

Утицај саобраћаја на животну средину у процедурама економског вредновања – Генерални пројекат државног пута I реда „Вожд Карађорђе”

Маријо Видас^а, Немања Степановић^а, Милош Тубић^а

^а Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет

ПОДАЦИ О РАДУ

DOI: 10.31075/PIS.71.03.03

Стручни рад

Примљен: 15.06.2025.

Прихваћен: 18.06.2025.

Коресподент аутор:

n.stepanovic@sf.bg.ac.rs

ORCID ID

Маријо Видас: 0000-0002-2543-0459

Немања Степановић: 0000-0002-7384-4218

Милош Тубић: 0009-0001-6761-3245

Кључне речи:

Животна средина

Генерални пројекат

Екстерни трошкови

Загађење ваздуха

Бука

Климатске промене

РЕЗИМЕ

У процедурама вредновања у саобраћају прорачун екстерних трошкова представља један од корака у утврђивању економске оправданости улагања новчаних средстава у реализацију саобраћајног пројекта. У првом делу рада анализиран је приручник за процену екстерних трошкова на нивоу Европске Уније (*Update of the handbook on External Costs of Transport 2019*) са фокусом на вредности и поступке прорачуна трошкова загађења ваздуха, трошкова проузрокованих буком и трошкова климатских промена. За прорачун трошкова користи се величина транспортног рада на саобраћајној деоници и јединични трошкови који су у овом приручнику приказани за сваку категорију возила по кубикажи (за путничке аутомобиле), носивости (за теретна возила и аутобусе) и врсти погонског горива за сваки тип ванградског пута (двотрачни, вишетрачни и аутопут). У другом делу рада приказани су резултати примене наведених процедура прорачуна ове категорије трошкова на реалном примеру Генералног пројекта државног пута I реда „Вожд Карађорђе”.

1. Увод

Саобраћај значајно доприноси економском расту и глобализацији тржишта, али поред ових позитивних утицаја на друштво, саобраћај генерише и значајан број негативних утицаја. На пример повећање у броју друмских возила утиче на појаву загушења и већег загађења ваздуха. Такви ефекти изазивају додатне трошкове који се могу изразити кроз новчане трошкове: трошкови услед временских губитака, трошкови нарушавања здравља због загађења ваздуха, губици у продуктивности услед губитака људских живота у саобраћајним незгодама, итд.

Када споредни ефекти неке активности узрокују додатне трошкове друштву у економији такви трошкови се називају **екстерни трошкови**. У односу на користи, екстерне трошкове проузроковане саобраћајем у већини случајева не сnose корисници и из тог разлога се најчешће не узимају у обзир код планирања путовања. Један од задатака саобраћајних инжењера је и укључивање ових трошкова у сам процес доношења одлука везаних за планирање путовања и транспорта. То може да се оствари директно кроз регулативу тј. кроз

управљачке мере или индиректно кроз одговарајуће подстицаје самим корисницима, најчешће преко тржишних инструмената (таксе, обавезе, итд.). Комбинација ових основних типова је могућа увођењем различитих такси и обавеза у зависности од емисионих класа мотора (ЕУРО стандард). Ово представља ефикасан начин за ограничавање негативних утицаја саобраћаја, али захтева детаљну и поуздану процену екстерних трошкова, што представља главни задатак Унапређеног приручника за прорачун екстерних трошкова из 2019. године (*Update of the handbook on External Costs of Transport, 2019*) издатог од стране European Commission – DG Mobility and Transport [1].

Као што је наведено, сами корисници су код доношења одлуке о путовању оријентисани ка користима које остварују коришћењем неког новог путног правца, док поменуте екстерне трошкове не сагледавају. За разлику од њих, код доношења одлука о инвестирању у реконструкцију постојећег или изградњу новог путног правца, у оквиру претходне студије оправданости и студије оправданости, прорачун екстерних трошкова представља један од корака у процесу доношења оцено о економској оправданости пројекта.

У фокусу овог рада су процедуре за прорачун трошкова загађења ваздуха, трошкова проузрокованих буком и трошкова климатских промена које су препоручене за употребу на нивоу целе Европске Уније. У првом делу рада приказан је извод из Унапређеног приручника за прорачун екстерних трошкова из 2019. године са препорученим јединичним трошковима, као и неке суштинске разлике у односу на претходна издања овог Приручника, док је у другом делу рада дат приказ практичне примене представљених процедура на реалном примеру Генералног пројекта државног пута I реда „Вожд Карађорђе”, где је коришћен Приручник из 2014. године (*Update of the handbook on External Costs of Transport, 2014*).

2. Приручник за прорачун екстерних трошкова

Европска Комисија је 2008. године наручила први Приручник о екстерним трошковима транспорта, као део IMPACT студије [2]. Овај приручник је представио најбоље процедуре за прорачун различитих категорија екстерних трошкова транспорта. Поред тога, приручник пружа преглед најажурнијих улазних вредности (нпр. вредност времена или вредност статистичког живота) које се могу користити за процену екстерних трошкова од стране самих корисника. Приручника. Фокус Приручника из 2008. године био је на маргиналним екстерним трошковима транспорта који представљају основу за дефинисање политика интернализације (у складу са принципом маргиналних друштвених трошкова). Покрива све главне категорије екстерних трошкова, укључујући загађење ваздуха, климатске промене, буку, саобраћајне незгоде и загушења у саобраћају. Приручник је заснован на постојећем (до 2007. године) научном и стручном раду, углавном спроведеном на нивоу ЕУ и другим европским земљама. Како се ово издање приручника показало као значајан извор улазних података и јединичних вредности за различите истраживачке пројекте и академске радове у Европи, а у циљу очувања његове значајности, 2014. године представљен је нови приручник за прорачун екстерних трошкова. Приручник је до 2014. године ажуриран новим достигнућима у истраживању и политици (*Update of the handbook on External Costs of Transport, 2014*) [3]. Такође, проширен је обим: поред екстерних трошкова транспорта, обухваћени су и трошкови хабања инфраструктуре за друмски и железнички саобраћај. У складу са приручником из 2008. године, фокус приручника из 2014. био је на маргиналним екстерним трошковима транспорта. Приручник из 2019. године представља ажурирану верзију приручника из 2008. и 2014. године, узимајући у обзир све нове доказе који су постали доступни о процедурама и улазним вредностима (нпр. фактори емисије) за процену екстерних трошкова транспорта у истраживању и политици из 2014. године.

