



Утицај друмског саобраћаја на емисију угљен-диоксида

Дејан Јокић^а, Јелена Вуковић^а, Миломирка Обреновић^а, Славко Смиљанић^а

^а Технолошки факултет Зворник, РС-БиХ

ПОДАЦИ О РАДУ

DOI: 10.31075//PIS.71.04.08

Стручни рад

Примљен: 06.11.2025.

Прихваћен: 04.12.2025.

Коресподент аутор:

jelena.vukovic@tfzv.ues.rs.ba

ORCID ID

Дејан Јокић: 0009-0008-4236-7595,

Јелена Вуковић: 0000-0001-8850-1640

Миломирка Обреновић: 0009-0009-0474-

2080

Славко Смиљанић: 0000-0002-5243-2935

Кључне речи:

Друмски саобраћај,

Емисија CO₂

Глобално загревање

РЕЗИМЕ

Повећање емисије угљен-диоксида (CO₂) узрокује климатске промене које се манифестују кроз глобално загревање, па се смањење емисије CO₂ сматра важним изазовом за очување животне средине. Друмски саобраћај је један од главних антропогених извора CO₂, као и других гасова који изазивају ефекат стаклене баште, тако да је саобраћај означен као један од главних узрочника глобалнг загревања. Овакво стање је довело да се почне размишљати о стратегијама за смањење емисије CO₂ из друмског саобраћаја. Овај рад разматра утицај друмског саобраћаја на емисију CO₂, укључујући различите аспекте саобраћаја као што су врсте горива, типови и ефикасност самих возила, као и саобраћајна инфраструктура. У ту сврху сумирани су и упоређивани резултати истраживања, публикованих у последњој деценији. На основу презентованих резултата уочљиво је да је емисија CO₂ нужан пратилац друмског саобраћаја и да се она повећава упоредо са повећањем броја возила и употребе фосилних горива, али и да се улажу значајни напори за смањење његове емисије. Рад пружа основу за даља истраживања и развој стратегија које утичу на смањење емисије угљен-диоксида, чиме ће се смањити ефекат стаклене баште и глобално загревање.

1. Увод

Транспорт, приступачност и мобилност су важни фактори развоја сваке заједнице, и од ефикасног кретања људи и робе зависи квалитет живота целе заједнице. Друмски саобраћај је важан елемент сваког друштва, који има значајан утицај на економију и развој државе у целини. И поред добробити које друмски саобраћај доноси савременом друштву, он има и негативан утицај на животну средину, због емисије штетних гасова и честица у атмосферу. Последњих деценија порасла је јавна свест људи о негативним последицама утицаја саобраћаја на животну средину и здравље. Добро развијен и уравнотежен транспортни систем може значајно допринети очувању животне средине, али и омогућити привредни развој [1]. Пошто је CO₂ означен као главни узрочник ефекта стаклене баште, у раду је главни акценат стављен на утицај друмског саобраћаја на емисију CO₂ и његове последице на животну средину.

Анализирани се степен утицаја друмског саобраћаја, као и различити фактори који утичу на емисију CO₂, укључујући типове возила, коришћење горива, саобраћајне услове и инфраструктуру. У ту сврху сумирани су и упоређивани резултати истраживања, публикованих у последњој деценији. За истраживање су одабрани актуелни радови који анализирају подручје које је истраживано. Међу сличним радовима, предност су имали радови са већим бројем цитата.

2. Загађење ваздуха као здравствени проблем

Загађење ваздуха постаје све већи проблем због негативног утицаја на животну средину и здравље људи. Загађење ваздуха полутантима, као што су честице, озон, азот-оксид, сумпор-диоксид, испарљива органска једињења, диоксини, полициклични ароматични угљоводоници, постојани органски загађивачи, угљен-моноксид, азбест и тешки метали, сматрају се важним факторима ризика за разне болести [2].

На састанку Уједињених нација о незаразним болестима, који је одржан у септембру 2018. године у Њујорку, загађење ваздуха је препознато као један од пет главних фактора ризика по здравље, поред употребе дувана, алкохола, физичке неактивности и нездраве исхране [3].

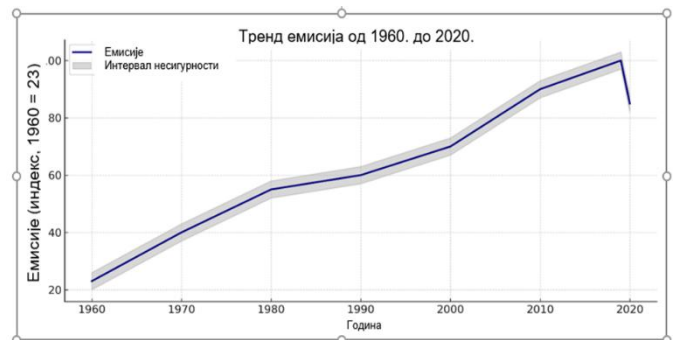
3. Глобални тренд пораста температуре

Према научним проценама до 2030. године, загађење ваздуха гасовима, који изазивају ефекат стаклене баште попут CO_2 , NO_x и CH_4 проузроковаће раст просечне температуре од 1,5 до 4,5 °C. Ово значи да ће емисија ових гасова из различитих извора, укључујући индустрију, саобраћај и пољопривреду, имати значајан утицај на климатске промене у наредној деценији [4]. Предвиђени пораст температуре може имати озбиљне последице по глобални екосистем и живот на Земљи. Очекује се да ће овакав пораст температуре довести до екстремних временских услова попут јачих олуја, чешћих суша, поплава и топлотних таласа, као и до топљења ледника, што би резултирало подизањем нивоа мора и поплавама обалских подручја, угрожавајући милионе људи као и приобалне екосистеме. Иако се емисија загађујућих материја смањује, концентрација CO_2 , као главног гаса стаклене баште, и даље остаје висока [5][6]. Ово може указивати на то да упркос напретку у технологији и позитивним променама у законодавству, још увек постоји потреба за додатним напорима како би се смањила емисија CO_2 [7].

