

Izračun stroškov emisij toplogrednih plinov zaradi zamud na AC in HC – december

Dragomelj, 23. 02. 2026

Naziv	Prometno-inženirska operativna podpora v NCUP
Naročnik	Ministrstvo za infrastrukturo, Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana (NCUP)
Št. pogodbe	2430-22-100031
Predstavniki naročnika	dr. Matej Vovk
Izvajalec	Appia d.o.o.
Predstavniki izvajalca	Goran Jovanovič
Trajanje projekta	1.5.2022 – 30.4.2027
Avtorji dokumenta	Jure Dolenc, Gregor Klobčar

1 POVZETEK

S pomočjo programa PTV Optima in podatkovnega skladišča NCUP so v nalogi analizirani zastoji na avtocestnem omrežju v Sloveniji in njihov vpliv na zamude in na izpuste CO₂ in z njimi povezane stroške. Hkrati spremljamo tudi število vozil na avtocestnem omrežju in povprečno hitrost, kako se le-te spreminjajo skupaj s povprečnimi zamudami. Podatki o številu vozil in o zamudah so podani v enournih intervalih.

Postopek izdelave analize:

- Pridobitev vhodnih podatkov iz podatkovnega skladišča NCUP (število vozil, skupne zamude vseh vozil,...),
- določitev deleža osebnih in tovornih vozil na AC in HC v mesecu decembru 2025,
- določitev deležev vozil po pogonskem gorivu,
- določitev povprečne porabe vozil po posameznem pogonskem gorivu,
- povečati povprečno porabo vozil, tako da ustreza porabi goriva v zastoju,
- izbrati oceno oziroma prag (kdaj je vozilo v zastoju), da dobimo število vozil v zastoju,
- določitev emisijskih faktorjev po posamezni vrsti pogonskega goriva,
- izračun skupnih količin emisij CO₂ (kg) po dani formuli in
- izračun skupnih stroškov emisij (€).

V mesecu decembru 2025 ocenjujemo, da je bilo v zastojih »porabljenih« 225,05 ton emisij CO₂ in 15.754 € na prevožen kilometer avtocestnega omrežja. Torej je bila skupna količina emisij na celotnem omrežju 277.262 ton CO₂, kar pomeni, da so skupni stroški zastojev enaki 19,41 milijona evrov.

2 UVOD

Razlog za zamude na cestah so predvsem vsakodnevni prometni zastoji, ki najpogosteje nastanejo zaradi naslednjih dejavnikov:

- **Prekomerna gostota prometa:** Ko število vozil preseže kapaciteto cestne infrastrukture. To se običajno zgodi med prometnimi konicami, na območjih z visoko gostoto prebivalstva.
- **Prometne nesreče:** Nesreče na cesti povzročijo oviranje prometa, zaradi česar vozila ne morejo nemoteno prehitevati in se začnejo zbirati v zastojih.
- **Vreme:** Slabo vreme (dež, sneg, megla) lahko zmanjša vidljivost ali vpliva na oprijem cestišča, kar vodi v počasnejšo vožnjo in posledično nastajajo zastoji.
- **Gradbišča in zapore cest:** Ko so ceste zaprte ali delno zaprte zaradi gradbenih del, zmanjša prehodnost in ustvarja ozke točke, kjer se promet upočasni.
- **Zastoji zaradi vozil, ki se vključujejo v promet:** Nepravilno vključevanje vozil, počasni uvozi iz stranskih cest ali na primer vožnja na prekratek razmik lahko privede do nenadnih upočasnitev prometa.

Zastoji so pogosto tudi posledica kombinacije zgoraj naštetih dejavnikov, zaradi katerih se vozila ne morejo premikati nemoteno. Vse to vodi do nastanka dolgega in počasnega toka vozil, kar ustvarja prometne zastoje. Zastoji, ki se pojavljajo periodično v istem času dneva so posledica prometne ureditve oziroma prekomernih obremenitev posameznega odseka ceste.

Namen naloge je analizirati zamude na avtocestnem omrežju v Sloveniji in kakšne vplive imajo te zamude na izpuste CO₂ in z njimi povezane stroške. Hkrati spremljamo tudi število vozil na avtocestnem omrežju in povprečno hitrost, kako se le-te spreminjajo skupaj s povprečnimi zamudami.