Ова верзија Приручника не узима у обзир само маргиналне екстерне трошкове, као што је то био фокус претходних Приручника, већ и укупне просечне екстерне трошкове у ЕУ и укупне трошкове транспорта по земљама. Такође, прорачунате су вредности екстерних трошкова за неке неевропске земље, како би се упоредили са европским вредностима. Овај ажурирани Приручник о екстерним трошковима транспорта развијен је у студији „*Sustainable Transport Infrastructure Charging and Internalisation of Transport Externalities*” коју је наручила Европска Комисија DG MOVE, од стране конзорцијума предвођеног CE Delft. Циљ ове студије је био да се процени у којој мери се принципи „корисник плаћа” и „загађивач плаћа” примењују у земљама чланицама ЕУ и другим развијеним земљама. Ово ће омогућити DG MOVE да сагледа напредак држава чланица ка циљу пуне интернализације екстерних (и инфраструктурних) трошкова транспорта и да идентификује опције за даљу интернализацију.

Циљ Приручника из 2019. године је да пружи информације о томе како генерисати најновије процене за главне екстерне трошкове транспорта. Информације у Приручнику се приказују на три нивоа:

- *Методолошки ниво* – приказују се најсавременије методологије за процену вредности екстерних трошкова;
- *Улазне вредности* – препоручене улазне вредности (нпр. монетарно изражена вредност времена) за процену екстерних трошкова транспорта;
- *Излазне вредности* – подразумеване вредности екстерних трошкова за различите видове транспорта које се могу препоручити.

У оквиру претходних издања Приручника, предмет анализе су већином биле исте утицајне категорије екстерних трошкова. Новија издања су доносила анализе и процене за друге категорије екстерних трошкова. У оквиру Приручника из 2019. године су приказане процедуре и вредности за следеће утицајне категорије:

1. Саобраћајне незгоде;
2. Загађење ваздуха;
3. Климатске промене;
4. Бука;
5. Загушење у саобраћају;
6. Ефекат стаклене баште;
7. Уништавање природних станишта
8. Друге категорије екстерних трошкова (нпр. загађење земљишта и воде).

Приказани подаци и вредности јединичних трошкова су дефинисани на нивоу Европске Уније (појединачно за земље чланице и просек за целу ЕУ). Као највећи извор екстерних трошкова идентификован је друмски саобраћај и у складу са тим посвећено му је највише пажње. За сваку категорију трошкова Приручник приказује:

- Преглед последњих метода за прорачун екстерних трошкова, њихове просечне вредности и ограничења;
- Разлике у приступима између Приручника (2019) и претходних приручника;
- Препоручени поступак за прорачун екстерних трошкова;
- Унапређене препоруке везане за улазне величине;
- Унапређене препоруке за јединичне вредности екстерних трошкова.

У наредном поглављу, по тачкама, приказана су основна разматрања, препоручене методологије за прорачун, укупни и просечни трошкови на нивоу Европске Уније и јединични (гранични) трошкови по категоријама возила за разматране категорије екстерних трошкова (загађење ваздуха, бука, климатске промене), према Приручнику из 2019. године.

2.1. Трошкови загађења ваздуха

Емисија загађивача ваздуха може довести до различитих врста негативних утицаја. Најрелевантнији и вероватно најбоље анализирани су утицаји загађивача ваздуха на здравље. Међутим, релевантни су и други негативни утицаји, као што су грађевинске и материјалне штете, оштећење усева и биодиверзитета. Трошкови загађења ваздуха су једна од категорија екстерних трошкова која је највише анализирана. Од деведесетих година прошлог века спроведен је широк спектар међународних студија и истраживачких пројеката, посебно на европском нивоу. У последњих неколико година, није било много великих међународних студија које би покривале цео пут утицаја од емисије до самог утицаја и трошкова. Међутим, истраживања су настављена, непрестано истражујући однос између изложености загађивачима ваздуха и повезаних здравствених ризика. Приручник из 2019. године обухвата следеће врсте утицаја изазване емисијом загађења ваздуха, као последица транспорта:

- Здравствени утицаји – удисање загађивача ваздуха као што су честице (ПМ 2.5 и ПМ 10) и азотних оксида доводи до већег ризика од респираторних и кардиоваскуларних болести. Ови негативни здравствени ефекти доводе до трошкова лечења, смањења радне продуктивности, и у неким случајевима, чак до смрти.

- Оштећење усева – повећана концентрација озона и других штетних супстанци може довести до нижих приноса усева.
- Материјална и грађевинска штета – загађивачи ваздуха углавном могу довести до две врсте оштећења на објектима и другим материјалима: а) загађење грађевинских површина честицама и прашином; б) оштећења објеката услед процеса корозије, који је изазван киселим материјама (нпр. NO_x или CO_2).
- Оштећење биодиверзитета – загађивачи ваздуха могу довести до оштећења екосистема, као што су: а) закишељавање земљишта, падавина и воде (нпр. NO_x или CO_2) и б) еутрофикација екосистема (нпр. NO_x или NH_3). Оштећења екосистема могу довести до смањења биодиверзитета (флора и фауна).