4. Извори и емисија угљен-диоксида у животној средини

Емисије угљен-диоксида потичу из различитих извора, како природних тако и индустријских. Природни извори обухватају разлагање органских материја, ослобађање угљен-диоксида из океана, вулкане, шумске пожаре и дисање организама. С друге стране, антропогени извори укључују сагоревање фосилних горива у термоенергетским постројењима, саобраћају и индивидуалним ложиштима, металургију, нафтну и петрохемијску индустрију, индустрију цемента и грађевинског материјала, спалионице, антропогене активности крчења шума и др. Угљен-диоксид има двоструки утицај на температуру наше планете. Наиме са једне стране он задржава део енергије зрачења коју Земља одашиље назад у атмосферу, чиме помаже у очувању топлоте, а са друге стране повећање концентрације CO_2 у атмосфери доприноси глобалном загревању. Постоје различите методе контроле антропогених извора и смањења емисија. Два најчешћа начина су секвестрација гасова током сагоревања фосилног горива у термо електранама, чиме се спречава ослобађање великих количина у атмосферу [8], и употреба квалитетнијег или еколошки прихватљивијег горива.

На слици 1 приказан је тренд глобалне емисије CO_2 у периоду од 1960. до 2020. године. Како се види са дијаграма емисија CO_2 се постепено и континуирано повећавала све до 2020. године, када долази до наглог пада. Континуирани раст емисије CO_2 током посматраног периода све до 2020. године, указује на повећање људских активности које су повезане са сагоревањем фосилних горива, попут производње енергије, индустријских активности и транспорта, док нагли пад у емисији CO_2 2020. године може бити последица глобалне пандемије COVID-19 и смањења индустријских активности и транспорта.



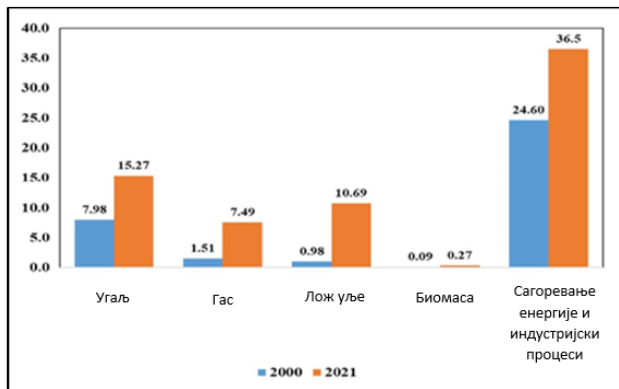
Слика 1. Глобалне емисије CO_2 за период 1960 – 2020 [5]

Укупне емисије CO_2 из процеса сагоревања фосилних горива и индустријских активности порасле су са око 24,6 гигатона (gt) CO_2 у 2000. години на 36,5 gt у 2021. години, што представља повећање од око 48,4% [8]. Како друмским транспортом доминирају аутомобили и камиони, управо овај сектор тренутно представља главни извор емисија из транспорта и тренутно нема назнака пада након 2023. Упркос томе што постоји снажан интернационални притисак (нпр. EU, ICCT), прелазак на електрична и нискоемисиона возила тек треба да покаже благотворне ефекте. На слици 2, представљен је проценат емисије CO_2 из различитих сектора, а на слици 3 промена емисије из енергената у периоду 2000-2021.



Слика 2. Удео емисије CO_2 по секторима индустрије [8]

На слици 2, приказано је како различите индустрије доприносе укупној емисији CO₂. Сагоревање фосилних горива представља главни извор емисије CO₂ са 78,0% (плава боја), производња цемента учествује са 7,0% (црвена боја), доприносећи емисији CO₂ кроз процес калцинације кречњака, рафинерије учествују са 6,0% (жута боја), производња гвожђа и челика са 5,0% (зелена боја), а петрохемија са 3,0% (наранџаста боја). Биомаса, као обновљив извор енергије сматра се климатски неутралним, и има мали утицај у укупном уделу емисије CO₂. Сектори транспорта, производње електричне енергије и индустрије су међу највећим потрошачима фосилних горива, па самим тим и највећим емитерима угљен-диоксида, нарочито у индустријализованим земљама попут Сједињених Америчких Држава и Кине. У 2020. години, емисије CO₂ из ова три сектора чиниле су око 80% укупних емисија: [9] транспорт: 33%, производња електричне енергије: 31%, индустрија (нпр. цементна, хемијска, метална): 16%. Преосталих 20% емисија отпада на остале секторе, укључујући: комунални и грађевински сектор, пољопривреду, шумарство и коришћење земљишта, отпад и спаљивање отпада, као и емисије из зграда (нпр. грејање, климатизација и кување на гас у домаћинствима). На глобалном нивоу, сектор транспорта одговоран је за 15% емисија CO₂ из домена потрошње енергије. Путничка возила (нпр. аутомобили и аутобуси) чине око 45,1% укупне емисије CO₂. Стога је истраживање утицаја емисија угљеника из градског саобраћаја значајно за развој глобалне економије са ниским садржајем угљеника [10].



