

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Kukenberger, D., 2015. Analiza prometne varnosti v okolici Trebnjega. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Lipar, P.): 35 str.

Datum arhiviranja: 16-12-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Kukenberger, D., 2015. Analiza prometne varnosti v okolici Trebnjega. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Lipar, P.): 35 pp.

Archiving Date: 16-12-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO**

Kandidat:

DOMEN KUKENBERGER

**ANALIZA PROMETNE VARNOSTI V OKOLICI
TREBNJEGA**

Diplomska naloga št.: 226/B-GR

**THE ANALYSIS OF TRAFFIC SAFETY IN THE AREA
AROUND TREBNJE**

Graduation thesis No.: 226/B-GR

Mentor:

doc. dr. Peter Lipar

Ljubljana, 24. 09. 2015

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Domen Kukenberger izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Analiza prometne varnosti v okolici Trebnjega«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Trebnje, 11. 9. 2015

Domen Kukenberger

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK:	614.8:656.1(497.4)(043.2)
Avtor:	Domen Kukenberger
Mentor:	doc. dr. Peter Lipar
Somentor:	/
Naslov:	Analiza prometne varnosti v okolici Trebnjega
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	35 str., 8 pregl., 3 graf., 27 sl., 25 en.
Ključne besede:	prometna varnost, cesta, odsek, preglednost, hitrost, nezgoda

Izvleček:

V diplomski nalogi je analizirano stanje prometne varnosti na cestah R1 215 odsek 1490, R2 448 odsek 0220 ter R3 651 odsek 1198. Na omenjenih cestah je bila narejena analiza prometnih nezgod ter ustreznosti geometrijskih elementov cest. Poleg meritev na terenu sem si pri analizi stanja pomagal z digitalnim ortofotom. Na odseku, na katerem sem opazil pogosto prekoračenje omejitve hitrosti, sem s pomočjo števca prometa, ki ima tudi možnost merjenja hitrosti, izvedel analizo hitrosti vozil in količine prometa.

Na mestih, kjer so bile ugotovljene nepravilnosti, sem podal predloge za izboljšanje stanja prometne varnosti. Pri izdelavi diplomske naloge sem uporabljal programe AutoCAD, Access, Excel in ViaGraph.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	614.8:656.1(497.4)(043.2)
Author:	Domen Kukenberger
Supervisor:	assist. prof. Peter Lipar, Ph.D
Cosupervisor:	/
Title:	The analysis of traffic safety in the area around Trebnje
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Notes:	35 p., 8 tab., 3 graph., 27 fig., 25 eq.
Key words:	road safety, road, section, clarity, speed, accident

Abstract:

My thesis focuses on safety on roads R1 215, section 1490, R2 448, section 0220, and R3 651, section 1198. Car accidents and the suitability of geometrical elements on these roads have been looked into and studied. Besides field measurements I made use of the digital orthophotograph. Using the traffic counter that includes speeds I carried out the analysis of the speed and volume of vehicular traffic on sections where speed limits are often exceeded.

I put forward ideas and suggestions to improve road safety on those sections where most offences have been committed. In my thesis I used the following software programs: AutoCAD, Access, Excel and ViaGraph.

ZAHVALA

Za vsa pomoč, napotke in nasvete pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Petru Liparju.

Za izposajo števca prometa ViaCount 2 in programske opreme za obdelavo podatkov meritev hitrosti in štetja prometa se zahvaljujem podjetju Intermatic inženiring & consulting d.o.o.

Zahvala gre tudi staršem za omogočen študij in podporo skozi celoten študij.

Posebna zahvala tudi Tjaši in mojim sošolcem ter prijateljem za pomoč ter družbo tekom študija.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA	I
IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM.....	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
KAZALO VSEBINE	VI
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO GRAFIKONOV.....	IX
KAZALO SLIK.....	X
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XI
1 UVOD.....	1
1.1 Razvoj cestnega omrežja in infrastrukture	1
1.2 Varnost v prometu	3
2 ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA	5
2.1 Prometne nezgode	6
2.2 Štetje prometa in meritve hitrosti	7
2.2.1 Štetje prometa	7
2.2.2 Hitrost prometa	9
2.3 Vozišče.....	10
2.4 Preglednost	11
2.4.1 Vertikalna preglednost	12
2.4.2 Horizontalna preglednost.....	13
2.4.3 Prehitevalna preglednost	15
2.5 Zaustavna razdalja	16
3 UKREPI ZA IZBOLJŠANJE PROMETNE VARNOSTI	18
3.1 Mesto št. 1 – zaviralni pas	18
3.2 Mesto št. 2 – krožišče	19
3.3 Mesto št. 3 – priključek na GPS.....	20
3.4 Mesto št. 4 – prehod za pešce.....	22
3.5 Mesto št. 5 – priključek na GPS.....	22
3.6 Mesto št. 6 – pločnik.....	23
3.7 Mesto št. 7 – krivina.....	24
3.8 Mesto št. 8 – most in nivojski prehod ceste čez železniško progo.....	26
3.9 Mesto št. 9 – brežina, ozelenitev in živa meja.....	28

3.10 Mesto št. 10 – omejitev hitrosti	29
3.11 Mesto št. 11 – nepreglednost	30
4 ZAKLJUČEK	33
VIRI	34

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Mejniki v zgodovini prometne varnosti [3]	4
Preglednica 2: Število nezgod v obdobju 2004–2014 [6]	6
Preglednica 3: Rezultati meritev hitrosti in štetja prometa	7
Preglednica 4: Razdelitev vozil v hitrostne razrede	10
Preglednica 5: Minimalna vidna višina ovire na cesti [9]	12
Preglednica 6: L_z v odvisnosti od projektne hitrosti in nagiba nivelete [10]	12
Preglednica 7: Vrednosti minimalnega radija konveksne vertikalne zaokrožitve [10]	13
Preglednica 8: Minimalne vrednosti razdalj prehitevalne preglednosti [10]	16

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Distribucija vozil.....	8
Grafikon 2: Število vozil v posameznem 15-minutnem obdobju	8
Grafikon 3: Kumulativna in individualna distribucija hitrosti	9

KAZALO SLIK

Slika 1: Napovedni model omrežja železnodobnih prometnih povezav na prostoru jugovzhodne Slovenije [1]	2
Slika 2: Mesto Trebnje in analizirane ceste [5]	5
Slika 3: Prometne nezgode na obravnavanih odsekih v obdobju med 2004–2014 [7]	6
Slika 4: Primeri poškodb na vozišču.....	11
Slika 5: Primeri vertikalne nepreglednosti	13
Slika 6: Prikaz pomena oznak pri izračunu horizontalne preglednosti [9]	14
Slika 7: Primeri horizontalne nepreglednosti	15
Slika 8: Neustrezna zaviralna razdalja	17
Slika 9: Mesta, kjer so potrebni ukrepi za izboljšanje prometne varnosti [7]	18
Slika 10: Predlog izboljšave za mesto št. 1	19
Slika 11: Primerjava prečnega profila pred in po ureditvi zaviralnega pasu	19
Slika 12: Nepreglednost zaradi JVO	20
Slika 13: Predlog izboljšave za mesto št. 3 [12]	21
Slika 14: Preglednost pri vključevanju iz priključka na GPS [11]	21
Slika 15: Priključka 1 in 2 ter razdalje preglednosti [5].....	23
Slika 16: Znaki II-4 HI, II-26 in I-28 [13].....	23
Slika 17: Hoja pešcev po cestišču.....	24
Slika 18: Prečni profil ceste.....	24
Slika 19: Pregledni bermi za obstoječe in predlagano stanje.....	26
Slika 20: Pregledni bermi za obstoječe in predlagano stanje [5].....	26
Slika 21: Razdalja med železniškim prehodom in mostom [5]	27
Slika 22: Pregledni bermi na mestu št. 9 [5]	29
Slika 23: Umestitev grbine trapezne oblike z označenimi dimenzijami	30
Slika 24: Prikaz situacije mesta št. 10	30
Slika 25: Prikaz situacije mesta št. 11	31
Slika 26: Pregledni bermi za obstoječe in predlagano stanje.....	32
Slika 27: Primerjava med potrebnim odkopom za obe pregledni bermi	32