Слика 1 приказује препоручену методологију за прорачун укупних и просечних трошкова проузрокованих загађењем ваздуха.



Слика 1. Методологија за прорачун укупних и просечних трошкова загађења ваздуха [1]

Приручник истиче две главне врсте улазних вредности: *емисије загађивача* и *факторе трошкова по тони загађивача*. За емисије постоје два различита приступа. За укупне и просечне трошкове, емисије се израчунавају коришћењем просечних фактора емисије по типу возила и земљи (нпр. за друмски транспорт из базе података COPERT). Примењени фактори емисије су на истом нивоу диференцијације као и коришћени подаци о транспорту. Укупне емисије су изведене из емисионих фактора (тона загађивача по возило km) и података о перформансама транспорта (нпр. возило km), што доводи до конзистентног скупа емисија, које су у складу са базама података о емисијама (нпр. COPERT) и званичном статистиком саобраћаја из ЕУ (Eurostat). Резултирајуће укупне емисије су унакрсно проверене са базом података о укупним емисијама из Европског програма за праћење и евалуацију под покровитељством Европске агенције за животну средину.

Други тип улазних вредности су фактори трошкова по загађивачима. Фактори трошкова су детаљно израчунати, такође узимајући у обзир најновије резултате других студија. Ово је урађено за ЕУ28 и ограничен број држава чланица ЕУ у текућој студији CE Delft. У овој студији, овај скуп је проширен на све државе чланице, као и на емисије из других извора. У оквиру самог Приручника се могу пронаћи препоручене вредности и извори података за одређивање основних улазних вредности, тј. емисија и фактора трошкова по тони загађивача, за прорачун трошкова који настају као последица загађења ваздуха. С обзиром на то да је у фокусу овог рада друмски саобраћај, у Табели 1 су приказане прорачунате вредности укупних и просечних трошкова проузрокованих загађењем ваздуха од стране друмског саобраћаја, за земље ЕУ у 2016. години.

Табела 1. Укупни и просечни трошкови загађења ваздуха за друмски саобраћај, земље ЕУ у 2016. год. [1]

Вид транспорта	Укупни трошкови ЕУ28	Просечни трошкови	
ПРЕВОЗ ПУТНИКА	милијарде €	€-ct/ путн. km	€-ct/ воз. km
Путнички аутомобил	33,60	0,71	1,14
Путнички аутомобил - бензин	8,58	0,33	0,53
Путнички аутомобил - дизел	24,79	1,18	1,90
Мотоцикл	1,84	1,12	1,17
Градски аутобус	1,35	0,76	14,19
Међуградски аутобус	2,67	0,73	14,34
Укупно – превоз путника	39,23	/	/
ТРАНСПОРТ ТЕРЕТА	милијарде €	€-ct/ путн. km	€-ct/ воз. km
ЛТВ	15,49	4,68	3,24
ЛТВ – бензин	0,33	1,72	1,17
ЛТВ – дизел	15,16	4,86	3,37
ТВ	13,93	0,76	9,38
Укупно – транспорт терета	29,42	/	/
УКУПНО – ДРУМСКИ САОБРАЋАЈ	68,65	/	/

Табела 2. Јединични трошкови загађења ваздуха за средњи путнички аутомобил, просек за ЕУ у 2016. год. [1]

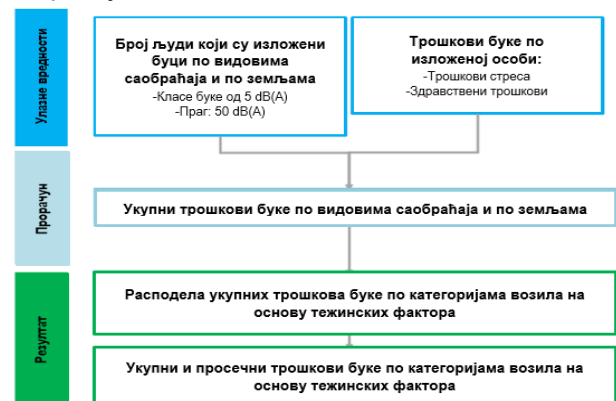
Врста горива	Емис. класа	Градско подручје			Урбано подручје		Рурално подручје	
		Аутопут	Градски пут	Остали путеви	Аутопут	Градски пут	Аутопут	Сеоски пут
Бензин	ЕУРО 0	4,53	3,04	3,80	4,50	2,99	2,73	2,30
	ЕУРО 1	0,86	0,55	0,48	0,83	0,50	0,52	0,29
	ЕУРО 2	0,36	0,37	0,30	0,33	0,32	0,22	0,18
	ЕУРО 3	0,17	0,19	0,15	0,15	0,17	0,12	0,10
	ЕУРО 4	0,12	0,17	0,11	0,10	0,15	0,08	0,07
	ЕУРО 5	0,12	0,13	0,10	0,09	0,11	0,08	0,07
	ЕУРО 6	0,12	0,14	0,10	0,09	0,11	0,08	0,07
Дизел	ЕУРО 0	6,11	7,05	4,03	2,73	3,01	1,61	1,10
	ЕУРО 1	4,21	2,56	2,29	2,06	1,50	1,22	0,77
	ЕУРО 2	2,51	2,39	1,75	1,55	1,51	0,93	0,67
	ЕУРО 3	2,47	1,90	1,66	1,60	1,37	0,97	0,71
	ЕУРО 4	1,67	1,70	1,21	1,21	1,17	0,74	0,49
	ЕУРО 5	0,93	1,04	0,74	0,90	0,99	0,56	0,44
	ЕУРО 6	0,77	0,86	0,61	0,75	0,82	0,47	0,37

*приказане вредности су изражене у €-ct/возило km

За прорачун екстерних трошкова од загађења ваздуха проузрокованих друмским саобраћајем, у Приручнику су приказане табеле са јединичним (граничним) ценама трошкова по категоријама возила, врсти погонског горива и ЕУРО стандарду мотора. Због ограниченог обима рада, као пример у Табели 2 приказане су јединичне цене емисије штетних гасова за средњу категорију путничких аутомобила (1,4-2,0 l).

