

ANALIZA PROMETNIH NESREČ V SLOVENIJI KOT PODLAGA ZA UMEŠČANJE AVTOMATIZIRANIH MERILNIH SISTEMOV

TIM GLAVAN,¹ SAŠO ŽIVKOVIČ,² MAJA MEŠKO¹

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
tim.glavan@student.um.si, maja.mesko@um.si

² Intermatic, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
saso@intermatic.si

Poglavje obravnava prometno varnost v Sloveniji in vlogo avtomatiziranih merilnih sistemov pri izboljševanju prometnovarnostnih kazalnikov. Namen dela je ugotoviti, kateri dejavniki prometnih nesreč so najmočnejše povezani z resnimi posledicami, kako se tveganje porazdeljuje v prostoru in času ter katere skupine udeležencev so najbolj ogrožene. Raziskava temelji na kvantitativni sekundarni analizi nacionalne policijske zbirke prometnih nesreč za leto 2025, ki zajema 17.186 nesreč in 30.404 udeležencev. Rezultati kažejo, da je neprimerna hitrost daleč najmočnejši napovednik resnih posledic, da se nesreče z najhujšimi posledicami kopičijo v manjših upravnih enotah in zunaj naselij ter da so pešci, kolesarji in motoristi nesorazmerno ogroženi. Kvantitativne ugotovitve so bile dopolnjene z intervjujem strokovnjaka iz prakse, ki je dodatno osvetlil interpretacijo rezultatov. Na podlagi tega je oblikovana prioriteta lestvica lokacij in razvojna usmeritev, ki združuje merjenje hitrosti, nadzor signalizacije in zaščito ranljivih udeležencev. Priporočili podjetju sta širitev na manjše, a bolj ogrožene občine in razvoj sistemov za zaznavanje ranljivih udeležencev.

DOI
<https://doi.org/10.18690/um.fov.7.2026.5>

ISBN
978-961-299-177-7

Ključne besede:
prometna varnost,
prometne nesreče,
logistična regresija,
avtomatizirani merilni
sistemi,
ranljivi prometni
udeleženci

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.7.2026.5](https://doi.org/10.18690/um.fov.7.2026.5)

ISBN
978-961-299-177-7

Keywords:

road safety,
traffic accidents,
logistic regression,
automated measurement
systems,
vulnerable road users

ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS IN SLOVENIA AS A BASIS FOR THE DEPLOYMENT OF AUTOMATED MEASUREMENT SYSTEMS

TIM GLAVAN,¹ SAŠO ŽIVKOVIĆ,² MAJA MEŠKO¹

¹ University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
tim.glavan@student.um.si, maja.mesko@um.si

² Intermatic, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
saso@intermatic.si

This chapter addresses road safety in Slovenia and the role of automated measurement systems in improving road safety indicators. The purpose of the work is to determine which factors of traffic accidents are most strongly associated with serious consequences, how risk is distributed across space and time, and which groups of road users are most at risk. A quantitative secondary analysis of the national police traffic accident database for 2025 was used, comprising 17,186 accidents and 30,404 participants. The results indicate that inappropriate speed is by far the strongest predictor of severe consequences, that accidents with the most serious outcomes are concentrated in smaller administrative units and outside urban areas, and that pedestrians, cyclists, and motorcyclists are disproportionately exposed to risk. The quantitative findings were complemented by an interview with a field expert, which further illuminated the interpretation of the results. Based on the results, a priority ranking of road safety critical locations was developed, together with a strategic framework for systems integrating speed enforcement, traffic signal monitoring, and the protection of vulnerable road users. Recommendations for the company include expanding to smaller but higher-risk municipalities and developing systems for detecting vulnerable road users.



University of Maribor Press

1 Uvod

Prometna varnost predstavlja pomembno družbeno področje, saj imajo prometne nesreče neposredne posledice za življenje in zdravje ljudi. Iz tega razloga je razumevanje vzrokov nesreč več kot zgolj statistično vprašanje. Vsako leto se na slovenskih cestah zgodi več deset tisoč prometnih nesreč, od katerih jih manjši, a pomemben del pripelje do hudih telesnih poškodb ali smrti. Te nesreče z najhujšimi posledicami nosijo nesorazmerno velik del družbenega bremena, zato je njihovo razumevanje ključno za vsako resno prizadevanje za večjo varnost v prometu. Vprašanje, ki se ob tem postavlja, ni samo, koliko nesreč se zgodi, temveč predvsem, katere okoliščine, vzorci in dejavniki ločujejo običajne dogodke od tistih z najhujšimi posledicami.

Tradicionalno se je tveganje v prometu pogosto obravnavalo na ravni posameznih lokacij ali z neposrednim opazovanjem vedenja voznikov. Takšni pristopi so dragoceni, vendar omejeni, saj temeljijo na majhnih vzorcih in lokalnih okoliščinah, kar otežuje posploševanje. Z razvojem in dostopnostjo obsežnih administrativnih podatkovnih zbirk se odpira drugačna možnost: analiza tveganja na nacionalni ravni, ki zajame celotno populacijo zabeleženih nesreč in omogoča prepoznavanje strukturnih vzorcev, ki bi v manjšem vzorcu ostali prikriti. Ravno na tej možnosti temelji pričujoče delo.

Namen tega poglavja je s pomočjo sekundarne analize nacionalnih podatkov o prometnih nesrečah prepoznati dejavnike, ki so najmočnejše povezani z resnimi posledicami, razumeti, kako se tveganje porazdeljuje v prostoru in času, ter ugotoviti, katere skupine udeležencev so najbolj ogrožene. Pri tem delo ni zgolj diagnostično, temveč ima jasno aplikativno usmeritev. Ugotovitve so namreč povezane s podjetjem Intermatic, d. o. o., ki razvija in dobavlja avtomatizirane merilne sisteme za prometno varnost. Analiza tako služi kot empirična podlaga za odločitve o tem, katere vrste avtomatiziranega nadzora bi bilo glede na rezultate smiselno razvijati oziroma upajati ter kje in kdaj bi imela njihova namestitve največji učinek.

Delo se osredotoča na tri raziskovalna vprašanja. Prvo se nanaša na vzroke nesreč in sprašuje, kateri med njimi najmočnejše napovedujejo resne posledice. Drugo obravnava prostorsko in časovno razporeditev tveganja ter išče vzorce, ki bi lahko usmerjali umeščanje merilnih sistemov. Tretje se ukvarja s profilom udeležencev in

posebej z ranljivimi skupinami, torej pešci, kolesarji in motoristi, ki so zaradi odsotnosti fizične zaščite še posebej izpostavljeni. Za odgovore na ta vprašanja je bila uporabljena kvantitativna sekundarna analiza policijske zbirke prometnih nesreč za leto 2025, ki obsega 17.186 nesreč in 30.404 udeležencev ter pokriva celotno ozemlje Slovenije. Podatki so bili obdelani z deskriptivno statistiko, testi hi-kvadrat in logistično regresijo, ugotovitve pa so bile dopolnjene z intervjujem s predstavnikom podjetja iz prakse.

Poglavje je strukturirano tako, da bralca postopno vodi od širšega okvira k specifičnim ugotovitvam. Najprej je predstavljen pregled literature, ki opredeli temeljne pojme prometne varnosti, vlogo hitrosti, tehnologije za nadzor prometa in psihološke mehanizme tveganega vedenja. Sledi poglavje o zasnovi in izvedbi raziskave, ki opisuje vire podatkov, metodološki pristop, spremenljivke ter rezultate celotne analize. V razpravi so ugotovitve interpretirane po posameznih raziskovalnih vprašanjih in povezane z literaturo ter s pogledom iz prakse. Poglavje se zaključi s sklepnimi mislimi, omejitvami in usmeritvami za nadaljnje raziskave.

2 Pregled literature

2.1 Namen pregleda literature v varnosti prometa

V pregledu literature smo se usmerili v področje prometne varnosti in v pristope, ki temeljijo na meritvah in podatkih. V praksi to pomeni, da prometnih težav ne obravnavamo zgolj kot subjektivni občutek prebivalcev ali kot posamezno opazovanje na terenu v določenem trenutku, ampak kot pojav, ki ga je mogoče sistematično izmeriti, spremljati skozi daljše časovno obdobje in nato primerjati med različnimi lokacijami ali časovnimi obdobji. Tak način razumevanja omogoča povezovanje zaznanih problemov z uvedenimi ukrepi in z njihovimi dejanskimi učinki v prostoru, kar je tudi izhodišče sodobnih sistemov za spremljanje in upravljanje prometa (Thabit, Kerrache in Calafate, 2024). Tak pristop je za občine posebej uporaben, saj se pri vsakodnevem upravljanju prometa pogosto pojavljajo dileme, ki zahtevajo jasno dokazno podlago za odločanje in za upravičevanje finančnih vlaganj.

Tipične težave, s katerimi se občine srečujejo, so na primer prehitra vožnja v naseljih, nevarni ali slabo pregledni prehodi za pešce, problematični vstopi v naselja, kjer se hitrost voznikov pogosto ne zmanjša pravočasno, ali pa velika obremenitev lokalnih cest, ki prvotno niso bile načrtovane za tako intenziven promet. Pri vseh teh primerih zgolj občutek prebivalcev ali posamezne pritožbe pogosto niso dovolj, da bi se lahko sprejele večje prometne spremembe ali infrastrukturni ukrepi. Zato je pomembno, da se težave podprejo z merljivimi podatki, ki jasno pokažejo obseg problema in omogočajo bolj utemeljeno načrtovanje rešitev. Thabit, Kerrache in Calafate (2024) v svojem pregledu poudarjajo, da je sodoben pristop k prometu vse bolj usmerjen v kombinacijo opazovanja vedenja udeležencev, stalnega spremljanja razmer, uporabe analitičnih metod in uvajanja specifično ciljanih intervencij, ki temeljijo na zbranih podatkih in preverjenih ugotovitvah.

V tem okviru imajo velik pomen tehnologije, ki omogočajo merjenje hitrosti, prometnih pretokov in splošne prisotnosti prometnih udeležencev na določenih odsekih cest. Takšne tehnologije omogočajo, da se promet ne ocenjuje zgolj na podlagi občutka ali kratkotrajnega opazovanja, temveč na podlagi konkretnih številčnih podatkov, ki prikazujejo dejansko stanje na terenu (Kalašová, Fabian, Čulík in Škorvánková, 2025). Med najpogostejše uporabljene rešitve sodijo radarski prikazovalniki hitrosti, različni sistemi za štetje vozil in pešcev ter opozorilni sistemi, ki so nameščeni na posebej občutljivih ali nevarnih lokacijah (Mahmud, Babić in Gates, 2024). To so lahko na primer šolske cone, prehodi za pešce, območja z večjo prisotnostjo kolesarjev ali odseki cest, kjer se pogosto pojavljajo prometne nesreče ali nevarne situacije.

Ključna razlika med zgolj postavitvijo naprave in dejansko učinkovitim prometnovarnostnim ukrepom je predvsem v načinu uporabe teh tehnologij. Naprava sama po sebi še ne pomeni nujno izboljšanja prometne varnosti, če ni vključena v širši in sistematičen proces upravljanja. Tak proces vključuje premišljen izbor lokacije, ustrezno nastavitve parametrov delovanja naprave, redno spremljanje zbranih podatkov, ocenjevanje učinkov in tudi ustrezno vzdrževanje opreme skozi čas (Federal Highway Administration, 2025). Pri represivnih merilnikih hitrosti je na primer pomembno, da se sprožilni pragovi in lokacija prilagodijo dejanski porazdelitvi hitrosti na odseku, sicer je učinek omejen (Olowosegun, Fountas in Davis, 2024). Pomemben del tega procesa je tudi komunikacija z javnostjo, saj lahko prebivalci in vozniki lažje razumejo namen ukrepov, če so o njih ustrezno obveščeni.

Če takšen sistematičen pristop ni vzpostavljen, obstaja nevarnost, da tehnologija ostane zgolj drag kos opreme z omejenim ali kratkotrajnim učinkom.

Naprava lahko na začetku pritegne pozornost voznikov, vendar se njen vpliv sčasoma zmanjša, če ni podprta z dodatnimi analizami in prilagajanjem ukrepov (Mahmud, Babić in Gates, 2024). Prav zato Federal Highway Administration (2025) v svojem modelu vrednotenja poudarja potrebo po rednem spremljanju podatkov in po podatkovno vodenem prilagajanju prometnih ukrepov. To pomeni, da se naprave ne namestijo samo enkrat in nato pustijo brez nadaljnjega nadzora, temveč se njihovo delovanje stalno spremlja in po potrebi prilagaja glede na ugotovljene prometne razmere in vedenje udeležencev v prometu. Učinkovitost ukrepov se pri tem vse pogostejše vrednoti tudi z longitudinalnimi študijami, ki spremljajo spremembe v hitrostih in nesrečah skozi daljše obdobje (Gao, Yang, Xu, Ozbay in Sharma, 2025).

V nadaljevanju se pregled literature osredotoča na tri glavna področja. Prva je prometna varnost v urbanih okoljih in vloga hitrosti. Druga je vedenje voznikov in učinkovitost ukrepov upravljanja hitrosti, torej povratne informacije, aktivirani znaki, avtomatiziran nadzor in podpora v vozilih. Tretja je tehnološki del: merilni sistemi, inteligentni prometni sistemi (ang. "*Intelligent Transport Systems*", ITS), infrastruktura interneta stvari (ang. "*Internet of Things*", IoT), podatkovne platforme, zasebnost ter prehod v pametna mesta, kjer prometna infrastruktura postaja vir podatkov in hkrati orodje za upravljanje (Zhang, Ge, Xiao, Tang, Mills, Coifman in Chen, 2026).

2.2 Prometna varnost v urbanih okoljih in pomen hitrosti

Urbani prostor je v prometni varnosti poseben iz dveh razlogov. Najprej zaradi gostote konfliktov, ker se v omejenem prostoru srečujejo motorni promet, pešci, kolesarji in pogosto tudi javni prevoz. Drugi razlog je večja občutljivost posledic. Pri enaki napaki ali enaki nevarni situaciji je v urbanem okolju večja verjetnost, da bo vpleten ranljivi udeleženec, kar pomeni večjo verjetnost hudih poškodb in večji družbeni strošek (Patel, Hosseini in Jalayer, 2023). Zato se v zadnjih letih v raziskavah ponavlja teza, da je nadzor hitrosti v urbanih območjih eden najbolj neposrednih načinov vpliva na tveganje in na težo posledic. Gao in sodelavci (2025)

v longitudinalni študiji ugotavljajo, da stacionarni nadzor hitrosti pomembno vpliva tako na hitrostno vedenje kot na pogostost nesreč.

Peng in sodelavci (2025) v študiji o vedenju pešcev ob utripajočih zelenih odštevalnih signalih ugotavljajo, da način signalizacije pomembno vpliva na pozornost in odločitve pešcev pri prečkanju, kar je relevantno za načrtovanje varnejših prehodov.

Hitrost je hkrati prometni in psihološki pojav. Vozniki se pri izbiri hitrosti ne odločajo samo na podlagi prometnega znaka, ki določa omejitev, ampak tudi na podlagi lastnega občutka za varno hitrost v določenem prostoru. Ta občutek se oblikuje skozi različne značilnosti okolja, ki jih voznik zaznava med vožnjo. Med pomembnejšimi dejavniki so širina ceste, njena geometrija, preglednost in vidljivost, prisotnost pešcev ali drugih udeležencev v prometu, način parkiranja ob cesti ter splošen lokalni prometni ritem, ki ga voznik zazna skozi gibanje drugih vozil in aktivnosti v prostoru. Da hitrostno vedenje ni zgolj posledica formalno določene omejitve hitrosti, temveč tudi vozniških navad in zaznane legitimnosti nadzora, ugotavljajo Huang, Watson-Brown in Truelove (2023).

Zato se v literaturi pogosto poudarja, da prometnovarnostnih ukrepov ni mogoče razumeti zgolj kot tehnične ali regulativne posege, ki voznike opozarjajo ali kaznujejo zaradi nepravilnega ravnanja. Ukrepi imajo učinek tudi na ravni zaznave prostora, saj lahko spremenijo način, kako voznik dojema določeno cesto ali območje. Mahmud, Babić in Gates (2024) ugotavljajo, da se vozniki, kadar prometno okolje deluje ozko, pregledno in jasno signalizira prisotnost drugih udeležencev, praviloma odločajo za nižje hitrosti, tudi če je formalna omejitev enaka kot drugje.

Pomembno je tudi, da prometna varnost ni samo vprašanje števila nesreč. V zadnjih letih se krepi uporaba tako imenovanih proaktivnih kazalnikov, ki opazujejo konflikte, skorajšnje trke in tvegane interakcije, še preden pride do nesreče (Patel, Hosseini in Jalayer, 2023). Razlog je praktičen: nesreče so relativno redke in naključne, zato je na lokalni ravni težko zanesljivo oceniti učinek ukrepa samo na osnovi nesreč. Metode, ki delajo z visoko ločljivimi trajektorijami, na primer dronski posnetki ali infrastrukturni senzorji, omogočajo merjenje sprememb v konfliktih in v tveganih manevrih. Chen in sodelavci (2024) pokažejo, da je mogoče s pomočjo trajektorij vozil pred trkom v realnem času ocenjevati tveganje, kar je posebej

relevantno za občine, ki potrebujejo hitre povratne informacije o tem, ali je bila intervencija na prehodu za pešce ali v šolski coni smiselna.

2.3 Vedenje voznikov in ukrepi upravljanja hitrosti

Raziskave o konfliktnih merilih kažejo dve pomembni ugotovitvi. Prvič, določeni kazalniki, kot je čas do trka (ang. "*time to collision*", TTC), lahko zelo učinkovito zaznajo potencialno tvegane prometne situacije in s tem omogočijo zgodnejše prepoznavanje nevarnih vzorcev v prometu. Takšni kazalniki so uporabni predvsem zato, ker omogočajo analizo tveganih interakcij med udeleženci v prometu tudi v primerih, ko dejanska prometna nesreča še ni nastopila (Patel in sodelavci, 2023). Vendar pa literatura hkrati opozarja, da se napovedna moč teh kazalnikov zmanjšuje, kadar poskušamo tveganje ocenjevati predaleč vnaprej.

Ko časovni okvir preseže nekaj sekund pred potencialnim dogodkom, se zanesljivost takšnih napovedi bistveno zmanjša, saj se prometne razmere in vedenje udeležencev v tem času lahko hitro spremenijo. Chen in sodelavci (2024) prav zato poudarjajo, da je napovedovanje tveganja najzanesljivejše v ozkem časovnem oknu tik pred potencialnim trkom. Drug pomemben vidik, ki ga izpostavljajo raziskave, je vprašanje izbire praga in interpretacije posameznega kazalnika. Vrednosti, ki določajo, kdaj določeno situacijo označimo kot konfliktno ali potencialno nevarno, so pogosto zelo občutljive na kontekst in metodologijo analize.

To pomeni, da lahko različni raziskovalci ali sistemi enake prometne situacije interpretirajo nekoliko drugače, če uporabljajo različne pragove ali drugačne analitične pristope. Prav zato se v literaturi pogosto poudarja potreba po standardizaciji metod, meril in postopkov analize, saj lahko le na ta način zagotovimo primerljivost rezultatov.

V praksi to predstavlja pomemben argument za razvoj in uporabo rešitev za spremljanje prometa, ki omogočajo konsistentno zbiranje podatkov in jasno opredeljeno metodologijo njihove obdelave. Če podatki niso zbrani na enoten način ali če analiza ni metodološko usklajena, postane primerjava med različnimi lokacijami ali med različnimi časovnimi obdobji nezanesljiva. Posledično se lahko zmanjša tudi uporabnost takšnih podatkov pri sprejemanju odločitev o prometnih

ukrepah ali pri ocenjevanju učinkovitosti že izvedenih intervencij (Chen in sodelavci, 2024).

