaj pristup nazvan je "Detaljna metodologija" i obuhvaćen je u modelu COPERT IV.

2.3. ULAZNI PODACI ZA PRORAČUN

Za proračun emisije izduvnih gasova koji potiču od drumskog saobraćaja softverski alat COPERT IV koristi određeni broj ulaznih podataka. U podatke koje je potrebno prikupiti spadaju:

- ukupna potrošnja pojedinih vrsta goriva,
- broj vozila prema kategorijama i tehnologijama vozila,
- prosečan pređeni put prema kategorijama vozila,
- prosečna brzina vozila prema kategorijama vozila i tipovima puta,
- struktura pređenog puta prema tipovima puta (gradski, vangradski, autoput), izražena u procentima, svih kategorija vozila,
- prosečna mesečna minimalna temperatura,
- prosečna mesečna maksimalna temperatura,
- prosečni mesečni vazdušni pritisak i
- prosečna dužina putovanja.

Od navedenih ulaznih podataka razlikuju se:

- podaci koji se koriste za proračun emisijih faktora prema tipu emisije (emisija pri hladnom startu, emisija pri normalnom režimu rada motora – na radnoj temperaturi, isparenja), emisijih faktora prema kategoriji vozila, emisijih faktora prema tipu puta, procentualnog učešća preženog puta hladnim startom motora (mesečno i po kategoriji vozila);

U ovu grupu podataka spadaju:

- prosečna brzina vozila prema kategorijama vozila i tipovima puta,
- prosečna mesečna minimalna temperatura,
- prosečna mesečna maksimalna temperatura,
- prosečni mesečni vazdušni pritisak i
- prosečna dužina putovanja.

Podaci koji se u izvornom obliku koriste za proračun emisije izduvnihi gasova koji potiču od drumskog saobraćaja;

U ovu grupu podataka spadaju:

- broj vozila prema kategorijama i tehnologijama vozila,
- godišnji pređeni put (pređena kilometraža) prema kategorijama vozila i
- struktura pređenog puta prema tipovima puta

3. ANALIZA EMISIJE IZDUVNIHI GASOVA U GRADU NIŠU

Uticaj zagađivača kao posledica saobraćajne aktivnosti (CO, NO_x, CO₂, SO_x, VOC) je dobro dokumentovan. Ne tako davno, još od prepoznavanja problema globalnog zagrevanja prouzrokovanog GHG emisijama, više pažnje je posvećeno emisiji CO₂. Vozila predstavljaju jedan od najvećih emitera zagađenja vazduha, kao i ugljen-dioksida. Kako je procenjeno, u sveukupnoj količini CO₂, vozila učestvuju sa 10% a u Evropi sa 20% antropogenih emisija. Države sa ubrzanom urbanizacijom, kao što su Indija i Kina, postaju sve više zavisne od drumskog transporta, koji je postao veliki zagađivač u urbanim sredinama. U gradu Nišu, ovaj procenat je još i veći. Iako merenje koncentracije zagađivača nije komplikovano samo po sebi, bliže određivanje saobraćajnih zagađivača je veoma komplikovano s obzirom na njihovu neodređenu prirodu. Iz ovog razloga su predložene različite metode za određivanje emisija zagađivača od strane saobraćaja. Takve procene su od velikog značaja za efikasnije održavanje kvaliteta vazduha. Emisije od saobraćaja zavise od mnogih parametara:

- tipa vozila,
- zapremine motora,
- godišta,
- tipa goriva,
- brzine, itd.

Za ovaj rad je korišćen COPERT računarski program, koji koristi makroskopski pristup. Procena emisije gasova je urađena na osnovu podataka merenih na svim većim raskrsnicama u gradu, kao i podataka dobijenih od Ministarstva Unutrašnjih Poslova Republike Srbije u Nišu

3.1. METODOLOGIJA

Posmatranje saobraćaja je urađeno na glavnim raskrsnicama u gradu. Lokacije su raskrsnice glavnih saobraćajnica, ili karakteristične lokacije na glavnim ulicama (Slika 2.) Kvantifikacija saobraćajnog intenziteta je urađena brojanjem vozila koja prođu kroz raskrsnicu, pri čemu je evidentiranje izvođeno svakih 5 minuta u periodu od 05:00h ujutru, do 01:00h ujutru sledećeg dana. Ovaj period je izabran kao period kada je javni transport aktivan, a u periodu između 01:00h i 05:00h, saobraćaj je zanemarljiv.