2.2. Трошкови проузроковани буком

Емисија буке из саобраћаја представља растући еколошки проблем због комбинованог утицаја тренда повећане урбанизације и повећања саобраћајних захтева. Док повећање саобраћајних захтева доводи до већег нивоа буке, повећана урбанизација доводи до већег броја људи који су изложени штетним утицајима буке. Као резултат, очекује се да ће трошкови саобраћајне буке расти у будућности упркос потенцијалним побољшањима за смањење буке која се односе на возила, пнеуматике и путеве. Изложеност буци доводи до бројних негативних утицаја на здравље због продужене и честе изложености буци која потиче од саобраћаја. Ови негативни утицаји на здравље могу имати мноштво облика. Неке од последица по здравље за које су доступни значајни докази су: исхемијска болест срца, мождани удар, деменција, хипертензија и стрес. Слика 2 приказује препоручену методологију за прорачун укупних и просечних трошкова проузрокованих буком од саобраћаја.



Слика 2. Методологија за прорачун укупних и просечних трошкова проузрокованих буком [1]

Прагови изнад којих се бука сматра сметњом су донекле произвољни, претходна литература је користила прагове од 50, 55 и 60 dB(A). Важно је напоменути да избор прага има значајан утицај на граничне трошкове буке. У овој студији предложено је да се користи праг од 50 dB(A). Овај праг је изабран јер је најмања вероватноћа да ће довести до потцењивања трошкова буке. Међутим, ЕЕА мапе буке које се користе као улазни подаци за ову студију почињу од 55 dB(A), стога је обухваћена само популација која је изложена буци изнад 55 dB(A).

У идеалном случају, број људи изложених нивоима буке између 50 и 55 dB(A) такође би био укључен, међутим, због ограничења података на ЕЕА мапама буке, ово није било изводљиво у овом издању Приручника [1]. Како би се прорачунали трошкови проузроковани буком од саобраћаја, по претходно приказаној методологији (Слика 2), неопходно је прикупити податке о три врсте улазних вредности, а то су: *изложеност популације, еколошке цене буке и тежински фактори за различите категорије возила*. У оквиру самог Приручника могу се пронаћи препоручене вредности и извори података за одређивање претходно наведених улазних вредности за прорачун трошкова буке. С обзиром на то да је у фокусу овог рада друмски саобраћај, у Табели 3 су приказане прорачунате вредности укупних и просечних трошкова проузрокованих буком од стране друмског саобраћаја, за земље ЕУ у 2016. години.

Табела 3. Укупни и просечни трошкови проузроковани буком за друмски саобраћај, земље ЕУ у 2016. год. [1]

Вид транспорта	Укупни трошкови ЕУ28	Просечни трошкови	
ПРЕВОЗ ПУТНИКА	милијарде €	€-ct/ путн. km	€-ct/ воз. km
Путнички аутомобил	26,2	0,6	0,9
Путнички аутомобил – бензин	13,8	0,5	0,8
Путнички аутомобил – дизел	12,4	0,6	0,9
Мотоцикл	14,8	9,0	9,4
Градски аутобус	0,8	0,4	8,0
Међуградски аутобус	0,9	0,2	4,7
Укупно – превоз путника	42,6	/	/
ТРАНСПОРТ ТЕРЕТА	милијарде €	€-ct/ путн. km	€-ct/ воз. km
ЛТВ	5,4	1,6	1,1
ТВ 3,5-7,5 t	1,0	1,2	4,0
ТВ 7,5-16 t	1,8	0,8	5,7
ТВ 16-32 t	3,0	0,4	6,5
ТВ >32 t	3,2	0,4	7,2
Укупно – транспорт терета	14,5	/	/
УКУПНО – ДРУМСКИ САОБРАЋАЈ	57,1	/	/

За прорачун екстерних трошкова проузрокованих буком од друмског саобраћаја, у Приручнику су приказане табеле са јединичним (граничним) ценама трошкова по категоријама возила, у зависности од периода у току дана и интензитета саобраћајног тока. Због ограниченог обима рада, као пример у Табели 4 приказани су јединични трошкови проузроковани буком за категорију путничких аутомобила.

Табела 4. Јединични трошкови проузроковани буком за путнички аутомобил, просек за ЕУ у 2016. год. [1]

Период дана	Интензитет саобр. тока	Градско подручје	Приградско подручје	Рурално подручје
Дан	Висок	0,5	0,03	0,004
	Низак	1,1	0,07	0,009
Ноћ	Висок	0,9	0,05	0,007
	Низак	2,1	0,13	0,015

*приказане вредности су изражене у €-ct/путник km или €-ct/возило km

2.3. Трошкови климатских промена

Због чињенице да су ефекти климатских промена глобални, дугорочни и да имају обрасце ризика које је тешко предвидети, идентификовање трошкова повезаних са овим ефектима је изузетно сложено. Транспорт резултира емисијом CO₂, H₂O и CH₄, од којих су сви гасови стаклене баште који доприносе климатским променама. Стога је идентификовање климатских трошкова транспорта изузетно важно. Емисија гасова стаклене баште (GHG) у атмосферу доводи до глобалног загревања и климатских промена. IPCC је проценио да се без конкретних климатских политика може очекивати да ће температуре значајно порастати до краја века. Такве радикалне промене ће имати важан и углавном неповратан утицај на екосистеме, здравље људи и друштва. Трошкови климатских промена се дефинишу као трошкови повезани са свим ефектима глобалног загревања, као што су пораст нивоа мора, губитак биодиверзитета, проблеми управљања водама, све чешћи временски екстреми и пропадање усева. Слика 3 приказује препоручену методологију за прорачун укупних и просечних трошкова проузрокованих буком од саобраћаја. Приказана методологија за прорачун трошкова климатских промена је непромењена у односу на претходна два издања овог Приручника.