Analizirani so podatki v mesecu decembru 2025, po eno-urnem intervalu.

3 ANALIZA

Analiziran je mesec december 2025, območje obravnave je slovensko avtocestno omrežje (avtoceste in hitre ceste).

Uporabljen je program PTV Optima, ki beleži podatke o zamudah, številu vozil in povprečni hitrosti, ki se hranijo v podatkovnem skladišču NCUP, kar nam omogoča izvajanje analiz. V sklopu te analize nas zanimajo zamude vozil, hitrost, izpusti CO₂ ter stroški teh izpustov.

Vhodni podatki za izdelavo analize so število vseh vozil na omrežju AC in HC ter skupne zamude vseh vozil na omrežju. Nimamo podatka o absolutnem številu vozil, ki se v nekem času dejansko nahajajo v zastoju. Skupna dolžina AC in HC je ocenjena na 1232 km (Vir: Ministrstvo za infrastrukturo).

Zamude vseh vozil na AC in HC, so v programu PTV Optima definirane kot razlika med dejanskim in optimalnim časom potovanja. Ker nimamo podatka o tem, koliko vozil je dejansko v zastoju (imamo le podatke o številu vseh vozil), je potrebno določiti prag, nad katerim štejemo, da je vozilo v zastoju. Za potrebe analize smo predpostavili prag 30 sekund, kar pomeni, da je vozilo »v zastoju«, ko njegova zamuda znaša več kot 30 sekund. S to predpostavko smo dobili podatek o vozilih, ki so bila v zastoju.

Ta ocena predpostavlja, da so zamude enakomerno porazdeljene med vozili, kar morda ni povsem natančno, a nam služi kot približna ocena.

3.1 Metodologija izračuna

3.1.1 Delež vozil po kategoriji in porabi goriva

Iz podatkov avtocestnih števecv prometa za december 2025, smo iz števnih podatkov izračunali skupno število osebnih in tovornih vozil zabeleženih na vseh števcih in tako dobili delež osebnih in tovornih vozil. Rezultati so naslednji:

Tabela 1: Kategorizacija prometa na AC in HC

VRSTA VOZIL	DELEŽ (%)
Osebna vozila	89,0
Tovorna vozila	11,0

Pod osebna vozila so upoštevana:

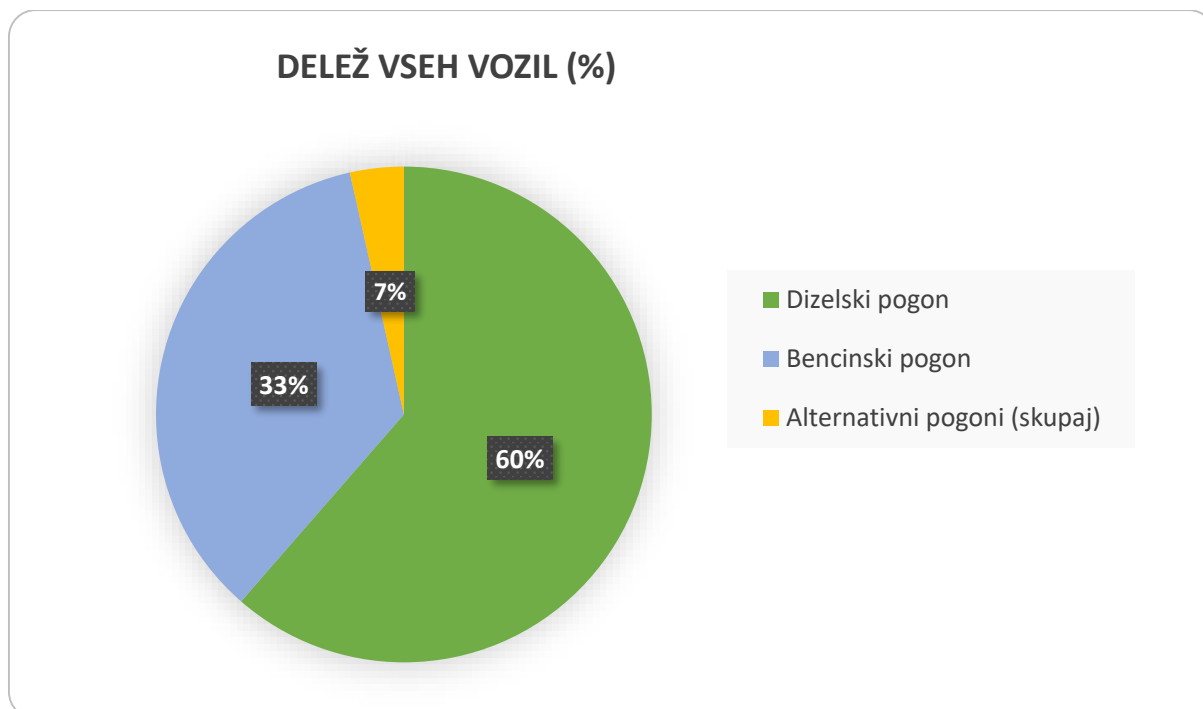
- motorna kolesa (MO),
- osebna vozila (OA),
- lahka tovorna vozila (LT) in
- neprepoznavna vozila (XX).