Prilikom brojanja, vozila su podeljena u dve kategorije:

1. putnički automobili,
2. autobusi i kamioni.

U kategoriju putničkih automobila spadaju mopedi, motocikli, automobili i „pickup“ vozila (mala kombinovana vozila). Kako su merenja rađena u jesen, broj mopeda i motocikala je zanemarljiv u poređenju sa ostalim tipovima vozila. Prilikom posmatranja saobraćaja, merenja koncentracije CO₂ su izvršena u cilju da poveću emisije gasova od saobraćaja i izmerene koncentracije CO₂. Podaci o voznom parku su ubačeni u COPERT softverski paket, s čije strane su proračunate opšte emisije gasova. Dobijene su prosečne emisije CO₂ i zagađenje po vozilu. Rezultati su korišćeni za određivanje emisije gasova koje proizvodi saobraćaj. U cilju ostvarenja preciznosti frekvencije saobraćaja, raskrsnica na Lokaciji 1 je posmatrana tokom radnih dana u cilju određivanja statističke pouzdanosti izmerenih podataka.



Slika 2. Merne lokacije u gradu Nišu

3.2. EMISIJE I PRORAČUN EMISIONIH FAKTORA

Podaci o sastavu voznog parka koji su korišćeni u ovom radu su obezbeđeni od strane MUP-a. Na osnovu ovih podataka, primećeno je da putnički automobili zauzimaju daleko najveći udeo u voznom parku. Vozila sa benzinskim motorima su najčešća, skoro 2/3 voznog parka, a prosečna starost vozila je oko 14 godina. Detaljniji podaci o sastavu voznog parka dati su u tabeli 1. Vrednosti emisije gasova su proračunate koristeći COPERT metodologiju. U suštini, COPERT je korišćen kao alat za procenu emisije gasova od saobraćaja na nacionalnom nivou. COPERT operacija je bazirana na analizi velikih količina podataka iz nekoliko Evropskih postrojenja za testiranje vozila. Ovo je veoma pouzdana metodologija, jer je kvalitet dobijenih podataka na veoma visokom nivou.

Tabela 1. Sastav putničkih automobila uvoznom parku

		Gasoline			LPG	Diesel	
		<1.4	1.4-2	>2		<2	>2
PREECE	Conventional	0.55%	0.32%	0.03%	3.54%	6.30%	0.22%
ECE1 5/00-01		1.55%	0.89%	0.08%			
ECE15/02		0.90%	0.52%	0.05%			
ECE15/03		2.92%	1.67%	0.16%			
ECE15/04		8.17%	4.69%	0.45%			
PCEuro1-91/441/EEC		2.72%	1.56%	0.15%	0.68%	1.22%	0.04%
PCEuro2-94/12/EEC		2.14%	1.23%	0.12%	0.54%	0.96%	0.03%
PCEuro3- 98/69/EC		3.18%	1.82%	0.17%	0.80%	1.42%	0.05%
PCEuro4- 98/69/ECStage e2005		5.86%	3.36%	0.32%	1.47%	2.62%	0.09%
PCEuro5-EC715/2007		7.49%	4.30%	0.41%	18.78%	3.35%	0.12%