Слика 3. Методологија за прорачун укупних и просечних трошкова климатских промена [1]

Како би се прорачунали трошкови климатских промена изазваних саобраћајем, по претходно приказаној методологији (Слика 3), неопходно је прикупити податке о три врсте улазних вредности, а то су: *фактори емисије GHG по категоријама возила, перформансе возила и трошкови климатских промена по тони CO₂ еквивалента*. У оквиру самог Приручника могу се пронаћи препоручене вредности или извори података за одређивање претходно наведених улазних вредности за прорачун трошкова климатских промена.

С обзиром на то да је у фокусу овог рада друмски саобраћај, у Табели 5 су приказане прорачунате вредности укупних и просечних трошкова климатских промена проузрокованих друмским саобраћајем, за земље ЕУ у 2016. години.

Табела 5. Укупни и просечни трошкови климатских промена за друмски саобраћај, земље ЕУ у 2016. год. [1]

Вид транспорта	Укупни трошкови ЕУ28	Просечни трошкови	
ПРЕВОЗ ПУТНИКА	милијарде €	€-ct/ путн. km	€-ct/ воз. km
Путнички аутомобил	55,56	1,18	1,90
Путнички аутомобил - бензин	32,02	1,22	1,97
Путнички аутомобил - дизел	23,54	1,12	1,80
Мотоцикл	1,47	0,89	0,94
Градски аутобус	0,84	0,47	8,83
Међуградски аутобус	1,61	0,44	8,66
Укупно – превоз путника	59,49	/	/
ТРАНСПОРТ ТЕРЕТА	милијарде €	€-ct/ путн. km	€-ct/ воз. km
ЛТВ	13,17	3,98	2,75
ЛТВ – бензин	0,71	3,76	2,56
ЛТВ – дизел	12,45	3,99	2,77
ТВ	9,63	0,53	6,48
Укупно – транспорт терета	22,79	/	/
УКУПНО – ДРУМСКИ САОБРАЋАЈ	82,28	/	/

Табела 6. Јединични трошкови климатских промена за средњи путнички аутомобил, просек за ЕУ у 2016. год. [1]

Врста горива	Емисиона класа	Аутопут	Градски пут	Сеоски пут
Бензин	ЕУРО 0	1,55	1,80	1,26
	ЕУРО 1	1,07	1,29	0,96
	ЕУРО 2	0,98	1,25	0,93
	ЕУРО 3	1,08	1,26	0,96
	ЕУРО 4	1,11	1,29	1,02
	ЕУРО 5	1,11	1,29	1,02
Дизел	ЕУРО 0	1,22	1,29	1,02
	ЕУРО 1	1,22	1,29	1,02
	ЕУРО 2	1,23	1,33	1,04
	ЕУРО 3	1,18	1,31	1,03
	ЕУРО 4	1,18	1,31	1,03
	ЕУРО 5	1,18	1,31	1,03

*приказане вредности су изражене у €-ct/путник km

За прорачун екстерних трошкова климатских промена од друмског саобраћаја, у Приручнику су приказане табеле са јединичним (граничним) ценама трошкова по категоријама возила, врсти погонског горива и ЕУРО стандарду мотора. Као пример у Табели 6 приказане су јединичне цене климатских промена за средњу категорију путничких аутомобила (1,4-2,0 l).

У наредном поглављу приказан је прорачун екстерних трошкова на примеру Генералног пројекта државног пута I реда „Вожд Карађорђе“ из 2022. године [4]. За прорачун екстерних трошкова коришћен је Приручник из 2014. године, а вредности јединичних трошкова по утицајним категоријама су калибрисане како би се прилагодиле условима у Републици Србији.

3. Пример прорачуна екстерних трошкова на Генералном пројекту државног пута I реда „Вожд Карађорђе“

У даљем раду биће приказана практична примена наведених јединичних цена екстерних трошкова саобраћаја на примеру Генералног пројекта државног пута I реда „Вожд Карађорђе“. Детаљно је описана коришћена методологија за прорачун трошкова загађења ваздуха, трошкова проузрокованих буком и трошкова климатских промена, са усвојеним претпоставкама.

3.1. Државни пут I реда „Вожд Карађорђе“

Планирани државни пут I реда „Вожд Карађорђе“ треба да обезбеди повољнију попречну везу између аутопутева А1 (Коридор X) и А2 (тзв. „Београд – Јужни Јадран“), са регионом Источне Србије. Почетак разматране трасе планираног пута предвиђен је на аутопуту А2 (путни правац Е-763) у близини петље „Лајковац“, а даље након Аранђеловца и Тополе, пресеца аутопут А1 (путни правац Е-75) у близини петље „Марковац“ и простира се до Бора преко Свилајнца и Деспотовца. Наведену попречну везу „запад - исток“ допуњује и краћа веза по правцу „север - југ“, која омогућава још један контакт аутопута А1 (петља „Мали Пожаревац“) са планираним путем и градским насељем Аранђеловац. У оквиру Генералног пројекта разматране су две варијанте: *Варијанта 1 (Северна)*, чија се траса простирала северније од насеља Аранђеловац и Топола, и *Варијанта 2 (Јужна)*, са трасом ближе поменутих насељима. Обе варијанте су подразумевале изградњу нових деоница аутопута, вишетрачног и двотрачног пута.