Слика 3. Тренд глобалне промене емисије CO₂ из различитих енергената између 2000. и 2021. године

Како се види са слике 3, емисија CO₂ из процеса сагоревања и индустријских процеса повећала се са 24,6% у 2000. на 36,5% у 2021. – што указује на све већи утицај индустријских емисија. У прве две декаде XXI века емисије CO₂ из угља су порасле са 7,98% у 2000. на 15,27% у 2021. - што је изазвало повећано коришћење угља. У истом периоду емисије из гаса повећане су са 1,51% у 2000. на 7,49% у 2021, а највеће повећање емисије постигнуто је из нафте, са 0,98% у 2000. на 10,69% у 2021.

Емисија CO₂ из биомасе била је благом повећању са 0,09% у 2000. на 0,27% у 2021. [11]. Упоредивањем емисија из фосилних горива и биомасе у 2020. години, уочава се да је емисија CO₂ из фосилних горива износила око 78%, док је емисија из биомасе била мања од 1% [8]. Када је у питању емисија из енергената, у 2021. години, емисије угљен-диоксида из угља биле су око два пута веће од оних из природног гаса и 30% веће од емисија из сирове нафте. На основу резултата емисије приказаних на слици 3, очигледно је да су се извори емисије CO₂ променили током времена, са наглашеним повећањем емисија из угља и индустријских процеса, док су емисије из нафте и гаса значајно опале.

4.1. Трендови емисије CO₂ у Кини, САД и ЕУ

Кина је тренутно највећи светски емитер угљен-диоксида и доприноси са око 35% укупне глобалне емисије. Емисије CO₂ у Кини су у константном порасту током последње две деценије, посебно од 2000. године, када дошло до интензивне индустријализације. Док су емисије у 2000. години износиле око 3,4 милијарде тона годишње, до 2020. године достигле су приближно 10 милијарди тона, а најновије процене из 2023. године говоре да су емисије премашиле 14,9 милијарди тона CO₂. Тај раст је последица пре свега ослањања на угљ као главни енергетски извор, али и повећања потрошње нафте и гаса. Упркос томе, све је више назнака да би Кина могла достићи врхунац емисија пре 2025. године, услед све већих улагања у обновљиве изворе енергије, енергетске ефикасности и политичких мера усмерених ка декарбонизацији [12]. У Сједињеним Америчким Државама подаци о емисијама гасова стаклене баште бележе се од краја XIX века, омогућавајући детаљне анализе развоја и промена током времена. После великог пада током пандемије 2020, услед смањења индустријске производње и саобраћаја, емисије су се убрзо опоравиле. У 2022. години укупне емисије из сагоревања фосилних горива порасле су за око 8% у односу на 2020, односно за 1% у односу на 2021. Повећање емисије у 2022. години од 1% у односу на 2021. годину је првенствено последица повећаног сагоревања природног гаса (+5% у односу на 2021), док су емисије из сагоревања угља смањене за око 6% у истом периоду. Значајан прелазак у производњи електричне енергије са угља на гас и ветар и соларну енергију довео је до мање емисија из електрана, те се и након 2022. бележи стабилизација и благи пад укупних гасова стаклене баште, уз наставак делимичног смањења и током 2023/2024. [13]. Европска унија бележи најконзистентније смањење емисија међу три региона. Емисије су тренутно око 37% ниже у односу на ниво из 1990. Године.

У 2023. Години забележено је рекордно смањење од преко 8%, што се повезује са падом потрошње угља, растом обновљивих извора енергије и донекле са економском стагнацијом и енергетском ефикасношћу. Прогнозе за 2024. Годину показују наставак тог тренда, са очекиваним додатним падом емисија од готово 4% [14]. У Европској унији (27 земаља), укупне емисије гасова стаклене баште износиле су око 3,472 милиона тона CO₂ еквивалента у 2021, при чему су највећи укупни допринос дали Немачка, Француска, Италија и Пољска – око 57%, с тим да је Немачка учествовала са преко 22%. У 2022. години, унутар ЕУ-27, енергетски сектори (углавном производња струје и грејање) чинили су око 77% емисије, транспорт 31%, а индустријски процеси 9%. У односу на 2021, укупне емисије CO₂ су пале за око 0,8%, при чему се годинама бележи континуирано смањење у односу на ниво из 1990. године. ЕУ је тренутно 31% испод нивоа из 1990. Поред тога, сектори индустрије и услуга су у 2022. забележиле пад емисија (6,5% и 4,3%) иако су емисије из транспорта и електроенергетског сектора порасле (+3,2% и +2,6%) [15]. У поређењу ова три региона, Кина и даље бележи раст емисија, али се очекује стабилизација у блиској будућности. Сједињене Америчке Државе и Европска унија, с друге стране, већ остварују стабилно смањење емисија захваљујући променама у енергетском сектору и политичким мерама усмереним ка климатској транзицији. Ипак, и поред тих позитивних трендова, тренутна динамика и даље није довољна да се достигну глобални циљеви из Париског споразума, те ће наредне године бити пресудне за доношење и спровођење амбициознијих мера.

5. Друмски саобраћај као загађивач

Друмски саобраћај представља најраширенији вид саобраћаја и један од најзначајнијих извора загађења животне средине, са бројним негативним последицама по квалитет ваздуха, земљишта, воде, али и по здравље људи и биодиверзитет. Из тог разлога, са повећањем броја возила на путевима, посебно у урбаним срединама, проблеми загађења постају све израженији, што додатно указује на важност разумевања и смањења утицаја друмског саобраћаја на животну средину. Загађење ваздуха изазива акутне и хроничне респираторне проблеме, а може чак погоршати и друге болести. Поред тога, густ саобраћај изазива висок ниво буке и вибрација, што изазива стрес код појединца, понекад са великим здравственим последицама [16]. Истаживања показују да се у већини градова утицај саобраћаја на квалитет ваздуха креће између 40 и 50 % [17]. Са развојем друштва и порастом броја становника, расте и број аутомобила, па и густина саобраћаја, а као резултат тога, долази и до пораста емисије штетних гасова и негативног утицаја друмског саобраћаја на животну средину и живи свет, посебно у урбаним срединама [18] [19].