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

EOV	enot osebnih vozil
FKU	faktor konične ure
PLDP	povprečni letni dnevni promet
V_{85}	85-centil hitrosti
V_{max}	maksimalna hitrost
TSC	tehnične specifikacije za ceste
R_{konv}	radij vertikalne konveksne zaokrožitve
P_z	preglednostna zaustavna razdalja
L_z	zaustavna razdalja
P_p	prehitevalna preglednost
KDT	koeficient drsnega trenja
BVO	betonska varnostna ograja
JVO	jeklena varnostna ograja
GPS	glavna prometna smer
Δb_{pp}	razširitev prometnega pasu
L_{op}	medosna razdalja s previsom vozila spredaj

1 UVOD

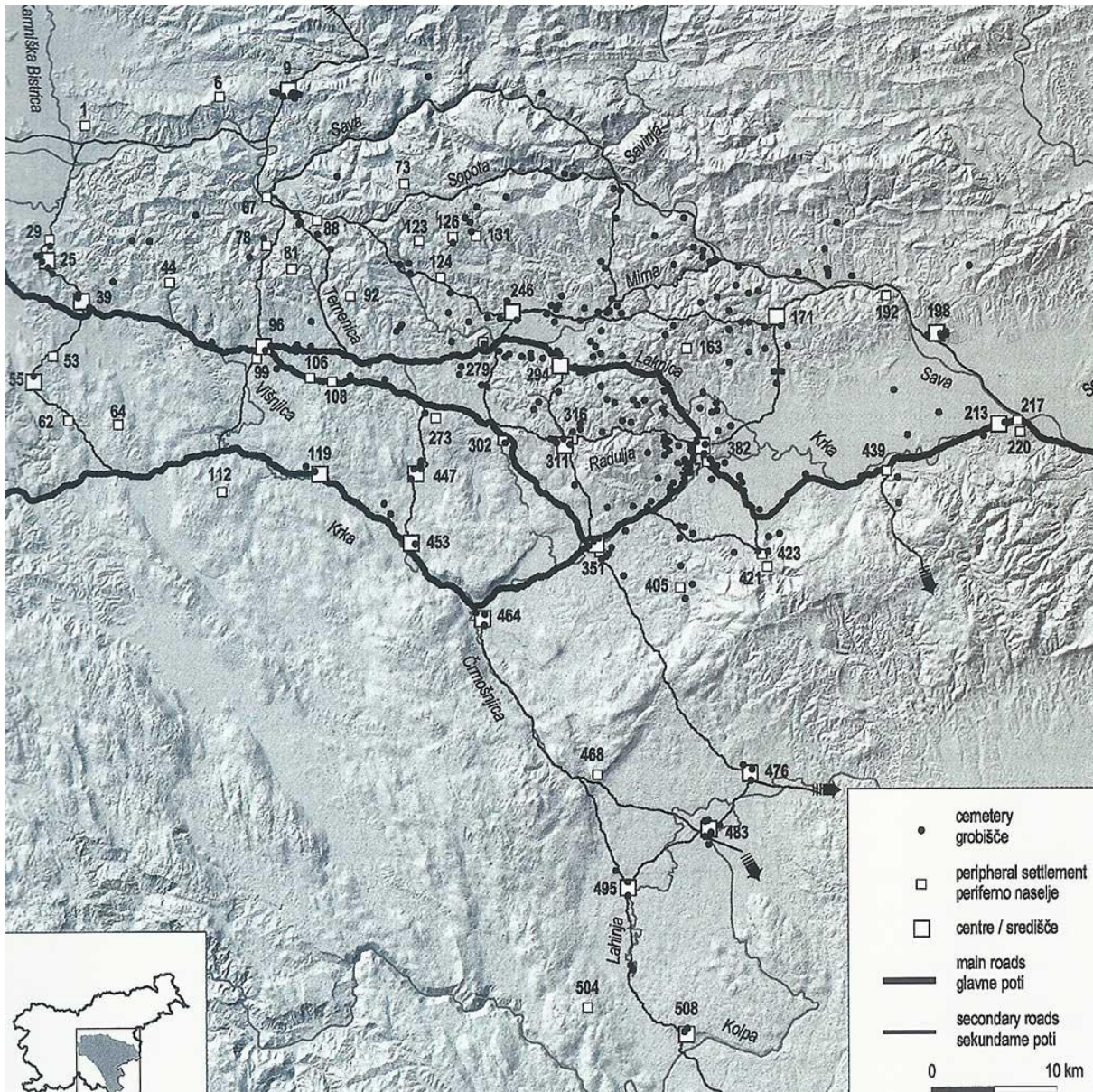
V dandanašnjem hitrem tempu življenja si verjetno težko predstavljamo živeti brez prevoznega sredstva, katero nam omogoča opravljanje vsakodnevnih opravil, mobilnost, transport dobrin, nenazadnje tudi preživetje, saj bi marsikdo brez prevoznega sredstva težko hodil na delo ali imel pravočasno zagotovljeno zdravstveno oskrbo.

Z razvojem človeštva skozi zgodovino so se pojavile potrebe po prevoznem sredstvu, z naraščanjem in razvojem prebivalstva pa se je pojavila tudi potreba po razvoju cestnega omrežja in infrastrukture.

1.1 Razvoj cestnega omrežja in infrastrukture

Začetki prometa segajo že nazaj v prazgodovino, o čemer priča najdba kolesa in njemu pripadajoče osi iz bakrene dobe na Ljubljanskem barju, ki ju datirajo v čas med letoma 3350 in 3100 pr. n. št. Verjetno sta pripadala dvokolesnemu vozu, katerega je vlekel par govedi, vprežen v jarem. Uporaba voza pa nakazuje, da so takrat nastali prvi kolovozi. [1]

V starejši železni dobi (od 8. do 4. stoletja pr. n. št.) je najvišjo stopnjo razvoja na današnjem slovenskem ozemlju dosegla Dolenjska, zelo razvita pa je bila tudi posoška skupnost. K velikemu gospodarskemu razvoju so pripomogli predvsem kulturni vplivi grških kolonij in drugih ljudstev južne in severne Italije, ki se kažejo v uvozu tamkajšnjih izdelkov, razvoju situlske umetnosti in napredku v izdelavi keramike. V rimski državi je bilo veliko povpraševanja po železarskih izdelkih, zato so bile prometne poti zelo pomembne. Na Sliki 1 je prikazan napovedni model omrežja železnodobnih prometnih povezav na prostoru jugovzhodne Slovenije, iz katerega vidimo, da se veliko prometnih povezav ujema z današnjim položajem cest. [1]



Slika 1: Napovedni model omrežja železnodobnih prometnih povezav na prostoru jugovzhodne Slovenije [1]

Pravi razvoj cestnega omrežja se je začel v času širjenja Rimskega imperija na območje današnje Slovenije. Ceste so bile večinoma zgrajene iz gramoza, brez posebej utrjene podlage, kar bi lahko vsaj za nekatere ceste pojasnili s tem, da so bile ceste zgrajene hitro, za potrebe vojske. Robovi cestišča so bili redko dodatno utrjeni, zato je najdba cestišča z zelo utrjenimi robovi pri Trebnjem izjemna. Kot spodnjo plast so imele rimske ceste globoke cestne temelje iz drobljenega kamna, ki je omogočal odtokanje vode, da so ceste ostale suhe. [1]

V času industrijske revolucije se je zaradi povečanega trgovanja izkazala potreba po izboljšanih poteh. Prvo moderno cesto je zasnoval Škot McAdam. Razvil je poceni material

za tlakovanje iz zemlje in kamnitega agregata (znan tudi kot makadam), za odtekanje vode s površja pa poskrbel z dvigom nivelete ceste nad okoliški teren. Ko so ta material premazali s katranom, da bi zmanjšali erozijo, je nastala predhodnica asfalitrane ceste – makadamizirana cesta. [2]

Po zamenjavi konjskih vpreg z avtomobili in tovornjaki oziroma kamioni so se povečale hitrosti potovanja, zato so bile potrebne ceste z večjo kapaciteto. Prve avtoceste so se pojavile v dvajsetih letih dvajsetega stoletja. Glavne značilnosti teh cest so bile dvojno vozišče z dostopi načeloma preko izvennivojskih križanj. Zaradi dvojnega vozišča se je po cestah lahko gibala visoka kapaciteta prometa, blage klančine in krivine skupaj z malo ali nič semaforji pa so dovoljevale razvoj višjih hitrosti. V Sloveniji smo prvo štiripasovno avtocesto dobili leta 1972. [2]

1.2 Varnost v prometu

Prometne nezgode so eden največjih svetovnih problemov javnega zdravstva. Resnost problema je še toliko večja, saj so med žrtvami ponavadi zdravi ljudje, v aktivni dobi življenja. [3]

Poleg čustvenih posledic ob izgubi bližnjih so v prometnih nezgodah prisotni tudi družbeno-ekonomski stroški. V študiji, povzeti v [4], je bilo ugotovljeno, da je bilo zaradi posledic prometnih nezgod v Republiki Sloveniji med leti 1995 in 2000 za preračunanih 1,5 milijarde evrov družbene škode. V tem obdobju je za posledicami prometnih nezgod umrlo 2120 ljudi, kar pomeni, da je z vsako žrtvijo prometne nezgode nastalo približno 700.000 evrov družbene škode.

