

## **Analiza emisije CO<sub>2</sub> pri eksploataciji vozila sa motorom sa unutrašnjim sagorevanjem i električnih vozila u Srbiji**

### **Analysis of CO<sub>2</sub> emissions during the exploitation of vehicles with an internal combustion engine and electric vehicles in Serbia**

*Slobodan Drašković<sup>1\*</sup>, Dalibor Vukić<sup>2</sup>, Vera V. Petrović<sup>3</sup>, Goran Dikić<sup>4</sup>*

<sup>1,2,3,4</sup>Akademija tehničko-umetničkih strukovnih studija, Odsek Visoka škola elektrotehnike i računarstva, Beograd, Srbija / Academy of Technical and Art Applied Studies, School of Electrical and Computer Engineering, Belgrade, Serbia

\*Autor za prepisku / Corresponding author

Rad primljen / Received: 14.11.2022. Rad prihvaćen / Accepted: 14.09.2023.

**Sažetak:** U poslednjih deset godina broj električnih vozila u upotrebi porastao je globalno sa nivoa statističke greške do skoro 18% ukupno prodatih novih vozila. Neka evropska tržišta, poput onih u Norveškoj i Holandiji su brzo prihvatila trend i uz državne subvencije ostvaren je efikasan transfer na ekološki prihvatljive vidove pogona. Međutim, nemali broj stručnjaka dao je kritički osvrt na pitanje koliko su ekološka vozila zaista ekološka. Uz određen stepen pristrasnosti ređane su analize količine ugljen-dioksida emitovanog u toku proizvodnje baterija za električne automobile i poređenja sa količinama koje emituju SUS motori u toku eksploatacije, pri čemu je zanemarena količina emisije štetnih i gasova koji doprinose efektu staklene bašte u toku rafinacije sirove nafte i derivacije u goriva za SUS motore. U ovom radu prezentovana je realna komparativna analiza emisije ugljen-dioksida pri eksploataciji vozila sa motorom sa unutrašnjim sagorevanjem i vozila sa električnim motorom. U obzir su uzete i emisije ugljen-dioksida pri proizvodnji električne energije kao i pri proizvodnji pogonskih goriva (benzina i dizela). Na osnovu rezultata istraživanja zaključeno je da postoji smanjenje emisije ugljen-dioksida pri eksploataciji električnih vozila u odnosu na vozila sa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem. Smanjenje je u granicama od 10% do 25%, zavisno od klase i stanja vozila.

**Ključne reči:** električna vozila, fosilna goriva, emisija CO<sub>2</sub>, životna sredina.

**Abstract:** In the last ten years, the number of electric vehicles in use has increased globally from the level of a statistical error to almost 18% of total new vehicles sold. Some European markets, such as those in Norway and the Netherlands, quickly accepted the trend and, with state subsidies, an effective transfer to environmentally friendly modes of operation was achieved. However, a considerable number of experts have given a critical review to the question of how environmentally friendly electrical vehicles really are. With a certain degree of bias, analyzes of the amount of carbon dioxide emitted during the production of batteries for electric cars and comparisons with the amounts emitted by internal combustion engines during exploitation were conducted, while the amount of emissions of harmful and gases that contribute to the greenhouse effect during crude oil refining and derivation, were neglected. This paper presents a realistic comparative analysis of carbon dioxide emissions during the exploitation of vehicles with an internal combustion engine and vehicles with an electric engine. Carbon dioxide emissions during the production of electricity as well as during the production of fuel (gasoline and diesel) were also taken into account. Based on the results of the research, it was concluded that there is a reduction in carbon dioxide emissions when operating electric vehicles compared to vehicles with internal combustion engines. The reduction varies from 10% up to 25%, depending on the class and condition of the vehicle.