Ko govorimo o upravljanju hitrosti, literatura iz zadnjih let precej jasno loči med ukrepi, ki dajejo povratno informacijo, in ukrepi, ki povečajo verjetnost zaznane posledice. Povratna informacija je tipično povezana z dinamičnimi prikazovalniki hitrosti (ang. "*dynamic speed feedback signs*"). Ti sistemi vozniku vrnejo podatek o tem, kako hitro vozi, pogosto skupaj s signalom odobravanja ali opozorila.

Mahmud in sodelavci (2024) v pregledni študiji o dinamičnih prikazovalnikih hitrosti poudarjajo, da se učinki kažejo v znižanju povprečnih hitrosti in pogosto tudi v znižanju 85. percentila, vendar so rezultati odvisni od lokacije, načina postavitve in od tega, ali se učinek s časom zmanjša. Pregled prav tako izpostavi, da je v praksi pomemben tudi vidik javnega sprejemanja in pravilnega umeščanja na kritične lokacije, kjer je konflikt med lokalnim okoljem in hitrostjo najbolj problematičen.

Pri upravljanju hitrosti je zelo uporabno ločevanje med mehkim usmerjanjem in trdim nadzorom, saj ta razlika pomaga bolje razumeti, kako različni ukrepi vplivajo na vedenje voznikov v prometu. Mehko usmerjanje vključuje predvsem ukrepe, ki voznika opozorijo na njegovo trenutno hitrost ali na prisotnost nevarnega območja, vendar pri tem ne uporabljajo neposrednega kaznovanja. Med takšne ukrepe sodijo predvsem prikazovalniki hitrosti in vozilom aktivirani prometni znaki, ki se vključijo takrat, ko vozilo preseže določeno hitrost. Ti sistemi vplivajo na vedenje voznikov predvsem preko opozorila in preko občutka, da je njihovo ravnanje opaženo, kar ustvarja določeno stopnjo zaznane socialne kontrole.

Trdi nadzor na drugi strani vključuje ukrepe, ki imajo neposredne posledice za voznika, če ne upošteva prometnih pravil. Sem sodijo predvsem avtomatizirani sistemi nadzora hitrosti, kot so stacionarne ali mobilne kamere in klasična policijska prisotnost na cesti. Takšni ukrepi imajo običajno močnejši in bolj stabilen vpliv na vedenje voznikov, saj obstaja realna možnost sankcije v primeru kršitve. Zaradi tega vozniki pogosteje prilagodijo svojo hitrost in ravnanje v prometu. Alobaidallah in sodelavci (2025) poudarjajo, da ima trdi nadzor sicer večji in bolj trajen učinek, vendar je hkrati povezan tudi z večjimi stroški in z določenimi političnimi ter družbenimi občutljivostmi.

Uvedba takšnih sistemov pogosto zahteva tudi jasno pravno podlago in ustrezne postopke za obdelavo kršitev. Mehki ukrepi so po drugi strani praviloma enostavnejši in hitrejši za uvedbo ter so pogosto tudi bolj sprejemljivi za javnost, saj jih prebivalci pogosto razumejo kot opozorilo ali preventivni ukrep. Kljub temu pa literatura opozarja, da takšni ukrepi niso samodejno učinkoviti, temveč zahtevajo dobro nastavitev, pravilno izbiro lokacije in ustrezno spremljanje, da lahko dejansko vplivajo na vedenje voznikov in prispevajo k večji prometni varnosti (Gao in sodelavci, 2025).

Zanimiv primer iz literature je študija o vozilom aktiviranih znakih na cestah z omejitvijo 20 milj na uro v ruralnih naseljih. Olowosegun in sodelavci (2024) pokažejo, da je učinkovitost odvisna od tako imenovanega sprožilnega praga (ang. "*trigger speed*"), torej pri kateri hitrosti sistem preklopi v opozorilni način. Rezultati kažejo, da pragi, ki ciljajo na razmeroma majhna prekoračenja (na primer območje 21–24 milj na uro), lahko zmanjšajo hitrosti pri skupini voznikov, ki sicer ne bi reagirala na splošni znak. To ima praktično vrednost, ker večina problematičnih situacij v naseljih pogosto ne nastaja pri ekstremnih prekoračitvah, ampak pri majhni povečani hitrosti, kar je v šolskih conah ali na prehodih še vedno kritično.

V delovnih conah na avtocestah in na območjih zapor je slika drugačna. Tam so hitrosti višje, motivacija voznikov je pogosto priti čim prej mimo, okolje se spreminja in je več nepredvidljivosti. Shakir Mahmud in sodelavci (2024) v študiji o pozicioniranju prikolic s povratno informacijo o hitrosti (ang. "*speed feedback trailer*") in policijskem nadzoru pokažejo, da je pozicija naprave pomembna: postavitve bližje koncu zožitve lahko podaljša učinek v samo delovno cono, vendar so najmočnejša znižanja pri kombinaciji z vidno prisotnim nadzorom. To je tipičen primer sinergije, kjer tehnologija deluje bolje, ko je podprta z zaznano možnostjo sankcije. Za lokalne ceste to pomeni, da je treba razmišljati, kdaj je prikazovalnik hitrosti dovolj in kdaj ga je smiselno kombinirati z drugimi ukrepi, na primer s fizičnimi umiritvami, občasnimi policijskimi akcijami ali ozaveščanjem.

Avtomatiziran nadzor hitrosti je ena najbolj raziskanih intervencij. Gao in sodelavci (2025) v nedavni longitudinalni študiji stacionarnih kamer v New Yorku ugotavljajo zmanjšanje prekoračitev in statistično pomembno zmanjšanje prometnih nesreč po uvedbi kamer, pri čemer se učinki razlikujejo po lokacijah in se lahko pojavijo tudi časovni zamiki. Poseben del razprave je, da se s časom lahko zmanjša število izdanih

glob, kar je mogoče interpretirati kot izboljšanje skladnosti, vendar tudi kot prilagoditev vedenja voznikov. To implicira, da mora občina spremljati ne samo število kazni, ampak tudi dejanske hitrosti in širši kontekst, na primer preusmeritve prometa.

Zelo konkreten dokaz o učinkovitosti avtomatiziranega nadzora v občinskem kontekstu prihaja iz študije šolskih con v Torontu. Howard in sodelavci (2025) ugotavljajo, da sta bila po uvedbi programa opazna velika redukcija deleža vozil, ki so prekoračevala hitrost, in padec 85. percentila. To je pomembno zato, ker šolske cone pogosto predstavljajo politično in družbeno najbolj občutljive lokacije za ukrepe. Takšni rezultati podpirajo argument, da ima kombinacija jasne lokacije, jasno ciljne skupine (otroci in starši) in jasno komuniciranega nadzora lahko velik učinek na vedenje.

Literatura izven bogatejših držav je relevantna, ker kaže, da avtomatiziran nadzor lahko deluje tudi v okoljih z drugačnimi prometnimi kulturami, če je izveden sistematično. Delavary in sodelavci (2024) primer Ruande izpostavijo zaradi nacionalnega uvajanja avtomatiziranega nadzora, kjer analiza časovnih vrst pokaže povezavo med uvedbo kamer ter zmanjšanjem smrtnih žrtev in hudih nesreč. Tak primer je za evropske občine zanimiv predvsem metodološko, ker pokaže, kako se učinek ocenjuje ob prisotnosti drugih ukrepov in zunanjih šokov, na primer pandemije covid-19.

Na ravni sistemske razprave se avtomatiziran nadzor pogosto obravnava tudi skozi izzive: pravičnost, sprejemanje javnosti, lokacijska izbira in transparentnost. Alobaidallah in sodelavci (2025) v pregledu avtomatiziranih sistemov nadzora opozarjajo, da je za dolgoročno legitimnost pomembno, da so programi zasnovani kot del širše strategije upravljanja hitrosti, ne kot lovljenje glob. To je za občine ključna točka, ker lahko napačno komuniciran program sproži močan odpor in posledično oslabi učinek tudi drugih ukrepov.

Zadnja plast v razumevanju hitrosti je tehnologija v vozilih, predvsem inteligentna pomoč pri hitrosti (ISA) in drugi sistemi ADAS. V raziskavah se pojavlja problem, da potencial sistema ni realiziran, če ga voznik izklopi ali ignorira. Özkan in sodelavci (2024) v študiji, ki uporabi teorijo načrtovanega vedenja (TPB), pokažejo, da so stališča ključni napovedniki namere, da voznik sistem vključi, in tudi namere, da ga

preglasi. To pomeni, da so intervencije lahko učinkovite, če ciljajo na konkretna prepičanja, na primer zmanjšanje tveganja kazni ali zmanjšanje stresa pri vožnji.

To ni samo teorija. Özkan in sodelavci (2025) v randomizirani kontrolirani študiji pokažejo, da lahko kratka spletna intervencija, oblikovana na osnovi teorije načrtovanega vedenja, statistično pomembno okrepi namero voznikov, da ISA uporabljajo, in da se učinek ohrani tudi po enem tednu in enem mesecu. Za prometno politiko in občine to pomeni, da infrastrukturni ukrepi in voziška psihologija nista ločena svetova. Če se na primer v občini uvajajo prikazovalniki hitrosti in hkrati poteka komunikacija o ISA in varni hitrosti, se lahko učinek okrepi.

Na ravni sistemov ADAS se pojavi tudi evropski regulatorni okvir, ki zahteva uvedbo določenih varnostnih sistemov v novih vozilih. Evropska zakonodaja postopno uvaja obvezno prisotnost teh tehnologij, kar pomeni, da bodo nova vozila vedno pogostejše opremljena s sistemi, ki pomagajo vozniku pri zaznavanju nevarnosti ali pri ohranjanju varne vožnje (European Commission, 2024). Costa in sodelavci (2025) v študiji, ki ocenjuje vpliv obveznih sistemov ADAS v EU do leta 2030, ugotavljajo, da imajo ti sistemi merljiv, vendar omejen vpliv na prometno varnost.

Raziskave poudarjajo, da za doseganje ambicioznih ciljev prometne varnosti ni dovolj samo več tehnologije v vozilih. Potrebna je kombinacija različnih ukrepov, med katerimi imajo pomembno vlogo infrastruktura, upravljanje hitrosti in nadzor v prometu. To je pomembno tudi za občine, saj se včasih pojavi argument, da bo posodobitev voznega parka sama od sebe rešila prometne probleme. Costa in sodelavci (2025) so glede tega precej jasni: brez ukrepov v prostoru in brez učinkovitega upravljanja hitrosti cilji prometne varnosti ne bodo doseženi.

2.4 Tehnologije za spremljanje prometa in inteligentni prometni sistemi (ITS)

ITS so v literaturi opredeljeni zelo široko, vendar se v zadnjih letih jasno kaže trend decentralizacije. Namesto enega centralnega sistema, ki zbira velike količine podatkov, se premikamo proti kombinaciji senzorjev na terenu, lokalne obdelave (ang. "*edge computing*") in selektivnega pošiljanja podatkov v platforme. Razlogi so trije: stroški prenosa in obdelave, zahteve po zasebnosti ter operativna robustnost,

ker mora sistem delovati tudi ob izpadih povezave. Ge in Qin (2024) predlagata, da proces razumemo kot verigo faz: zbiranje podatkov, prenos, analiza in posredovanje informacij uporabnikom ali sistemom. Če ena faza ni dobro rešena, celoten ITS ne deluje učinkovito.

Na tehnični ravni je pomembno, da različne tehnologije merijo različne stvari in da imajo različne slabosti. Video sistemi lahko nudijo bogate informacije, vendar so občutljivi na svetlobo, vreme in zasebnost. Vgrajeni sistemi v cestišču, na primer zanke in magnetni senzorji, so natančni, vendar so invazivni za namestitev in vzdrževanje. Radarski sistemi lahko dobro delujejo v različnih pogojih in so z vidika varstva zasebnosti manj problematični, vendar imajo omejitve pri razločevanju kompleksnih situacij, če je promet zelo gost ali če so vozila skoraj ustavljena. Sistemi LiDAR ponujajo visoko ločljivost in trajektorije, vendar so dražji in zahtevajo več računske moči. Kot ugotavljajo Zhang in sodelavci (2026), je izbira tehnologije zato vedno kompromis med natančnostjo, stroški, vzdrževanjem in pravnimi omejitvami.

Literatura o infrastrukturi, ki temelji na računalniškem vidu in obdelavi na robu omrežja (ang. *"edge computing"*), kaže, da je mogoče izvajati detekcijo, klasifikacijo, sledenje in oceno hitrosti brez potrebe po posebnih senzorjih v cestišču, če je že vzpostavljena video infrastruktura. Villa in sodelavci (2024) pokažejo, da je ključ lokalna obdelava, ki zmanjša potrebo po stalnem prenosu surovega videa. Tak pristop je relevanten za občine, ker se lahko v določenih primerih izognejo invazivni namestitvi, vendar se takoj odprejo vprašanja zasebnosti in skladnosti z regulativo. Rešitev, ki je tehnično izvedljiva, še ni nujno izvedljiva v javnem prostoru, če nista urejena anonimizacija in upravljanje podatkov.

Ravno zaradi tega je v literaturi zelo aktualen koncept zasebnosti že v zasnovi (ang. *"privacy-by-design"*) v urbanih merilnih sistemih. Ivanovska in sodelavci (2025) v raziskavi o viziji AIoT za inteligentna urbana okolja predlagajo pristop, kjer se zasebnost varuje že na ravni zajema podatkov, ne šele z naknadno obdelavo. V praksi je to relevantno, ker občine pogosto želijo podatke o pretoku in o obnašanju prometa, ne pa identitete posameznikov. Tehnike, kot je anonimiziran zajem in učenje modelov na anonimiziranih podatkih, omogočajo kompromis med uporabnostjo in pravno sprejemljivostjo. To je pomembno tudi za implementacijo sistemov za štetje pešcev, kjer je zaupanje javnosti pogosto bolj občutljivo kot pri štetju vozil.

Eden od najbolj praktično zanimivih trendov v obdobju 2024–2026 je rast infrastrukturnih radarskih rešitev in nove generacije povezljivosti. Martín-Sacristán in sodelavci (2025) na primeru platforme, ki uporablja radarje UWB, povezane prek omrežja 5G, in platformo IoT s komunikacijo MQTT, pokažejo, da je mogoče zgraditi sistem, ki meri promet v realnem času, ima nizko zakasnitev in dovoljuje centralizirano upravljanje, hkrati pa ne ustvarja vizualnih podatkov. Takšne rešitve so neposredno relevantne za sisteme štetja vozil in za opozorilne sisteme, ker radar že po svoji naravi omogoča merjenje gibanja. V praksi pa se pokaže tudi potreba po kalibraciji (višina montaže, kot, širina pasu) in po testiranju v različnih prometnih režimih, predvsem pri ustavljanju in v situacijah zaustavljanja in speljevanja.

Z vidika raziskav in razvoja je pomembno tudi, da obstajajo odprti podatkovni nizi in merilne zbirke, ki omogočajo primerjavo algoritmov. Soom in sodelavci (2024) predstavljajo odprt mestni podatkovni niz, ki združuje radar mmWave in kamero za klasifikacijo vozil ter s tem prispeva k temu, da se sistemi lahko učijo na realnih pogojih, kot so dež, noč in različne stopnje oblačnosti. Za občinsko implementacijo je to pomembno, saj potrjuje, da se tudi infrastrukturni senzorji razvijajo v smeri robustnosti v realnih pogojih, ne le v laboratorijskem okolju.

Poseben segment spremljanja prometa so sistemi za merjenje na signaliziranih križiščih, kjer občina potrebuje podatke za optimizacijo faz, varnost pešcev in razumevanje zastojev. Saldivar-Carranza in sodelavci (2024) z uporabo trajektorij LiDAR za izračun meril učinkovitosti semaforja za vozila in pešce pokažejo, da je z visoko ločljivimi trajektorijami mogoče izračunati merila, ki so bila prej težko merljiva, in to na velikem številu opazovanj v 24 urah. Takšna metodologija je za pametna mesta pomembna, ker poveže infrastrukturo in podatkovno analitiko neposredno z upravljanjem.

Pri uvajanju sistemov za štetje je ena ključnih težav kakovost meritev v realnih pogojih, predvsem v gostem prometu. Kalašová in sodelavci (2025) v študiji, ki primerja meritve pretoka in hitrosti z radarjem in kamero v kongestiranih pogojih, pokažejo, da se odstopanja povečajo pri ustavljanju in kolonski vožnji, kar vpliva na klasifikacijo vozil in na oceno gostote. To je pomembno, ker občine pogosto merijo prav na problematičnih cestah, kjer so zastoji. Če naprava ni izbrana ali nastavljena za tak režim, lahko občina dobi podatke, ki izgledajo natančni, a imajo sistematično napako.

Podobno se pokaže tudi pri primerjavah med sistemoma LiDAR in CCTV, ki se uporabljata za štetje vozil in pešcev. Na prvi pogled se zdi, da gre zgolj za dve različni tehnični rešitvi za zbiranje prometnih podatkov, vendar literatura opozarja, da so dejanski rezultati pogosto zelo odvisni od konkretnih pogojev, v katerih sistem deluje. Med pomembnejšimi dejavniki so predvsem vremenske razmere, kot so dež, megla ali slaba vidljivost, pa tudi način obdelave zbranih podatkov. Pri sistemih, ki sledijo trajektorijam gibanja udeležencev v prometu, je pomembno predvsem to, kako so nastavljeni postopki za filtriranje anomalij, saj lahko nepravilno filtriranje povzroči napačne zaznave ali izgubo določenih podatkov. Ansariyar (2024) zato poudarja, da je natančnost posameznega sistema močno odvisna od metodologije obdelave podatkov in od tega, kako dobro je sistem prilagojen realnim prometnim razmeram.

V določenih situacijah lahko en sistem deluje zelo zanesljivo, medtem ko se v drugačnih okoljih ali pri drugačnih prometnih vzorcih pokažejo njegove omejitve. Prav zato primerjave med tehnologijami niso vedno enostavne, saj so rezultati pogosto povezani z načinom implementacije in z lokalnimi pogoji. Za občine ima to pomembno praktično posledico. Pri izbiri tehnologije za spremljanje prometa se namreč ne sme upoštevati samo začetna cena opreme ali stroški namestitve. Veliko pomembnejše je vprašanje, ali je bila določena tehnologija preizkušena v pogojih, ki so primerljivi z lokalnim okoljem, v katerem bo uporabljena. Če sistemi niso testirani v podobnih vremenskih, prometnih in prostorskih razmerah, obstaja tveganje, da zbrani podatki ne bodo dovolj zanesljivi za nadaljnje analize in za podporo odločanju. Zato literatura pogosto poudarja potrebo po preverjanju tehnologij v realnih razmerah in po izbiri rešitev, ki so dokazano primerne za specifične pogoje posameznega okolja (Ansariyar, 2024).

Zadnji trend, ki je relevanten za prihodnost, je razvoj infrastrukturnega zaznavanja LiDAR kot osnove za infrastrukturno percepcijo in digitalne dvojčke prometa. Zhang in sodelavci (2026) v obsežnem pregledu obcestnega zaznavanja LiDAR pokažejo, da se področje hitro razvija – od osnovnega postavljanja senzorjev in združevanja oblakov točk proti aplikacijam, kot so napovedovanje trajektorij, ocena tveganja trkov in vedenjska analiza. Hkrati izpostavijo izzive: optimizacijo postavitve, robustnost pri zakrivanju (ang. "*occlusion*"), generalizacijo modelov in sodelovanje med robom in oblakom. To je pomembno za občine, ker kaže smer,

kam gre industrija, vendar hkrati opozarja, da so napredne aplikacije smiselne šele, ko so osnovne meritve stabilne.