Pod tovorna vozila so upoštevana:

- srednja tovorna vozila (ST),
- težka tovorna vozila (TT),
- tovorna vozila s priklopnikom (TP),
- vlačilci (TTP) in
- avtobusi (BUS).

V naslednjem koraku smo določili delež osebnih vozil po vrsti pogonskega goriva. Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije (SURS) za leto 2022, je bilo v Sloveniji registriranih približno 1.207.755 osebnih vozil.

Graf 1: Grafični prikaz deleža vozil po vrsti pogonskega goriva

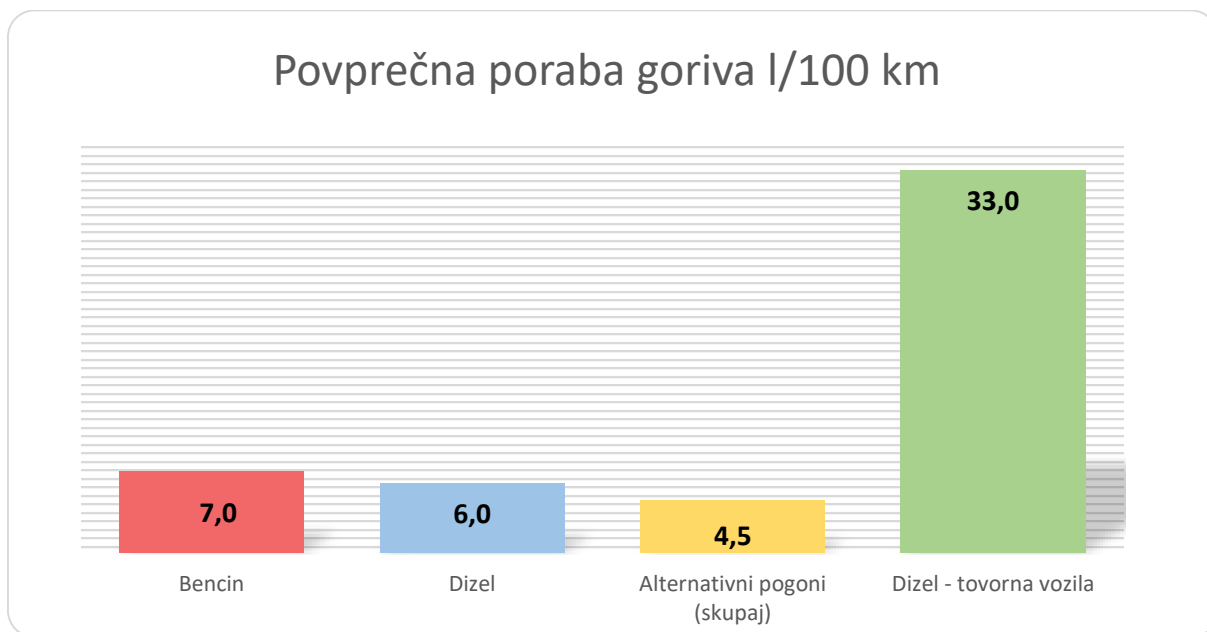


V podatkih Evropske okoljske agencije (Vir: [EEA Guidebook 2019](#)) je zapisano, da delež dizelskih pogonskih goriv v tovornem prometu znaša 95%. Razlogi za to so visoka energijska gostota, dobra razpoložljivost in optimalen navor za težke tovore. Navajajo, da se povprečna poraba teh vozil giblje med 28–40 l/100 km za tipične 40-tonske vlačilce. Povprečna poraba variira glede na težo tovora, tipa terena, hitrosti vožnje,...