**Keywords:** electric vehicles, fossil fuels, CO<sub>2</sub> emission, environment.

<sup>1</sup>[orcid.org/0000-0002-4214-4120](https://orcid.org/0000-0002-4214-4120), email: [slobodan.draskovic@viser.edu.rs](mailto:slobodan.draskovic@viser.edu.rs)

<sup>2</sup>[orcid.org/0009-0000-8866-516X](https://orcid.org/0009-0000-8866-516X), email: [dalibor.vukic@viser.edu.rs](mailto:dalibor.vukic@viser.edu.rs)

<sup>3</sup>[orcid.org/0009-0005-4027-7201](https://orcid.org/0009-0005-4027-7201), email: [vera.petrovic@viser.edu.rs](mailto:vera.petrovic@viser.edu.rs)

<sup>4</sup>[orcid.org/0000-0002-0858-1415](https://orcid.org/0000-0002-0858-1415), email: [goran.dikic@viser.edu.rs](mailto:goran.dikic@viser.edu.rs)

## UVOD / INTRODUCTION

Celokupan drumski i avio saobraćaj, kao i dobar deo železničkog zasniva se na upotrebi motora koji sagorevaju fosilna goriva. Kao takav, ovaj vid saobraćaja odgovoran je za skoro četvrtinu ukupne emisije ugljen-dioksida (CO<sub>2</sub>) i povećanje efekta staklene bašte (Märtz et al., 2021). Za više od jednog veka njihove primene, tek nešto više od tri decenije tehnološki razvoj nije usmeren samo ka poboljšanju tehničkih karakteristika motora, već i ka smanjenju štetnih posledica na životnu sredinu, a primarno smanjenju zagađenja vazduha. Trenutna istraživanja pokazuju da je globalno aktivno 1.31 milijarda vozila a da će do 2050. godine na putevima biti oko 2.21 milijarde vozila (IEA, 2023).

Zakonodavstvo nameće sve strožije emisione norme za novoproduzvana vozila, što je primoralo proizvođače da dizajniraju tehnologije za prečišćavanje štetnih komponenti izduvnih gasova, kao i za smanjenje potrošnje goriva, odnosno emisije ugljen-dioksida. Čak i pored toga, povremene afere koje se otkrivaju u automobilskom sektoru, od kojih je svakako najpoznatija takozvana „Dieselgate“ afera gde je jedan proizvođač vozila softverski uključivao i isključivao sisteme za prečišćavanje izduvnih gasova u laboratorijskim uslovima i uslovima realne vožnje kako bi zadovoljio sve strožije emisione norme a i očekivanja vozača u pogledu performansi, u velikoj meri utiču i unose poremećaje na procene emisije CO<sub>2</sub> pri eksploataciji vozila sa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem (Stojanović i dr., 2023).

Kao ultimativno rešenje, predstavljena su vozila sa „nultom“ emisijom, odnosno vozila sa električnim pogonom (EV). Električna vozila koriste električnu energiju za pogon i smatraju se jednom od ključnih tehnoloških inovacija u cilju smanjenja emisija CO<sub>2</sub> u transportnom sektoru (Casals et al., 2016; Morrissey et al., 2016). Ovakvih vozila je 2022. godine prodato oko 10 miliona što ukupno predstavlja 14% ukupnog prometa svih novih vozila, dok su trenutne procene za 2023. godinu da će udeo novih EV biti 18% (IEA, 2023). Međutim, i dalje postoje određene kontraverze u vezi sa zaštitom životne sredine eksploatacijom EV, jer smanjenje emisije iz automobila može biti i najčešće jeste praćeno povećanjem emisija u proizvodnji električne energije. Kako ovo rešenje ne bi suštinski predstavljalo dislociranje emisije na mesta proizvodnje električne energije, kreirane su agende za prelazak na obnovljive izvore energije. Vredi napomenuti da nisu svi obnovljivi izvori energije ujedno i sa nultom emisijom, jer pri sagorevanju biomase, kao obnovljivog izvora, nastaju ne samo ugljen-dioksid, već i štetniji produkti sagorevanja.

Srbija, kao zemlja koja se suočava sa izazovima zagađenja vazduha i emisijama CO<sub>2</sub>, takođe se pridružuje globalnom naporu za smanjenje uticaja transporta na životnu sredinu. U cilju analize i informisanja javnosti o potencijalnim prednostima i izazovima korišćenja različitih vozila, ova studija ima za cilj istražiti razliku u emisijama CO<sub>2</sub> između električnih vozila i vozila sa SUS motorima u kontekstu Srbije. Takođe, biće date projekcije smanjenja emisije CO<sub>2</sub> u slučaju korišćenja samo EV i u slučaju korišćenja EV koja se napajaju sa kućnih solarnih elektrana.