2.5 Podatki, analitika, zasebnosti in pametna mesta

Pogosto se pri prometnih tehnologijah prehitro govori o pametnem mestu, čeprav je osnovna težava v mnogih okoljih precej osnovna: manjkajo podatki, ki bi bili primerljivi, dovolj pogosti in dovolj kakovostni. Thabit in sodelavci (2024) zato izpostavljajo, da je najprej treba urediti podatkovni tok, šele nato napredno analitiko. Pri tem je dobro razumeti razliko med podatki za operativno upravljanje, na primer stanjem prometa v realnem času, in podatki za planiranje, na primer trendi pretokov, sezonsko obremenitvijo in spremembami po uvedbi ukrepa. Te funkcije imajo različne zahteve po časovni ločljivosti in po zanesljivosti.

IoT v cestni infrastrukturi se v literaturi pogosto predstavlja kot kombinacija senzorjev, komunikacije in platforme za obdelavo. Mutambik (2025) v študiji, ki obravnava IoT usmerjeno adaptivno upravljanje prometa, uporablja simulacijski okvir, da pokaže potencial zmanjšanja zastojev in izboljšanja mobilnosti pri strategijah, kot so adaptivni semaforji in dinamično preusmerjanje. Za občine je vrednost takšnih študij predvsem v tem, da pokažejo, da se investicija v merjenje povrne šele, ko je merjenje povezano z odločitvami. Če ima občina samo števec vozil, ne da bi se podatki uporabljali za prioritizacijo investicij, spremembo signalnih planov ali za identifikacijo nevarnih točk, učinek ostane omejen.

Koncept digitalnih dvojčkov v prometu se pojavlja kot razvojna smer, kjer se realni podatki iz infrastrukture povežejo z modelom, ki omogoča simulacijo, optimizacijo in napovedovanje. Ge in Qin (2024) v sistematičnem pregledu digitalnih dvojčkov za ITS izpostavljata arhitekture, metode in storitve, ki jih lahko ponudi DT-ITS, hkrati pa pokažeta, da je področje še fragmentirano in da so standardi, interoperabilnost in integracija z obstoječimi sistemi pogosto še nerešeni. Za lokalne implementacije to pomeni, da je pametno začeti z modularnim sistemom, kjer so osnovni podatki, torej hitrost, pretok in prisotnost, zbrani na standarden način, potem pa se nadgradnje v obliki napredne analitike dodajajo postopno.

Pri podatkih v javnem prostoru se ne moremo izogniti vprašanju zasebnosti in sprejemanja javnosti. Tu je argument zasebnosti že v zasnovi zelo praktičen: če občina uvaja kamere ali vizualne sisteme, mora imeti že v projektni zasnovi predvideno anonimizacijo, omejitve hrambe in jasen namen obdelave. Ivanovska in sodelavci (2025) kažejo, da obstajajo tehnične poti, kako zagotoviti uporabne metrike, na primer štetje, hitrost in tok, brez identifikacije posameznikov, vendar mora biti to dokazljivo in transparentno. V praksi to pomeni tudi dokumentacijo in komunikacijo z občani. Če se to zanemari, lahko projekt odpove ne zaradi tehnologije, ampak zaradi zaupanja.

Na področju upravljanja hitrosti in nadzora je dodatna dimenzija pravičnosti in legitimnosti. Federal Highway Administration (2025) v dokumentih o programih kamer za nadzor hitrosti poudarja programski pristop, ki vključuje načrtovanje, operacije in evalvacijo. To vključuje tudi spremljanje, ali sistem deluje pravilno, ali so lokacije izbrane na osnovi tveganja in ne na osnovi prihodkov ter kako se spremlja učinkovitost in percepcija javnosti. Tudi Alobaidallah in sodelavci (2025) opozarjajo, da je za dolgoročno legitimnost ključno, da je evalvacija del implementacije in ne zgolj naknadni dodatek. Če občina želi, da je ukrep dolgoročno stabilen, mora biti vrednotenje vgrajeno v zasnovo programa od samega začetka.

2.6 Uporabnost ugotovitev za podjetje Intermatic, d. o. o.

Glavna praktična vrednost literature za podjetje Intermatic, d. o. o., je v tem, da pokaže, kako se tehnologija prevede v uporaben ukrep. Pri tem je smiselno izhajati iz tipičnih kontekstov, v katerih se pojavljajo rešitve podjetja, kot so šolske cone, prehodi za pešce, vstopi v naselja, nevarni cestni odseki in lokalne občinske ceste.

Prva ugotovitev je, da je učinek prikazovalnikov hitrosti močno odvisen od njihove umestitve in načina zaznave informacije pri vozniku. Mahmud in sodelavci (2024) v pregledu študij o dinamičnih prikazovalnikih hitrosti poudarjajo pomen lokacije, ki omogoča pravočasen in varen odziv, jasnosti sporočila ter ustrezne aktivacije naprave. Za doseganje merljivih učinkov je zato ključno jasno opredeliti cilj kazalnikov, kot so povprečna hitrost, 85. percentil ali delež prekoračitev nad določenim pragom, ter lokacije izbirati na podlagi konfliktnega potenciala, ne zgolj pritožb.

Druga ugotovitev se nanaša na nastavitve sprožilnih pragov pri vozilom aktiviranih prikazovalnikih. Olowosegun in sodelavci (2024) kažejo, da lahko ustrezno kalibrirani pragovi vplivajo tudi na voznike z manjšimi prekoračitvami, ki se sicer dojemajo kot skladne z omejitvami. To je posebej relevantno v šolskih conah in pri prehodih za pešce, kjer so prav manjša odstopanja kritična. V praksi to pomeni, da naprava ni enkratna rešitev, temveč orodje, ki zahteva prilagoditev lokalni porazdelitvi hitrosti.

Tretja ugotovitev poudarja pomen kombiniranja ukrepov. Shakir Mahmud in sodelavci (2024) kažejo, da kombinacija povratne informacije in vidnega nadzora praviloma presega učinek posameznega ukrepa. Ker občine pogosto nimajo stalnega nadzora, lahko podobno logiko uresničijo z občasnimi policijskimi meritvami ali dopolnitvijo z elementi fizičnega umirjanja prometa, s čimer se poveča kredibilnost ukrepa.

Četrta ugotovitev se nanaša na spremljanje in vrednotenje učinkov. Gao in sodelavci (2025) ter Howard in sodelavci (2025) poudarjajo potrebo po ločenem spremljanju kratkoročnih in dolgoročnih učinkov, ki se lahko razlikujejo med lokacijami. Zato je smiselno vzpostaviti standardiziran protokol meritev pred in po uvedbi ukrepa ter periodične ponovitve, po potrebi pa tudi spremljanje morebitnih sprememb prometnih tokov.

Peta ugotovitev izpostavlja pomen kakovosti merilnih sistemov za štetje vozil in pešcev. Kalašová in sodelavci (2025) ter Saldivar-Carranza in sodelavci (2024) opozarjajo, da se v gostem prometu lahko pojavijo večja odstopanja, zato je ključna izbira tehnologije, preverjene v podobnih pogojih, ter jasna opredelitev postopkov validacije. Za strateško načrtovanje so pogosto dovolj stabilni trendi, medtem ko varnostne analize na mikroravni zahtevajo večjo natančnost.

Šesta ugotovitev se nanaša na podatkovno arhitekturo in možnost nadgradnje v naprednejše analitične sisteme. Literatura o digitalnih dvojčkih in sistemih IoT (Ge in Qin, 2024; Mutambik, 2025; Ivanovska in sodelavci, 2025) poudarja pomen modularnosti, standardiziranih podatkovnih izhodov in odprtosti sistemov, ki omogočajo nadaljnjo analitiko ter integracijo v občinske platforme ob hkratnem spoštovanju varstva osebnih podatkov.

Sedma ugotovitev opozarja na razvoj infrastrukturnih senzorjev, radarja in LiDAR, ki omogočajo vedno bolj podrobno zaznavanje in uporabo trajektorij za oceno tveganja. Zhang in sodelavci (2026) poudarjajo, da takšni sistemi postopno prehajajo od osnovnega zaznavanja k podpori digitalnim dvojčkom in varnostnim analizam, kar je pomembno tudi pri dolgoročnih investicijskih odločitvah občin.

Sklepno literatura kaže, da sodobne tehnologije občinam omogočajo tri ključne koristi: identifikacijo nevarnih lokacij na podlagi objektivnih meritev, spremljanje učinkov ukrepov skozi čas ter podporo dolgoročnemu načrtovanju prometne infrastrukture. S tem se odločanje postopoma premika od subjektivnih ocen k podatkovno podprtim odločitvam (Mahmud in sodelavci, 2024).

2.7 Psihološki vidiki tveganega vedenja

Za razumevanje, zakaj se prometne nesreče dogajajo v določenih vzorcih, ni dovolj analiza dogodkov na ravni statistike. Treba je razumeti tudi psihologijo voznika, ker se tveganje v prometu pogosto ne oblikuje kot enkratna napaka, temveč kot produkt ponavljajočih se odločitev, ki se skozi čas utrdijo v vzorce vedenja. Prometna varnost se v raziskavah razdeli na tri ravni: preventivo, nadzor in odziv. Preventiva deluje na ravni oblikovanja okolja in pravil, nadzor vpliva na vedenje preko zaznane verjetnosti sankcije, odziv pa zmanjšuje posledice, ko do dogodka že pride.

Prekoračitev hitrosti je v osnovi kompromis med časom in varnostjo, pri katerem ima psihološka komponenta navade ključno vlogo. Huang in sodelavci (2023) so v študiji, ki je ločila nizko, srednjo in visoko stopnjo prekoračitve hitrosti, pokazali, da je navada pomemben napovednik pri vseh ravneh, pri čemer se razlikujejo še vloge zaznane legitimnosti nadzora in dejavnikov odvrnitve. To je pomembno, ker pokaže, da represivni pristopi niso avtomatsko učinkoviti, če ne posežejo v navado ali v zaznano verjetnost zaznave prekrška.

Logika odvrnitve je pri prometnih prekrških pogosto preveč poenostavljena. Predpostavlja, da bo voznik zaradi strahu pred kaznijo ravnal bolj varno. V realnosti pa vozniki ocenjujejo, kje je nadzor viden, kje ga ni in kako ga je mogoče obiti. Truelove in sodelavci (2025) v kvalitativni študiji o uporabi tehnologij, ki razkrivajo lokacije nadzora, pokažejo dvojno rabo: nekateri vozniki opozorila uporabijo kot sprožilec za umiritev, drugi pa kot orodje za to, da prekrška ne bo zaznal sistem. To

pomeni, da nizka verjetnost kaznovanja ni nujno posledica slabe policijske prisotnosti, temveč tudi informacijske asimetrije.

Neupoštevanje signalizacije je pri urbanem prometu posebej zanimivo, ker je vezano na signalizirana križišča in fazne prehode. Raziskave o vožnji skozi rdečo luč pogosto ločijo med namernimi in nenamernimi kršitvami. Chu in sodelavci (2022) z modeliranjem vožnje skozi rdečo luč z latentnimi razredi pokažejo, da imajo poleg opaznih dejavnikov, kot sta starost in spol, pomembno vlogo tudi neopaženi psihološki dejavniki in okoliščine v trenutku. Vedenje drugih kršiteljev, odsotnost policije in dolga čakalna doba povečajo verjetnost kršitve.

Posebno obliko tveganega vedenja predstavlja uporaba mobilnega telefona med vožnjo. Cuentas-Hernandez in sodelavci (2024) v sistematičnem pregledu ugotavljajo, da uporaba mobilnega telefona med vožnjo ni enotno vedenje, temveč je močno odvisna od konteksta vožnje, na primer od gostote prometa, hitrosti in tega, ali vozilo stoji ali se premika. Da gre pri tem za dejavnik z merljivim učinkom na varnost, potrjujejo Atwood in sodelavci (2018), ki na podlagi naturalističnih podatkov ugotavljajo, da uporaba mobilnega telefona med vožnjo pomembno poveča tveganje za prometno nesrečo. Z razvojem tehnologije postaja takšno vedenje tudi vse bolj zaznavno. Koay in sodelavci (2022) v preglednem članku pokažejo, da je prepoznavanje voznikove nepozornosti vse bolj mogoče s pomočjo strojnega učenja in različnih podatkovnih modalitet, kar odpira pot avtomatiziranemu prepoznavanju tveganega vedenja v realnem času.

Če te oblike tveganega vedenja povežemo na ravni psihologije, dobimo nekaj ponavljajočih se mehanizmov. Prvi je zaznava tveganja, ki pogosto ni enaka objektivnemu tveganju. Pri hitrosti se lastna vozniška sposobnost preceni, še posebej v znanem okolju. Drugi mehanizem je navada, ki zmanjšuje potrebo po zavestni odločitvi in povzroči, da se prekršek pojavi kot avtomatsko vedenje. Tretji mehanizem je pričakovana verjetnost sankcije ali zaznave, ki jo vozniki pogosto ocenjujejo na podlagi prejšnjih izkušenj in informacijskih virov (Huang in sodelavci, 2023; Truelove in sodelavci, 2025).

2.8 Raziskovalna vrzel in izhodišče lastne raziskave

Skozi pregled literature se pokaže, da so rezultati raziskav o tveganem vedenju in o prometni varnosti precej konsistentni v eni točki: različne oblike tveganja se pojavljajo pogosto, vendar ne naključno. Povezane so z rutino, s subjektivno oceno situacije in z občutkom, ali je nadzor prisoten. Vozniki svoje vedenje prilagajajo zaznanim pogojem in pogosto podcenijo tveganje v situacijah, ki se zdijo vsakdanje ali obvladljive. Podobno velja tudi za pešce. Peng in sodelavci (2025) v študiji o vedenju pešcev ob utripajočih zelenih odštevalnih signalih ugotavljajo, da način signalizacije pomembno vpliva na pozornost in odločitve pešcev pri prečkanju, kar potrjuje, da tudi ranljivi udeleženci svoje vedenje prilagajajo zaznanim pogojem v prostoru. To pomeni, da se tveganje oblikuje skozi ponavljajoče se vzorce in ga je zato mogoče empirično proučevati.

Omejitve raziskav so prav tako konsistentne. Veliko študij se opira na samoporočanje, kar je problematično pri prekrških, saj udeleženci svoje vedenje pogosto podcenijo ali ga prilagodijo družbeno zaželenim odgovorom. Naturalistični podatki so močni, a logistično dragi (Atwood in sodelavci, 2018). Video analitika je obetavna, a omejena z zasebnostjo in pogoji zajema (Koay in sodelavci, 2022; Stiller in sodelavci, 2026). Manjši terenski vzorci so sicer izvedljivi, a ne omogočajo zanesljivega ocenjevanja strukturnih dejavnikov tveganja, ki se kažejo šele pri agregaciji na populacijski ravni.

Prav zato imajo uradne nacionalne zbirke prometnih nesreč poseben raziskovalni pomen. Omogočajo analizo z bistveno večjim vzorcem in širšo geografsko pokritostjo, kot jo ponujajo posamezne terenske študije. V slovenskem kontekstu je taka zbirka javno dostopna prek Policije Republike Slovenije in zajema podatke o vseh zabeleženih prometnih nesrečah, vključno z vzrokom, lokacijo, resnostjo posledic, časom dogodka ter značilnostmi udeležencev (Policija Republike Slovenije, 2025). Takšna podatkovna osnova omogoča sekundarno analizo, ki povezuje strukturne dejavnike tveganja z dejanskimi izidi, in predstavlja neposredno izhodišče za raziskovalni del te naloge.

Za podjetje Intermatic, d. o. o., ki razvija merilne sisteme za prometno varnost, je taka analiza dvojno koristna. Prvič, omogoča empirično utemeljeno prioritizacijo razvojnih funkcij sistemov, ker pokaže, kateri dejavniki nesreč so dejansko povezani

z najhujšimi posledicami. Drugič, omogoča prostorsko in časovno usmerjen razmislek o tem, kje in kdaj bi imela namestitve merilnih sistemov največji pričakovani učinek. Oba vidika sta za razvoj produkta in za prodajni nastop do občinskih naročnikov močnejša, če temeljita na nacionalnih podatkih kot pa na posameznih lokalnih opazovanjih.

3 Zasnova in izvedba raziskave

3.1 Opredelitev raziskovalnega problema

Problem, ki ga raziskava obravnava, je struktura prometnih nesreč v Sloveniji, razumljena kot sistemski pojav. Namesto posameznih dogodkov, opazovanih na eni lokaciji, raziskava poskuša prepoznati vzorce, ki se pojavljajo na nacionalnem merilu, torej v vseh upravnih enotah in na različnih vrstah cest. Izhajamo iz predpostavke, da se tveganje v prometu ne razporeja naključno, temveč sledi prepoznavnim dejavnikom: vrsti vzroka, lokaciji, času, stanju ceste in profilu udeležencev. Razumevanje teh dejavnikov je osnovni pogoj za ciljno načrtovanje varnostnih ukrepov in za smiselno razporejanje tehnoloških sistemov za nadzor prometa.

Ključni izziv pri obravnavi tega problema je, da so prometne nesreče razmeroma redek in statistično hrupen pojav, če jih opazujemo na posamezni lokaciji ali v ozkem časovnem oknu. Šele agregacija na nacionalni ravni, ki zajame po deset tisoč dogodkov, omogoča zanesljivo ocenjevanje povezav med vzroki in posledicami ter identifikacijo strukturnih tveganj, ki bi v manjšem vzorcu ostala prikrita. Takšen pristop je v literaturi uveljavljen kot osnova za podatkovno vodeno upravljanje prometne varnosti in za izbiro prioriteten lokacij za intervencijo (Thabit, Kerrache in Calafate, 2024; Federal Highway Administration, 2025).

Raziskava se osredotoča na tri medsebojno povezane vidike problema. Prvi je vprašanje, kateri vzroki nesreč najmočneje napovedujejo resne posledice, torej hude telesne poškodbe ali smrt. Drugi je vprašanje, kako se tveganje razporeja po prostoru in času, kar omogoča identifikacijo geografskih in časovnih območij s povišanim tveganjem. Tretji je vprašanje, katere skupine udeležencev so nesorazmerno izpostavljene najhujšim posledicam, predvsem ranljivi udeleženci v prometu. Ti trije vidiki skupaj omogočajo celovito razumevanje strukture tveganja, ki ga mora avtomatiziran merilni sistem za prometno varnost dejansko obravnavati.

Pomembno je poudariti, da raziskovalni problem ni zgolj akademski. Podjetje Intermatic, d. o. o., ki razvija merilne sisteme za prometno varnost, potrebuje empirično osnovo za odločitve o tem, kje in kako svoje sisteme namestiti, katere tipe vedenj je smiselno prioritizirati in kako utemeljiti varnostni argument pri občinskih in državnih odločevalcih. Nacionalna analiza prometnih nesreč ponuja natanko tak vhodni podatek, in sicer brez odvisnosti od terenske opreme ali od omejitev, ki so značilne za posamezna lokalna opazovanja.

3.2 Metodološki pristop

Raziskava uporablja kombinirani metodološki pristop, ki združuje kvantitativno statistično analizo nacionalne baze prometnih nesreč in kvalitativni ekspertni intervju.