Podobno porabo goriva je zabeležila tudi študija Nemške okoljske agencije (UBA) iz leta 2015, kjer povprečna poraba goriva za nova tovorna vozila EURO VI znaša približno 34,5 litra na 100 km. Neodvisni testi pa kažejo, da dejanska poraba v praksi znaša med 33 in 36 litrov na 100 km. Za potrebe analize smo predpostavili, da je delež vseh dizelskih tovornih vozil na slovenskem avtocestnem omrežju 100%, njihova povprečna poraba goriva pa je ocenjena na 33 l/100 km.

Za potrebe izračuna emisij CO₂ potrebujemo tudi povprečno porabo osebnih vozil.

Graf 2: Povprečna poraba goriva (Vir: MZI, International Energy Agency)



Podatki, predstavljeni v Graf 2, prikazujejo povprečje različnih testiranj in statističnih analiz za osebna vozila, ki vozijo predvsem po avtocestah. Alternativna goriva vključujejo električna vozila, hibridna vozila in vozila na plinski pogon (LPG, CNG).

Za potrebe računanja izgub emisij CO₂ v zastoju je povprečno porabo vozil potrebno prilagoditi za primer, ko se vozilo nahaja v zastoju. Študij in raziskav na to temo je zelo veliko in tudi ugotovljeni rezultati, za koliko se poraba goriva poveča, zelo variirajo.

Tabela 2: Povečanje porabe goriva zaradi zastojev

Vozila	Povečanje porabe goriva (%)	Vir
Osebna vozila	≈ 40 %	Evropska agencija za okolje (EEA), Transport Research Laboratory (TRL)
Tovorna vozila	50 % do 70 % ali več	Združenje evropskih proizvajalcev avtomobilov (ACEA)

Za potrebe analize smo za osebna vozila izbrali povečanje za 40%, za tovorna vozila pa povečanje za 70%.

Povečana povprečna poraba goriv za posamezna vozila so prikazana v Tabela 3.

Tabela 3: Povečana povprečna poraba goriva vozil zaradi zastoja

Tip goriva	Povečana povprečna poraba (l/100 km)
Bencin	9,8
Dizel	8,4
Alternativna goriva (ekvivalent l/100 km)	6,3
Dizel (tovorna vozila)	56,1

3.1.2 Izračun emisij CO₂

Osnovna enačba za izračun emisij CO₂:

$$\text{Emisije CO}_2 = \text{Poraba goriva} \times \text{Emisijski faktor}$$

- Emisije CO₂ – količina ogljikovega dioksida, izražena običajno v kilogramih (kg) ali tonah (t).
- Poraba goriva – količina porabljenega goriva (litri/100 kilometrov).
- Emisijski faktor (EF) – količina CO₂, ki nastane pri zgorevanju enote goriva (izražen v kg CO₂/enoto goriva).

Za potrebe izračuna smo določili še emisijske faktorje (Tabela 4) za vsako pogonsko gorivo vozil.

Tabela 4: Emisijski faktorji

Gorivo	Emisijski faktor CO ₂	Vir
Bencin	2,31 kg CO ₂ /l	IPCC Guidelines 2006, EEA Guidebook 2023
Dizel	2,68 kg CO ₂ /l	IPCC Guidelines 2006, EEA Guidebook 2023
Alternativni pogoni (skupaj)	1,38 kg CO ₂ /l	EEA Guidebook 2019

Opomba: Emisijski faktor za dizelski pogon je enak, tako za osebna vozila, kot tudi za tovorna vozila. Pri izračunu emisij dizelskega goriva, se torej razlikujeta zaradi povprečne porabe goriva za osebni in tovorni promet.

Cilj je izračunati skupno količino emisij, po obeh kategorijah vozil (osebni, tovorni) in tudi po pogonskem gorivu.