## 1. MATERIJALI I METODE / MATERIALS AND METHODS

1.1. Emisija CO<sub>2</sub> pri proizvodnji električne energije u Srbiji /*CO<sub>2</sub> emissions for electricity production in Serbia*

Procenjivanje emisija CO<sub>2</sub> pri proizvodnji električne energije obično se vrši uzimajući u obzir izvore energije, procese proizvodnje, stepen efikasnosti, količine emitovanog CO<sub>2</sub> po jedinici energije i druge faktore. Najveći uticaj na emisiju CO<sub>2</sub> je definitivno izvor električne energije tj. tip energenta koji se koristi pri proizvodnji električne energije. To mogu biti fosilna goriva (ugalj, nafta, prirodni gas) ili obnovljivi izvori (vetar, sunce, hidroelektrane, biomasa).

Na godišnjem nivou se u Srbiji iz podsektora proizvodnje toplotne i električne energije emituje više od 40% od ukupne količine emitovanih gasova staklene bašte i skoro 60% od ukupne količine emitovanog CO<sub>2</sub>. Niskokalorični lignit sa površinskih kopa je osnovni energetski izvor u Srbiji, sa udelom od skoro 50% u ukupnoj potrošnji primarne energije i oko 70% u potrošnji za proizvodnju električne energije (Marković, 2016). Pri korišćenju ovog energenta, studije su pokazale da je emisija CO<sub>2</sub> od 1000 gCO<sub>2</sub>/kWh<sub>el</sub> do 1380 gCO<sub>2</sub>/kWh<sub>el</sub> u zavisnosti od energetske efikasnosti posmatranog termoenergetskog bloka (Marković, 2016).

Drugi po redu izvor električne energije u Srbiji je hidro energija tj. električna energija dobijena iz hidroelektrana (oko 30%) čije su emisije na nivou ispod 5 gCO<sub>2</sub>/kWh<sub>el</sub>, kao i ostalih obnovljivih izvora energije (Stepanović i Tubić, 2019). Ostali izvori električne energije, kao što je prirodni gas, iako imaju nezanemarljive emisije CO<sub>2</sub>, imaju zanemarljiv udeo u proizvodnji električne energije u Srbiji (<1%).

Kombinovanjem emisija CO<sub>2</sub> dobijenih iz dva osnovna izvora električne energije u Srbiji možemo dobiti vrednost od 835 gCO<sub>2</sub> emitovanih po jednom kWh električne energije isporučenih do utičnice potrošača. Ova vrednost će ujedno biti i referentna vrednost korišćene u daljim proračunima emisije CO<sub>2</sub> pri eksploataciji EV u Srbiji.

### 1.2. Emisija CO<sub>2</sub> pri eksploataciji fosilnih goriva / CO<sub>2</sub> emission during exploitation of fossil fuels

Procena emisija CO<sub>2</sub> pri proizvodnji fosilnih goriva obično zahteva analizu celokupnog životnog ciklusa goriva, počevši od ekstrakcije sirovina, preko proizvodnje, transporta, rafinacije i distribucije, pa sve do konačne potrošnje. Proces ekstrakcije sirovina, kao što su nafta ili prirodni gas iz nalazišta, ima svoje emisije CO<sub>2</sub>. Rafinerijska prerada sirovine u gotova goriva poput benzina, dizela ili prirodnog gasa takođe generiše emisije CO<sub>2</sub>. Postoji jako malo studija koje obuhvataju ovako obimne ulazne podatke i obično su vezane za određene vrste fosilnih goriva ili sirovina.

Prema EIA (Administracija za energetske informacije - U.S. Energy Information Administration) emisija CO<sub>2</sub> pri sagorevanju dizel goriva iznosi 22.38 lbsCO<sub>2</sub>/gal dok pri sagorevanju benzina iznosi 19.64 lbsCO<sub>2</sub>/gal. Ako to prevedemo u metričke jedinice dobijamo emisije CO<sub>2</sub> od 2353.4 gCO<sub>2</sub>/l i 2681.7 gCO<sub>2</sub>/l pri sagorevanju benzinskog i dizel goriva, respektivno. Analiza emisije CO<sub>2</sub> pri sagorevanju goriva predstavlja takozvanu Tank-to-Wheel (TTW) analizu, tj. ocenjuje samo količine CO<sub>2</sub> koje nastaju pri sagorevanju goriva, a ne i pri odgovarajućim procesima za dobijanje tog goriva. Ako na ove emisije dodamo faktore odnosa Well-to-Wheel (WTW) i Tank-to-Wheel emisije  $[CO_2]_{WTW}/[CO_2]_{TTW}$  koji iznose 1.162 za benzin i 1.121 za dizel goriva (Choudhury et al., 2002), dobijamo ukupne emisije CO<sub>2</sub> koje obuhvataju i dobijanje i sagorevanje pogonskih goriva i to:

- 2734.6 gCO<sub>2</sub>/l za benzinska pogonska goriva;
- 3006.2 gCO<sub>2</sub>/l za dizel pogonska goriva.

Ove vrednosti će ujedno biti i referentne vrednosti korišćene u daljim proračunima emisije CO<sub>2</sub> pri eksploataciji vozila sa motorom sa unutrašnjim sagorevanjem i poređenju sa vozilima sa električnim motorom.

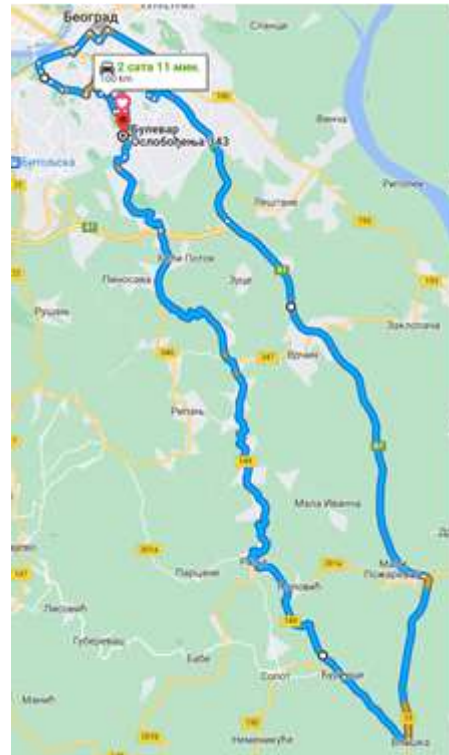
## 2. REZULTATI I DISKUSIJA / RESULTS AND DISCUSSION

### 2.1. Merenja potrošnje goriva ili električne energije različitih vozila /

#### Measurements of fuel or electricity consumption of different vehicles

Posmatrajući odnose emisije CO<sub>2</sub> Well-to-Tank i Tank-to-Wheel uočava se da se pretežni deo emisije odvija pri eksploataciji vozila. Usled složenosti preciznog merenja emisije u toku proizvodnje goriva odnosno električne energije, usvojene su procenjene vrednosti. Na drugoj strani, poznato je da rezultati simulacija potrošnje u standardizovanim ciklusima, naročito po NEDC ciklusu, značajno odstupaju od iskustvenih podataka, te su izvršena merenja po-

trošnje u realnim uslovima. Izabrana je ruta koju čini približno 25 km puta u gradskim uslovima, kroz Beograd, zatim 30 km auto-puta (od toga 11 km sa najvećom dozvoljenom brzinom od 80 i 100 km/h, a 19 km sa najvećom dozvoljenom brzinom od 130 km/h, sa jednom čeonom i jednom bočnom naplatnom stanicom) i preostalih 50 km regionalnih i lokalnih puteva kroz i izvan naseljenih mesta (Slika 1).



Slika 1 - Trasa koja je korišćena pri merenju potrošnje vozila

Figure 1 - The route that was used when measuring vehicle consumption  
Izvor / Source: Autori na osnovu <https://www.google.com/maps/>

Pri merenju potrošnje goriva vozila sa SUS motorom putovanje je započinjano na Gasprom benzinskoj stanici sa punim rezervoarom, gde je i završavano dopunom rezervoara odnosno odmeravanjem potrošene količine goriva. Za dopunu goriva je uvek korišćen isti automat, gorivo je točeno do maksimalnog mogućeg nivoa, a u slučaju čekanja na dostupnost željenog automata za točenje, motor je zaustavljan. Ruta osim pored benzinske stanice, prolazi i pored zgrade Akademije tehničko-umetničkih strukovnih studija Beograd, osek Visoka škola elektrotehnike i računarstva, gde su bile početna i krajnja tačka za vozila sa električnim pogonom, čije su baterije na datoj lokaciji dopunjavane. Punjenje baterija vršeno je punjačem sa naizmeničnom strujom nazivne snage 22 kW odnosno sa priključkom