Prometna varnost skuša z metodami in ukrepi za zmanjšanje tveganja udeležencev v prometu preprečiti, da bi se v prometni nezgodi poškodovali ali celo umrli. Osnovna strategija systemskega pristopa je zagotoviti, da udeleženci v primeru prometne nezgode ostanejo pod mejo verjetnosti, da bodo umrli ali dobili hujše poškodbe. [3]

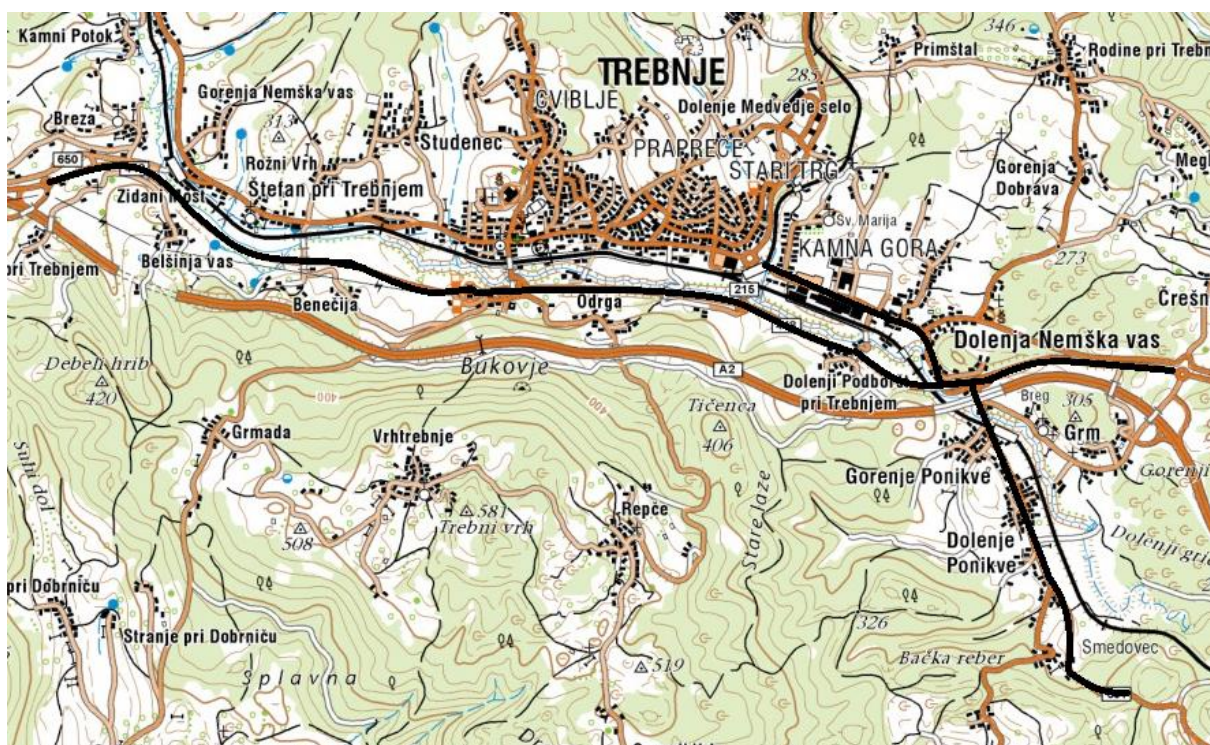
S povečevanjem količine prometa in hitrosti potovanja so se v želji po varnem potovanju sprejeli različni ukrepi za izboljšanje prometne varnosti. V Preglednici 1 so prikazani nekateri mejniki v zgodovini prometne varnosti.

Preglednica 1: Mejniki v zgodovini prometne varnosti [3]

Leto	Dogodek
1903	Izum varnostnega pasu
1949	Razvoj prve lutke za potrebe Crash testa
1951	Izvajanje tehničnih pregledov motornih vozil
	Uvedba medicinsko-psihološke ocene voznika
1951	Daimler-Benz je zaprosil za patent karoserije za varnost potnikov
1956	Prvi serijski trebušni varnostni pas pri Fordovem avtomobilu
	Izum tritočkovnega varnostnega pasu v Volvu
1957	Omejitev hitrosti na 50 km/h v mestih
1967	Razvoj zračnih blazin v Mercedes-Benz
1972	Omejitev hitrosti 100 km/h na podeželskih cestah
1973	0,8 - meja alkohola (do 1998)
	Tri točkovni pasovi na sprednjih sedežih vseh novih avtomobilov
	Obvezno pripenjanje z varnostnim pasom, če so na voljo v avtomobilu
1974	Priporočena hitrost 130 km/h na avtocesti
	Vsi novi avtomobili v Nemčiji morajo biti opremljeni s 3-točkovnim varnostnim pasom za prednje sedeže
1976	Prvi avto z zračno blazino kot standard v ZD
	Obvezna čelada za motoriste
1978	Čelada uzakonjena za moped in kolo z motorjem
	Protiblokirni zavorni sistem ABS gre v proizvodnjo
	Novi avtomobili morajo imeti pasove tudi na zadnjih sedežih
1988	Protiblokirni zavorni sistem ABS za motorna vozila prodre v serijsko proizvodnjo
	Motorna kolesa morajo vedno voziti z zasenčenimi lučmi
1991	ABS obvezen za težka gospodarska vozila
1998	Uvedba meje 0,5 promila alkohola v krvi
1999	Varnostni pasovi za nove avtobuse obvezni
2005	Pasivni ukrepi za zaščito pešcev so obvezni za vse nove modele avtomobilov do 2,5 ton največje dovoljene mase
2009	Pomoč pri zaviranju je obvezna za vse nove modele avtomobilov
2011	Obvezna uvedba sistema za stabilnost v avtomobilih
	Novi tipi vozil morajo biti opremljeni s prižganimi lučmi
2012	Sistemi za nadzor tlaka v pnevmatikah pri novih modelih vozil
2013	Povečane zahteve za pasivne ukrepe za zaščito pešcev za vse nove modele avtomobilov do 2,5 tone (2015: Brez omejitev mase)
2014	ESP bo obvezna oprema za vse nove tovornjake
2015	Nova težka tovorna vozila bodo morala biti opremljena s sistemom za zaviranje v sili in sistemom LKAS (Lane Keep Assist System)

2 ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA

Stanje prometne varnosti bom analiziral na treh cestah v občini Trebnje. Cesti R3 651 in R1 215 povezujeta Trebnje z Novim mestom (in avtocesto A2), cesta R2 448 pa povezuje Trebnje z avtocesto A2. Cesti R2 448 in R1 215 (bivša hitra cesta H1, imenovana tudi »Avtocesta Bratstvo in enotnost«) po zgraditvi manjkajočega dela avtoceste A2 na območju med Medvedjekom in Novim mestom služita svojemu namenu kot obvoznica mesta Trebnje. Mesto Trebnje in analizirane ceste so označene na Sliki 2.



Slika 2: Mesto Trebnje in analizirane ceste [5]

Z odprtjem avtoceste mimo Trebnjega in zgraditvijo novih priključkov na cestno omrežje se je velika večina prometa, ki je doslej potovala po hitri cesti H1, preusmerila na avtocesto A2, prav tako pa se je pretežno tranzitni promet iz smeri Sevnice, ki je nadaljeval pot proti Ljubljani ali Novemu mestu, namesto skozi mestno jedro preusmeril na obvoznico mesta Trebnje in s tem se je zmanjšala količina prometa skozi samo mesto.