За потребе израде Претходне студије оправданости мрежа је подељена на шест функционалних целина (мрежа А до F), а тестиране су две варијанте коридора (Северна и Јужна) за сваку мрежу посебно, осим на мрежи F где је могућа само једна варијанта. Анализом резултата спроведеног економског вредновања, који су сагласни са резултатима вишекритеријумског вредновања применом методе „TOPSIS“, **закључено је да Варијанта 1 (Север) има предност над Варијантом 2 (Југ).**

Сходно претходно наведеном, у наставку ће бити приказан прорачун екстерних трошкова (загађења ваздуха, буке и климатских промена) само за усвојену Варијанту 1 (Север). На наредној слици (Слика 4) приказана је подела саобраћајница усвојене Варијанте 1 (Север) по дефинисаним мрежама (А до F).

- **Мрежа А** – вишетрачне и аутопутске деонице на траси: *аутопут А2 (Дудовица) – Трбушница – Партизани – Аранђеловац (север) – Топола (север) – Клока – Рача – Марковац – Свилајнац – Деспотовац – Стењевац (Варијанта 1 – Север)*, састоји се од 13 саобраћајних деоница;
- **Мрежа В** – вишетрачне деонице на траси: *Мали Пожаревац – Сопот – Младеновац – Марковац – Орашац – Аранђеловац (Варијанта 1 – Север)*, састоји се од 4 саобраћајне деонице;
- **Мрежа С** – вишетрачне деонице на траси: *Стењевац – Бор* (једна траса у обе варијанте, постоје разлике у саобраћајном оптерећењу), чини је 1 саобраћајна деоница;
- **Мрежа D** – двотрачне деонице на траси: *нови пут (Загорица) – Топола и улаз у Тополу – Трнава – Церовац – Крагујевац* (једна траса у обе варијанте, постоје разлике у саобраћајном оптерећењу), састоји се од 4 саобраћајне деонице;
- **Мрежа Е** – двотрачне деонице на траси: *Смедеревска Паланка – Клока – Трнава* (једна траса у обе варијанте, постоје разлике у саобраћајном оптерећењу), састоји се од 3 саобраћајне деонице;
- **Мрежа F** – двотрачне деонице на траси: *Вучић – Крагујевац* (једна траса пута у обе варијанте), чини је 1 саобраћајна деоница.

За прорачун трошкова загађења ваздуха коришћени су јединични трошкови загађења ваздуха који су препоручени за прорачун екстерних трошкова на нивоу Европске Уније [3]. Јединични трошкови су у овом Приручнику приказани за сваку категорију возила по кубикажи (за путничке аутомобиле), носивости (за теретна возила и аутобусе) и врсти погонског горива за сваки тип ванградског пута (двотрачни, вишетрачни и аутопут).

C_{ZVij} - јединична цена трошкова загађења ваздуха за возило (i) у години (j), конвертована на БНД Србије (€/ct/vozilo km). (Табела 7)

Јединични трошкови загађења ваздуха (€/ct/km)							
Категорија возила	ПА		ЛТВ	СТВ (ТВ)	ТТВ	АВ	БУС
Тип мотора	Дизел	Бензин	Дизел	Дизел	Дизел	Дизел	Дизел
ДП	0,1548	0,0194	0,2365	0,9869	2,0210	1,9737	1,4706
ВП, АП	0,1161	0,0129	0,2365	0,5934	1,5480	1,0707	0,8256

C_{Bij} - Јединична цена трошкова проузрокованих буком за возило (i) у години (j), конвертована на БНД Србије (€-ct/vozilo km). (Табела 8)

Јединични трошкови буке (€/ct/km)							
Категорија возила		ПА	ЛТВ	СТВ (ТВ)	ТТВ	АВ	BUS
ДП	Висок (ПГДС>3000)	0,0194	0,086	0,0774	0,1505	0,1354	0,0774
	Низак (ПГДС<3000)	0,0387	0,1720	0,1548	0,3225	0,2903	0,1548
ВП,АП	Низак	0,0194	0,0387	0,0568	0,1312	0,0787	0,0619

3.4. Прорачун трошкова климатских промена

За прорачун трошкова климатских промена коришћени су препоручени јединични трошкови за прорачун екстерних трошкова на нивоу Европске Уније [3]. Јединични трошкови су у овом приручнику приказани за сваку категорију возила по кубикажи (за путничке аутомобиле) и врсти погонског горива за све категорије возила, за сваки тип ванградског пута (двотрачни, вишестрачни и аутопут). На основу података Републичког завода за статистику – Билтен: Саобраћај и телекомуникације у Републици Србији 2019, за потребе студије су усвојене следеће претпоставке:

- За путничка возила: 60% дизел, просечне кубикаже 2,0 литара и 40% бензин, просечне кубикаже 1,4 литара;
- За теретна возила и аутобусе: 100% дизел.