Pri statistični analizi smo uporabili sekundarne podatke iz obstoječe, javno dostopne administrativne zbirke. Takšen pristop ima več metodoloških prednosti v primerjavi z zbiranjem primarnih podatkov. Vzorec je bistveno večji, zajema celotno nacionalno ozemlje in ima nacionalno reprezentativnost, ki je z individualnim raziskovalnim delom ni mogoče doseči. Poleg tega so podatki zbrani po enotnem policijskem protokolu, kar zagotavlja določeno raven standardizacije pri kodiranju spremenljivk, kot so vzrok nesreče, tip nesreče in klasifikacija posledic.

Sekundarna analiza ima tudi svoje omejitve, ki jih je treba eksplicitno priznati. Podatki so zbrani za operativne in upravne potrebe Policije, ne za raziskovalne namene, zato so nekatere spremenljivke, ki bi bile teoretično zanimive, bodisi odsotne bodisi kodirane na način, ki ni optimalen za statistično analizo. Kategorija vzroka nesreče na primer zajema širše skupine, kot je neprimljiva hitrost ali neupoštevanje pravil o prednosti, ne pa natančnejših vedenjskih opisov. Prav tako v zbirki ni neposredne kategorije za uporabo mobilnega telefona, ki je v literaturi pogosto obravnavana kot pomemben dejavnik tveganja. Te omejitve ne razvrednotijo analize, vendar je treba njihove posledice upoštevati pri interpretaciji rezultatov in pri oblikovanju zaključkov.

Raziskava sledi deduktivni logiki: iz literature in iz predhodnih raziskav izhajajo pričakovanja glede dejavnikov tveganja, ki se nato preverjajo na slovenskih podatkih. Pri tem se uporabljajo tako deskriptivne kot tudi inferenčne statistične metode.

Deskriptivna statistika omogoča osnovno sliko pojavnosti, frekvenc in porazdelitev, medtem ko inferenčne metode, konkretno test hi-kvadrat za neodvisnost in logistična regresija, omogočajo preverjanje hipotez o povezavah med spremenljivkami in o napovedni vrednosti posameznih dejavnikov za resnost posledic.

Logistična regresija je izbrana kot osrednja analitična metoda za modeliranje resnosti nesreč, ker ustreza naravi odvisne spremenljivke, ki je binarno kodirana kot prisotnost ali odsotnost resne posledice. Takšen pristop je v literaturi o prometni varnosti uveljavljen standard za identifikacijo dejavnikov tveganja in za oceno razmerij verjetij, ki jih je mogoče neposredno interpretirati pri določanju prioritet intervencij (Gao, Yang, Xu, Ozbay in Sharma, 2025). Odvisna spremenljivka »resnost posledic« je bila za potrebe logistične regresije rekodirana v binarno obliko. Vrednost 1 je predstavljala osebe s hudimi telesnimi poškodbami ali smrtnim izidom, vrednost 0 pa osebe z lažjimi poškodbami ali brez telesnih poškodb.

Za dopolnitev kvantitativnega dela raziskave je bil izveden polstrukturirani ekspertni intervju s strokovnjakom iz prakse, ki je bil namensko izbran zaradi relevantnih strokovnih izkušenj na obravnavanem področju. Namen intervjuja ni bil statistično posploševanje rezultatov, temveč poglobljena interpretacija in kontekstualizacija kvantitativnih ugotovitev. Intervju je bil izveden z direktorjem podjetja Intermatic, d. o. o., ki deluje na področju prometnovernostnih sistemov in sodeluje z več kot 130 občinami v Sloveniji. Intervju je obravnaval vprašanja uporabe avtomatiziranih merilnih sistemov, zaznanih prometnovernostnih problemov in praktičnih omejitev implementacije tehnologij v slovenskem prostoru.

3.3 Viri podatkov

Podatkovna osnova raziskave je javno dostopna zbirka prometnih nesreč, ki jo vodi Policija Republike Slovenije in jo na letni ravni objavlja v strojno berljivi obliki. Za raziskavo se uporablja zbirka za leto 2025, ki zajema obdobje od 1. januarja do 31. oktobra 2025 in vsebuje 30.404 zapisov o osebah, vključenih v prometne nesreče. Ker vsaka nesreča praviloma vključuje več oseb, ti zapisi skupaj opisujejo 17.186 unikatnih prometnih nesreč. Zbirka pokriva vseh 58 upravnih enot v Sloveniji, kar pomeni popolno geografsko pokritost ozemlja.

Vsak zapis v zbirki vsebuje 35 spremenljivk, ki jih je mogoče razvrstiti v štiri skupine. Prva skupina zajema identifikacijske in administrativne podatke, kot so zaporedna številka nesreče, upravna enota, datum in ura dogodka. Druga skupina opisuje lokacijo nesreče, vključno z vrsto ceste, šifro in imenom ceste ter odseka, stacionažo dogodka, opisom kraja in koordinatami v državnem koordinatnem sistemu. Tretja skupina zajema vsebinske značilnosti nesreče: klasifikacijo posledic, vzrok nesreče, tip nesreče, vremenske okoliščine, stanje prometa, stanje in vrsto vozišča. Četrta skupina se nanaša na osebe, vključene v nesrečo, in zajema vlogo udeleženca, starost, spol, državljanstvo, vrsto poškodbe, vrsto udeleženca, uporabo varnostnega pasu, vozniški staž ter vrednost alkotesta oziroma strokovnega pregleda.

Spremenljivka klasifikacija nesreče ima štiri kategorije, ki hierarhično opredeljujejo resnost posledic: z materialno škodo, z lažjo telesno poškodbo, s hudo telesno poškodbo in s smrtnim izidom. V zbirki za leto 2025 je največji delež nesreč z materialno škodo, okvirno 70 odstotkov, sledijo nesreče z lažjo telesno poškodbo, medtem ko nesreče s hudo telesno poškodbo ali s smrtnim izidom skupaj predstavljajo manj kot pet odstotkov vseh dogodkov. Prav ta manjši delež je v središču raziskovalnega interesa, ker predstavlja dogodke z najvišjo družbeno in človeško ceno.

Spremenljivka vzrok nesreče ločuje enajst kategorij, med katerimi prevladujejo premiki z vozilom, neprilagojena hitrost, neupoštevanje pravil o prednosti, nepravilna stran ali smer vožnje ter neustrezna varnostna razdalja. Kategorija ostalo zajema vse preostale vzroke, ki niso uvrščeni v specifične skupine. Pri interpretaciji kategorije vzroka je treba upoštevati, da gre za primarni policijski zaključek ob obravnavi nesreče, ki ni nujno enoznačen, saj pri nesreči pogosto sodeluje več dejavnikov. Kljub temu je ta spremenljivka najkoristnejši razpoložljivi vhod za analizo strukturnih vzrokov tveganja.

Zanesljivost podatkov je za policijske zbirke praviloma visoka, ker beleženje poteka v formalnem uradnem postopku in v skladu s standardizirano metodologijo. Omejitve so znane iz literature: manjše nesreče z materialno škodo so lahko podreportirane, ker jih udeleženci v nekaterih primerih rešijo brez vključitve policije, medtem ko so resnejše nesreče praktično v celoti zajete. Za to raziskavo, ki se osredotoča predvsem na strukturo resnih posledic, je to dejstvo prej metodološka prednost kot omejitev.

3.4 Raziskovalna vprašanja in hipoteze

Raziskovalna vprašanja so oblikovana tako, da se neposredno nanašajo na vsebino razpoložljivih podatkov in da omogočajo empirično preverjanje na osnovi statističnih metod. Prvo raziskovalno vprašanje se glasi: kateri vzroki prometnih nesreč najmočneje napovedujejo resne posledice, torej hudo telesno poškodbo ali smrtni izid? To vprašanje naslavlja osrednji vidik strukture tveganja in je temelj za prioritizacijo intervencij, saj omogoča razlikovanje med vzroki, ki so sicer pogosti, vendar redko vodijo v resne posledice, in vzroki, ki so nesorazmerno povezani s hudimi dogodki.

Drugo raziskovalno vprašanje se nanaša na prostorsko in časovno razporeditev tveganja: kako se resnost prometnih nesreč razlikuje med urbanimi in neurbanimi okolji, med vrstami cest ter glede na čas dneva, dan v tednu in mesec v letu? To vprašanje omogoča identifikacijo območij in obdobj s povišanim tveganjem ter neposredno podpira odločitve o tem, kje in kdaj je umestitev avtomatiziranih merilnih sistemov najbolj smiselna.

Tretje raziskovalno vprašanje obravnava profil udeležencev: katere skupine udeležencev so nesorazmerno pogosto žrtve resnih posledic? Pri tem so v ospredju ranljivi udeleženci, torej pešci, kolesarji in motoristi, ki so zaradi odsotnosti fizične zaščite bistveno bolj izpostavljeni hudim poškodbam kot vozniki osebnih avtomobilov.

Iz teh raziskovalnih vprašanj izhajajo tri osrednje hipoteze, oblikovane na osnovi pričakovanj iz literature o prometni varnosti. Prva hipoteza trdi, da je neprimerna hitrost vzrok, ki je povezan z najvišjim razmerjem verjetij za resno posledico v primerjavi z drugimi vzroki nesreč. To pričakovanje izhaja iz fizikalne zakonitosti, da kinetična energija narašča s kvadratom hitrosti, in iz empiričnih študij, ki dosledno izpostavljajo hitrost kot najpomembnejši napovednik resnosti posledic.

Druga hipoteza predvideva, da imajo nesreče izven naselij višjo stopnjo resnih posledic kot nesreče v naseljih, in sicer zaradi višjih hitrosti, daljšega odzivnega časa reševalcev in drugačne strukture cestnega omrežja izven urbanih območij. To je pričakovanje, ki je skladno z znanimi vzorci v evropskih in ameriških raziskavah prometne varnosti.

Tretja hipoteza trdi, da so ranljivi udeleženci v prometu, konkretno pešci, kolesarji in motoristi, nesorazmerno pogosto zastopani med žrtvami s smrtnim izidom ali s hudo telesno poškodbo glede na njihov delež v celotni populaciji udeležencev nesreč. Ta hipoteza izhaja iz osnovnega izhodišča, da odsotnost zaščitnega okvira vozila neposredno povečuje verjetnost hudih poškodb pri katerem koli trčenju.

3.5 Spremenljivke analize

Za namen analize so spremenljivke iz izvirne zbirke razdeljene v tri skupine glede na njihovo vlogo v modelih. Odvisna spremenljivka, ki je v središču glavnega modela, je binarno kodirana resnost posledic. Izvirna klasifikacija s štirimi kategorijami se pretvori v dihotomno spremenljivko, kjer vrednost ena označuje osebe s hudo telesno poškodbo ali s smrtnim izidom, vrednost nič pa osebe z lažjo telesno poškodbo ali brez telesnih poškodb. Taka redukcija je metodološko utemeljena, ker je v literaturi pogosto uporabljena za ločevanje dogodkov z najhujšimi posledicami in omogoča uporabo logistične regresije.

Prva skupina neodvisnih spremenljivk so vzročne spremenljivke. Vzrok nesreče je kategorična spremenljivka, ki v izvirni zbirki ločuje enajst kategorij. Za potrebe regresijskega modela so kategorije z manj kot sto opazovanji oziroma z ničelno varianco glede na resnost posledic združene v skupno kategorijo ostalo, kar je standardni postopek za izogibanje težavam s separacijo pri logistični regresiji. Referenčna kategorija je izbrana kot najpogostejši vzrok, to so premiki z vozilom, kar omogoča interpretacijo ocenjenih razmerij obetov kot relativne spremembe verjetnosti resnega izida v primerjavi z referenčno kategorijo.

Druga skupina so kontekstualne spremenljivke. Sem sodijo lokacija v naselju kot binarna spremenljivka, opis kraja, ki ločuje med cestnim odsekom, križiščem, krožnim križiščem, parkirnim prostorom, prehodom za pešce in drugimi tipi lokacij, ter okoljska spremenljivka vremenskih razmer, ki je v modelu kodirana kot binarna spremenljivka neugodnih razmer (dež, megla, sneg). Te spremenljivke zajamejo prostorski in situacijski kontekst, v katerem se je nesreča zgodila, in omogočajo nadzor nad zmedenimi dejavniki pri ocenjevanju učinka vzroka.

Tretja skupina so časovne spremenljivke. Ura dogodka se uporablja kot kategorična spremenljivka z razdelitvijo na štiri časovna obdobja: jutranja konica, dopoldanski čas, popoldanska konica in večerno obdobje. Dan v tednu in mesec v letu se prav tako obravnavata kategorično. Takšna operacionalizacija omogoča identifikacijo časovnih vzorcev tveganja, ki so pomembni za časovno ciljano umeščanje nadzornih sistemov.

Za obravnavo tretjega raziskovalnega vprašanja o ranljivih udeležencih se uporablja dodatni sklop spremenljivk, ki izhajajo iz podatkov o osebah: vrsta udeleženca, starost in spol. V posameznih analizah se osnovne enote predstavijo iz nesreč na osebe, ker je za vprašanje poškodb natančnejše obravnavati individualne izide kot skupni izid nesreče.

3.6 Načrt analize

Analiza se izvede v treh zaporednih fazah, pri čemer vsaka faza naslavlja eno od raziskovalnih vprašanj in se metodološko nadgrajuje na prejšnjo. Prva faza je deskriptivna in obsega izračun frekvenc, deležev in porazdelitev za vse ključne spremenljivke. Ta faza omogoča osnovno sliko pojava, ugotavljanje morebitnih anomalij v podatkih in pripravo za statistične teste. Rezultati deskriptivne statistike se predstavijo v tabelarni in grafični obliki, pri čemer se uporabijo histogrami, stolpcični prikazi in geografske vizualizacije za prikaz prostorske porazdelitve nesreč.

Druga faza je bivariatna analiza, v kateri se s testom hi-kvadrat za neodvisnost preverjajo povezave med pari kategoričnih spremenljivk. Konkretno se preverjajo povezave med vzrokom nesreče in resnostjo posledic, med lokacijo in resnostjo, med vrsto ceste in resnostjo, med časovnim obdobjem in resnostjo nesreč ter med vrsto udeleženca in verjetnostjo resne poškodbe. Test hi-kvadrat se uporablja zato, ker imajo vse ključne spremenljivke v raziskavi kategorično naravo in ker omogoča preverjanje statistične značilnosti povezav brez predpostavke o linearnosti. Rezultati se poročajo skupaj z velikostmi učinka, konkretno s Cramerjevim V za mero jakosti povezave.

Tretja faza je multivariatna analiza z logistično regresijo. Glavni model napoveduje verjetnost resne posledice nesreče kot funkcijo vzroka nesreče, lokacije, opisa kraja, časovnega obdobja, dneva v tednu in vremenskih pogojev. Model se oceni na ravni nesreč, pri čemer se za vsako nesrečo uporabi en zapis z ustrezno agregiranimi

značilnostmi. V predhodni preverbi je bila spremenljivka stanje vozišča izpuščena iz modela zaradi visoke kolinearnosti z vremenskimi razmerami, kar je v literaturi pričakovano in metodološko utemeljeno. Rezultati modela se poročajo kot razmerja verjetij z intervali zaupanja na ravni 95 odstotkov in z ustreznimi testi statistične značilnosti. Kakovost prileganja modela se ocenjuje s pomočjo McFaddenovega psevdo koeficienta determinacije (psevdo R^2) in s testom razmerja verjetij v primerjavi z ničelnim modelom.

Dodatni, ločeni model logistične regresije se izvede za raven oseb in napoveduje verjetnost hude poškodbe ali smrti posameznika v nesreči kot funkcijo vrste udeleženca, starosti, spola in vloge v nesreči. Ta model neposredno naslavlja tretje raziskovalno vprašanje o ranljivih skupinah in omogoča ocenjevanje razmerij verjetij za hudo poškodbo pri posameznih skupinah udeležencev v primerjavi z voznikom osebnega avtomobila kot referenčno kategorijo.

Za prostorsko analizo se uporabijo podatki o upravnih enotah, kjer se je nesreča zgodila. Upravne enote so osnovna enota agregacije, pri čemer se za vsako enoto izračuna absolutno število nesreč, število resnih posledic in delež resnih posledic. Na osnovi teh treh meril se nato oblikuje kompozitna prioriteta lestvica enot za umeščanje merilnih sistemov, pri čemer se uporabijo uteži glede na strukturni pomen posameznega merila. Prostorska analiza je predvsem deskriptivna in služi kot vhod za razpravo o prioriteta lokacijah za umeščanje avtomatiziranih merilnih sistemov.

Za vse statistične teste se uporablja stopnja značilnosti pet odstotkov. Analiza se izvede v programskem okolju Python z uporabo standardnih knjižnic za statistično obdelavo in vizualizacijo, kar zagotavlja ponovljivost rezultatov in transparentnost analitičnih korakov.

3.7 Etični in pravni vidiki

Ker raziskava uporablja javno dostopne in anonimizirane podatke, je izpostavljenost etičnim in pravnim tveganjem minimalna. Zbirka prometnih nesreč, ki jo objavlja Policija Republike Slovenije, ne vsebuje identifikacijskih podatkov posameznikov. Osebe so opisane zgolj z demografskimi atributi, kot so starost, spol in državljanstvo, ter z atributi, ki so relevantni za prometno analizo, kot so vrsta udeleženca, uporaba varnostnega pasu in vozniški staž. Registrske tablice, imena in

drugi osebni identifikatorji niso prisotni. To pomeni, da iz zbirke ni mogoče neposredno sklepati o identiteti katerega koli udeleženca, niti ob povezovanju z zunanjimi viri, kar je temeljna predpostavka za uporabo podatkov v raziskovalnem kontekstu brez dodatnih pravnih postopkov.

Kljub temu je treba tudi pri anonimizirani zbirki ravnati odgovorno. Analiza se izvaja na agregirani ravni, rezultati se poročajo v obliki deležev, razmerij in statističnih povzetkov, ne pa v obliki opisa posameznih dogodkov. Posamezne nesreče se v poročilu ne identificirajo po lokaciji, datumu ali kombinaciji atributov, ki bi omogočala rekonstrukcijo dogodka ali posrednega sklepanja o vpletenih osebah. To velja tudi za prostorsko analizo, kjer se geografske koordinate uporabljajo izključno za agregirano prikazovanje porazdelitve nesreč in ne za identifikacijo specifičnih dogodkov. Ta pristop je skladen z načeli »privacy-by-design«, ki so v literaturi uveljavljena kot standard za obdelavo podatkov o javnem prostoru (Ivanovska, Kreft, Štruc in Perš, 2025). Odgovornost pri obdelavi takšnih podatkov ni zgolj formalnost, temveč del širše raziskovalne etike, ki zahteva, da se tudi sekundarni viri uporabljajo premišljeno in v skladu z namenom, za katerega so bili objavljeni.

Podatki se uporabljajo izključno za raziskovalne namene in se ne delijo z drugimi, razen v obsegu, ki je potreben za pregled dela. Rezultati raziskave bodo predstavljeni v zaključni nalogi in po potrebi v strokovnih prispevkih, pri čemer se ohranja agregirana raven poročanja. Takšna etična zasnova omogoča odgovorno uporabo javnih podatkov za namen, ki ima neposredno družbeno koristnost, to je izboljšanje prometne varnosti prek bolj utemeljenega umeščanja merilnih in nadzornih sistemov. Pomembno je tudi, da takšen pristop ohranja zaupanje javnosti v postopke obdelave podatkov iz uradnih virov, saj bi pretirana ali neustrezna uporaba anonimiziranih podatkov lahko posredno ogrozila razpoložljivost takšnih zbirk v prihodnosti. S tem ko se raziskava dosledno drži agregirane ravni in se omeji na cilje, ki imajo družbeno vrednost, hkrati podpira tudi legitimnost odprtih podatkov kot vira za bodoče raziskave prometne varnosti v Sloveniji.