Med izgradnjo odseka avtoceste A2 se je veliko cest uporabljalo za prevoz materiala, potrebnega za izgradnjo. Ker uporabljene ceste niso bile zgrajene za tako veliko osno obremenitev in količino prometa, so se na cestah kmalu začeli kazati znaki preobremenitve. V precejšnji meri se je povzročena škoda med izgradnjo pred dokončanjem del odpravila, vendar je zaradi nastanka gospodarske krize del cest še vedno neobnovljen in v slabem

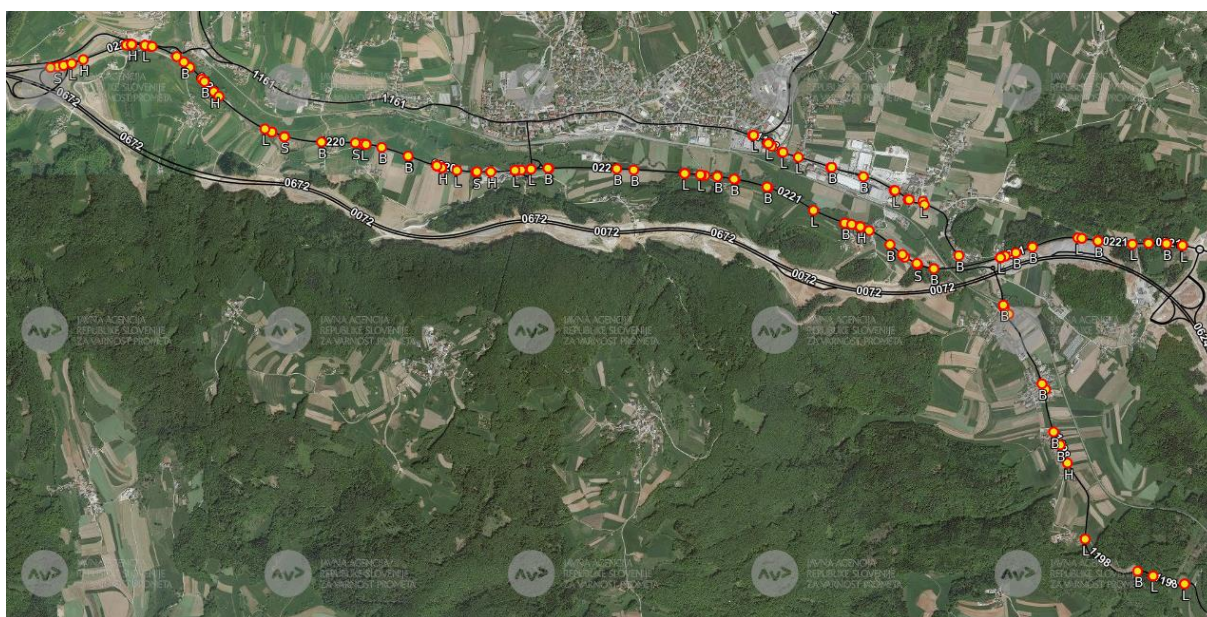
stanju. Ker je obnova cest potrebna in bo v (bližnji) prihodnosti tudi izvedena, si želim, da bi med samo odpravo napak voziščne konstrukcije poleg tega nekaj postorili tudi za izboljšano prometno varnost na področju preglednosti, omejitev hitrosti in dojemanja poteka ceste za uporabnike.

2.1 Prometne nezgode

Analizo prometnih nezgod sem opravil s programom Access, z uporabo podatkov o prometnih nezgodah, objavljenih na spletnih straneh Javne agencije Republike Slovenije za varnost v prometu in Policije.

Preglednica 2: Število nezgod v obdobju 2004–2014 [6]

Cesta	Odsek	Št. nezgod
215	1490	68
448	220	81
651	1198	63



Slika 3: Prometne nezgode na obravnavanih odsekih v obdobju med 2004–2014 [7]

Analiza prometnih nezgod je bila opravljena za obdobje med 1. 1. 2004 in 31. 12. 2014. Veliko število nezgod na cestah lahko pripišemo veliki količini prometa, ki se je pred izgradnjo avtoceste mimo Trebnjega odvijal na teh odsekih. Po izgradnji avtoceste se je velik del prometa preusmeril nanjo, zato je število nezgod upadlo in je v zadnjih 2 letih (2013,

2014) izrazito manjše (skupaj na teh odsekih 21 nezgod), še vedno pa so ostala kritična mesta, kjer so se v preteklosti pogosto dogajale prometne nezgode.

2.2 Štetje prometa in meritve hitrosti

Štetje prometa in meritve hitrosti so bile izvedene na cesti R3 651 1198 v naselju Dolenje Ponikve, kjer je omejitev hitrosti 50 km/h. Meritve so bile opravljene med 31. 8. od 15. ure naprej in 3. 9. 2015 do 8. ure, in sicer z napravo za štetje prometa in merjenje hitrosti ViaCount 2.

Naprava ViaCount 2 deluje na principu Doppler-jevega efekta in lahko poleg izmerjene hitrosti vozila in štetja vozil tudi klasificira vozila v velikostne razrede. Nadaljnja analiza podatkov je bila opravljena s priloženo programsko opremo ViaGraph.

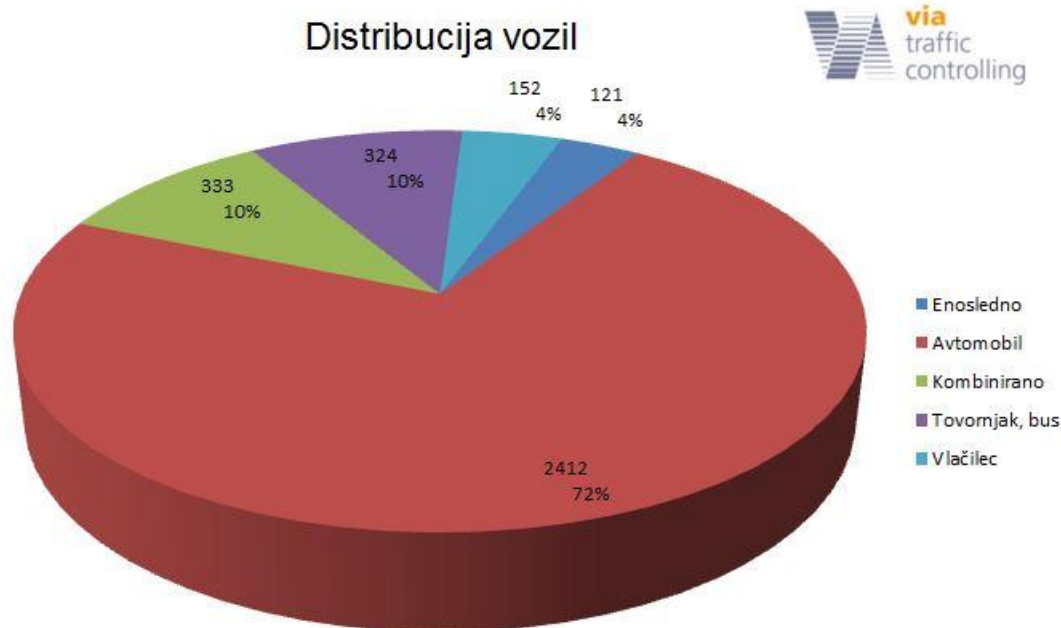
2.2.1 Štetje prometa

V času med 31. 8. od 15:00 in 3. 9. 2015 do 8:00 je mimo merilnega mesta peljalo skupno 3342 vozil. V tem času je bilo vreme jasno, cestišče pa suho. Podatki o prometu so podani v Preglednici 3, distribucija vozil na Grafikonu 1, na Grafikonu 2 pa je prikazano gibanje števila vozil v posameznih 15-minutnih intervalih.