Из тог разлога, промоција одрживог саобраћаја не само да унапређује квалитет живота, већ представља и важну компоненту свеукупног друштвеног и економског напретка [20]. Према подацима Уједињених нација, 55% светске популације живи у урбаним подручјима и процењује се да ће ова цифра достићи 68% до 2050. године, за укупну светску популацију која се процењује на око 7,75 милијарди људи. Ова висока стопа урбанизације указује на тенденцију даљег повећања емисије CO₂ и загађења које производи саобраћај. Овај тренд може имати значајан утицај на квалитет ваздуха и животну средину у градовима, што захтева хитне мере за смањење емисија и унапређење одрживости транспортног сектора [21]. Важно је нагласити да постоје велике разлике у нивоима урбанизације у различитим географским областима, при чему су најурбанизованији региони Северна Америка (82%), Латинска Америка и Кариби (80%) и Европа (74%) [22]. Све велике градове карактерише интензиван саобраћај и велика употреба моторних возила. У последње време у великим градовима земаља у развоју (градови са више од 10 милиона становника), јављају се проблеми у вези са саобраћајем и његовим утицајем на животну средину. Такви проблеми нису нови по природи (слични су онима са којима се суочавала Западна Европа у последњих шездесет година), али се истичу по величини и обиму. Два главна разлога за разлике између мега градова у развијеним и земљама у развоју су загушења и стање возног парка. Гужва у мега градовима није резултат високог нивоа моторизације, већ је више повезана са високим растом становништва и релативно ниским нивоом саобраћајне инфраструктуре [23]. Истаживања показују да се у већини градова утицај саобраћаја на квалитет ваздуха креће између 40 и 50 % [17]. На ниво загађености ваздуха утиче [17]:

- старост, односно квалитет возила,
- квалитет горива које се користи,
- пропусна моћ улица, начин на који је планиран саобраћај унутар једног града (између осталог и то да ли постоје прстенови који воде транзитни саобраћај ван града),
- начин организовања градског саобраћаја (на пример: да ли постоји подземна железница),
- положај града, метеоролошке прилике подручја.

У животну средину из друмског саобраћаја емитују се различите врсте полутаната [16] [24], који се могу поделити на:

- Гасовите полутанте: угљен-диоксид (CO₂), угљен-моноксид (CO), азотне оксиде (NO_x), угљоводонике (H_xC), сумпор-диоксид (SO₂).
- Чврсте полутанте: лебдеће честице (PM) које се емитују из издувних система, као и производе хабања гума, кочница и путева.
- Течне полутанте: изливања горива, уља и осталих аутофлуида.

Сваки од ових полутаната има специфичан утицај на животну средину и здравље људи. Разумевање утицаја ових полутаната на животну средину и здравље људи кључно је за предузимање адекватних мера које ће смањити негативне последице друмског саобраћаја. У наставку ћемо укратко размотрити појединачне полутанте и њихове ефекте.

Угљен-диоксид (CO_2) је најзначајнији гасовити полутант који се емитује из саобраћаја. Угљен-диоксид доприноси ефекту стаклене баште и глобалном загревању, јер задржава топлоту у атмосфери, што доводи до пораста температуре на глобалном нивоу. Угљен-моноксид (CO) је токсичан гас који настаје услед непотпуног сагоревања горива. Високе концентрације угљен-моноксида могу изазвати озбиљне здравствене проблеме код људи, па и смрт јер спречавају транспорт кисеоника у крви. Азотни оксиди (NO_x) доприносе стварању приземног озона и доводе до појаве фотооксидисиског смога, закисељавања земљишта и водених екосистема, а показују и токсичност. Угљоводоници се емитују приликом сагоревања горива, и у комбинацији са азотним оксидима доприносе формирању приземног озона, што погоршава квалитет ваздуха у урбаним срединама и повећава ризик од респираторних проблема. Сумпор-диоксид (SO_2) је гас који доприноси закисељавању ваздуха и појави киселе кише, има негативан утицај на биљни свет, земљиште и водене екосистеме и може изазвати и респираторне проблеме код људи. Гасови који се емитују из саобраћаја су један од важних узрочника климатских промена и ефекта стаклене баште, па је смањење њихове емисије предвиђено Споразумом из Кјота [25].

Време сагоревања горива у моторима са унутрашњим сагоревањем је ограничено на свега неколико милсекунди. Због таквих услова, сагоревање горива је често непотпуно, што за последицу има високу емисију штетних продуката. Угљен-диоксид (CO_2) настаје у току рада мотора ако је сагоревање горива потпуно. При потпуном сагоревању, угљоводоници из горива потпуно реагују са кисеоником, формирајући угљен-диоксид и воду. У случају непотпуног сагоревања, када нема довољно кисеоника за сагоревање, емитује се угљен-моноксид (CO). Такође, собзиром да је време сагоревања у мотору прекратко, чак и када има довољно кисеоника, октан и кисеоник не могу да изреагују у потпуности, што доводи до формирања значајних количина CO . Код дизел мотора, због лошијег мешања горива и ваздуха, емитује се велика количина дима, посебно при убрзању и великим оптерећењима. Делимичним сагоревањем дизел горива настају повишене концентрације алдехида у издувним гасовима. У бензинским моторима, емисије услед непотпуног сагоревања највише су при раду мотора у месту. Емисија оксида азота је такође

највећа при раду мотора у месту и приликом убрзавања. Емисије азотних оксида настају јер високе температуре потпомажу реакцији азота и кисеоника. При високим температурама, азот из ваздуха реагује са кисеоником, формирајући азотове оксиде попут NO и NO_2 [26].