Образац за прорачун трошкова климатских промена:

$$T_{K_{ijk}} = (365 \times q_{ij} \times l_k \times C_{Kij}) / 100 \quad (3)$$

где је:

- $T_{K_{ijk}}$ - трошкови климатских промена за возило (i) у години (j) на деоници (k), (€/возило km);
- q_{ij} - број возила (i) у години (j), (воз/дан);
- l_k - дужина деонице (km);
- C_{Kij} - Јединична цена трошкова климатских промена за возило (i) у години (j), конвертована на БНД Србије (€/ct/возило km). (Табела 9)

Табела 9. Јединични трошкови климатских промена [4]

Јединични трошкови климатских промена (€-ct/km)							
Категорија возила	ПА		ЛТВ	СТВ (ТВ)	ТТВ	АВ	БУС
Тип мотора	Дизел	Бензин	Дизел	Дизел	Дизел	Дизел	Дизел
ДП	0,2709	0,559	0,8321	1,548	1,7415	1,0836	0,2709
ВП, АП	0,1935	0,602	0,5418	1,333	0,9675	0,6579	0,1935

3.5. Резултати прорачуна екстерних трошкова за државни пут I реда „Вожд Карађорђе”

На основу претходно наведене методологије прорачунати су екстерни трошкови по утицајним категоријама за све деонице мреже А-Ф, и то по категоријама возила. Због ограничења у погледу обима рада, у Табели 10 је као пример приказан детаљан прорачун (по категоријама возила) екстерних трошкова за 2047. годину, само за четири саобраћајне деонице које су део **мреже В**.

Табела 10. Екстерни трошкови за мрежу В у 2047. години [4]

бр.	Саобраћајна деоница	Категорија возила				Укупн о
		ПА	БУС	ТВ	АВ	
МРЕЖА В – Загађење ваздуха (€/год.)						
1.	Мали Пожаревац-Сопот	46.553	11.626	4.381	28.727	91.287
2.	Сопот - Младеновац	37.621	8.939	3.852	23.214	73.625
3.	Младеновац - Орашац	43.913	10.939	3.756	27.066	85.674
4.	Орашац - Аранђеловац	12.146	6.015	3.101	13.028	34.289
Укупно:		140.233	37.519	15.090	92.035	284.875
МРЕЖА В – Бука (€/год.)						

бр.	Саобраћајна деоница	Категорија возила				Укупн о
		ПА	БУС	ТВ	АВ	
1.	Мали Пожаревац-Сопот	12.040	872	419	2.111	15.442
2.	Сопот - Младеновац	9.729	670	368	1.706	12.474
3.	Младеновац - Орашац	11.357	820	359	1.989	14.526
4.	Орашац - Аранђеловац	3.141	451	297	957	4.846
Укупно:		36.267	2.813	1.443	6.763	47.288
МРЕЖА В – Климатске промене (€/год.)						
1.	Мали Пожаревац-Сопот	120.396	9.264	4.000	25.958	159.618
2.	Сопот - Младеновац	97.295	7.123	3.517	20.976	128.911
3.	Младеновац - Орашац	113.569	8.717	3.429	24.457	150.172
4.	Орашац - Аранђеловац	31.412	4.793	2.831	11.772	50.808
Укупно:		362.672	29.897	13.777	83.163	489.509
УКУПНО (€/год.)		539.172	70.229	30.310	181.961	821.672

У Табели 11 приказани су сумирани екстерни трошкови по анализираним утицајним категоријама (загађење ваздуха, бука и климатске промене) и по планираним саобраћајним мрежама (А-Ф), у циљној години експлоатације новог пута (2047. година).

Табела 11. Сумирани екстерни трошкови за планирану мрежу ДП I реда „Вожд Карађорђе” у 2047. години [4]

Екстерни трошкови 2047.	Трошкови загађења ваздуха (€/год.)	Трошкови буке (€/год.)	Трошкови климатских промена (€/год.)	Укупно (€/год.)
Мрежа				
А	344.049	58.402	602.861	1.005.312
В	284.875	47.288	489.509	821.672
С	76.712	11.853	123.395	211.960
Д	302.440	41.775	574.959	919.174
Е	42.385	9.037	59.532	110.954
Ф	112.085	12.925	175.694	300.704
Укупно (€/год.)	1.162.546	181.280	2.025.950	3.369.776

На основу сумираних резултата из претходне табеле може се закључити да ће укупни екстерни трошкови за планиране деонице државног пута I реда „Вожд Карађорђе” у 2047. години износити 3.369.776 €. Највећи удео у укупним екстерним трошковима имају трошкови изазвани климатским променама од 60,1%. Трошкови загађења ваздуха учествују са 34,5%, док трошкови проузроковани буком чине 5,4% од укупних екстерних трошкова.

3.6. Упоредна анализа економских трошкова експлоатације по категоријама за државни пут I реда „Вожд Карађорђе”

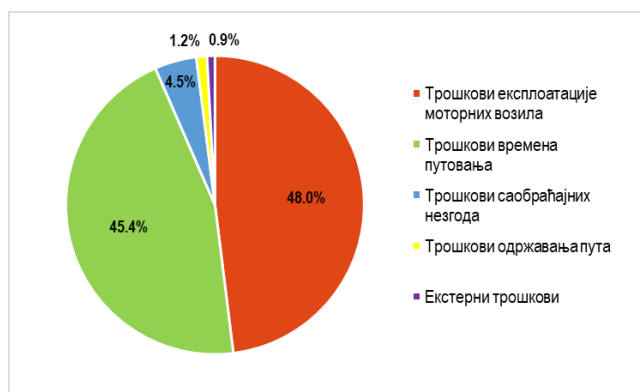
Основна подела економских трошкова експлоатације пута је на директне и индиректне трошкове. У групу **директних трошкова** спадају: трошкови експлоатације моторних возила (гориво, мазиво, пнеуматици и др.), трошкови времена путовања, трошкови саобраћајних незгода и трошкови одржавања разматране мреже.