3.3. SASTAV VOZNOG PARKA

Kako je utvrđeno ranije, podaci MUP-a su korišćeni za analizu. Vozila su podeljena u sledeće kategorije: putnički automobili, autobusi, kamioni, i motocikli. Putnički automobili predstavljaju daleko najveći deo voznog parka - 58.049, ili 91.12 %. Za prosečnu godišnju kilometražu u gradu, usvojena je vrednost od 3500 km godišnje, pod pretpostavkom da su gradske vožnje do 10 km dnevno. Prema podacima Srpske Agencije za Zaštitu Životne Sredine, može se proračunati da prosečno privatno vozilo u gradu Nišu prelazi približno 13 400 km godišnje. 477 autobusa je registrovano u Nišu. Međutim, prilikom procene emisije

gasova, u proračunu su korišćeni samo autobusi javnih transportnih preduzeća. Prema najnovijim dostupnim podacima, 124 autobusa su angažovana u javnom transportu u gradu Nišu, sa pređenih 8.609.250 km godišnje. Ovo čini autobuse javnog transporta daleko više uticajnijim u poređenju sa drugim autobusima koji putuju kroz grad. Tokom brojanja frekvencije saobraćaja, laki kamioni su brojani kao putnički automobili. Autori su kao granicu između lakih i teških kamiona usvojili zapreminu motora od 2000 cm³. Sva transportna vozila sa motorima većim od 2000 cm³ su kategorizovana kao teški kamioni. Prema ovome, ima 2286 kamiona u gradu. Za godišnju kilometražu je usvojeno 2000 km za gradsku teritoriju, sa pretpostavljenom nesigurnošću od 17 %. Tokom razmatranog perioda broj motocikala na ulicama je bio nepouzdan-

3.4. EMISIONI FAKTORI

COPERT analiza je pokazala da je prosečna emisija gasova od privatnih vozila podudarna sa drugim podacima prikazanim u tabeli 2. Prema specifičnim osobinama voznog parka u Nišu, u poredjenju sa Zapadno-Evropskim i voznim parkovima u SAD (prema prosečnoj starosti vozila), prednost je data lokalno definisanim emisijama koeficijentima.

Tabela 2. Emisioni faktori za kategorije vozila [g·km⁻¹].

Tip vozila	CO ₂	CO	NO _x
Lični automobili	330	9.7	0.763
Autobusi	2,410.8	4.7	1.433
Kamioni	500	9.4	

4. REZULTATI I DISKUSIJE

Bazirano na stabilnosti frekvencije saobraćaja na većim raskrsnicama, moguće je odrediti približan broj vozila na deonicama između, posmatrajući raskrsnice (Slika 2.). Proračunate ukupne godišnje emisije za grad Niš, i godišnje emisije za glavne puteve u gradu, prikazane su u tabelama 3., 4. i 5. Niš ima 286.1 km ulica i lokalnih puteva. Posmatrane deonice ulica su duge 4.4 km, što čini 1.5% ukupne dužine ulica u gradu. Saobraćaj na ovim uličnim deonicama učestvuje sa 15.1% od ukupne godišnje emisije gasova u gradu. Rezultati za svaku deonicu su prikazani u tabeli 4.5.2 za podkategoriju ličnih automobila, u tabeli 4.5.3 za autobuse i kamione. Na osnovu ove činjenice, moguće je podeliti ulice u gradu u dve kategorije (tabela 4.5.4). Prva kategorija obuhvata posmatrane ulične deonice (koje predstavljaju glavne puteve), a druga kategorija predstavlja sporedne puteve, čija specifična godišnja emisija gasova je najmanje 10 puta niža nego emisija prve kategorije.

Tabela 3. Ukupne godišnje emisije

Vozilo	Broj vozila	Godišnja kilometraža [km]	t CO ₂ /god	t CO/god	t NO _x /god
Putnički automobili	58.049	3,500	67,047	1,970.8	155
Autobusi	124	69,500	20,778	40.5	12.4
Kamioni	2.286	2,000	2,286	43	11.5
Ukupno	60.459	-	90,111	2,054.3	178.8
ε _{max}		22.0%	35.5%		20.0%