Лебдеће честице (PM), могу продрети дубоко у плућа и у крв и изазвати респираторне и кардиоваскуларне проблеме. PM честице из саобраћаја су посебно опасне јер садрже токсичне супстанце које могу изазвати озбиљне здравствене проблеме. Често се на површини лебдећих честица налазе адсорбовани тешки метали као што су: олово, кадмијум, бакар, хром, никл, селен, цинк и др [16]. Да би се контролисао квалитет ваздуха, за градове са великим бројем становника (око два милиона) су прописани критеријуми за успостављање мерних места, као и параметри које треба пратити у односу на број становника и положај саобраћајница. Када је у питању утицај саобраћаја на загађење, тада је приликом избора мерне станице које прате утицај саобраћаја на загађење ваздуха, потребно имати и податке о типу улице (широка, узана, кањонска, аутопут, раскрсница, аутобуска станица), као и интезитету саобраћаја. Мерења обухватају следеће параметре: чађ, SO_2 , NO_2 , SO , O_3 , PM_{10} , анализу тешких метала у PM_{10} , анализу бензо(а)пирена, представника полицикличних ароматичних угљоводоника [17].

Друмски саобраћај има штетне последице не само на ваздух, већ и на земљиште које је угрожено изградњом саобраћајница. Поред самих путева, земљиште је угрожено директним утицајем штетних гасова из возила, цурењем мазива и аутофлуида из аутомобила и неадекватним складиштењем отпада од возила и искоришћених возила. Саобраћај, као једна од важних привредних грана, често је склоп удесима и саобраћајним незгодама, које такође могу негативно утицати на животну средину али и на здравље људи. Одређени акциденти и саобраћајне незгоде могу изазвати озбиљне последице по животну средину, услед изливања нафте, живе, амонијака, киселина, база, соли и других штетних и запаљивих материја које се превозе друмским саобраћајем.

5.1. Утицај (друмског) саобраћаја на емисију CO_2 и ефекат стаклене баште

Последица загађења ваздуха манифестује се на различите начине, од којих се неке представљају као глобални еколошки проблем. Такав проблем је ефекат стаклене баште, који далекосежно утиче на климатске промене.

Механизам настанка ефекта стаклене баште је једноставан. Енергија која са Сунца стиже до Земље као електромагнетно зрачење, загрева земљину

површину и трансформише се у инфрацрвену енергију, коју земља поново одашиље у атмосферу, али са дужом таласном дужином. Кисеоник и азот у атмосфери не апсорбују инфрацрвене таласе, док гасови стаклене баште (угљен-диоксид (CO_2), метан (CH_4), азот-моксид (N_2O), водена пара и хлорофлуороугљеници (CFC)) у тропосфери то чине и поново емитију део зрачења назад ка Земљи, а део пропуштају у свемир [27] [28]. Заробљавањем земљине топлоте у атмосфери, ови гасови доводе до повећања температуре, што за узврат води ка порасту нивоа мора, екстремнијим временским условима, поремећајем обрзаца падавина, топљењем ледника, смртним исходима услед топлотних удара и др. Од гасова који изазивају глобално загревање, ефекту стаклене баште највише доприносе CO_2 , CH_4 и N_2O , CFC и др. [29] [30]. Удео појединих гасова стаклене баште у укупној емисији приказан је на слици 4.

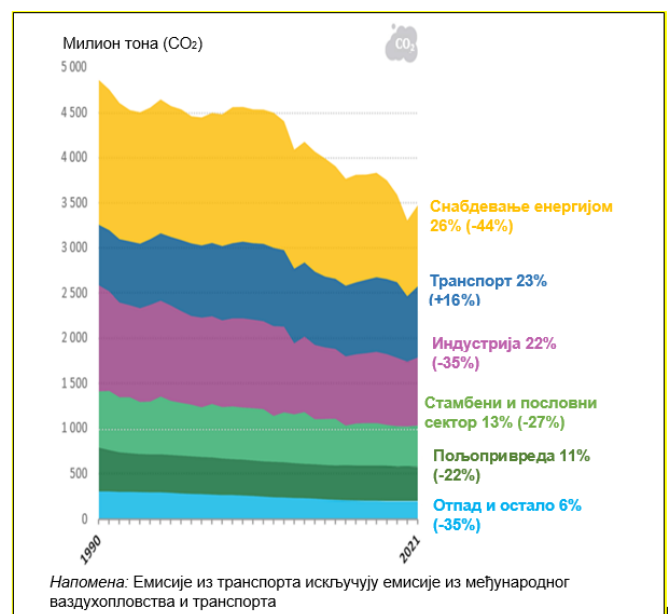


Слика 4. Структура гасова стаклене баште према уделу у емисијама

Највећи допринос у емисијама гасова стаклене баште има CO_2 (79,0-81%), затим следи CH_4 са око 11,0%, N_2O учествује са 7,0% чија је емисија посебно значајна из пољопривреде, а CFC учествују са 3,0% [10]. Метан и CFC гасови, иако се емитију у мањем обиму имају велики утицај на ефекат стаклене баште. Сагоревање фосилних горива, која се користе за производњу електричне енергије, грејање и транспорт, у великој мери утиче на повећање емисије гасова у атмосферу и доприноси ефекту стаклене баште. Сматра се да је саобраћај одговоран за више од 25% емисија гасова стаклене баште у Европској Унији, и да значајно доприноси климатским променама [31]. Иако је CH_4 знатно штетнији по питању глобалног загревања, чињеница да се CO_2 емитије у већим количинама ставља га у средиште пажње. Са друге стране коришћење земљишта и крчење шума, смањује природни капацитет биљака за уклањање CO_2 из ваздуха. Прелазак са угља на природни гас као извора енергије и повећана употреба обновљивих извора енергије помажу успоравању емисије CO_2 , али