3 x 32 A, što, imajući u vidu mali broj brzih punjača u Srbiji, ujedno predstavlja i najčešći način punjenja električnih vozila. Pritom, brzina punjenja zavisi samo od on-board AC/DC pretvarača na vozilu na kome se ostvaruju svi gubici u pretvaranju naizmjenične struje u jednosmernu. Punjač raspolaže sa LCD ekranom koji, u realnom vremenu, prikazuje napon i struju punjenja, kao i utrošenu električnu energiju. Izmerena električna energija uključuje pomenute gubitke AC/DC pretvarača u sklopu vozila, gubitke elektrohemijskog procesa punjenja baterija, kao i gubitke u samom punjaču, čija je vrednost u odnosu na ostale gubitke u procesu punjenja praktično zanemarljiva. Za vozilo sa hibridnim pogonom metodologija merenja je nešto složenija. Početna tačka je na lokaciji punjača, gde se dolazi sa napunjenim rezervoarom pomoću čisto električnog pogona i gde se baterija dopunjava. Vozilo, dakle, započinje put sa napunjenom baterijom i punim rezervoarom, na startu se kreće isključivo pomoću električnog pogona do nivoa ispražnjenosti koji omogućava kasniji prelazak kratke razdaljine između benzinske stanice i punjača, što odgovara lokaciji izlaska na auto-put. Dalje se vozilo kreće u hibridnom režimu do benzinske stanice gde se odmerava utrošeno gorivo, a potom se na čisto električni pogon vozi do lokacije punjača, gde se meri i ukupno utrošena električna energija. Odnos korišćenja električne energije i goriva je značajno niži od onog predviđenog NEDC ciklusom (69:31 u korist električne energije) i iznosi oko 26 % puta pređenog pomoću čisto električnog pogona, što je nešto niže i u odnosu na prosek za vozila u vlasništvu fizičkih lica u EU (Plötz, 2020), ali predstavlja realnu vrednost u skladu sa malom raspoloživošću javnih punjača u Srbiji.

Merenja su vršena na autorima dostupnim električnim vozilima, razvrstanim u grupe sa uporedivim vozilima sa SUS motorom. Za svako vozilo izvršena su po tri merenja. U cilju povećanja ponovljivosti istih uslova merenja i umanjenja uticaja razlike spoljnih faktora, svim vozilima je upravljao isti vozač, merenja su vršena u istom periodu godine pri približnim atmosferskim uslovima, radnim danom sa početkom u 6.00, 14.00 i 22.00 časa, izvan perioda vršnog intenziteta saobraćaja, kako bi bila izbegnuta značajna odstupanja u srednjoj putnoj brzini. Osim toga, trenutak polaska diktiralo je i vreme neophodno da se baterije električnih vozila, između dva polaska, u potpunosti napune. U nepredviđenim situacijama, kada zbog zastoja na putu usled saobraćajnih nezgoda, radova na putu i slično, dođe do značajnih odstupanja u vremenima prolaska pored kontrolnih tačaka, merenje je otkazivano i ponavljano u istom periodu narednog dana. Za električno vozilo iz grupe G1 postojao je rizik od potpunog pražnjenja baterije pre dolaska na cilj, zbog čega u ovoj grupi maksimalna brzina na auto-putu nije prelazila 110 km/h i

vožena su sa umerenim ubrzavanjem. U grupi G3, sva tri vozila su potpuno isti model Volkswagen Golf VII generacije, kod kojih su snage motora približne, aerodinamički koeficijenti isti, dok su jedine razlike u dimenzijama pneumatika i masama praznih vozila. Teretna vozila su vožena bez tereta, a maksimalna brzina na auto-putu bila je u skladu sa propisima do 100 km/h. Rezultati izvršenih merenja dati su u Tabeli 1.