Torej je enačba za izračun skupnih emisij naslednja:

$$\text{Skupne emisije CO}_2 = (\text{Pb} \times \text{EFb}) + (\text{Pd} \times \text{EFd}) + (\text{Pa} \times \text{EFa}) + (\text{Pt} \times \text{EFd})$$

Pomen oznak v enačbi:

- Pb → povprečna poraba bencina (l/100km)
- EFb → emisijski faktor za bencin
- Pd → povprečna poraba dizelskega goriva (l/100km)
- EFd → emisijski faktor za dizel
- Pa → povprečna poraba alternativnih goriv (ekvivalent l/100km)
- EFa → emisijski faktor za alternativna goriva
- Pt → povprečna poraba dizla – težka tovorna vozila (l/100km)

3.1.3 Stroški emisij CO₂

Trenutna cena (marec 2025) emisij CO₂, v okviru Evropskega sistema trgovanja z emisijami (EU ETS), se giblje okoli 70 € na tono, ki smo jo privzeli za potrebe analize in primerjave stroškov emisij CO₂ za vse mesece v letu 2025. To je povprečna cena, ki jo plačujejo podjetja za emisijske enote, potrebne za pokritje njihovih emisij CO₂. Cena se lahko spreminja glede na tržne razmere in politiko EU.

Za izračun stroškov emisij, lahko uporabimo naslednjo enačbo:

$$\text{Stroški emisij} = \text{Emisije CO}_2 \text{ (v kg)} \times (\text{Cena CO}_2 \text{ (€/tono)}) / 1000$$

Pojasnilo delov enačbe:

- Emisije CO₂ (v kg) – skupna količina izpustov CO₂, ki jih povzročijo vozila pri vožnji ali v zastoju.
- Cena CO₂ (€/tono) – tržna cena emisij CO₂ na trgu EU ETS (marec 2025).

Tako bomo za posamezna vozila določili mesečno količino emisij CO₂, ki nastaja zaradi zastojev in s pomočjo zgornje enačbe določili stroške emisij celega meseca na kilometer.

Izračunane stroške pomnožimo z dolžino celotnega avtocestnega omrežja in tako določimo skupno količino emisij in stroškov le-teh.

3.2 Rezultati

- Vhodni podatki

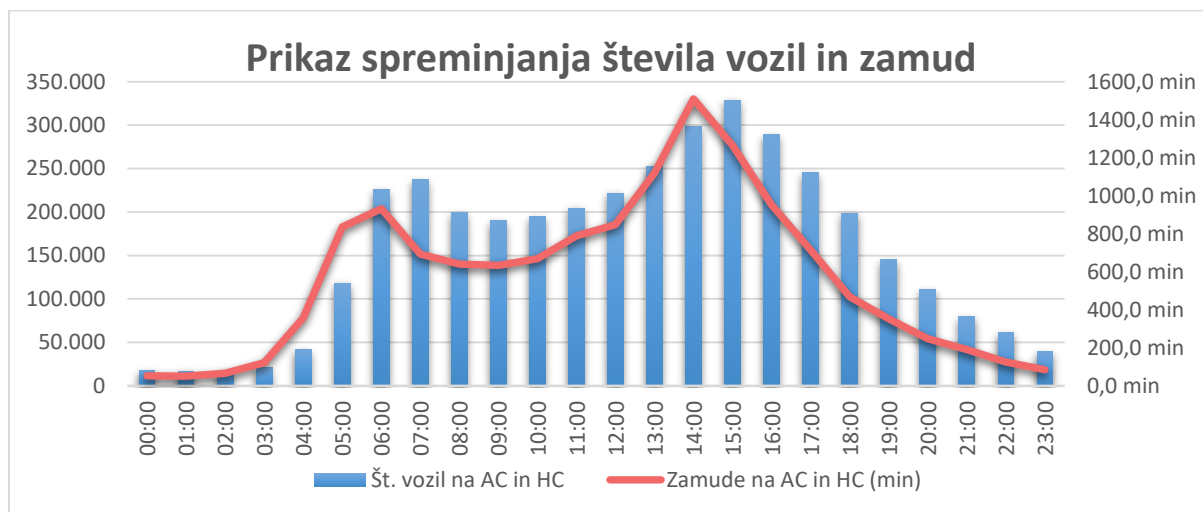
Podatki so skladiščeni v podatkovni bazi NCUP. Za to analizo smo, prenesli število vseh vozil po urnem intervalu na avtocestnem omrežju in skupno vrednost zamud teh vozil v minutah.