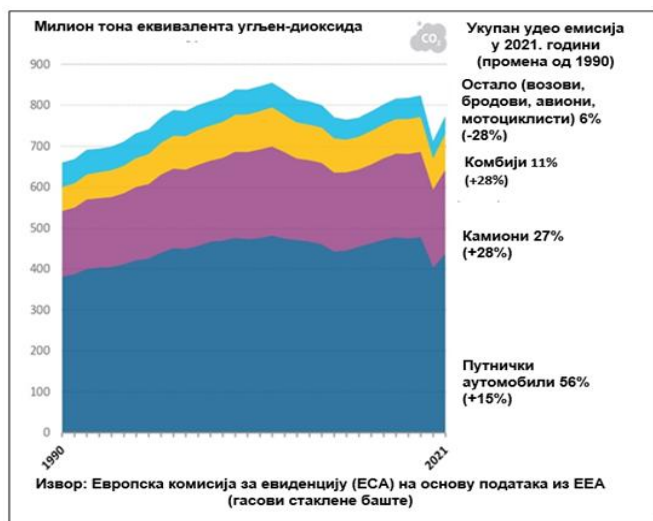
укупне емисије гасова стаклене баште и даље остају високе. Докле год су емисије гасова стаклене баште високе, глобалне просечне температуре ће наставити да расту. Предвиђа се да ће се глобалне емисије CO_2 повезане са транспортом повећати за 50% до 2030. године и више од 80% до 2050 [10]. Емисије CO_2 из транспорта у Европској унији (ЕУ-27) у 2021. години су чиниле око 23% укупних емисија гасова стаклене баште, што је чинило транспорт другим највећим извором емисија CO_2 у ЕУ, одмах иза сектора снабдевања енергијом [32].

На слици 5, приказана је емисија CO_2 у Европској унији (ЕУ-27) по секторима у периоду од 1990. до 2021. године, изражене у милионима тона CO_2 . Са слике 5, можемо видети да је снабдевање енергијом (жута боја, 26%) одговорно за највећи део емисија CO_2 , али је до 2021. забележен пад емисије од 44% у односу на 1990. годину. Такође индустрија (љубичаста боја, 22%) бележи пад емисија од 35%, емисије из стамбених и пословних објеката (светло зелена боја, 13%) смањене су за 27%, емисије из пољопривреде (тамно зелена боја, 11%) смањење су за 22%, а емисије из отпада (сива боја, 6%) смањене су за 35%. Са друге стране емисије из сектора транспорта (плава боја, 23%) су повећане за 16% у поређењу са 1990. годином, с тим да су искључене емисије из међународног ваздухопловства и транспорта. Уопштено, емисије у већини сектора су смањене у односу на 1990. годину, осим у транспортном сектору, где су емисије повећане, а емисије CO_2 из путничких аутомобила чиниле су 56% укупне количине емисија изазваних транспортом у 2021.

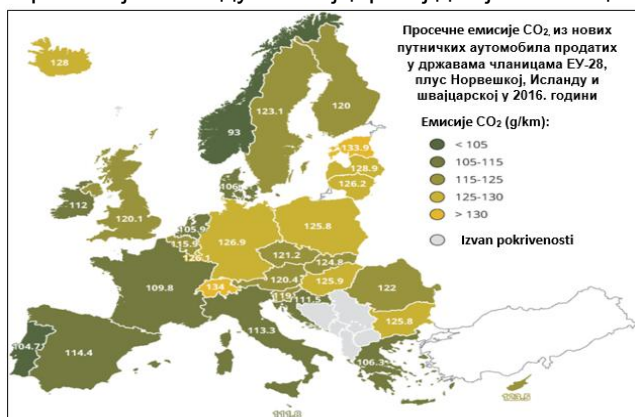


Слика 5. ЕУ-27- емисије CO_2 по секторима (1990-2021) [32]

Слика 6 приказује емисије CO_2 у транспортном сектору Европске уније (ЕУ-27) у периоду од 1990. до 2021. године, изражене у милионима тона CO_2 .

Слика 6. ЕУ-27 емисије CO₂ у транспорт [32]

На основу података приказаних на слици 6, запажамо да путнички аутомобили (плава боја, 56%) чине највећи део емисија у транспорту, са порастом од 15% у односу на 1990. годину. Иза њих следе камиони (љубичаста боја, 27%), са порастом емисије од 28%. Комби возила имају мањи утицај, собзиром на мањи број у саобраћају (жута боја, 11%), али бележе пораст емисија од чак 49%. Остали видови транспорта (возови, бродови, авиони, мотори) (светло плава боја, 6%) забележили су пад емисија од 28%. Укупно, емисије из путничког и теретног транспорта су порасле, што је значајан проблем у контексту циљева смањења емисија. Приказ емисије CO₂ из аутомобила у земљама Европске Уније, Норвешкој, Исланду и Швајцарској дат је на слици 7.