## 2.2. Komparativna analiza emisije CO<sub>2</sub> vozila sa različitim pogonskim gorivom / *Comparative analysis of CO<sub>2</sub> emissions of vehicles with different fuel*

Na osnovu korektivnih faktora kod fosilnih goriva, odnosno procenjene emisije u slučaju električne energije ocenjene su vrednosti ukupnih emisija CO<sub>2</sub> Well-to-Wheel za svako od vozila. Vrednosti su date u Tabeli 2. U slučaju vozila sa hibridnim pogonom potrebno je naglasiti da deklarirana potrošnja po NEDC ciklusu predstavlja potrošnju električne energije za 69 pređenih kilometara i 1,8 l goriva za preostalih 31 km. Vrednost ocenjena na osnovu merenja za to vozilo je suma emisije pri proizvodnji utrošene električne energije koja je očitana na punjaču, za pređenih 26 km na čisto električni pogon i emisije pri proizvodnji i sagorevanju izmerene količine goriva za preostalih 74 km puta koji su pređeni u hibridnom režimu.

Poredeći vrednosti za vozila u istoj grupi izračunato je da se umanjenje ukupne emisije CO<sub>2</sub> kreće u granicama između 10 i 25%. Ovako loš rezultat posledica je trenutnog odnosa proizvodnje električne energije iz fosilnih goriva i ekoloških izvora u Srbiji. Osim toga, kod korisnika vozila postoji tendencija povećanja upotrebe vozila sa alternativnim pogonom u odnosu na vozila sa klasičnim pogonom, kada je to rentabilnije. Ova pojava je uočena najpre kod vozila sa pogonom na tečni naftni gas, a prisutna je i kod vozila sa električnim pogonom. Vlasnik električnog vozila u proseku sa tim vozilom prelazi više od 20.000 km godišnje, kako bi opravdao investiciju u vozilo sa višom nabavnom cenom, mada se radi o vozačima koji bi i sa vozilom sa klasičnim pogonom prelazili veću kilometražu u odnosu na prosečnog vozača u Srbiji. Takođe, poredeći vrednosti emisije CO<sub>2</sub> pri deklariranoj potrošnji i pri eksperimentalno utvrđenoj potrošnji, prisutno je značajno uvećanje emisije pri eksperimentalno utvrđenoj potrošnji, najverovatnije zbog lošijeg kvaliteta goriva, starosti automobila i kvaliteta održavanja istog u Srbiji. Jedini slučaj kada je emisija bila manja prilikom eksperimentalno utvrđene potrošnje jeste u slučaju teretnih vozila iz grupe 5, iz razloga što je potrošnja merena bez opterećenja vozila.

*Tabela 1 - Deklarisana potrošnja i srednja izmerena potrošnja vozila za različita pogonska goriva*  
*Table 1 - Declared consumption and average measured vehicle consumption for different fuels*

| Grupa | Model vozila                    | Pogonsko gorivo             | Deklarisana potrošnja*          | Srednja izmerena vrednost potrošnje |
|-------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| G1    | Citroen C-Zero 16 kWh           | Električno vozilo           | 13,5 kWh/100 km                 | 14,76 kWh/100 km                    |
|       | Fiat 500 1.3 mjt 75 KS          | Dizel                       | 4,2 l/100 km                    | 4,93 l/100 km                       |
|       | Peugeot 107 1.0 68 KS           | Benzin                      | 4,5 l/100 km                    | 5,29 l/100 km                       |
| G2    | Renault Zoe Q210                | Električno vozilo           | 14,6 kWh/100 km                 | 16,59 kWh/100 km                    |
|       | Fiat Grande Punto 1.3 mjt 75 KS | Dizel                       | 4,5 l/100 km                    | 5,15 l/100 km                       |
|       | Opel Corsa D 1.2 85 KS          | Benzin                      | 5,3 l/100 km                    | 6,72 l/100 km                       |
| G3    | VW e-Golf 116 KS                | Električno vozilo           | 12,7 kWh/100 km                 | 16,91 kWh/100 km                    |
|       | VW Golf VII 1.6 TDI 110 KS      | Dizel                       | 3,2 l/100 km                    | 5,49 l/100 km                       |
|       | VW Golf VII 1.2 TSI 110 KS      | Benzin                      | 4,9 l/100 km                    | 6,33 l/100 km                       |
| G4    | Tesla Model S 85                | Električno vozilo           | 16,1 kWh/100 km                 | 20,86 kWh/100 km                    |
|       | Volvo V60 D6 PHEV               | Dizel + Električni motor    | 13,3 kWh/100 km<br>1,8 l/100 km | 8,73 kWh/100 km<br>+ 4,12 l/100 km  |
| G5    | Opel Insignia 2.0 CDTI 160 KS   | Dizel                       | 6,6 l/100 km                    | 6,97 l/100 km                       |
|       | SAIC Maxus EV80 L2H2            | Električno vozilo - teretno | 32,5 kWh/100 km                 | 26,83 kWh/100 km                    |
|       | Iveco Daily IV 29L14            | Dizel - teretno             | 9,8 l/100 km                    | 8,7 l/100 km                        |