Primer podatkov iz tabele je prikazan na Tabela 5.

Tabela 5: Izsek dela vhodnih podatkov po intervalu 1h (7.12.2025)

Začetni datum	Končni datum	Št. vozil na AC in HC	Zamude na AC in HC (min)
07.12.2025 00:00	07.12.2025 01:00	23384	73
07.12.2025 01:00	07.12.2025 02:00	19926	62
07.12.2025 02:00	07.12.2025 03:00	15452	48
07.12.2025 03:00	07.12.2025 04:00	13004	40
07.12.2025 04:00	07.12.2025 05:00	14105	41
07.12.2025 05:00	07.12.2025 06:00	23152	64
07.12.2025 06:00	07.12.2025 07:00	35838	97
07.12.2025 07:00	07.12.2025 08:00	45458	126
07.12.2025 08:00	07.12.2025 09:00	59392	172
07.12.2025 09:00	07.12.2025 10:00	83438	250
07.12.2025 10:00	07.12.2025 11:00	107239	331
07.12.2025 11:00	07.12.2025 12:00	120526	385
07.12.2025 12:00	07.12.2025 13:00	119977	374
07.12.2025 13:00	07.12.2025 14:00	122078	386
07.12.2025 14:00	07.12.2025 15:00	130463	402
07.12.2025 15:00	07.12.2025 16:00	143441	451
07.12.2025 16:00	07.12.2025 17:00	151813	481
07.12.2025 17:00	07.12.2025 18:00	150638	483
07.12.2025 18:00	07.12.2025 19:00	139666	447
07.12.2025 19:00	07.12.2025 20:00	112880	357
07.12.2025 20:00	07.12.2025 21:00	85735	269
07.12.2025 21:00	07.12.2025 22:00	58284	182
07.12.2025 22:00	07.12.2025 23:00	42323	132
07.12.2025 23:00	08.12.2025 00:00	32323	102

Graf 3: Prikaz spreminjanja števila vozil in zamud na omrežju (7.12.2025)



- Dopolnitev podatkov tabele z izračuni**

V tem sklopu smo določili delež osebnih in tovornih vozil na AC in HC v celotnem mesecu, delež vozil po pogonskem gorivu in izbrali oceno oziroma prag (kraj je vozilo v zastoju), da smo dobili število vozil v zastoju.

Tabela 6: Izsek dela izračuna po urnem interval (7.12.2025)

Začetni datum	Št. vozil v zastoju	Št. OA	Št. TV	Št. - Bencin	Št. - Dizel	Št. - Alt. pogon
07.11.2025 00:00	145	129	16	43	77	8
07.11.2025 01:00	125	111	14	37	66	7
07.11.2025 02:00	97	86	11	29	51	6
07.11.2025 03:00	80	72	9	24	43	5
07.11.2025 04:00	83	74	9	24	44	5
07.11.2025 05:00	128	114	14	38	68	7
07.11.2025 06:00	195	173	21	57	103	11
07.11.2025 07:00	252	224	28	74	133	15
07.11.2025 08:00	344	306	38	101	182	20
07.11.2025 09:00	499	444	55	147	264	29
07.11.2025 10:00	663	590	73	195	350	38
07.11.2025 11:00	770	685	85	227	407	45
07.11.2025 12:00	747	665	82	220	395	43
07.11.2025 13:00	773	688	85	228	409	45
07.11.2025 14:00	804	715	88	237	425	46
07.11.2025 15:00	901	802	99	265	476	52
07.11.2025 16:00	962	856	106	283	508	56
07.11.2025 17:00	966	860	106	285	511	56
07.11.2025 18:00	894	795	98	263	472	52
07.11.2025 19:00	713	635	78	210	377	41
07.11.2025 20:00	539	479	59	159	285	31
07.11.2025 21:00	365	324	40	107	193	21
07.11.2025 22:00	264	235	29	78	140	15
07.11.2025 23:00	204	181	22	60	108	12