Слика 7. Емисија CO₂ у земљама Европске Уније [33]

У табели 1 приказане су просечне емисије CO₂ по километру за нова путничка возила у појединим европским земљама [33]. Ови подаци су корисни за поређење еколошког утицаја нових возила у различитим земљама.

Табела 1. Емисија CO₂ (г/км) у неким европским земљама [33]

Држава	Емисија CO ₂ (g/km)
Норвешка	93,0
Португалија	104,7
Француска	109,8
Шпанија	114,4
Финска	120,0
Шведска	123,1
Пољска	125,8
Мађарска	125,9
Немачка	126,9
Швајцарска	134,0
Укупно	1177,6

Док су у Норвешкој забележене најниже просечне емисије са 93,0 г/км, што указује на то да Норвешка користи возила са мањим утицајем на животну средину или већим уделом еколошки прихватљивих возила, Швајцарска је показала највише просечне емисије са 134,0 г/км. Средње емисије регистроване су у земљама попут Француске, Шпаније и Финске имају емисије у распону од 109,8 до 120,0 г/км.

6. Закључак

Друмски саобраћај је дефинитивно један од највећих извора емисије угљен-диоксида (CO₂) у сектору транспорта и тиме у значајној мери доприноси глобалном загревању и климатским променама. У периоду од 2000. до 2021. године емисије CO₂ из фосилних горива порасле су за око 48,4%, док су емисије из друмског саобраћаја наставиле да расту и након пандемије 2020. године, премашивши ниво из 2019. године и бележећи даљи раст и током 2023. године. Највећи удео емисија у оквиру друмског саобраћаја имају путничка возила (56%) и теретни камиони (27%), док комбији и други видови превоза чине мањи, али растући проценат. У ЕУ-27, емисије из транспорта су повећане за 16% у односу на 1990. годину, за разлику од осталих сектора у којима су емисије смањене. Такође, просечна емисија CO₂ по километру за нова путничка возила варира значајно по земљама – од 93,0 г/км у Норвешкој до 134,0 г/км у Швајцарској, што је јасан показатељ заступљених разлика у националним политикама, али и нивоу еколошке свести.

С обзиром на то да CO₂ чини између 79-81% укупних емисија гасова стаклене баште, а да се предвиђа повећање емисије CO₂ из транспорта за 50% до 2030. године и више од 80% до 2050. године, ургентно је да се спроведу конкретне мере. То би подразумевало: убрзану замену застарелог возног парка, шири употребу електричних и хибридних возила, унапређење јавног превоза, као и ефикасно урбанистичко планирање које смањује потребу за коришћењем аутомобила.

Подаци недвосмислено указују на то да без одлучних системских промена, сектор друмског саобраћаја ће остати један од главних извора загађења. Стога, од кључне је важности да стратегије за смањење емисије CO₂ у саобраћају не остану на нивоу општих принципа, већ да буду утемељене на мерљивим подацима и научно поткрепљеним циљевима.