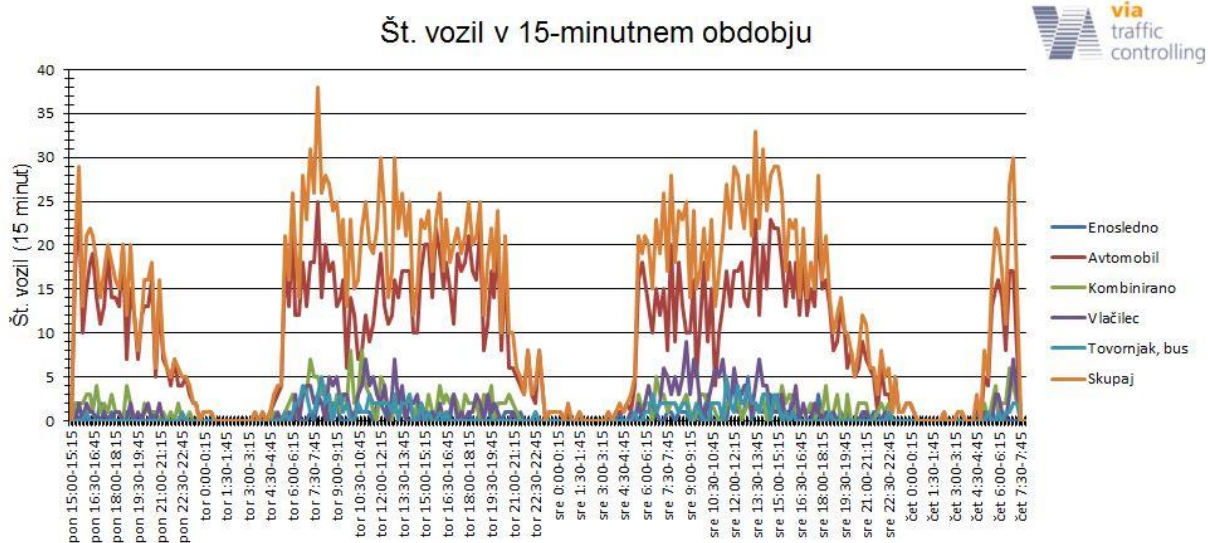
Preglednica 3: Rezultati meritev hitrosti in štetja prometa

Datum meritev: 31. avgust 2015,15:00 - 3. september 2015,8:00						
Omejitev hitrosti	50 km/h	Število	Vd[km/h]	Vmax[km/h]	V85 [km/h]	
% kršitev	68,68 %	Enosledno	121	31	97	55
Povprečni razmak	93,04 s	Avtomobil	2404	56	131	66
Vožnja v koloni	88,10 %	Kombinirano	331	54	101	67
ADT	1228	Tovornjak, bus	321	56	84	68
AYT	448220	Vlačilec	150	56	81	64
Odstotek tovornih vozil	14,16 %	Skupaj	3327	55	131	66
Smer analize	Obe smeri					
Adaptationer:	Domen Kukenberger					
Comment:	Diplomska naloga					
Location:	Dolenje Ponikve					
Arriving vehicles from:	Novo mesto					
Departing vehicles to:	Novo mesto					





Grafikon 1: Distribucija vozil



Grafikon 2: Število vozil v posameznem 15-minutnem obdobju

Iz Grafikona 2 lahko razberemo, da je največ vozil skozi obravnavan presek zapeljalo med 7. in 8. uro zjutraj (jutranja konica), kar se ujema z delovnim časom bližnjih podjetij in šol. Od 12. ure dalje se promet znova poveča in počasi upada vse do 18. ure (popoldanska konica). V času med 24. in 4. uro zjutraj promet miruje.

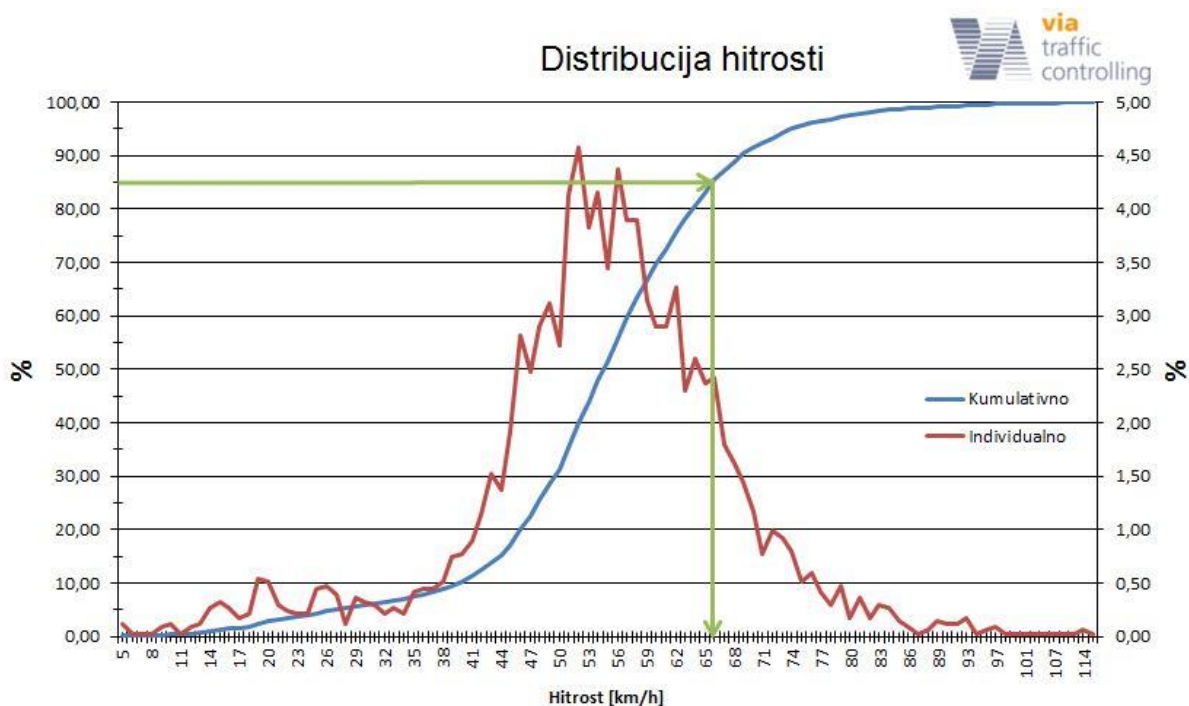
Heterogeno sestavo prometa lahko prevedemo na homogeno s pomočjo enote osebnih vozil (EOV). Osebna, kombinirana in enosledna vozila predstavljajo 1 EOVI, tovornjaki in avtobusi 2 EOVI in vlačilci 3 EOVI.

Pri analizi lahko poleg celodnevnega nihanja prometa opazimo tudi veliko nihanje prometa znotraj urne konice, zato ta nihanja zajamemo s faktorjem konične ure (FKU), ki je pomemben zlasti pri projektiranju novih cest in križišč.

$$FKU = \frac{147 \text{ EOVI}}{4 \cdot 47 \text{ EOVI}} = 0,782 \quad (1)$$

Poleg prometa v konični uri in FKU nas zanima tudi povprečni letni dnevni promet (PLDP). Na obravnavanem odseku ni nameščenih naprav za celoletno štetje prometa, zato PLDP določim iz predpostavke, da se v konični uri zgodi 10 % PLDP, kar v grobem velja za primestne ceste. PLDP tako znaša 1470 EOVI/dan, kar se približno ujema z izmerjenimi vrednostmi, saj je bilo na dan 1. 9. prešteti 1661 EOVI in na dan 2. 9. 1619 EOVI.

2.2.2 Hitrost prometa



Grafikon 3: Kumulativna in individualna distribucija hitrosti

Iz Grafikona 3 lahko razberemo, da se s hitrostjo 50 km/h in manj vozi samo 31,27 % vseh vozil, kar je zelo zaskrbljujoč podatek z vidika prometne varnosti, še bolj zaskrbljujoče pa je, da se s hitrostjo 50 km/h ali manj vozi le 23,95 % težkih tovornih vozil (Preglednica 4).

Preglednica 4: Razdelitev vozil v hitrostne razrede

Absolutno (število vozil)							
	Enosledna	Avtomobili	Kombinirana	Tovornjaki	Vlačilci	Skupaj	Kumulativa
<= 20 km/h	45	38	9	6	1	99	99
21-30 km/h	32	48	10	8	5	103	202
31-40 km/h	13	91	25	13	3	145	347
41-50 km/h	6	550	64	56	22	698	1045
51-60 km/h	11	932	122	143	73	1281	2326
61-70 km/h	7	545	72	64	43	731	3057
71-80 km/h	5	147	15	29	4	200	3257
81-90 km/h	1	39	11	5	1	57	3314
> 90 km/h	1	22	5	0	0	28	3342
Skupaj	121	2412	333	324	152	3342	3342

Odstotek (%)							
	Enosledna	Avtomobili	Kombinirana	Tovornjaki	Vlačilci	Skupaj	Kumulativa
<= 20 km/h	37,19	1,58	2,70	1,85	0,66	2,96	2,96
21-30 km/h	26,45	1,99	3,00	2,47	3,29	3,08	6,04
31-40 km/h	10,74	3,77	7,51	4,01	1,97	4,34	10,38
41-50 km/h	4,96	22,80	19,22	17,28	14,47	20,89	31,27
51-60 km/h	9,09	38,64	36,64	44,14	48,03	38,33	69,60
61-70 km/h	5,79	22,60	21,62	19,75	28,29	21,87	91,47
71-80 km/h	4,13	6,09	4,50	8,95	2,63	5,98	97,46
81-90 km/h	0,83	1,62	3,30	1,54	0,66	1,71	99,16
> 90 km/h	0,83	0,91	1,50	0,00	0,00	0,84	100,00
Skupaj	3,62	72,17	9,96	9,69	4,55	100,00	100,00

Prometno varnost se določa z uporabo 85-centila hitrosti oziroma tako imenovano V_{85} . To je hitrost, s katero vozi 85 % vseh izmerjenih vozil. V našem primeru znaša 66 km/h (Grafikon 3).