- **Izračun količine emisij CO₂ (v kg) in stroškov teh emisij (v €)**

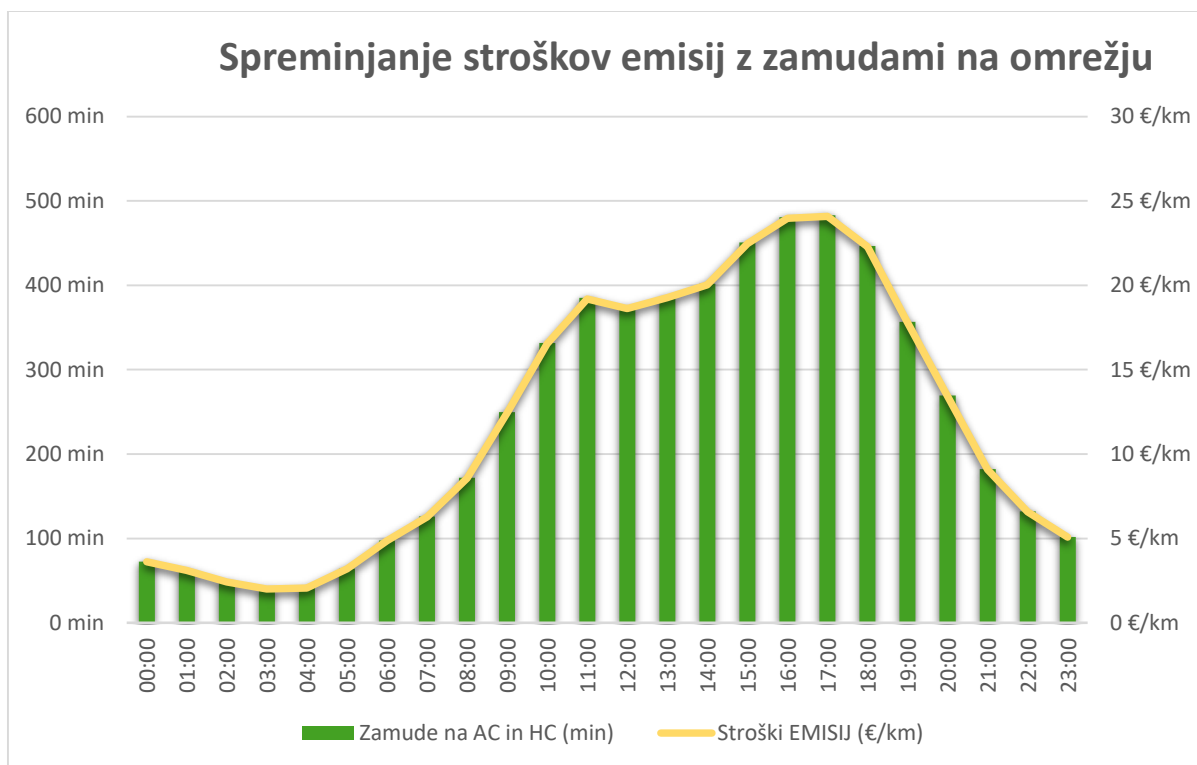
Obstoječi tabeli smo dodali še dva stolpca, in sicer za izračun količin emisij (kg) po dani formuli in izračun skupnih stroškov emisij (€). Primer izračuna je prikazan na Tabela 7.

Tabela 7: Izsek dela izračuna emisij in stroškov po urnem interval (7.12.2025)

Začetni datum	Št. Vozil	Zamude na AC (min)	Št. vozil v zastoju	Količina EMISIJ CO ₂ (kg)	Stroški EMISIJ (€)
07.11.2025 00:00	23384	73	145	52	4
07.11.2025 01:00	19926	62	125	44	3
07.11.2025 02:00	15452	48	97	35	2
07.11.2025 03:00	13004	40	80	29	2
07.11.2025 04:00	14105	41	83	30	2
07.11.2025 05:00	23152	64	128	46	3
07.11.2025 06:00	35838	97	195	69	5
07.11.2025 07:00	45458	126	252	90	6
07.11.2025 08:00	59392	172	344	122	9
07.11.2025 09:00	83438	250	499	178	12
07.11.2025 10:00	107239	331	663	236	17
07.11.2025 11:00	120526	385	770	274	19
07.11.2025 12:00	119977	374	747	266	19
07.11.2025 13:00	122078	386	773	275	19
07.11.2025 14:00	130463	402	804	286	20
07.11.2025 15:00	143441	451	901	321	22
07.11.2025 16:00	151813	481	962	342	24
07.11.2025 17:00	150638	483	966	344	24
07.11.2025 18:00	139666	447	894	318	22
07.11.2025 19:00	112880	357	713	254	18
07.11.2025 20:00	85735	269	539	192	13
07.11.2025 21:00	58284	182	365	130	9
07.11.2025 22:00	42323	132	264	94	7
07.11.2025 23:00	32323	102	204	73	5