Литература

- [1] Lee, Richard J., and Ipek N. Sener. "Transportation planning and quality of life: Where do they intersect?." *Transport policy* 48 (2016): 146-155.
- [2] Grantz, D. A., Garner, J. H. B., & Johnson, D. W. (2003). Ecological effects of particulate matter. *Environment international*, 29(2-3), 213-239.
- [3] Adžić, M. (2020). Fuel cells and electric vehicles. *Mobility and vehicle mechanics*, 46(1), 43-59.
- [4] Dupljanin Đ., Savković T., Dumnić S., Miličić M., Marčeta M.(2017).Istraživanje emisije CO2 kod vozila poštanskog saobraćaj na teritoriji Vojvodine, Put i saobraćaj, Vol. 63, No. 3, pp. 49-53.
- [5] Ronaghi, M., & Scorsone, E. (2023). The Impact of COVID-19 Outbreak on CO2 Emissions in the Ten Countries with the Highest Carbon Dioxide Emissions. *Journal of Environmental and Public Health*, 2023(1), 4605206, doi:10.1155/2023/4605206
- [6] Chang, L., Chen, K., Saydaliev, H. B., & Faridi, M. Z. (2022). Asymmetric impact of pandemics-related uncertainty on CO2 emissions: evidence from top-10 polluted countries. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 36(12), 4103-4117.
- [7] Marinković, D., Popovic, Z., Stankovic, M., Nikolic, D. (2013). Assesment of CO2 emissions inventories from road transport in the Republic of Serbia, XL Simpozijum o operacionim istraživanjima. Str 775-781.
- [8] Eldesouki, M. H., Rashed, A. E., & El-Moneim, A. A. (2023). A comprehensive overview of carbon dioxide, including emission sources, capture technologies, and the conversion into value-added products. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 25(10), 3131-3148, <https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-023-02599-9>
- [9] Lie, K. W., Synnevåg, T. A., Lamb, J. J., & Lien, K. M. (2021). The carbon footprint of electrified city buses: A case study in Trondheim, Norway. *Energies*, 14(3), 770. <https://doi.org/10.3390/en14030770>
- [10] Huang, Y., Zhang, Y., Deng, F., Zhao, D., & Wu, R. (2022). Impacts of Built-Environment on Carbon Dioxide Emissions from Traffic: A Systematic Literature Review. *International journal of environmental research and public health*, 19(24), 16898. <https://doi.org/10.3390/ijerph192416898>
- [11] European Environment Agency (EEA). (2023). Trends and projections in Europe 2023. <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2023>
- [12] Global Carbon Project. (2023). Global Carbon Budget 2023. <https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/>
- [13] Rhodium Group. (2023). Preliminary US Greenhouse Gas Emissions Estimates for 2022. <https://rhg.com/research/preliminary-us-emissions-2022/>
- [14] European Commission. (2023). EU greenhouse gas emissions drop in 2022 despite energy crisis. https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/eu-greenhouse-gas-emissions-drop-2022-despite-energy-crisis-2023-10-23_en
- [15] International Energy Agency (IEA). (2024). CO₂ Emissions in 2023 – Analysis. <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023>
- [16] Pîrlea, E. O., Burlacu, A. (2014). The impact of road transport on the environment. *Revista Romana de Inginerie Civila*, 5(2), 95–102.
- [17] Milosav Djordjević, *Drumska motorna vozila*. Kragujevac, 2011.
- [18] Kim, K., Moon, S., Lee, J., & Kim, J. (2023). Environmental impacts of transportation policy and vehicle market share predictions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 114, 103550, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103550>.
- [19] Asher, Sam, Teevrat Garg, and Paul Novosad. "The ecological impact of transportation infrastructure." *The Economic Journal* 130.629 (2020): 1173-1199.
- [20] Mordet, A. (2021). Better urban mobility.UITP – International Association of Public Transport. Preuzeto sa, <https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2022/02/Report-BETTER-URBAN-MOBILITY-PLAYBOOK.pdf> (pristupljeno 1.03.2024.)
- [21] Ellingsen, L. A.-W., Singh, B., & Strømman, A. H. (2016). The size and range effect: Lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles. *Environmental Research Letters*, 11(5), 054010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/5/054010>
- [22] Rubio, S., Jiménez-Parra, B., Chamorro-Mera, A., Miranda, F. (2019). Reverse Logistics and Urban Logistics: Making a Link . *Sustainability*, 10(20), 1–17.
- [23] Banister, D., Anderton, K., Bonilla, D., Givoni, M., Schwanen, T. (2011). Transportation and the Environment. *Annual Review of Environment and Resources*
- [24] Hopke, P. K., Dai, Q., Li, L., & Feng, Y. (2020). Global review of recent source apportionments for airborne particulate matter. *Science of The Total Environment*, 740, 140091. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140091>
- [25] The Carbon Trust, (2011). Durban: our reflections on COP17- Preuzeto sa <https://www.carbontrust.com/news-and-insights/insights/durban-our-reflections-on-cop17> (pristupljeno 1.03.2024.
- [26] Суботић, М.,& Кеџман, Л. (2021). Зелене алтернативе за друмски и железнички транспорт. *Железнице*, 2021(6), 40–45.
- [27] Fecht, S. (2021).How Exactly Does Carbon Dioxide Cause Global

Warming?, <https://news.climate.columbia.edu/2021/02/25/carbon-dioxide-cause-global-warming/>

- [28] DOE Explains...Light Sources, <https://www.energy.gov/science/doe-explainslight-sources>
- [29] Air Pollution: How We're Changing the Air, <https://scied.ucar.edu/learning-zone/air-quality/air-pollution>
- [30] Daellenbach, K. R., Uzu, G., Jiang, J., Cassagnes, L. E., Leni, Z., Vlachou, A., ...& Prévôt, A. S. (2020). Sources of particulate-matter air pollution and its oxidative potential in Europe. *Nature*, 587(7834), 414-419.
- [31] European environment agency. (b.d.). Greenhouse gas emission intensity of fuels and biofuels for road transport in Europe. Preuzeto sa, <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emission-intensity-of> pristupljeno 1.03.2024.)
- [32] European Court of Auditors. (2024). Reducing carbon dioxide emissions from passenger cars: Finally picking up pace, but challenges on the road ahead. https://www.eea.europa.eu/ECAPublications/SR-2024-01/SR-2024-01_EN.pdf (pristupljeno 2.03.2024.)
- [33] EEA. Preuzeto sa https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/average-co2-emissions-from-new/93406_average-co2-emissions-from-new/93406_Average-CO2-emissions-from-new/93406_Average-CO2-emissions-from-new-passenger-cars_v1_cs4.eps.75dpi.gif/download (pristupljeno 1.03.2024.)

Impact of Road Traffic on Carbon Dioxide Emissions

Dejan Jokić

Faculty of Technology, Zvornik

Jelena Vuković

Faculty of Technology, Zvornik

Milomir Obrenović

Faculty of Technology, Zvornik

Slavko Smiljanić

Faculty of Technology, Zvornik

Abstract: The increase in carbon dioxide (CO₂) emissions is a major driver of climate change, manifested primarily through global warming; therefore, reducing CO₂ emissions is considered a crucial challenge for environmental protection. Road traffic represents one of the dominant anthropogenic sources of CO₂, as well as other greenhouse gases, and is thus identified as a major contributor to global warming. This situation has prompted the development of strategies aimed at reducing CO₂ emissions from road transportation. This paper examines the influence of road traffic on CO₂ emissions, taking into consideration various aspects of the transport sector, such as fuel types, vehicle categories and their efficiency, as well as transport infrastructure. For this purpose, research findings published over the past decade have been summarized and compared. Based on the reviewed studies, it is evident that CO₂ emissions are an inherent consequence of road traffic and that they increase proportionally with the rise in vehicle numbers and the continued use of fossil fuels. At the same time, significant efforts are being invested in mitigating these emissions. The study provides a basis for further research and for the development of strategies aimed at reducing carbon dioxide emissions, thereby contributing to the reduction of greenhouse effects and global warming.

Keywords: Road traffic, CO₂ emissions, Global warming