3.8 Pomen ugotovitev za sisteme Intermatic, d. o. o.

Nacionalna analiza prometnih nesreč ima za podjetje Intermatic, d. o. o., tri neposredno uporabne vrednosti. Prva je identifikacija strukturnih dejavnikov tveganja, ki so empirično povezani z najhujšimi posledicami. Če analiza potrdi, da je

neprilagojena hitrost najmočnejši napovednik resne posledice, to utemelji prioritizacijo merjenja hitrosti kot osrednjega funkcijskega zahtevka avtomatiziranih sistemov. Enako velja za druge vzroke, ki se bodo izkazali za statistično pomembne napovednike: njihova identifikacija omogoča oblikovanje razširjene specifikacije sistema, ki poleg hitrosti zaznava in beleži tudi druge relevantne dogodke. Takšna utemeljitev razvojnih prioritet ne temelji na predpostavkah ali na industrijskih standardih iz tujine, temveč na konkretnih podatkih iz slovenskega okolja, kar je pri pogovorih z domačimi naročniki bistvena prednost.

Druga uporabna vrednost je prostorska in časovna prioritizacija. Analiza upravnih enot s povišano stopnjo resnih nesreč omogoča pripravo prioritetnega seznama lokacij, kjer bi imela namestitve merilnega sistema največji pričakovani učinek. Podobno velja za časovno dimenzijo: če se določena obdobja dneva ali tedna izkažejo za sistematično povezana s hujšimi posledicami, to informira nastavitve sistema, kot so časovno prilagojeni sprožilni pragovi ali okrepljeno spremljanje v kritičnih oknih. Ta tip podatkovno podprtih priporočil je za podjetje uporaben pri komunikaciji z občinskimi naročniki, ki pogosto potrebujejo jasno utemeljitev za investicijske odločitve. Ob tem prioritetni seznam deluje tudi kot strateški pripomoček pri lastnem razvoju prodajne strategije, saj omogoča, da podjetje proaktivno pristopi k občinam, ki doslej morda niso bile v primarnem fokusu, a so glede na empirično sliko med najbolj potrebnimi.

Tretja uporabna vrednost je povezana z ranljivimi udeleženci. Če se potrdi, da so pešci, kolesarji in motoristi nesorazmerno zastopani med žrtvami resnih posledic, to odpira prostor za razvoj rešitev, ki niso usmerjene izključno v zaznavanje motornih vozil, temveč upoštevajo tudi prisotnost in gibanje ranljivih skupin. V praksi to pomeni, da zasnova sistema ne sme temeljiti samo na merjenju hitrosti avtomobilov, temveč mora vključevati senzorske in analitične sposobnosti, ki so pomembne za zaščito vseh udeležencev v prometu. Takšna razširitev funkcijskega obsega je skladna s splošnim trendom v industriji prometnih senzorjev, kjer se posamezne rešitve povezujejo v celovite platforme, in predstavlja priložnost za pozicioniranje podjetja v segmentu, ki je pri manjših tekmecih pogosto zanemarjen.

Ob tem velja poudariti, da analiza temelji na podatkih o nesrečah, ki so se že zgodile, kar pomeni, da opisuje retrospektivno sliko tveganja. Za proaktivno umeščanje sistemov je ta slika vhod, ne pa dokončni odgovor. Dejanska uspešnost nameščenega

sistema je odvisna od kombinacije lokacije, kalibracije, komunikacije z javnostjo in sistemskega povezovanja z drugimi ukrepi, kar je v literaturi večkrat izpostavljeno kot pogoj za dolgoročno učinkovitost (Gao, Yang, Xu, Ozbay in Sharma, 2025; Alobaidallah, Alqahtany in Maniruzzaman, 2025). Kljub temu predstavlja nacionalna analiza prometnih nesreč najbolj trdno empirično izhodišče, ki ga je mogoče pridobiti brez lastnih terenskih meritev, in s tem bistveno okrepi utemeljitev odločitev o razvoju in namestitvi merilnih sistemov. Pomembno je tudi, da tovrstna analiza ni enkratno dejanje, temveč jo je mogoče ponavljati v prihodnjih letih, kar podjetju omogoča spremljanje trendov in sprotno prilagajanje razvojnih prioritet, hkrati pa vzpostavlja dolgoročno osnovo za dialog z občinami in drugimi deležniki prometne varnosti v Sloveniji.

3.9 Rezultati analize

V tem poglavju so predstavljeni rezultati sekundarne analize podatkov o prometnih nesrečah v Sloveniji za leto 2025. Analiza je potekala v treh fazah: deskriptivni pregled, bivariatni testi hi-kvadrat in multivariatna logistična regresija na dveh ravneh. Vsi rezultati so bili preverjeni v čistem zaporednem zagonu analitičnih skript. Vzorec zajema 17.186 prometnih nesreč, v katere je bilo vključenih 30.404 oseb, in pokriva obdobje od januarja do oktobra 2025 na celotnem ozemlju Slovenije.

3.10 Deskriptivni pregled

3.10.1 Porazdelitev resnosti nesreč

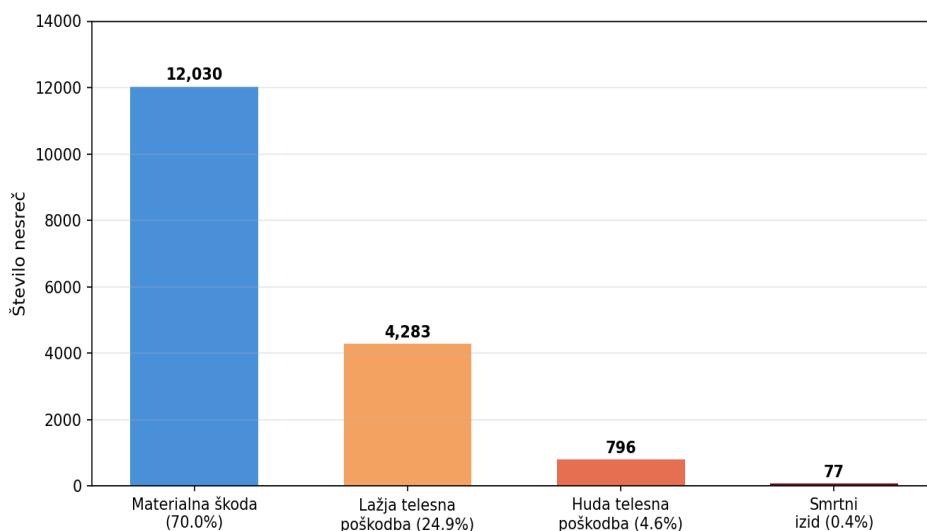
Preglednica 1 prikazuje porazdelitev vseh 17.186 nesreč po klasifikaciji resnosti. Velika večina nesreč, natančno 70,0 odstotka, je bila klasificiranih z materialno škodo, 24,9 odstotka z lažjo telesno poškodbo, 4,6 odstotka s hudo telesno poškodbo in 0,45 odstotka s smrtnim izidom. Skupno je v analiziranem obdobju v prometnih nesrečah umrlo 77 oseb.

Ta razporeditev je značilna za razvitejše prometnovarnostne sisteme: absolutna večina nesreč pusti omejene materialne posledice, medtem ko manjši, a kritični delež prispeva k skupnemu bremenu resnih poškodb. Prav teh 873 nesreč z resnimi posledicami, to je 5,08 odstotka celotnega vzorca, je v središču nadaljnje analize.

Preglednica 1: Porazdelitev prometnih nesreč po resnosti (januar–oktober 2025)

Klasifikacija nesreče	Število nesreč	% vseh nesreč
Z materialno škodo	12.030	70,00
Z lažjo telesno poškodbo	4.283	24,92
S hudo telesno poškodbo	796	4,63
S smrtnim izidom	77	0,45
SKUPAJ	17.186	100,00

Vir: Policija Republike Slovenije, 2025



Slika 1: Klasifikacija prometnih nesreč v Sloveniji (januar–oktober 2025)

3.10.2 Vzroki nesreč in njihova resnost

Preglednica 2 prikazuje porazdelitev nesreč po vzroku in delež resnih posledic znotraj vsake vzročne kategorije. Najpogostejši vzrok po absolutnem številu so premiki z vozilom s 4.608 nesrečami, kar predstavlja 26,8 odstotka vseh nesreč. Takoj za njimi je nepravilna vožnja s 3.210 nesrečami in nepravilna stran oziroma smer vožnje z 2.786 nesrečami.

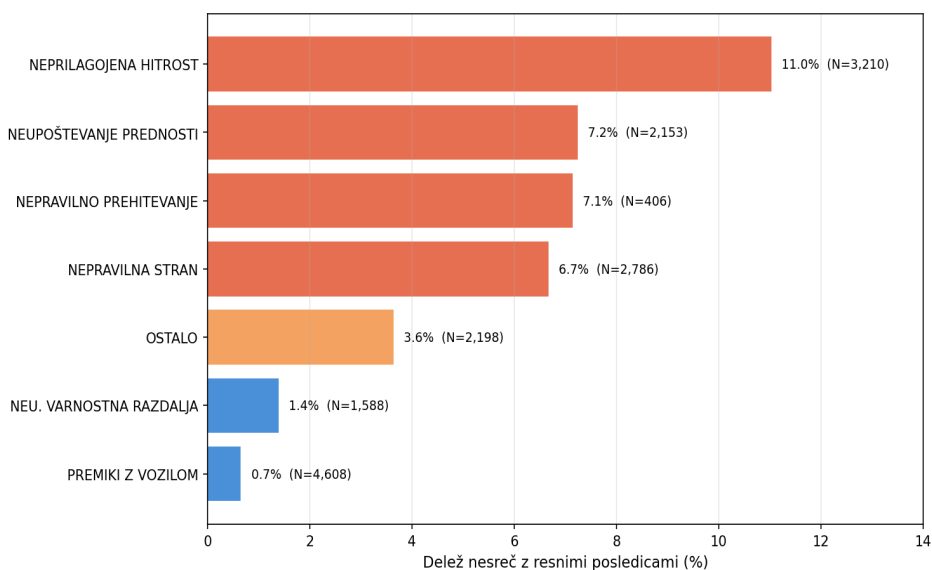
Ko pogled premaknemo s pogostosti na resnost, analiza pokaže drugačen vzorec glede na resnost posledic. Nepravilna vožnja je z 11,03 odstotka resnih posledic znotraj kategorije daleč najtežji vzrok. Sledijo nepravilno prehitovanje s 7,14 odstotka, neupoštevanje pravil o prednosti s 7,25 odstotka in nepravilna stran

oziroma smer vožnje s 6,68 odstotka. Nasprotno ima najpogostejši vzrok, premiki z vozilom, le 0,65 odstotka resnih posledic, kar jasno kaže, da gre pri tej kategoriji pretežno za nizkoenergijske trke pri manevriranju in parkiranju. Neustrezna varnostna razdalja, sicer peta po pogostosti, ima le 1,39 odstotka resnih posledic, ker so zadetki od zadaj pri nizkih hitrostih redko smrtonosni.

Preglednica 2: Vzroki nesreč in delež resnih posledic (izbrani vzroki)

Vzrok nesreče	N	Resnih	% resnih	% smrtnih
Premiki z vozilom	4.608	30	0,65	0,065
Neprilagojena hitrost	3.210	354	11,03	0,872
Neupoštevanje prednosti	2.153	156	7,25	0,650
Nepravilna stran/smer	2.786	186	6,68	0,933
Ostalo	2.198	80	3,64	0,136
Neust. varnostna razdalja	1.588	22	1,39	0,063
Nepravilno prehitivanje	406	29	7,14	0,246

Vir: Policija Republike Slovenije, 2025



Slika 2: Stopnja resnih posledic po vzroku nesreče

Posebej izstopajoča je kategorija nepravilnosti pešca, ki ima 17,74 odstotka resnih posledic. Čeprav gre za relativno malo nesreč (62), ta delež odraža bistveno višjo ranljivost udeležencev, ki so v teh primerih žrtev.

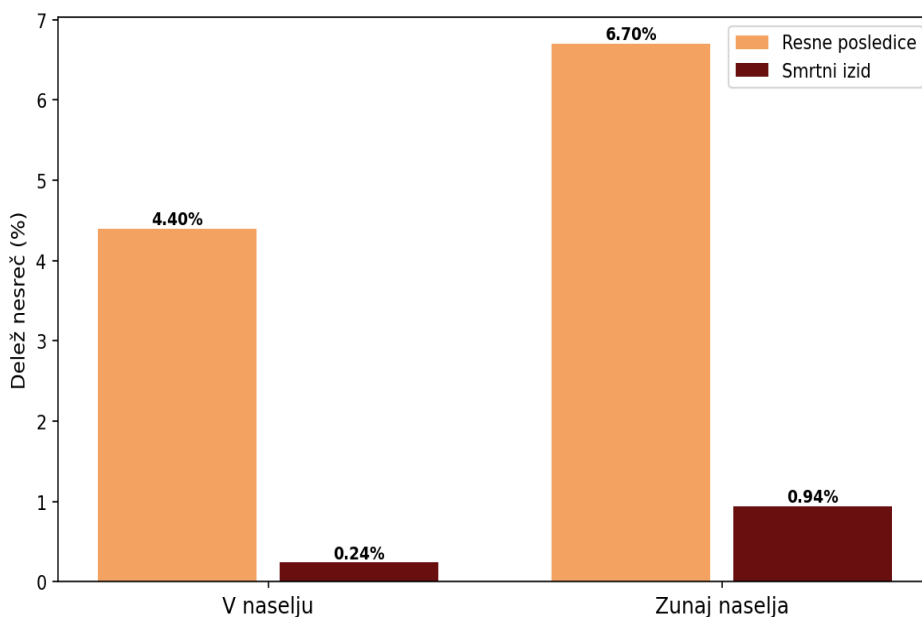
3.10.3 Prostorski vzorci: urbano in ruralno

Primerjava med nesrečami v naseljih in zunaj njih razkrije eno od osrednjih ugotovitev raziskave. V analiziranem vzorcu se je 12.089 nesreč zgodilo v naselbinskem okolju in 5.091 izven njega. Kljub temu da je nesreč v naseljih več kot dvakrat toliko, je slika pri resnih posledicah povsem drugačna.

Preglednica 3: Resnost nesreč glede na urbano okolje

Lokacija	N nesreč	Resnih	Smrtnih	% resnih	% smrtnih
V naselju	12.089	532	29	4,40	0,240
Zunaj naselja	5.091	341	48	6,70	0,943

Vir: Policija Republike Slovenije, 2025



Slika 3: Primerjava resnosti nesreč v naseljih in zunaj njih

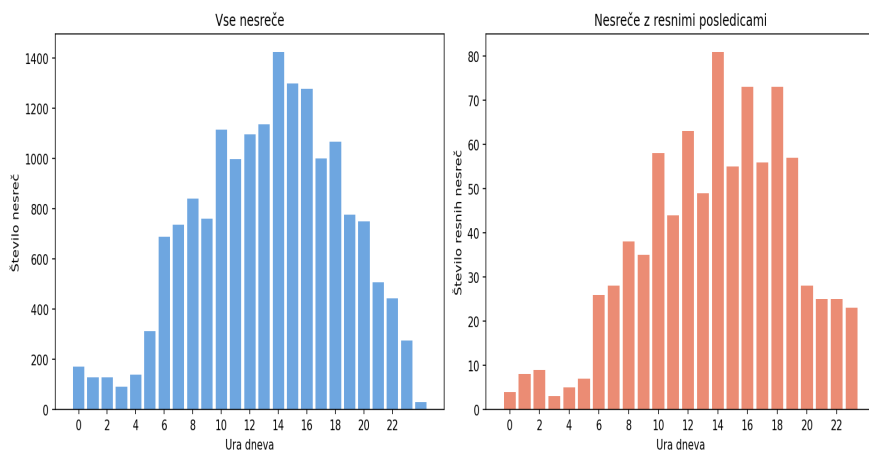
Delež resnih posledic zunaj naselja je 6,70 odstotka v primerjavi s 4,40 odstotka v naselbinskem okolju. Razlika je še bolj izrazita pri smrtnih izidih: zunaj naselja umre v nesreči 0,943 odstotka udeležencev, kar je skoraj štirikratnik deleža v naselje (0,240 odstotka). To pomeni, da je nesreča zunaj naselja ob vseh enakih pogojih bistveno bolj verjetno smrtonosna. Razlog za to je kombinacija višjih hitrosti, daljših odzivnih časov reševalcev in manjše gostote zaščitne infrastrukture.

3.10.4 Vrsta ceste in tip lokacije

Med vrstami cest izstopata regionalna cesta drugega reda z 9,49 odstotka resnih posledic in lokalna cesta z 11,54 odstotka. Nasprotno ima avtocesta kljub visokim hitrostim le 1,62 odstotka resnih posledic, kar je razložljivo z ločenimi smermi vožnje, odsotnostjo pešcev in kolesarjev ter z odbojnimi ograjami, ki preprečujejo frontalne trke. Glavne ceste in regionalne ceste prvega reda imajo med 7 in 10 odstotki resnih posledic.

Med tipi lokacij izstopa kategorija kolesarskih stez ali pločnikov z 19,10 odstotka resnih posledic, kar je najvišji delež med vsemi lokacijskimi kategorijami. Na prehodih za pešce je ta delež 12,90 odstotka. Parkirni prostori imajo le 0,27 odstotka resnih posledic, ker gre pri njih za nizke hitrosti. Tudi križišča imajo relativno nizek delež (4,90 odstotka), čeprav so tam interakcije med udeleženci pogostejše, kar kaže, da prometna signalizacija deluje kot varnostni filter.