Iz tabel je lepo razvidno, kako se v času popoldanske prometne konice, poveča število vozil in s tem tudi časovne zamude na avtocestnem omrežju. Tekom meseca je bilo tako največ zamud vsakodnevno generiranih med 7:00 – 10:00 in med 14:00 – 16:00.

Graf 4: Prikaz spreminjanja stroškov emisij z zamudami na obravnavanem omrežju (7.12.2025)



V zadnjem koraku smo sešteli vse urne intervale v mesecu in dobili skupno količino emisij in pripadajoče stroške na kilometer prevožene razdalje.

Tabela 8: Količina in stroški emisij

Količina EMISIJ CO₂:	225,05 ton/km
Stroški EMISIJ CO₂:	15.754 €/km

Če želimo dobiti skupne emisije in stroške, moramo zgornja rezultata pomnožiti s skupno dolžino avtocestnega omrežja, v obe smeri vožnje (1232 km) in dobimo končno oceno stroškov.

Tabela 9: Skupna količina in skupni stroški emisij

Skupna količina EMISIJ CO₂:	277.262 ton
Skupni stroški EMISIJ CO₂:	19.408.334 €

4 ZAKLJUČEK

S pomočjo programa PTV Optima in podatkovnega skladišča NCUP so bile v nalogi analizirane zamude na avtocestnem omrežju v Sloveniji, ocenjen pa je bil tudi njihov vpliv na izpuste CO₂ in z njimi povezane stroške. Analizirali smo število vozil na avtocestnem omrežju in povprečno hitrost, ki se spreminja skupaj s povprečnimi zamudami. Podatki o številu vozil in o zamudah so podani po intervalu 1 ura.

Zamude vseh vozil na AC in HC, so v programu PTV Optima definirane kot razlika med dejanskim in optimalnim časom potovanja. Ker nimamo podatka o tem, koliko vozil je dejansko v zastoju (imamo le podatke o številu vseh vozil), smo določili prag, nad katerim štejemo, da je vozilo v zastoju.

Predpostavili smo prag 30 sekund, kar pomeni, da je vozilo »v zastoju« ko njegova zamuda znaša več kot 30 sekund. Ocena predpostavlja, da so zamude enakomerno porazdeljene med vsemi vozili na celotnem obravnavanem omrežju.

V mesecu decembru 2025 ocenjujemo, da je bilo v zastojih »porabljenih« 225,05 ton emisij CO₂ in 15.754 € na prevožen kilometer avtocestnega omrežja. Torej je bila skupna količina emisij na celotnem omrežju 277.262 ton CO₂, kar pomeni, da so skupni stroški zastojev enaki 19,41 milijona evrov.

VIRI:

<https://www.researchgate.net/publication/242637915> Methods for the Calculation of CO₂ Emissions in Logistics Activities

<https://www.researchgate.net/publication/271499870> CO₂ emissions calculation models for green supply chain management

<https://www.researchgate.net/publication/355091154> Recommendations for a future global CO₂-calculation standard for transport and logistics

<https://www.researchgate.net/publication/320928076> Calculation of Selected Emissions from Transport Services in Road Public Transport

<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023>

<https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2023>

https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/france-demands-eu-restricts-co2-emissions-price-document-shows-2025-03-27/?utm_source=chatgpt.com

https://www.stat.si/StatWeb/News/Index/12821?utm_source=chatgpt.com&utm_source=chatgpt.com

https://te-cdn.ams3.cdn.digitaloceanspaces.com/files/2015_06_Comparing_US_EU_truck_fuel_economy_explanatory_note_Final.pdf?utm_source=chatgpt.com

(PDF) ASSESSING THE EFFECT OF TRAFFIC CONGESTION ON GREENHOUSE GAS EMISSIONS

Efficiency of the Consumption of Energy in the Road Transport of Goods in the Context of the Energy Crisis

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920915002163>