Ker se obravnavano mesto nahaja na razmeroma ravnem in preglednem odseku, so z vidika prometne varnosti alarmantni tudi podatki o maksimalnih hitrostih V_{max} . Najvišja izmerjena hitrost (avtomobil) na tem odseku je znašala visokih 131 km/h, zelo visoke pa so tudi V_{max} tovornjakov (84 km/h) in vlačilcev (81 km/h) (Preglednica 3). Zaustavitvena razdalja vozila, ki vozi s hitrostjo 130 km/h, znaša dobrih 300 m in v primeru, da v tem času na vozišče s stranske ceste zapelje vozilo ali stopi oseba, so trk in hude poškodbe neizbežne.

Glede na to, da so bile meritve opravljene v naselju, kjer je omejitev hitrosti 50 km/h, je potrebno za povečanje varnosti v prometu na tem odseku nujno poseči po ukrepih za umirjanje prometa. Možnosti za umiritev hitrosti prometa so predstavljene v [8].

2.3 Vozišče

Varna cesta predstavlja cestno okolje, ki zagotavlja vozilom, katera vozijo po pravilih in predpisih take pogoje, da se na mestih, kjer obstajajo konfliktne točke, zaradi človeškega faktorja ne bo zgodila prometna nezgoda. [3]

Poleg geometrije ceste ima pri prometni varnosti veliko vlogo tudi stanje vozišča. Veliko prometnih nezgod bi se lahko končalo z manjšimi posledicami ali celo brez njih, v kolikor bi bilo vozišče v boljšem stanju (torna sposobnost, ravnost, poškodovanost).

Pri pregledu obravnavanih cestnih odsekov se na veliko mestih nahajajo nepravilnosti: razpoke, odlomi robov, kolesnice, slabša torna sposobnost. Primeri poškodb so prikazani na Sliki 4.



Slika 4: Primeri poškodb na vozišču

2.4 Preglednost

Z vidika prometne varnosti je preglednost izrednega pomena, saj nam omogoča, da pravočasno zaustavimo pred oviro na vozišču ali da brez težav zmanjšamo potovalno hitrost, kjer je to potrebno (priključne rampe, križišča).

Ravno tako kot pri zaviranju je preglednost pomembna pri vključevanju v promet. Pri vključevanju v promet vozilo ponavadi miruje in voznik mora subjektivno oceniti, ali ima za ta manever na voljo dovolj časa in prostora. V kolikor voznik nima na voljo dovolj velike preglednosti, lahko pride do konfliktnih situacij; kot so izsiljevanje, prisiljeno izogibanje, trčenje.

Glede na opisane primere lahko na cesti ločimo preglednost na 3 sklope:

- vertikalna preglednost,
- horizontalna preglednost,
- prehitevalna preglednost.

2.4.1 Vertikalna preglednost

Pogoju vertikalne preglednosti se pri projektiranju ceste zadošča z omejitvijo minimalnega radija konveksne vertikalne zaokrožitve R_{konv} . Pri konkavnih vertikalnih zaokrožitvah vertikalna preglednost ni problematična.

Minimalen R_{konv} je odvisen od zaustavne pregledne razdalje P_z , ki se računa med višino voznikovega očesa $h_1 = 1,0$ m in višino ovire na cesti h_2 , katera je odvisna od projektne hitrosti. Vrednosti za višino h_2 so podane v Preglednici 5.

Preglednica 5: Minimalna vidna višina ovire na cesti [9]

V_i [km/h]	40	50	50	60	70	80	90	100	100	110	120	130	140
h_2 [m]	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,15	0,15

Opomba: Različni vrednosti za hitrosti 50 in 100 km/h sta upoštevani za različno zahtevne tehnične skupine cest.

P_z lahko določimo z izbiro ustrezne vrednosti zaustavne razdalje L_z iz Preglednice 6, kateri prištejemo varnostni odmik 7 m po enačbi (2):

$$P_z = L_z + 7 \text{ m.} \quad (2)$$

Preglednica 6: L_z v odvisnosti od projektne hitrosti in nagiba nivelete [10]

Nagib nivelete %	Projektna hitrost km/h											
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
	Zaustavitvena razdalja											
- 12	25	37	55	75	110	140	180	240	287	345	420	
- 8	23	35	50	68	97	125	165	210	257	310	390	
- 4	21	32	47	63	87	113	145	185	230	280	350	
± 0	20	30	45	60	80	105	130	165	205	250	315	
+ 4	20	29	43	57	76	100	122	156	195	235	285	
+ 8	19	28	40	53	71	96	112	144	180	225	260	
+ 12	17	27	37	49	64	87	100	130	160	215	240	

Z določenimi zgornjimi vrednostmi lahko z uporabo enačbe (3) izrazimo minimalni R_{konv} .

$$P_z = \sqrt{(R_{min,konv} + h_1)^2 - R_{min,konv}^2} + \sqrt{(R_{min,konv} + h_2)^2 - R_{min,konv}^2} \quad (3)$$

V Preglednici 7 so podane nekatere vrednosti minimalnega R_{konv} .

Preglednica 7: Vrednosti minimalnega radija konveksne vertikalne zaokrožitve [10]

V_i [km/h]	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
$r_{min,konv}$ [m]	400	800	1000	1500	2000	4000	6000	9000	12000	15000	20000

Pri ogledu obravnavanih cestnih odsekov sem na nekaj mestih opazil, da zahtevana P_z ni zadovoljiva. Nekaj primerov teh odsekov je prikazanih na Sliki 5.



Slika 5: Primeri vertikalne nepreglednosti

2.4.2 Horizontalna preglednost

Horizontalna preglednost je v smislu prometne varnosti enako pomembna kot vertikalna. Glavni razlogi za potrebo po zagotovitvi te preglednosti so enaki razlogom, navedenim v poglavju **2.4.1 Vertikalna preglednost**.

Horizontalna preglednost mora biti zagotovljena z odstranitvijo vseh kontinuiranih ovir na notranji strani horizontalne krivine (na desni in na levi strani), vključno s preničnimi ovirami (parkirana vozila, deponije ipd.). [9]

Prostor, ki ga s tem opredelimo, je polje preglednosti. Širino polja preglednosti se mora določiti s poenostavljenima enačbama (4) in (5).

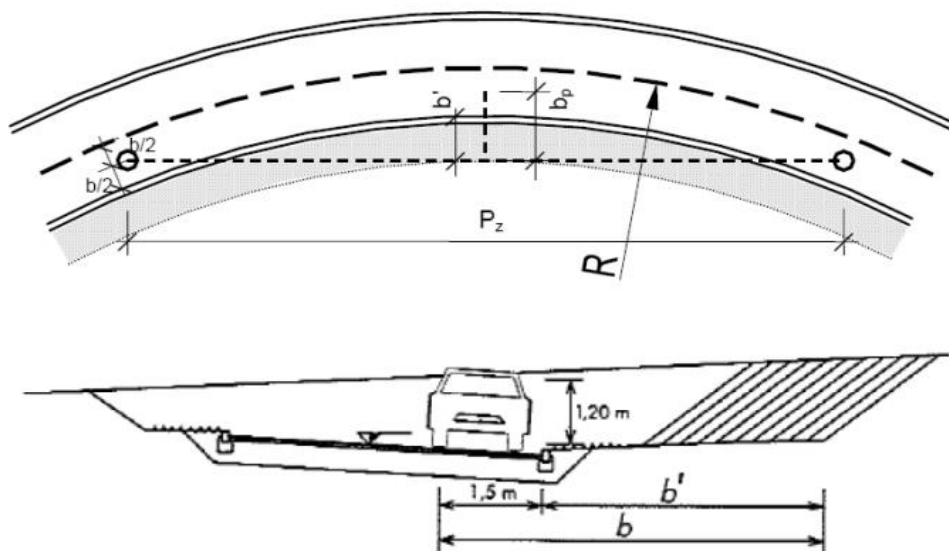
$$b_p = \frac{P_z^2}{8 \cdot R} \quad (4)$$

$$b' = b_p - \frac{b}{2}, \quad (5)$$

kjer je:

- b' [m] širina pregledne berme,
- b [m] širina voznega pasu,
- b_p [m] širina preglednosti,
- R [m] polmer horizontalne krivine.