\*Po NEDC; za PHEV prva vrednost za čisto električni pogon, druga vrednost ekvivalent potrošnje kombinovanog pogona; za teretna vozila sa opterećenjem jednakim polovini nosivosti

*Tabela 2 - Ocenjena emisija CO<sub>2</sub> pri deklarisanjoj potrošnji i srednjoj izmerenoj potrošnji vozila za različita pogonska goriva*  
*Table 2 - Estimated CO<sub>2</sub> emissions at declared consumption and average measured vehicle consumption for different fuels*

| Grupa | Model vozila                    | Pogonsko gorivo             | Emisija CO <sub>2</sub> pri deklarisanjoj potrošnji | Emisija CO <sub>2</sub> pri srednjoj izmerenoj vrednosti potrošnje |
|-------|---------------------------------|-----------------------------|---|--|
| G1    | Citroen C-Zero 16 kWh           | Električno vozilo           | 112.7 gCO <sub>2</sub> /km                          | 123.2 gCO <sub>2</sub> /km   |
|       | Fiat 500 1.3 mjt 75 KS          | Dizel                       | 126.3 gCO <sub>2</sub> /km                          | 148.2 gCO <sub>2</sub> /km   |
|       | Peugeot 107 1.0 68 KS           | Benzin                      | 123.1 gCO <sub>2</sub> /km                          | 144.7 gCO <sub>2</sub> /km   |
| G2    | Renault Zoe Q210                | Električno vozilo           | 123.1 gCO <sub>2</sub> /km                          | 138.5 gCO <sub>2</sub> /km   |
|       | Fiat Grande Punto 1.3 mjt 75 KS | Dizel                       | 135.3 gCO <sub>2</sub> /km                          | 154.8 gCO <sub>2</sub> /km   |
|       | Opel Corsa D 1.2 85 KS          | Benzin                      | 144.9 gCO <sub>2</sub> /km                          | 183.8 gCO <sub>2</sub> /km   |
| G3    | VW e-Golf                       | Električno vozilo           | 106.0 gCO <sub>2</sub> /km                          | 141.2 gCO <sub>2</sub> /km   |
|       | VW Golf VII 1.6 TDI 110 KS      | Dizel                       | 96.2 gCO <sub>2</sub> /km                           | 165.0 gCO <sub>2</sub> /km   |
|       | VW Golf VII 1.2 TSI 110 KS      | Benzin                      | 134.0 gCO <sub>2</sub> /km                          | 173.1 gCO <sub>2</sub> /km   |
| G4    | Tesla Model S 85                | Električno vozilo           | 134.4 gCO <sub>2</sub> /km                          | 174.2 gCO <sub>2</sub> /km   |
|       | Volvo V60 D6 PHEV               | Dizel + Električni motor    | 165.2 gCO <sub>2</sub> /km                          | 196.8 gCO <sub>2</sub> /km   |
| G5    | Opel Insignia 2.0 CDTI 160 KS   | Dizel                       | 198.4 gCO <sub>2</sub> /km                          | 209.5 gCO <sub>2</sub> /km   |
|       | SAIC Maxus EV80 L2H2            | Električno vozilo - teretno | 271.4 gCO <sub>2</sub> /km                          | 224.0 gCO <sub>2</sub> /km   |
|       | Iveco Daily IV 29L14            | Dizel - teretno             | 294.6 gCO <sub>2</sub> /km                          | 261.5 gCO <sub>2</sub> /km   |