Поред директних трошкова, у оквиру ове студије узети су у обзир и **индиректни трошкови**, а овој групи припадају: *трошкови загађења ваздуха, трошкови буке и трошкови климатских промена*. У наредној табели приказани су сумирани економски трошкови експлоатације, по категоријама, за државни пут I реда „Вожд Карађорђе” у циљној (2047.) години експлоатације.

Табела 12. Економски трошкови експлоатације разматране мреже у 2047. години [4]

Категорија трошкова		Трошкови (€/год.)	
Трошкови експлоатације моторних возила		188.022.055	
Трошкови времена путовања		177.784.090	
Трошкови саобраћајних незгода		17.763.374	
Трошкови одржавања пута		4.503.086	
Екстерни трошкови	Трошкови загађења ваздуха	1.162.546	3.369.776
	Трошкови буке	181.280	
	Трошкови климатских промена	2.025.950	
Укупно (€/год.)		391.442.381	

На Слици 5 приказана је упоредна анализа економских трошкова експлоатације разматране мреже по категоријама.



Слика 5. Упоредна анализа економских трошкова експлоатације разматране мреже у 2047. години

На основу претходне табеле и графикона, може се закључити да највећи удео у расподели економских трошкова експлоатације имају трошкови експлоатације моторних возила (48,0%) и трошкови времена путовања (45,4%). Трошкови саобраћајних незгода обухватају 4,5%, а трошкови одржавања пута 1,2% од укупних трошкова. **Екстерни трошкови имају удео који је мањи од 1% у укупним трошковима експлоатације планираног пута.**

4. Закључак

У овом раду приказан је кратак преглед Приручника за процену екстерних трошкова из 2019. године, са посебним освртом на прорачун екстерних трошкова насталих као последица загађења ваздуха, буке и климатских промена. Такође, приказане су неке суштинске разлике новог Приручника у односу на претходна издања из 2014. и 2008. године.

Вредности јединичних трошкова по категоријама возила зависе од ЕУРО стандарда мотора (трошкови загађења ваздуха и климатских промена), што указује на могућност смањења ових екстерних трошкова кроз стратешко унапређење возног парка (пооштравање норми код увоза половних аутомобила).

Приказани резултати односно вредности трошкова на годишњем нивоу прорачунате су коришћењем препоручених јединичних цена које представљају просек за земље чланице ЕУ. У циљу повећања тачности прорачунатих вредности трошкова потребно је ове једничне цене конвертовати на БДП Републике Србије, а као последица тога биће смањене препоручене вредности које се буду користиле у анализама.

На реалном примеру Генералног пројекта државног пута I реда „Вожд Карађорђе” приказане су процедуре за прорачун екстерних трошкова за деонице нове мреже, применом Приручника из 2014. године. Упоредном анализом, установљено је да највећи удео у екстерним трошковима имају трошкови климатских промена (око 60%), трошкови загађења ваздуха (око 35%), а трошкови проузроковани буком (око 5%). У наредном кораку спроведена је упоредна анализа екстерних трошкова са другим категоријама директних трошкова, а резултати показују да екстерни трошкови имају удео који је мањи од 1% у укупним економским трошковима експлоатације планираног деоница државног пута I реда „Вожд Карађорђе”.

Све претходно наведено, не треба да доведе до закључка да су екстерни трошкови мање значајни, већ да је потребно, са даљим развојем саобраћаја и повећањем броја возила која се свакодневно налазе на мрежи путева, све више пажње посветити управо овим екстерним трошковима јер преко њих се на прилично једноставан начин може сагледати и вредновати утицај постојећег или планираног пута на животну средину.

Литература

- [1] Update of the Handbook on External Costs of Transport, (2019), European Commission – DG Mobility and Transport
- [2] Maibach, M., Schreyer, C., Sutter, D. (2008), Handbook of estimation of external cost in transport sector, Delft
- [3] Update of the Handbook on External Costs of Transport, (2014), European Commission – DG Mobility and Transport
- [4] Тубић, В. и остали, Претходна студија оправданости са генералним пројектом изградње државног пута I реда „Вожд Карађорђе” - „Претходна студија оправданости”, Јавно Предузеће „Коридори Србије”, Саобраћајни факултет - Институт саобраћајног факултета, Београд, 2022. г.

Impact of the traffic on the environment in the economic valuation procedures – Conceptual design of the state road "Vožd Karađorđe"

Marijo Vidas, Ph.D. T.E.

University of Belgrade – Faculty of Transport and Traffic Engineering, m.vidas@sf.bg.ac.rs

Nemanja Stepanović, Ph.D. T.E.

University of Belgrade – Faculty of Transport and Traffic Engineering, n.stepanovic@sf.bg.ac.rs

Miloš Tubić, M.Sc. T.E.

University of Belgrade – Faculty of Transport and Traffic Engineering, m.tubic@sf.bg.ac.rs

Abstract: In traffic evaluation procedures in transport, the external cost calculation represents one of the steps in determining the economic feasibility of investing funds in the realization of a traffic project. The first part of the paper analyzes the manual for the assessment of external costs at the level of the European Union (Update of the handbook on External Costs of Transport 2019) with a focus on the values and procedures for calculating the costs of air pollution, costs caused by noise and costs of climatic changes. For the calculation of costs, the size of the transport work on the given traffic section and the unit costs shown in this manual for each category of vehicles by cubic (for passenger cars), carrying capacity (for commercial vehicles and buses) and the type of propellant for each type of road (two-way, multilane and highway). The second part of the paper presents the results of the application of the mentioned calculation procedures for this category of costs that are presented on a real example of the Conceptual design of state road "Vožd Karađorđe".

Keywords: environment, conceptual design, external costs, air pollution, noise, climate change.