Pomen zgornjih oznak v horizontalni krivulji je predstavljen na Sliki 6.



Slika 6: Prikaz pomena oznak pri izračunu horizontalne preglednosti [9]

V primeru, ko se ne more zagotoviti zadostne pregledne razdalje, je potrebno ali povečati velikost polmera horizontalne krivine (npr. v predorih ali na viaduktih) ali pa z ustreznimi prometnimi znaki omejiti vozno hitrost. [9]

Pri pregledu obravnavanih cestnih odsekov sem ugotovil, da preglednost ne zadostuje zahtevam na večjih mestih obravnavanih odsekov cest. Primeri nepreglednosti so prikazani na Sliki 7.



Slika 7: Primeri horizontalne nepreglednosti

2.4.3 Prehitevalna preglednost

Z zagotavljanjem prehitevalne preglednosti se vpliva na kvaliteto prometnega toka, prepustnost ceste in na varnost prometa.

Prehitevalna preglednost P_p je razdalja, na kateri je možno varno prehitevanje počasnejšega vozila. Je vsota dolžin, ki ju prevozita prehitevajoče in nasprotivozeče vozilo v času, ki omogoča, da prehitevajoče vozilo opazi situacijo (reakcijski čas), pospeši na prehitevalno hitrost, prehti prehitevano vozilo in se varno vrne na svoj vozní pas. [10]

Minimalne razdalje P_p so izračunane za pogoje pospeška prehitevajočega vozila $1,5 \text{ m/s}^2$ in upoštevanja največje dopustne vozne hitrosti prehitevajočega in nasprotivozečega vozila na posamezni cesti. Vrednosti teh razdalj so za različne dopustne vozne hitrosti podane v Preglednici 8.

Preglednica 8: Minimalne vrednosti razdalj prehitevalne preglednosti [10]

V_i [km/h]	40	50	60	70	80	90	100
min P_p [m]	-	330	380	450	520	600	680

V območju vertikalnih zaokrožitev nivelete je treba za ugotavljanje zadostne prehitevalne preglednosti upoštevati dvakratno zavorno razdaljo projektne hitrosti V_{proj} in višino ovire $h_2 = 1,0$ m.

Za praktične postopke pri določanju območja prepovedi prehitevanja je dovolj točno, če se takšno prepoved izvede na vseh vertikalnih konveksnih zaokrožitvah, ki ne izpolnjujejo pogoja, ki ga narekuje enačba (5). [9]

$$r < 1,75 \cdot R_{min,konv} \quad (6)$$

kjer je:

- r [m] radij vertikalne konveksne zaokrožitve nivelete,
- $R_{min,konv}$ [m] minimalni dopustni vertikalni konveksni radij zaokrožitve nivelete.

Pri analizi obstoječega stanja sem ugotovil, da je prehitevalna preglednost na večini odsekov ustrezna, neustrezna mesta (7, 8, 9 in 11) so označena na skupni karti nepravilnosti na Sliki 9.

2.5 Zaustavna razdalja

Zaustavna razdalja L_z je najkrajša dolžina, na kateri lahko voznik na mokrem in čistem vozišču zaustavi vozilo v pogojih dopustne vrednosti koeficienta drsnega trenja ($KDT = f_{190\%}$).

Za asfaltna vozišča je potrebno razdaljo L_z izračunati z enačbami (7–12) [9]:

$$L_z = L_1 + L_2 \quad (7)$$

$$L_1 = \frac{V_0}{3.6} \cdot t_r \quad (8)$$

$$L_2 = \frac{1}{3.6^2 \cdot g} \int_{V_1}^{V_2} \frac{V}{f_T(V) + \frac{s}{100} + u(V)} dv \quad (9)$$

$$V_1 = 0 \text{ in } V_2 = V_0 = V_{zasn} \text{ oziroma } = V_{proj} \quad (10)$$

$$f_T(V) = 0.2 \cdot \left(\frac{V}{100}\right)^2 - 0.629 \cdot \left(\frac{V}{100}\right) + 0.637 \quad (11)$$

$$u(V) = 0.461 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{V}{3.6}\right)^2, \quad (12)$$

pri čemer je:

- L_1 [m] prevozna razdalja vozila v času t_r ,
- L_2 [m] razdalja v fazi zaustavljanja vozila od trenutka, ko voznik pritisne na zavoro do popolne zaustavitve,
- V [km/h] hitrost,
- V_0 [km/h] začetna hitrost,
- V_1 [km/h] hitrost vozila po koncu zaviranja, pri zaustavitvi: $V_1 = 0$,
- V_2 [km/h] hitrost vozila tik pred začetkom zaviranja,
- t_r [s] reakcijski čas: 2,0 s za teh. skupino A in 1,5 s za teh. skupino B in C,
- g [m/s^2] gravitacijski pospešek,
- f_T [-] koeficient drsnega trenja v tangencialni smeri,
- s [%] vzdolžni nagib nivelete ceste,
- u [-] koeficient zračnega upora (dinamični upor zraka).

Na obravnavanih odsekih sem neustrezno L_z zasledil na enem mestu (na ostalih mestih, kjer L_z ne ustreza zaradi nepreglednosti, sem upošteval, da je težava v nepreglednosti), ki je označeno na skupni karti nepravilnosti (Slika 9) z oznako 1. To mesto je zaviralni pas pri zapuščanju ceste R2 448 0220 na stacionaži 2800 m. Razdalja zaviralnega pasu znaša 80 m, predpisana razdalja zaviralnega pasu pa znaša 200 m. [10] Nepravilnost je prikazana na Sliki 8.



Slika 8: Neustrezna zaviralna razdalja

3 UKREPI ZA IZBOLJŠANJE PROMETNE VARNOSTI

Na podlagi analize prometnih nezgod v poglavju **2.1. Prometne nezgode** sem na ključnih mestih, kjer je bila gostota prometnih nezgod večja, pripravil predloge za izboljšavo obstoječega stanja prometne varnosti. Posamezna mesta so s številkami označena na karti nepravilnosti (Slika 9).

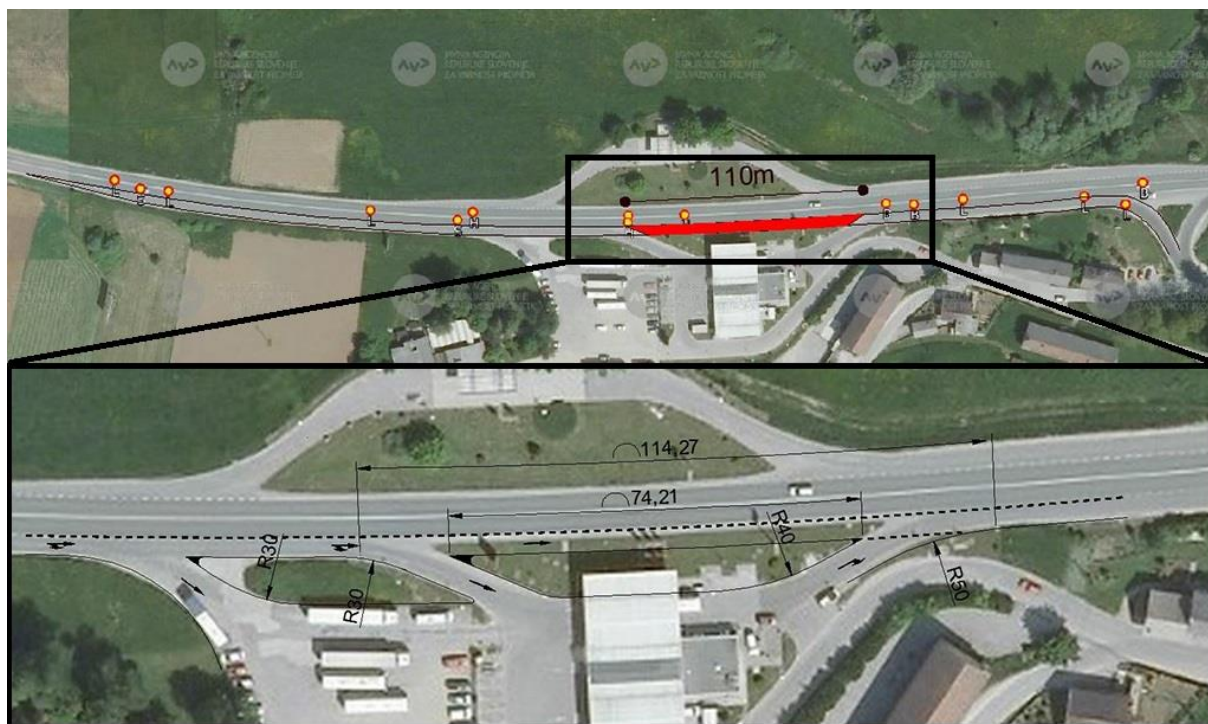


Slika 9: Mesta, kjer so potrebni ukrepi za izboljšanje prometne varnosti [7]