Tabela 4. Procene emisije od ličnih automobila na posmatranim deonicama

Deonica	Dužina [km]	t CO ₂ /god	t CO/god	t NO _x /god
2-6	1.63	3,681.0	108.2	8.5
2-3	0.38	858.2	25.2	2.0
5-6	1	2,258.3	66.4	5.2
3-5	0.95	2,526.6	74.3	5.8
1-2	0.39	710.3	20.9	1.6
10,034.3		295.0	23.2	
ε	10.7%	27.7%	11.5%	

Tabela 5. Procena emisije od autobusa i kamiona na posmatranim deonicama

Deonica	Dužina [km]	t CO ₂ /god	t CO/god	t NO _x /god
2-6	1.63	1,461.2	9.7	2.7
2-3	0.38	393.2	2.6	0.7
5-6	1	247.1	1.64	0.46
3-5	0.95	1,086.3	0.5	0.14
1-2	0.39	403.6	0.14	0.04
3,591.4		14.5	4.04	
ε	15.4%	32.3%	16.1%	

Tabela 6. Prosečni emisijski faktori za ulice u Nišu [g·km⁻¹·s⁻¹]

	CO ₂	CO	NO _x
I kategorija	98.2	2.2	0.2
II kategorija	9.3	0.21	0.02

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Ovaj rad predstavlja metode za određivanje emisije gasova na ulicama. Za potrebe ovog rada, posmatrano je šest velikih raskrsnica u gradu. Posmatranje na raskrsnicama je omogućilo određivanje intenziteta saobraćaja na pravim deonicama između raskrsnica. U cilju proračunavanja emisije gasova gradskog voznog parka, podaci o njegovom sastavu su dobijeni od MUP-a. Prema ovim podacima, specifične emisije od vozila i ukupne godišnje emisije su proračunate koristeći COPERT metodologiju. Analiza je pokazala da je na posmatranim deonicama, specifična emisija 11 puta viša u poređenju sa ostalim ulicama u gradu. Na osnovu ove činjenice, ulice su podeljene u dve kategorije: glavne ulice i sporedne ulice. Na kraju rada data je analiza greške. Iako visoka, greška je i dalje u razumnim granicama. Još uvek postoji potreba za daljim istraživanjima, pošto postoje mnoge praznine u podacima o emisiji gasova. Bliže određivanje ulaznih podataka bi dodatno povećalo kvalitet rezultata, a samim tim i izlaznih podataka.

LITERATURA:

- [1] NEJADKOORKI F., NICHOLSON K., LAKE I., DAVIES T. An approach for modeling CO₂ emission from road traffic in urban areas.2008.
- [2] ANDRE M., HAMMARSTROM U. Driving speeds in Europe for pollutant emissions estimation.2010.

- [3] NESAMANIA K. S., CHU L., MCNALLY M. G., JAYAKRISHNAN R. Estimation of vehicular emissions by capturing traffic variations. Atmos. Environ.2007.
- [4] SERBIAN ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY: Determination of the amounts of emission of gaseous pollutants originating from road transport applying the COPERT IV model by European Environmental Agency. <http://www.sepa.gov.rs/download/COPERT.pdf>
- [5] EPA, Average Annual Emissions and Fuel Consumption for Gasoline-Fueled Passenger Cars and Light Trucks. <http://www.epa.gov/otaq/consumer.htm#pollutant>
- [6] DE HAAN P., KELLER M. An Emission factors for passenger cars: application of instantaneous emission modelling.2000.
- [7] STURM P., ALMBAUER R., SUDY C., PUCHER K. Application of computational methods for the determination of traffic emissions.1997.
- [8] JOUMARD R., JOST P., HICKMAN J., HASSEL D. Hot passenger car emission modeling as a function of instantaneous speed and acceleration.
- [9] NTZIACHRISTOS, L., SAMARAS Z. COPERT 3–Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport, Methodology and emission factors. Technical report No 49. European Environment Agency Copenhagen,2000.
- [10] ŽIVKOVIĆ P., ILIĆ G., TOMIĆ M., VUKIĆ M., STEVANOVIĆ Ž., STEVANOVIĆ Ž., OGRIZOVIĆ M. Air pollution estimation in the city of Niš. International Conference Power Plants 2010.