3.10.5 Časovni vzorci

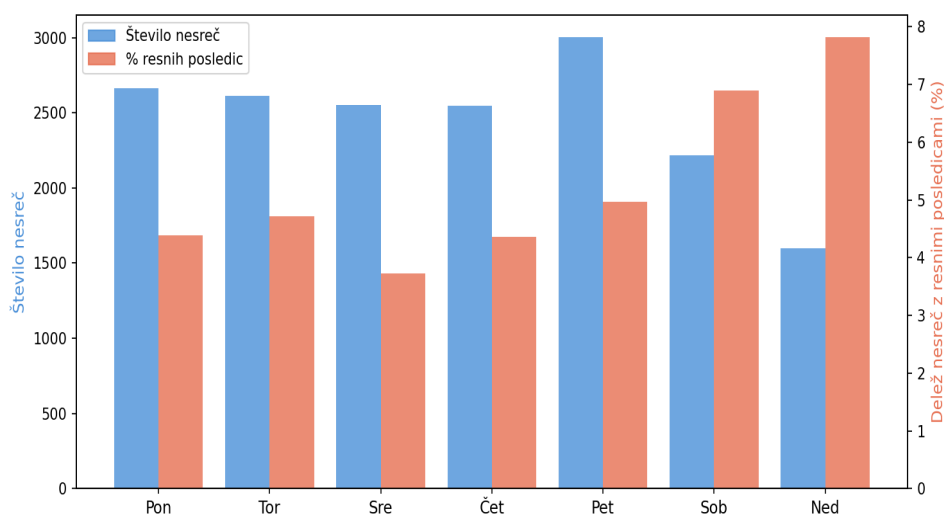


Slika 4: Porazdelitev nesreč po uri dneva

Slika 4 prikazuje porazdelitev nesreč po uri dneva. Absolutna frekvenca nesreč je najvišja v popoldanski konici med 14. in 18. uro, ko je zabeleženih 4.999 nesreč oziroma 29,1 odstotka celotnega vzorca. Jutranjo konico med 6. in 10. uro

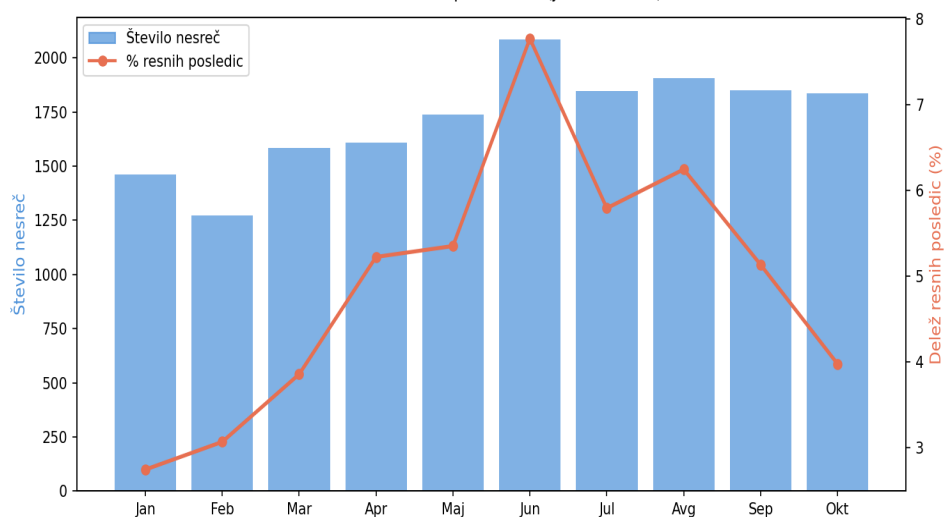
zaznamuje 3.024 nesreč. Nočno obdobje med 22. in 6. uro pa je absolutno najmanj obremenjeno s 1.718 nesrečami.

Pri deležu resnih posledic po časovnih obdobjih se pokaže, da so nesreče v večernem obdobju med 18. in 22. uro proporcionalno najtežje s 5,90 odstotka, sledita popoldanska konica s 5,30 odstotka in nočno obdobje s 4,89 odstotka. Nočno obdobje ima razmeroma nizek delež resnih posledic kljub pričakovanjem, kar se delno razloži z manjšim volumnom prometa in višjo povprečno hitrostjo, ki se ne nujno prevede v resne posledice pri vsakem posamičnem dogodku.



Slika 5: Nesreče in delež resnih posledic po dnevu v tednu

Razporeditev po dnevih v tednu pokaže, da je petek po absolutnem številu dan z največ nesrečami (3.002), kar sovпада s povečano prometno aktivnostjo ob koncu delovnega tedna. Ob sobotah in nedeljah je nesreč absolutno manj, a se delež resnih posledic bistveno dvigne. Sobota ima 6,90 odstotka resnih posledic, nedelja pa 7,82 odstotka, kar je skoraj dvakrat več kot povprečje delovnih dni, ki se giblje med 3,73 in 4,96 odstotka. Ta vzorec je skladen z mednarodnimi ugotovitvami o vlogi vikendnega prometa, utrujenosti in alkohola pri težjih nesrečah.



Slika 6: Nesreče po mesecu (januar–oktober 2025)

Mesečna porazdelitev kaže, da je junij po absolutnem številu nesreč rekorden mesec z 2.084 nesrečami, kar sovpada s povečanjem prometne aktivnosti na začetku poletne sezone. Delež resnih posledic je junija 7,77 odstotka, kar je skupaj z avgustom (6,25 odstotka) bistveno nad zimskim povprečjem. Julij je mesec z največ smrtnimi žrtvami, skupno 21, kar je 27 odstotkov vseh smrtnih žrtev v analiziranem obdobju, čeprav ta mesec predstavlja le dobrih 10 odstotkov vseh nesreč. Zimski meseci januar, februar in marec imajo najnižje deleže resnih posledic (2,74, 3,06 in 3,85 odstotka), kar se razloži z nižjimi povprečnimi hitrostmi in večjo previdnostjo voznikov v zahtevnih vremenskih razmerah.

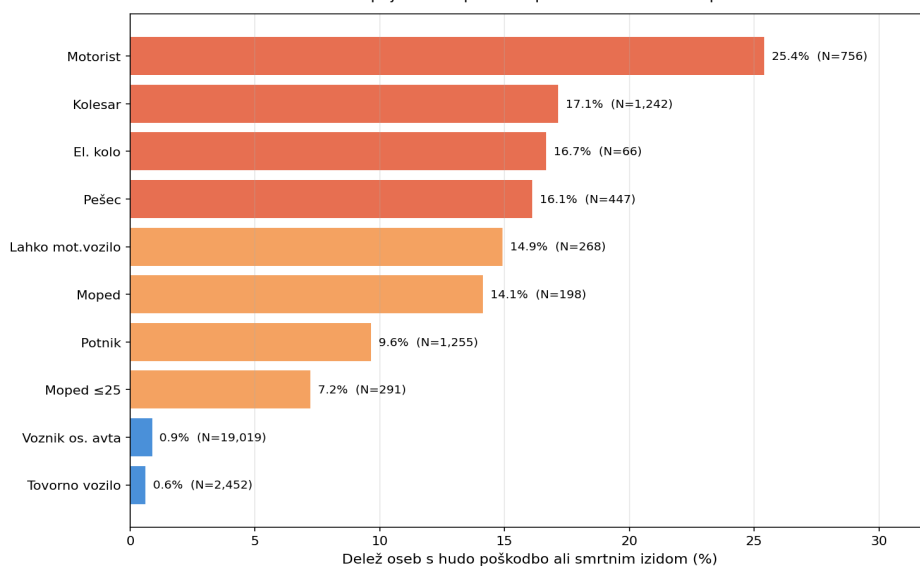
3.10.6 Udeleženci prometnih nesreč

Analiza na ravni oseb razkrije strukturno neenakost pri izpostavljenosti resnim poškodbam. Med vsemi vrstami udeležencev so vozniki osebnih avtomobilov po absolutnem številu daleč najpogostejši (19.019 oseb), a imajo le 0,88 odstotka resnih poškodb. Nasprotno pa ranljivi udeleženci izkazujejo bistveno višje deleže.

Preglednica 4: Stopnja resnih poškodb po vrsti udeleženca (izbrani)

Vrsta udeleženca	N oseb	% huda poš.	% smrt
Voznik os. avtomobila	19.019	0,88	0,126
Potnik	1.255	9,64	1,116
Pešec	447	16,11	1,119
Kolesar	1.242	17,15	0,564
Voznik motornega kolesa	756	25,40	3,439
Voznik lahkega mot. vozila	268	14,93	0,000
Voznik mopeda	198	14,14	1,515
Voznik tovornega vozila	2.452	0,61	0,041

Vir: Policija Republike Slovenije, 2025

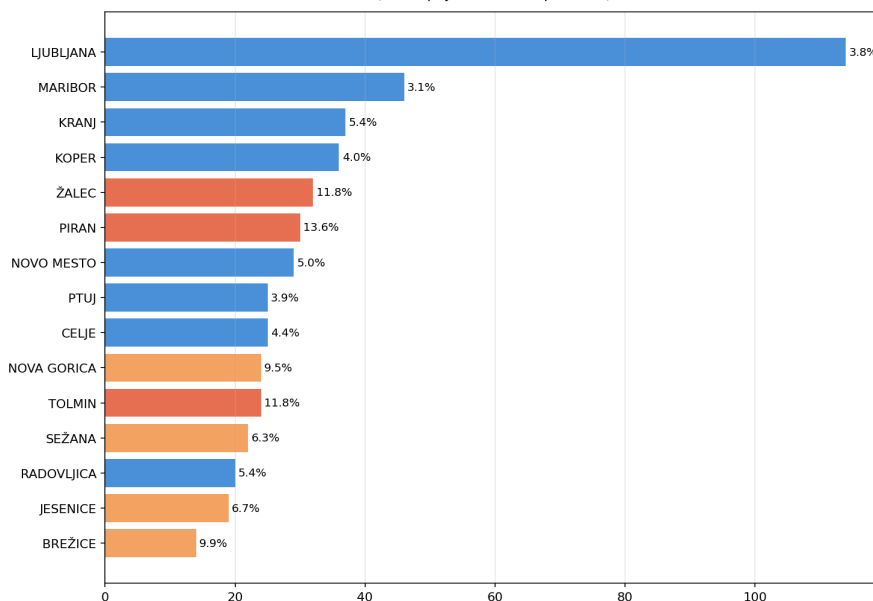


Slika 6: Stopnja resnih poškodb po vrsti udeleženca v prometu

Vozniki motornih koles imajo 25,40 odstotka resnih poškodb in 3,44 odstotka smrtnih izidov, kar je med vsemi skupinami absolutno najvišja smrtna stopnja. Kolesarji imajo 17,15 odstotka resnih poškodb, pešci 16,11 odstotka. Potniki v osebnih avtomobilih imajo 9,64 odstotka resnih poškodb, kar je nesorazmerno visoko glede na zaščito, ki jo nudi vozilo. To se delno razloži s tem, da so potniki pogosto žrtve trkov, ki jih sami niso povzročili, in da so po definiciji brez nadzora nad vožnjo. Vozniki tovornih vozil imajo le 0,61 odstotka resnih poškodb, kar odraža strukturno zaščito, ki jo omogoča masa in višina kabine.

Med 13.410 povzročitelji nesreč, pri katerih je bil izveden alkotest, je imelo 1.385 oseb oziroma 10,3 odstotka pozitiven rezultat. Vrednost alkotesta nad zakonsko dovoljeno mejo 0,5 grama na kilogram je imelo 772 povzročiteljev oziroma 5,8 odstotka. Mladi vozniki med 18. in 24. letom predstavljajo 15,89 odstotka povzročiteljev, kar je glede na njihov delež v vozniški populaciji nadpovprečno, a ne dramatično. Skupina 75 let in starejši predstavlja 7,57 odstotka povzročiteljev.

3.10.7 Prostorska razporeditev po upravnih enotah



Slika 7: Prvih 15 upravnih enot po številu resnih nesreč

Ljubljana z 3.036 nesrečami in 114 resnimi primeri predstavlja absolutno največji prometnovarnostni izziv po volumnu. Maribor s 1.506 nesrečami in 46 resnimi ter Kranj s 685 nesrečami in 37 resnimi sledita po absolutnem številu. Kljub temu je pri strateških odločitvah o umeščanju merilnih sistemov volumen nesreč zavajajoče merilo, ker odraža pretežno gostoto prometa, ne pa strukturne nevarnosti.

Ko primerjamo delež resnih posledic, se slika bistveno zamenja. Piran ima 13,64 odstotka resnih posledic, Žalec 11,76 odstotka in Tolmin 11,82 odstotka. Nova Gorica ima 9,52 odstotka, Brežice 9,86 odstotka. Vse te enote bistveno presegajo

slovensko povprečje 5,08 odstotka. Primerjalno ima Ljubljana le 3,75 odstotka, Maribor pa 3,05 odstotka resnih posledic, kar je pod državnim povprečjem.

Primerjava med pogostostjo nesreč in deležem resnih posledic nakazuje, da so nekatera turistično in regionalno obremenjena območja, kot sta Piran in Tolmin, bolj kritična z vidika teže posledic, čeprav imajo manjše skupno število nesreč. Na osnovi kompozitne prioritete lestvice, ki združuje absolutno število resnih nesreč s 50-odstotno utežjo ter delež resnih posledic s 30-odstotno utežjo in delež ranljivih udeležencev z 20-odstotno utežjo, se na vrhu znajdejo Ljubljana, Piran, Žalec, Maribor, Kranj in Tolmin.

3.11 Bivariatna analiza

Za vse ključne pare spremenljivk je bil izveden test hi-kvadrat za neodvisnost, skupaj z izračunom Cramerjevega V kot mero jakosti povezave. Preglednica 5 povzema rezultate vseh izvedenih testov.

Preglednica 5: Rezultati bivariatnih testov hi-kvadrat

Test	χ^2	df	p	Cramer's V	Jakost
Vzrok nesreče × resnost	542,08	10	< 0,001	0,178	šibka–zmerna
Urbano/ruralno × resnost	38,73	1	< 0,001	0,047	negligibilna
Vrsta ceste × resnost	237,59	10	< 0,001	0,118	šibka
Opis kraja × resnost	355,22	10	< 0,001	0,144	šibka
Čas dneva × resnost	10,05	4	0,040	0,024	negligibilna
Dan v tednu × resnost	55,95	6	< 0,001	0,057	šibka
Vremenske razmere × resnost	66,65	7	< 0,001	0,062	šibka
Ranljivi udeleženci × huda poš.	2.448,61	1	< 0,001	0,284	zmerna
Vrsta udeleženca × huda poš.	3.146,34	25	< 0,001	0,329	zmerna
Varnostni pas × huda poš.	101,29	1	< 0,001	0,076	šibka

Vir: Policija Republike Slovenije, 2025

Vse testirane povezave so statistično pomembne pri ravni $p < 0,05$. Kljub temu se jakost učinkov med testi bistveno razlikuje. Najšibkejša je povezava med časom dneva in resnostjo ($V = 0,024$), najmočnejša pa med vrsto udeleženca in hudo poškodbo ($V = 0,329$). Razlika med statistično pomembnostjo in jakostjo učinka je metodološko ključna: pri vzorcu 17.186 nesreč oziroma 30.404 oseb bi se statistična pomembnost pokazala tudi pri drobnih razlikah, ki v praksi nimajo velikega pomena. Zato je smiselno poudariti rezultate z Cramerjevim V nad 0,10 kot tiste, ki imajo praktično relevantnost.

Najizrazitejša vzorca sta torej vrsta udeleženca ($V = 0,329$) in ranljivi udeleženci skupaj ($V = 0,284$), kar napoveduje, da bo ta dimenzija prevladujoča tudi v regresijskem modelu. Vzrok nesreče ($V = 0,178$) je druga najmočnejša vrednost, opis kraja ($V = 0,144$) in vrsta ceste ($V = 0,118$) pa sledita z zmernim učinkom. Vse te spremenljivke so bile vključene v multivariatni model.

3.12 Logistična regresija

3.12.1 Model 1: Napovedovanje resnosti na ravni nesreč

Prvi model napoveduje verjetnost resne posledice nesreče kot funkcijo vzroka, lokacije, tipa prostora, časovnega obdobja, dneva v tednu in vremenskih razmer. Model je bil ocenjen na vzorcu 17.186 nesreč. McFaddenov psevdo R-kvadrat znaša 0,1121, test razmerja verjetij pa potrjuje, da model kot celota bistveno izboljša napoved v primerjavi z ničelnim modelom (razlika log-verjetij 386,96). Za logistično regresijo na populacijskih prometnih podatkih je to soliden rezultat. V predhodni preverbi je bila spremenljivka stanje vozišča izpuščena iz končne specifikacije zaradi visoke kolinearnosti z vremenskimi razmerami, kar je v skladu s standardnim metodološkim postopkom pri logistični regresiji.

Referenčna kategorija za vzrok je premiki z vozilom, za tip lokacije cestni odsek in za časovno obdobje dopoldanski čas. Preglednica 6 prikazuje razmerja verjetij za ključne napovednike.

Preglednica 6: Razmerja verjetij za Model 1 (nesreče)

Napovednik	OR	95 % IZ	p
Nepriklagovana hitrost (vs. premiki z vozilom)	9,67	6,49–14,42	< 0,001
Neupoštevanje pravil o prednosti	6,94	4,54–10,60	< 0,001
Nepravilno prehitevanje	5,48	3,19–9,40	< 0,001
Nepravilna stran/smer vožnje	5,39	3,57–8,12	< 0,001
Ostalo	3,12	2,03–4,81	< 0,001
Prehod za pešce (vs. cestni odsek)	2,08	1,26–3,41	0,004
Drugo (kolesarska steza, pločnik ...)	2,59	2,00–3,35	< 0,001
Urbano okolje (vs. ruralno)	0,80	0,69–0,93	0,004
Vikend (vs. delovni dan)	1,48	1,27–1,72	< 0,001
Neugodne vremenske razmere	0,46	0,35–0,61	< 0,001
Parkirišče (vs. cestni odsek)	0,16	0,08–0,33	< 0,001
Neustrezna varnostna razdalja	1,07	0,61–1,90	0,805

Vir: Policija Republike Slovenije, 2025

Nepriilagojena hitrost je z razmerjem verjetij 9,67 in intervalom zaupanja od 6,49 do 14,42 daleč najmočnejši napovednik resne posledice med vzročnimi kategorijami. To pomeni, da je nesreča, pri kateri je vzrok nepriilagojena hitrost, ob kontroli vseh ostalih spremenljivk v modelu skoraj desetkrat bolj verjetno resna kot nesreča, ki je posledica premika z vozilom. Neupoštevanje pravil o prednosti ($OR = 6,94$) in nepravilno prehitovanje ($OR = 5,48$) sledita z bistveno nižjima, a še vedno izrazitima vrednostnima.

Neustrezna varnostna razdalja je edini vzrok, ki ni statistično pomemben napovednik resne posledice ($p = 0,805$, $OR = 1,07$). To je koherentno z deskriptivno sliko, ki je pokazala le 1,39 odstotka resnih posledic v tej kategoriji, in kaže, da zadetki od zadaj pri nizkih hitrostih praviloma ne vodijo v hude poškodbe.

Med lokacijskimi spremenljivkami sta statistično pomembna prehod za pešce ($OR = 2,08$) in kategorija drugo, ki zajema kolesarske steze in pločnike ($OR = 2,59$). Oba kažeta, da so lokacije z visoko prisotnostjo ranljivih udeležencev strukturno bolj nevarna prizorišča. Parkirišče ima $OR = 0,16$, kar pomeni 84-odstotno manjšo verjetnost resne posledice v primerjavi s cestnim odsekom. Urbano okolje ostaja zaščitni dejavnik ($OR = 0,80$, $p = 0,004$), vikend pa poveča verjetnost resne posledice za 48 odstotkov ($OR = 1,48$). Neugodne vremenske razmere imajo $OR = 0,46$, kar pomeni, da so resne posledice paradoksnostno pogostejše ob lepem vremenu. Razlaga za ta na videz protiintuitivni rezultat je, da vozniki ob neugodnem vremenu samodejno upočasnijo in povečajo previdnost, medtem ko ob suhih in jasnih razmerah vozijo hitreje in so manj previdni.