## ZAKLJUČAK / CONCLUSION

Scenario nulte emisije do 2050. godine je normativni scenario koji pokazuje energetsom sektoru put kako da postigne nultu emisiju do 2050. godine. Jedan od glavnih izazova jeste smanjenje emisije u transportnom sektoru, koji je ujedno i usko povezan sa energetsom sektorom. Upravo u toj povezanosti leži zabrinutost da li je to uopšte moguće. U radu su istraživani pozitivni uticaji upotrebe električnih vozila na životnu sredinu u odnosu na vozila sa pogonom na fosilna goriva, sa aspekta smanjenja emisije na CO<sub>2</sub>. Na osnovu rezultata istraživanja zaključeno je da postoji smanjenje emisije CO<sub>2</sub> pri eksploataciji električnih vozila u odnosu na vozila sa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem. Smanjenje je u granicama od 10% do 25%, zavisno od klase i stanja vozila.

Nedovoljan ekološki efekat eksploatacije električnih vozila sa postojećim izvorima električne energije u pogledu emisije CO<sub>2</sub>, a dodatno i emisije štetnih komponenti produkata sagorevanja pri proizvodnji električne energije, koja bi zahtevala dodatnu analizu i koja je u Srbiji u velikoj meri netretirana, dovodi u pitanje postojanje ikakvih benefita upotrebe električnih vozila za životnu sredinu. Zato je neophodno kontinuirano sprovođenje preciznih merenja ukupnih emisija CO<sub>2</sub> i zagađujućih gasova i čestica za sve vrste pogona, zatim istraživanje navika i edukovanje vozača kao i revidiranje politike subvencionisanja elektrifikacije voznog parka uz veće usmeravanje opredeljenih sredstava sa nabavke vozila na izgradnju malih fotonaponskih centrala. Jedna fotonaponska centrala snage 3000 W dovoljna je za napajanje električnog vozila, a ukupni troškovi izgradnje niži su od trenutne vrednosti subvencija za nabavku jednog novog električnog vozila, što bi ujedno bili i dalji pravci istraživanja.

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] Casals, L. C., Martinez-Laserna, E., García, B. A., & Nieto, N. (2016). Sustainability analysis of the electric vehicle use in Europe for CO<sub>2</sub> emissions reduction. *Journal of cleaner production*, 127, 425-437. doi:10.1016/j.jclepro.2016.03.120
- [2] Choudhury, R., Wurster, R., Weber, T., Schindler, J., Weindorf, W., Miller, M., ... & Robbins, J. (2002). GM Well-to-wheel analysis of energy use and greenhouse gas emissions of advanced fuel / vehicle systems - A European study. Ottobrunn, September.
- [3] IEA (2023). International Energy Agency, Global EV Outlook 2023.
- [4] März, A., Plötz, P., & Jochem, P. (2021). Global perspective on CO<sub>2</sub> emissions of electric vehicles. *Environmental Research Letters*, 16(5), 054043. doi:10.1088/1748-9326/abf8e1
- [5] Marković, Z. J. (2016). Proračun specifične emisije ugljen dioksida iz termoelektrana Nikola Tesla A i B. *Termotehnika*, 42(1-4), 25-36. doi:10.5937/terteh42-11676
- [6] Morrissey, P., Weldon, P., & O'Mahony, M. (2016). Future standard and fast charging infrastructure planning: An analysis of electric vehicle charging behaviour. *Energy policy*, 89, 257-270. doi:10.1016/j.enpol.2015.12.001
- [7] Plötz, P., Moll, C., Bieker, G., Mock, P., & Li, Y. (2020). Real-world usage of plug-in hybrid electric vehicles: Fuel consumption, electric driving, and CO<sub>2</sub> emissions, *International Council on Clean Transportation*. <https://theicct.org/publication/real-world-usage-of-plug-in-hybrid-electric-vehicles-fuel-consumption-electric-driving-and-co2-emissions/>
- [8] Stepanović, N., & Tubić, V. (2019). Analiza ekoloških efekata uvođenja električnih vozila u realan saobraćajni tok. *Journal of Road and Traffic Engineering*, 65(2), 19-27. doi:10.31075/PIS.65.02.04
- [9] Stojanović, S., Marković, S., Dervišević, I., Ristić, S. (2023). Pregled i analiza stanja zagađenosti vazduha na području Kosovske Mitrovice i Zvečana. *Ecologica*, 30(110), 278-282. doi:10.18485/ecologica.2023.30.110.15