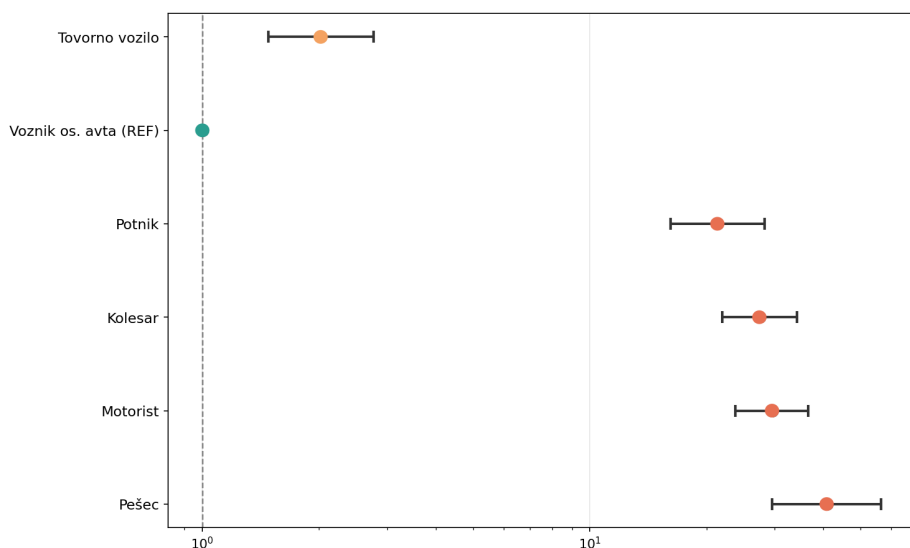
3.12.2 Model 2: Napovedovanje resnih poškodb na ravni oseb

Drugi model napoveduje verjetnost hude telesne poškodbe ali smrti posameznika v nesreči. Ocenjen je bil na vzorcu 29.122 oseb, od katerih je 935 utrpelo hudo poškodbo ali umrlo. McFaddenov psevdo R-kvadrat znaša 0,2339, kar je za individualne podatke o prometnih nesrečah izjemno močan rezultat in kaže, da vrsta udeleženca, starost in kontekst skupaj pojasnijo znaten del variance v izidih.

Preglednica 7: Razmerja verjetnosti za Model 2 (osebe)

Napovednik	OR	95 % IZ	p
Pešec (vs. voznik os. avta)	40,86	29,55–56,50	< 0,001
Motorist	29,53	23,77–36,68	< 0,001
Kolesar	27,39	21,94–34,20	< 0,001
Potnik	21,34	16,14–28,22	< 0,001
Tovorno vozilo	2,02	1,48–2,77	< 0,001
75+ let (vs. 25–34)	2,44	1,78–3,35	< 0,001
65–74 let	1,78	1,34–2,36	< 0,001
55–64 let	1,52	1,17–1,99	0,002
Povzročitelj nesreče	2,29	1,94–2,70	< 0,001
Urbano okolje	0,49	0,42–0,57	< 0,001
Spol (moški)	1,05	0,89–1,25	0,543

Vir: Policija Republike Slovenije, 2025


Slika 8: Razmerja verjetnosti za hudo poškodbo ali smrt po vrsti udeleženca (referenca: voznik osebnega avtomobila, log skala)

Rezultati drugega modela so med najizrazitejšimi v celotni analizi. Pešci imajo razmerje verjetij 40,86 za hudo poškodbo ali smrt v primerjavi z vozniki osebnih avtomobilov. Motoristi imajo razmerje verjetij 29,53, kolesarji 27,39 in potniki 21,34. Gre za red velikosti razlik, ki jih ni mogoče pripisati naključju ali vzorčni pristranskosti. Razlike so fizikalno utemeljene: odsotnost zaščitnega okvira vozila neposredno povečuje absorpcijo kinetične energije pri trku, kar vodi v bistveno hujše posledice.

Potniki imajo razmerje verjetij 21,34, kar je nesorazmerno visoko glede na to, da so fizično znotraj zaščenega vozila. Razlago ponuja struktura vzorca: potniki so pogosto žrtve stranskih trkov, pri katerih je bočna zaščita slabša od čelne in zadnje, ter so po definiciji pasivni udeleženci, ki nimajo nadzora nad situacijo.

Vozniki tovornih vozil imajo razmerje verjetij 2,02, kar pomeni, da so sicer dvakrat bolj verjetno resno poškodovani kot vozniki osebnih avtomobilov, a to je hkrati daleč najnižja vrednost med vsemi vrstami udeležencev. Strukturna zaščita, ki jo zagotavlja masa in višina kabine tovornjaka, deluje kot bistveni blažilec.

Starostni gradient je statistično zelo izrazit. Osebe, stare 75 let in več, imajo razmerje verjetij 2,44 v primerjavi z referenčno skupino 25 do 34 let, skupina 65 do 74 let 1,78 in skupina 55 do 64 let 1,52. Vse te vrednosti so statistično pomembne in kažejo, da enak mehanizem poškodbe pri starejših osebah z bistveno višjo verjetnostjo privede do hudih posledic. Mlajše osebe pod 18. letom imajo razmerje verjetij 0,72, kar se razloži s tem, da so v prometu redkeje prisotni kot vozniki in pogostejše kot zaščiteni potniki.

Spol se ni izkazal za statistično pomemben napovednik ($p = 0,543$, $OR = 1,05$), kar nakazuje, da so razlike v resnosti poškodb bolj funkcija vloge in vrste udeleženca kot spola samega. Vloga povzročitelja nesreče je statistično pomemben napovednik ($OR = 2,29$, $p < 0,001$): osebe, ki so nesrečo povzročile, so v povprečju 2,3-krat bolj verjetno resno poškodovane. To je delno razložljivo s tem, da so pri enostranskih nesrečah povzročitelji edini udeleženci in pri visokih hitrostih prevzemajo največji del sile. Urbano okolje ostaja zaščitni dejavnik tudi na ravni oseb ($OR = 0,49$), kar pomeni, da so v naselbinskem okolju ob vseh enakih pogojih resne poškodbe za polovico manj verjetne kot izven njega.

3.13 Sinteza in prioriteta lista za namestitev sistemov

Rezultati deskriptivne, bivariatne in regresijske analize skupaj oblikujejo konsistentno empirično sliko, iz katere je mogoče neposredno izpeljati priporočila za umeščanje avtomatiziranih merilnih sistemov. Tri osrednje ugotovitve so naslednje.

Prvič, neprimljiva hitrost je dominanten dejavnik resnih posledic. Z razmerjem verjetij 9,67 za resno posledico na ravni nesreče je to daleč najmočnejši napovednik v multivariatnem modelu, potrjen pa je bil tudi z bivariatno analizo ($V = 0,178$) in z deskriptivno sliko (11,03 odstotka resnih posledic). Avtomatizirani sistemi za zaznavo hitrosti so empirično utemeljeni kot prioriteta.

Drugič, ranljivi udeleženci so nesorazmerno izpostavljeni. Razmerja verjetij med 21 in 41 za hudo poškodbo ali smrt v primerjavi z vozniki osebnih avtomobilov pomenijo, da nobena prometno varnostna rešitev, ki ne naslavlja prisotnosti pešcev, kolesarjev in motoristov, ne naslavlja strukturno najtežjega dela problema. Lokacije z visoko prisotnostjo ranljivih udeležencev, kot so prehodi za pešce, kolesarske steze in šolske cone, so primarne ciljne točke.

Tretjič, geografska in časovna distribucija tveganja sta neenakomerni. Enote, kot so Piran, Žalec in Tolmin, imajo trikrat višji delež resnih posledic od državnega povprečja. Vikendi in poletni meseci so obdobja, ko je proporcionalni delež resnih izidov bistveno višji od delovno tedenskega in zimskega povprečja. Oboje se neposredno prevede v strategijo umeščanja in v časovne nastavitve sistemov.

Na osnovi teh treh ugotovitev je bila oblikovana prioritarna lestvica za 20 upravnih enot, ki kombinira absolutno število resnih nesreč, delež resnih posledic in delež ranljivih udeležencev. Na vrhu so Ljubljana, Piran, Žalec, Maribor, Kranj, Tolmin, Nova Gorica in Novo Mesto. Ta lista je neposredno uporaben vhod za strateške in prodajne odločitve podjetja Intermatic, d. o. o.

4 Diskusija

Diskusija je strukturirana po treh raziskovalnih vprašanjih. Pri vsakem je predstavljeno, kaj je bilo proučevano in zakaj, kako smo se tega lotili, kaj smo ugotovili, kakšno je mnenje o teh ugotovitvah ter katera priporočila iz njih izhajajo za prakso, predvsem za podjetje Intermatic, d. o. o., in za občine kot končne uporabnike merilnih sistemov.

4.1 Prvo raziskovalno vprašanje: vzroki nesreč in resnost posledic

Proučevali smo, kateri vzroki prometnih nesreč najmočneje napovedujejo resne posledice, torej hudo telesno poškodbo ali smrtni izid. Razlog za to vprašanje je bil tako teoretičen kot praktičen: brez jasne prioritizacije vzrokov bi razvojna usmeritev avtomatiziranih merilnih sistemov ostala naključna, hkrati pa bi občine težje utemeljile odločitve o investicijah. Lotili smo se ga v treh korakih, ki se metodološko nadgrajujejo: primerjave deležev resnih posledic znotraj vzročnih kategorij, hi-kvadrat preizkusa povezanosti in logistične regresije, ki je ocenila razmerja verjetij ob kontroli lokacijskih, časovnih in okoljskih spremenljivk.

Ugotovili smo, da je neprilagojena hitrost dominanten napovednik resnih posledic. Z razmerjem verjetij 9,67 in s 95-odstotnim intervalom zaupanja od 6,49 do 14,42 je daleč najmočnejši napovednik v multivariatnem modelu, sledijo pa neupoštevanje pravil o prednosti (OR = 6,94), nepravilno prehitevanje (OR = 5,48) in nepravilna stran ali smer vožnje (OR = 5,39). V nasprotju s tem je najpogostejši vzrok, premiki z vozilom, povezan s komaj 0,65 odstotka resnih posledic, neustrezna varnostna razdalja pa je edini vzrok, ki ni statistično pomemben napovednik ($p = 0,805$).

Po našem mnenju ti rezultati številčno potrjujejo intuicijo, ki je v prometni varnosti dolgo prisotna, a so jo občinski naročniki redko videli kvantificirano na nacionalnih podatkih. Dominantnost hitrosti potrjuje tudi praksa: direktor podjetja Intermatic, d. o. o., je v intervjuju poudaril, da je neprilagojena hitrost v skoraj dvajsetih letih njegovih izkušenj vsako leto ostala vzrok številka ena za prometne nesreče, šele za njo pa sledijo alkohol, prepovedane substance in v zadnjih letih naraščajoča uporaba mobilnih telefonov (Živković, osebni intervju, 24. maj 2026; glej Prilogo 1). Pomembno je, da se učinek hitrosti ne kaže šele pri ekstremnih prekoračitvah, temveč že znotraj širše kategorije neprilagojene hitrosti, kar je skladno z mednarodnimi raziskavami, ki hitrost izpostavljajo kot osrednji modifikator teže poškodb (Mahmud, Babić in Gates, 2024; Gao idr., 2025). Razlika med pogostostjo in težo vzroka pa pokaže, zakaj je prioritizacija po številu nesreč zavajajoča: sistem, ki bi bil optimiziran za zaznavanje najpogostejših dogodkov, bi zgrešil prav tiste, ki so družbeno najtežji.

Iz tega za prakso sledijo tri konkretna priporočila. Prvič, merjenje hitrosti mora ostati osrednja funkcija avtomatiziranih sistemov, ki jih razvija Intermatic, d. o. o., pri čemer naj sprožilni pragovi ne bodo nastavljeni samo na ekstremne prekoračitve, temveč tudi na zmerne odstopanja v okolju, kjer so ta najbolj kritična, kot so naselja, šolske cone in prehodi za pešce. Drugič, ker imata neupoštevanje prednosti in nepravilno prehitovanje visoki razmerji verjetij, je smiselno, da sistemi za nadzor križišč zaznavajo tudi te dogodke, kar je v skladu z literaturo o povezavi med nadzorom hitrosti in nadzorom signalizacije (Howard idr., 2025). Tretjič, prodajna komunikacija podjetja lahko uporablja te konkretne številke pri pogovorih z občinami, ker ponuja empirično utemeljeno argumentacijo namesto generične, kar potrjuje tudi direktor podjetja, ki kot ključno oviro pri uvajanju naprednejših sistemov izpostavlja predvsem zakonodajne omejitve in ne tehnoloških (Živković, osebni intervju, 24. maj 2026).

4.2 Drugo raziskovalno vprašanje: prostorska in časovna razporeditev tveganja

Proučevali smo, kako se resnost prometnih nesreč razlikuje med urbani in neurbani okolji, med vrstami cest ter glede na čas dneva, dan v tednu in mesec v letu. Vprašanje smo zastavili zato, ker učinkovita umestitev avtomatiziranih merilnih sistemov zahteva razumevanje, kje in kdaj so dogodki najtežji, brez tega pa odločitve pogosto temeljijo na pritožbah ali političnih prioritetah, ne pa na podatkih. Lotili smo se ga z agregacijo po upravnih enotah, analizo deležev resnih posledic po tipu lokacije in vrsti ceste ter s časovno analizo po uri dneva, dnevu v tednu in mesecu, vse skupaj pa smo vključili v multivariatni model.

Ugotovili smo, da se volumen in resnost ne ujemata. Največji absolutni delež nesreč prispevajo Ljubljana, Maribor in Koper, vendar je delež resnih posledic v teh enotah pod ali blizu državnemu povprečju. Nasprotno pa imajo Piran, Žalec in Tolmin trikratnik povprečnega deleža resnih posledic, čeprav so po volumnu nesreč bistveno manjše. Nesreče zunaj naselij so štirikrat pogostejše smrtno kot tiste znotraj naselij, urbano okolje pa v regresijskem modelu deluje kot zaščitni dejavnik ($OR = 0,80$). Po tipu lokacije izstopajo kolesarske steze in pločniki z 19,10 odstotka resnih posledic ter prehodi za pešce z 12,90 odstotka. Časovno se delež resnih posledic dvigne ob vikendih (sobota 6,90 odstotka, nedelja 7,82 odstotka) in v poletnih mesecih, predvsem juliju, ki je z 21 smrtnimi žrtvami najbolj smrtonosen mesec.

Naše mnenje je, da te ugotovitve resno izpodbijajo logiko, ki bi sistematično prioritizirala velika mesta. Volumenska logika nujno koncentrira sisteme tam, kjer je promet gost in dogodki številčni, vendar relativno blagi, medtem ko ostajajo manjše enote z nesorazmerno visokim deležem resnih posledic spregledane. Ta razkorak je v intervjuju neposredno potrdil tudi direktor podjetja Intermatic, d. o. o. Izpostavil je, da Piran sploh ne uporablja stacionarnih merilnikov hitrosti, Tolmin pa jih je začel postavljati šele v zadnjem letu, medtem ko ima Ljubljana postavljenih več kot trideset radarskih ohišij in več merilnikov hitrosti (Živković, osebni intervju, 24. maj 2026).

Prav občine z najvišjim deležem resnih posledic torej pogosto razpolagajo z najmanj vidne nadzorne infrastrukture, kar nakazuje, da del razlike v resnosti ni naključen, temveč povezan z odsotnostjo nadzora. Direktor je ob tem poudaril, da je vidno nadzorno sredstvo, tudi prazno radarsko ohišje, eno najučinkovitejših in stroškovno najugodnejših sredstev za umirjanje prometa, saj vozniki ob zaznavi kontinuiranega nadzora prilagodijo hitrost na celotnem območju, ne le na točki merjenja (Živković, osebni intervju, 24. maj 2026). Vikendna asimetrija je skladna z mednarodno literaturo, ki pri težjih nesrečah ob koncih tedna prepozna kombinacijo alkohola, utrujenosti in manjše prometne gostote, ki sistematično omogoča višje hitrosti (Truelove, Nicolls in Oviedo-Trespalacios, 2025). Lokacije z visoko prisotnostjo ranljivih udeležencev so očitno strukturno najtežje točke, ker se tam srečujejo vozila in osebe brez zaščite.

Iz tega za prakso sledi, da lahko Intermatic, d. o. o., svojo prodajno strategijo razširi onkraj velikih mest in sistematično naslovi tudi manjše upravne enote z visokim deležem resnih posledic, kar je v praksi neposredno podprto s prioriteto lestvico iz poglavja 3.13. Povezava med visoko resnostjo in nizko pokritostjo z vidno infrastrukturo, ki jo je nakazal tudi intervju, to priporočilo še okrepi, saj nakazuje, da ima posamezna naprava v takšnih okoljih večji mejni učinek kot dodatna naprava v že dobro pokritem velikem mestu. Drugič, sistemi naj predvidevajo časovno prilagodljivost, ki omogoča okrepljeno delovanje ob vikendih in v poletnih mesecih, kar je tehnično izvedljivo s programskimi nastavitvami. Tretjič, na lokacijah z visoko prisotnostjo ranljivih udeležencev, kot so prehodi za pešce, kolesarske steze in šolske cone, je smiselno razvijati specializirane rešitve, ki ne zaznavajo zgolj hitrosti motornih vozil, temveč tudi prisotnost in gibanje pešcev in kolesarjev.

4.3 Tretje raziskovalno vprašanje: ranljivi udeleženci

Proučevali smo, katere skupine udeležencev so nesorazmerno pogosto žrtve resnih posledic, s posebnim poudarkom na ranljivih skupinah, torej pešcih, kolesarjih in motoristih. Vprašanje izhaja iz mednarodne literature, ki dosledno opozarja, da odsotnost zaščitnega okvira vozila neposredno povečuje verjetnost hudih poškodb, kar ima neposredne implikacije za zasnovo preventivnih sistemov. Lotili smo se ga na ravni oseb in ne nesreč, ker je vprašanje resnih poškodb, vezano na posameznika. Izvedli smo opisno analizo, hi-kvadrat test in logistično regresijo, ki je ocenila razmerja verjetij ob kontroli starosti, spola, vloge v nesreči in urbanega okolja, pri čemer je referenčna kategorija voznik osebnega avtomobila.

Ugotovili smo, da so razlike med skupinami dramatične. Pešci imajo razmerje verjetij 40,86 za hudo poškodbo ali smrt v primerjavi z vozniki osebnih avtomobilov, motoristi 29,53, kolesarji 27,39 in potniki 21,34. Vozniki tovornih vozil imajo razmerje verjetij le 2,02. Starostni gradient je prav tako jasen: osebe nad 75 let imajo razmerje verjetij 2,44 v primerjavi s skupino 25 do 34 let. Vloga povzročitelja nesreče je povezana z razmerjem verjetij 2,29 za resno poškodbo, urbano okolje pa tudi tukaj zaščitno deluje (OR = 0,49). Spol ni statistično pomemben napovednik.

Naše mnenje je, da gre pri razmerjih verjetij med 21 in 41 za strukturno tveganje, ne za statistično povezavo. Pešec pri trku z osebnim avtomobilom pri petdesetih kilometrih na uro praktično vedno utрпи hudo poškodbo, ker fizična zaščita preprosto ne obstaja. Urbano okolje deluje zaščitno predvsem zato, ker so hitrosti nižje, ne pa zato, ker bi bili ranljivi udeleženci v urbanem okolju manj ranljivi. Starostni gradient odraža fiziološko realnost, da starejše osebe pri enakem mehanizmu poškodbe pogosteje utrpijo hujše posledice.

Naši rezultati se ujemajo z mednarodnimi raziskavami v severnoameriškem in evropskem kontekstu (Gao idr., 2025; Mahmud, Babić in Gates, 2024), kar krepi zaupanje v prenosljivost priporočil. Da gre za premalo naslovljeno področje, nakazuje tudi praksa. Direktor podjetja Intermatic, d. o. o., je v intervjuju priznal, da je povpraševanje po sistemih za zaščito pešcev in kolesarjev manjše, kot bi glede na dejansko ogroženost moralo biti, in da veliko prehodov za pešce ostaja nezavarovanih ali slabo označenih (Živković, osebni intervju, 24. maj 2026).

Iz tega za prakso sledi, da mora razvojna usmeritev podjetja Intermatic, d. o. o., vključevati sisteme, ki ne zaznavajo izključno motornih vozil, temveč tudi prisotnost ranljivih udeležencev, kar tehnološko pomeni kombinacijo merjenja hitrosti s senzorskimi rešitvami za pešce in kolesarje, predvsem na prehodih za pešce in v šolskih conah, kar je v skladu z globalnim trendom integracije več senzorskih modalitet (Zhang idr., 2026; Ivanovska, Kreft, Štruc in Perš, 2025). To usmeritev podjetje že prepoznava, saj je njegov direktor napovedal razvoj novega izdelka z videodetekcijo prometa, ki bo znal ločevati med različnimi udeleženci, vključno s pešci, kolesarji in električnimi vozili (Živković, osebni intervju, 24. maj 2026). Drugič, komunikacija s strankami lahko ranljive udeležence postavi v ospredje argumenta, saj je javnost občutljiva na varnost otrok, pešcev in kolesarjev, kar ponuja bolj prepričljivo zgodbo od generičnih tehničnih specifikacij. Tretjič, za starejše udeležence prometa so smiselne specifične rešitve z večjo vidnostjo signalov, daljšimi zelenimi fazami in izrazitimi opozorili, kar lahko Intermatic, d. o. o., vključi v svoj nabor izdelkov ali svetovalno vlogo.

4.4 Sinteza

Tri raziskovalna vprašanja skupaj oblikujejo jasno sliko, ki jo je mogoče prevesti v razvojne in prodajne prioritete podjetja. Hitrost je dominanten dejavnik resnosti, ranljivi udeleženci so strukturno najbolj ogroženi, prostorska in časovna distribucija tveganja pa sta neenakomerni. Vse tri ugotovitve podpirajo razvojno smer, ki združuje merjenje hitrosti, zaznavanje signalnih kršitev in zaščito ranljivih skupin v eno integrirano platformo, hkrati pa razširjajo prodajno logiko podjetja z velikih mest na manjše upravne enote, ki imajo nesorazmerno visok delež resnih posledic. Pomembno je, da se podatkovne ugotovitve in praktični pogled podjetja na teh točkah ujemajo: tako analiza kot intervju z direktorjem podjetja kažeta na hitrost kot osrednji dejavnik, na vidni nadzor kot stroškovno najučinkovitejše sredstvo ter na zaščito ranljivih udeležencev kot premalo naslovljeno priložnost (Živković, osebni intervju, 24. maj 2026). S tem nacionalna analiza prometnih nesreč ne ostane le akademski članek, temveč ponuja neposredno uporabno empirično podlago za odločitve, ki bodo v prihodnjih letih oblikovale prometno varnost v Sloveniji.

5 Zaključek

Namen raziskave je bil ugotoviti, kateri dejavniki prometnih nesreč v Sloveniji so najizraziteje povezani z nastankom hudih telesnih poškodb in smrtnih izidov, kako se prometnovarnostno tveganje porazdeljuje v prostoru in času ter katere skupine prometnih udeležencev so najbolj izpostavljene tveganju. Raziskava je bila usmerjena tudi v preučitev, kako lahko ugotovitve analize prispevajo k razvoju in umeščanju avtomatiziranih merilnih sistemov v prometnem okolju. Za doseglo raziskovalnih ciljev je bila uporabljena sekundarna analiza nacionalne zbirke prometnih nesreč za leto 2025, ki vključuje 17.186 prometnih nesreč in 30.404 udeležencev. Obseg podatkov omogoča celovit vpogled v prometnovarnostne vzorce na nacionalni ravni, ki jih z manjšimi terenskimi raziskavami praviloma ni mogoče zajeti.

Analiza je pripeljala do treh osrednjih ugotovitev. Prvič, neprilagojena hitrost je daleč najmočnejši napovednik resnih posledic, kar potrjujejo tako deskriptivni podatki kot logistična regresija in kar se ujema z izkušnjami iz prakse. Drugič, tveganje je v prostoru in času neenakomerno porazdeljeno, pri čemer se najtežje posledice ne kopičijo v največjih mestih, temveč v manjših upravnih enotah z odprtimi cestami in šibko nadzorno infrastrukturo, ob koncih tedna in v poletnih mesecih. Tretjič, ranljivi udeleženci, predvsem pešci, kolesarji in motoristi, so izpostavljeni nesorazmerno višjemu tveganju resnih poškodb, ki ga ni mogoče pojasniti drugače kot s strukturno odsotnostjo fizične zaščite.

Glavni prispevek naloge ni v posamezni ugotovitvi, saj so te v prometni varnosti večinoma znane, temveč v tem, da so na slovenskih nacionalnih podatkih kvantificirane in povezane v koherentno celoto, ki jo je mogoče neposredno uporabiti pri odločitvah. Iz analize izhaja prioritarna lestvica upravnih enot in jasna razvojna usmeritev, ki združuje merjenje hitrosti, zaznavanje signalnih kršitev in zaščito ranljivih udeležencev. Pomembno je, da se podatkovne ugotovitve in praktični pogled podjetja na ključnih točkah ujemajo, kar krepi zaupanje v uporabnost rezultatov.

Raziskava ima več omejitev, ki jih je treba upoštevati pri interpretaciji rezultatov. Analiza temelji na podatkih za eno koledarsko leto, zato ne omogoča spremljanja dolgoročnih trendov ali sprememb prometnovarnostnih vzorcev skozi čas.

Uporabljena presečna raziskovalna zasnova omogoča ugotavljanje statističnih povezav med spremenljivkami, ne omogoča pa neposrednega sklepanja o vzročnih odnosih. Dodatno je treba upoštevati, da kategorije vzrokov prometnih nesreč temeljijo na presoji policista ob obravnavi dogodka, kar lahko vpliva na stopnjo objektivnosti in enotnosti klasifikacije. Nacionalna zbirka prav tako ne vključuje nekaterih potencialno pomembnih dejavnikov tveganja, kot so uporaba mobilnega telefona med vožnjo, stopnja utrujenosti ali druge vedenjske značilnosti voznikov, ki jih literatura pogosto povezuje s prometnimi nesrečami. Kljub navedenim omejitvam raziskava ponuja relevantno empirično osnovo za razumevanje prometnovarnostnih tveganj in za oblikovanje nadaljnjih raziskovalnih ter aplikativnih usmeritev.

Za nadaljnje raziskovanje se odpira več pomembnih smeri. Razširitev analize na več zaporednih let bi omogočila spremljanje časovnih trendov in celovitejše razumevanje sprememb prometnovarnostnih vzorcev skozi daljše obdobje. Smiselna bi bila tudi podrobnejša prostorska analiza na ravni posameznih cestnih odsekov, križišč ali drugih lokacij s povečanim tveganjem za prometne nesreče, saj bi tak pristop omogočil natančnejšo identifikacijo kritičnih območij in bolj podprto odločanje o umeščanju prometnovarnostnih ukrepov. Dodatno bi vključitev podatkov o že nameščenih avtomatiziranih merilnih sistemih omogočila ocenjevanje njihovega vpliva na pojavnost in resnost prometnih nesreč. Takšen pristop bi lahko prispeval k razvoju dolgoročnega, podatkovno podprtega sistema za spremljanje in upravljanje prometne varnosti v Sloveniji.

Zahvala

Poglavje je nastalo v okviru projekta "Prometna varnost v lokalnem okolju: problemsko-učno sodelovanje z Intermatic, d. o. o". Operacijo sofinancirata Republika Slovenija, Ministrstvo za izobraževanje, znanost in mladino ter Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada plus (ESS+) v okviru javnega razpisa Problemsko učenje študentov v delovno okolje 2024–2027 (PUŠ 2024–2027).

Literatura

- Alobaidallah, A. M., Alqahtany, A., & Maniruzzaman, K. M. (2025). Safety effectiveness of automated traffic enforcement systems: A critical analysis of existing challenges and solutions. *Future Transportation*, 5(1), 25. <https://doi.org/10.3390/futuretransp5010025>
- Ansariyar, A. (2024). Comparative analysis of LiDAR and CCTV sensor accuracy at signalized intersections under varied weather conditions. *International Journal of Traffic and Transportation Engineering*. <https://doi.org/10.18280/ijtdi.080203>

- Atwood, J., Guo, F., Fitch, G., & Dingus, T. A. (2018). The driver-level crash risk associated with daily cellphone use and cellphone use while driving. *Accident Analysis & Prevention*, 119, 149–154. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.07.007>
- Chen, K., Xu, C., Liu, P., Li, Z., & Wang, Y. (2024). Evaluating the performance of traffic conflict measures in real-time crash risk prediction using pre-crash vehicle trajectories. *Accident Analysis & Prevention*, 203, 107640. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2024.107640>
- Chu, T. D., Miwa, T., Bui, T. A., & Nguyen, Q. P. (2022). Examining unobserved factors associated with red light running in Vietnam: A latent class model analysis. *Transportation Safety and Environment*, 4(1), tdac006. <https://doi.org/10.1093/tse/tdac006>
- Costa, A., Innamaa, S., & Malin, F. (2025). Safety impact of advanced driver assistance systems in Europe in 2030. *Journal of Safety Research*, 95, 290–300. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2025.10.008>
- Cuentas-Hernandez, S., Li, X., King, M. J., Lewis, I., & Oviedo-Trespalacios, O. (2024). Driven to distraction: A systematic literature review on the role of the driving context in mobile phone use. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 106, 215–243. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2024.08.006>
- Delavary, M., Mesic, A., Krebs, E., Sesonga, P., Uwase-Gakwaya, B., Nzeyimana, I., & Vanlaar, W. (2024). Assessing the effect of automated speed enforcement and comprehensive measures on road safety in Rwanda. *Traffic Injury Prevention*, 25(7), 947–955. <https://doi.org/10.1080/15389588.2024.2354901>
- European Commission. (2024). *Mandatory driver assistance systems expected to help save over 25,000 lives by 2038*. https://single-market-economy.ec.europa.eu/news/mandatory-drivers-assistance-systems-expected-help-save-over-25000-lives-2038-2024-07-05_en
- Federal Highway Administration. (2025). *Model evaluation plan for work zone speed safety cameras (FHWA-HOP-24-077)*. <https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop24077/fhwahop24077.pdf>
- Gao, J., Yang, D., Xu, C., Ozbay, K., & Sharma, S. (2025). Assessing the impact of fixed speed cameras on speeding behavior and crashes: A longitudinal study in New York City. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 30, 101373. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2025.101373>
- Ge, C., & Qin, S. (2024). Digital twin intelligent transportation system (DT-ITS): A systematic review. *IET Intelligent Transport Systems*, 18(12), 2325–2358. <https://doi.org/10.1049/itr2.12539>
- Howard, A. W., Batomen, B., Zubair, S., Cloutier, M.-S., Macpherson, A. K., & Rothman, L. (2025). Automated speed enforcement reduced vehicle speeds in school zones in Toronto: A prospective quasi-experimental study. *Injury Prevention*. <https://doi.org/10.1136/ip-2024-045561>
- Huang, B., Watson-Brown, N., & Truelove, V. (2023). Low-range, mid-range and high-range speeding: The association with speeding habits, perceived legitimacy and deterrence. *Journal of Safety Research*, 87, 313–322. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.08.002>
- Ivanovska, M., Kreft, J., Štruc, V., & Perš, J. (2025). Privacy-by-design AIoT vision for intelligent urban environments. *Journal of Systems Architecture*, 169, 103586. <https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2025.103586>
- Kalašová, A., Fabian, P., Čulík, K., & Škorvánková, L. (2025). Comparison of the accuracy of traffic flow intensity and speed measurement using a camera system and measuring devices such as Sierzege and SDR on a congested road. *Vehicles*, 7(2), 59. <https://doi.org/10.3390/vehicles7020059>
- Koay, H. V., Chuah, J. H., Chow, C.-O., & Chang, Y.-L. (2022). Detecting and recognizing driver distraction through various data modality using machine learning: A review, recent advances, simplified framework and open challenges (2014–2021). *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 115, 105309. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105309>

- Mahmud, M. S., Babić, D., & Gates, T. J. (2024). A comprehensive review of dynamic speed feedback signs in reducing speed at different critical locations. *Promet – Traffic & Transportation*, 36(3), 357–382. <https://doi.org/10.7307/ptt.v36i3.607>
- Martín-Sacristán, D., Ravelo, C., Trelis, P., Ortiz, M., & Fuentes, M. (2025). Development of a 5G-connected ultra-wideband radar platform for traffic monitoring in a campus environment. *Sensors*, 25(10), 3203. <https://doi.org/10.3390/s25103203>
- Mutambik, I. (2025). IoT-enabled adaptive traffic management: A multiagent framework for urban mobility optimisation. *Sensors*, 25(13), 4126. <https://doi.org/10.3390/s25134126>
- Olowosegun, A., Fountas, G., & Davis, A. (2024). Effective trigger speeds for vehicle activated signs on 20 mph roads in rural areas. *Safety*, 10(1), 25. <https://doi.org/10.3390/safety10010025>
- Özkan, Ö., Norman, P., Rowe, R., Day, M., & Poulter, D. (2024). Predicting drivers' intentions to voluntarily use intelligent speed assistance systems: An application of the theory of planned behaviour. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 104, 532–543. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2024.06.003>
- Özkan, Ö., Rowe, R., Norman, P., Day, M., & Poulter, D. (2025). Increasing drivers' intentions to use intelligent speed assistance: A randomised controlled trial of a theory of planned behaviour-based intervention. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 111, 238–249. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2025.03.003>
- Patel, D., Hosseini, P., & Jalayer, M. (2023). A framework for proactive safety evaluation of intersection using surrogate safety measures and non-compliance behavior. *Accident Analysis & Prevention*, 192, 107264. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107264>
- Peng, Y., Li, C., Wu, X., Cao, H., Xiang, G., & Wang, H. (2025). Pedestrian crossing behavior and visual attention under flashing green countdown signals. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2025.03.021>
- Policija Republike Slovenije. (2025). *Prometne nesreče 2025* [Podatkovna zbirka]. Ministrstvo za notranje zadeve. <https://www.policija.si/baza/pn2025.zip>
- Saldivar-Carranza, E. D., Desai, J., Thompson, A., Taylor, M., Sturdevant, J., & Bullock, D. M. (2024). Vehicle and pedestrian traffic signal performance measures using LiDAR-derived trajectory data. *Sensors*, 24(19), 6410. <https://doi.org/10.3390/s24196410>
- Shakir Mahmud, M., Jashami, H., Usamah Megat Johari, M., Gupta, N., Bamney, A., Gates, T. J., & Savolainen, P. (2024). Effects of speed feedback trailer positioning and police enforcement on vehicular speeds in freeway work zone lane closures. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2678(9), 423–434. <https://doi.org/10.1177/03611981241230319>
- Soom, J., Leier, M., Janson, K., & Tuhtan, J. A. (2024). Open urban mmWave radar and camera vehicle classification dataset for traffic monitoring. *IEEE Access*, 12, 65128–65140. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3397013>
- Stiller, D., et al. (2026). Open webcam data for traffic monitoring: YOLOv8 detection of road users before and during COVID-19. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 36, 101774. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2025.101774>
- Thabit, A. S. M., Kerrache, C. A., & Calafate, C. T. (2024). A survey on monitoring and management techniques for road traffic congestion in vehicular networks. *ICT Express*, 10(6), 1186–1198. <https://doi.org/10.1016/j.icte.2024.10.007>
- Truelove, V., Nicolls, M., & Oviedo-Trespalacios, O. (2025). “I probably feel slightly more invincible”: The impact of technology that discloses enforcement locations on drivers' behaviours. *Safety Science*, 181, 106707. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106707>
- Villa, J., García, F., Jover, R., Martínez, V., & Armingol, J. M. (2024). Intelligent infrastructure for traffic monitoring based on deep learning and edge computing. *Journal of Advanced Transportation*, 2024(1), Article 3679014. <https://doi.org/10.1155/2024/3679014>
- Zhang, J., Ge, C., Xiao, W., Tang, M., Mills, J., Coifman, B., & Chen, N. (2026). Roadside lidar-based scene understanding toward intelligent traffic perception: A comprehensive review. *ISPRS*

Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 233, 69–88.

<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2026.01.012>

Živković, S. (2026, 24. maj). *Intervju o sistemih za prometno varnost in njihovi umestitvi v slovenskih občinah* [osebni intervju]. Intermatic d.o.o., Kranj.

O avtorjih

Tim Glavan je študent tretjega letnika dodiplomskega študija na Univerzi v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, v programu Organizacija in management kadrovsko-izobraževalnih sistemov. Njegovi interesi obsegajo vodenje in vodstvene kompetence, analizo praktičnih in v realnem okolju uporabljenih problemov ter programiranje. Pri svojem študijskem in projektnem delu se osredotoča na povezovanje podatkovne analize z dejanskimi organizacijskimi in poslovnimi izzivi. V prostem času se ukvarja s športom in fitnessom. V prihodnje želi združevati tehnologijo, podatkovno analitiko in organizacijski management pri reševanju konkretnih problemov v praksi. *Tim Glavan is a third-year undergraduate student at the University of Maribor's Faculty of Organizational Sciences, enrolled in the Organization and Management of Human Resource and Educational Systems programme. His interests include leadership and leadership competencies, the analysis of practical, real-world problems, and programming. In his academic and project work, he focuses on connecting data analysis with actual organizational and business challenges. In his free time, he is active in sports and fitness. Looking ahead, he aims to combine technology, data analytics, and organizational management to solve concrete problems in practice.*

Sašo Živković je glavni izvršni direktor in solastnik podjetja Intermatic, d. o. o., kjer nadzira poslovanje, komercialno strategijo in razvoj poslovanja. Diplomiral je na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani in v svoji vodstveni vlogi združuje močne analitične sposobnosti s strateško vizijo. Podjetje je specializirano za razvoj in vzdrževanje profesionalnih elektronskih sistemov, zastopa vodilne evropske in svetovne blagovne znamke ter ponuja rešitve za varnost v cestnem prometu, spremljanje prometa in senzorske tehnologije. Z več kot petnajstimi leti izkušenj v prodaji in več kot šestimi leti v izvršnem vodstvu njegovo strokovno znanje vključuje razvoj trga, kompleksne prodajne procese in spodbujanje rasti poslovanja. Kot športni navdušenec v vodenje in vsakodnevno poslovno izvajanje vnaša enako disciplino, osredotočenost in miselnost, usmerjeno v uspešnost. *Sašo Živković is the Chief Executive Officer and Co-Owner of the company Intermatic d.o.o., where he oversees operations, commercial strategy, and business development. A graduate of the Faculty of Economics, University of Ljubljana, he combines strong analytical skills with strategic vision in his leadership role. The company specializes in the development and maintenance of professional electronic systems, represents leading European and global brands, and delivers solutions for road safety, traffic monitoring, and sensor technologies. With more than fifteen years of experience in sales and over six years in executive management, his expertise includes market development, complex sales processes, and driving business growth. A sports enthusiast, he brings the same discipline, focus, and a performance-oriented mindset to leadership and daily business execution.*

Maja Meško je redna profesorica na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru. Doktorirala je iz kineziologije. Poleg tega je habilitirana kot redna profesorica za področje kineziologije (znanost v športu) na Fakulteti za šport Univerze v Ljubljani. Njeni raziskovalni interesi obsegajo menedžment, psihologijo menedžmenta, zdravje na delovnem mestu in vodenje. Sodelovala je in še sodeluje v različnih strokovnih dejavnostih. Je avtorica in soavtorica številnih znanstvenih in strokovnih člankov. *Maja Meško is a full professor at the Faculty of Organizational Sciences, University of Maribor. She holds a PhD in kinesiology and is also a tenured professor of kinesiology (sport science) at the Faculty of Sport, University of Ljubljana. Her research interests include management, managerial psychology, workplace health, and leadership. She has participated and continues to participate in numerous professional activities and is the author and co-author of many scientific and professional papers.*