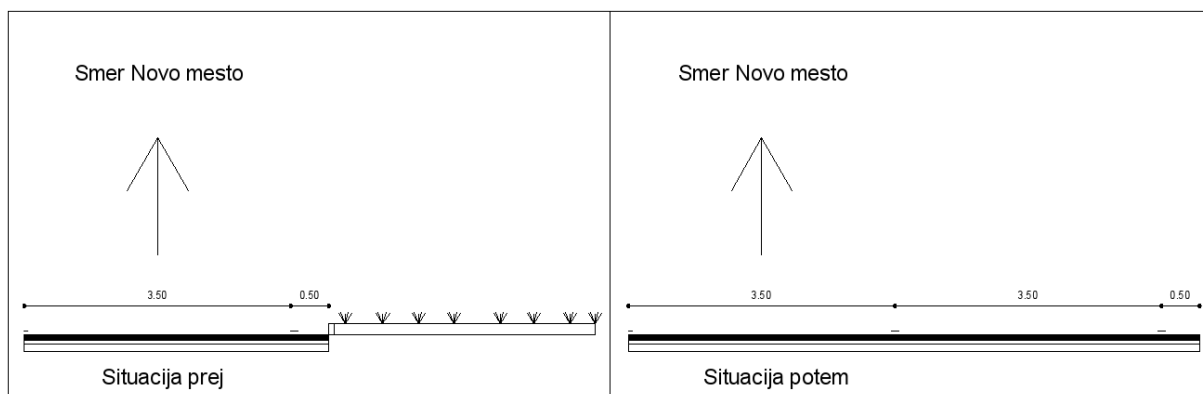
3.1 Mesto št. 1 – zaviralni pas

Na mestu 1 je bilo v obravnavanem obdobju 11 prometnih nezgod, kar nakazuje na to, da bi bilo potrebno podaljšati razdaljo zaviralnega pasu, da ne bi prihajalo do konfliktnih situacij med vozili, ki vožnjo po tej cesti nadaljujejo, in tistimi, ki cesto zapuščajo. Pri opazovanju prometa sem ugotovil, da veliko voznikov začne zavirati že preden zapelje na zaviralni pas in s tem poleg povzročitve nevarne situacije možnosti naleta vozil tudi zmanjšuje pretočnost prometa.

Problem bi rešil s podaljšanjem zaviralnega pasu do zaviralnega pasu, ki se odcepi k bencinskemu servisu, za 110 m. Na ta način bi bila skupna dolžina zaviralnega pasu 390 m, s čimer bi zadostili predpisom. Prikaz trenutne situacije je na Sliki 8, predlog izboljšave pa je prikazan z rdečo barvo na Sliki 10.



Slika 10: Predlog izboljšave za mesto št. 1



Slika 11: Primerjava prečnega profila pred in po ureditvi zaviralnega pasu

3.2 Mesto št. 2 – krožišče

Na tem mestu problem predstavlja nepreglednost. Krožišču se približujemo po konveksni krivini, kar zmanjšuje preglednost nad dogajanjem prometa v križišču, dodatno pa preglednost zmanjšuje tudi postavitve betonske (BVO) in visoke jeklene varnostne ograje (JVO) na mostu. Preglednost bi lahko izboljšali z odstranitvijo visoke JVO na mostu, v dolžini 30 m od uvoza v krožišče in namestitvijo nižje JVO z manj gostim rastrom vertikalno postavljenih palic ob pločniku. Nepreglednost je prikazana med vožnjo dveh vozil na Sliki 12.

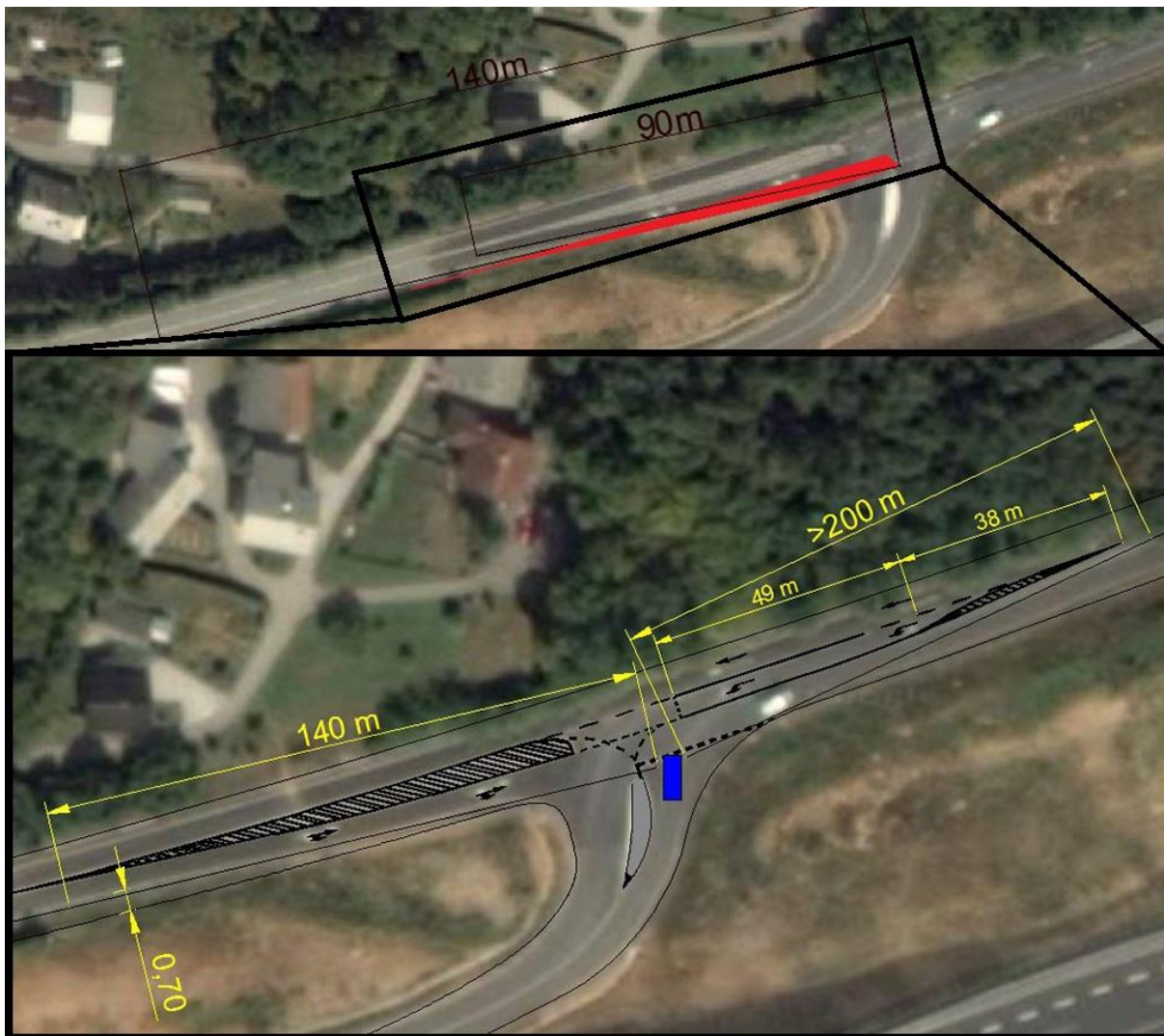


Slika 12: Nepreglednost zaradi JVO

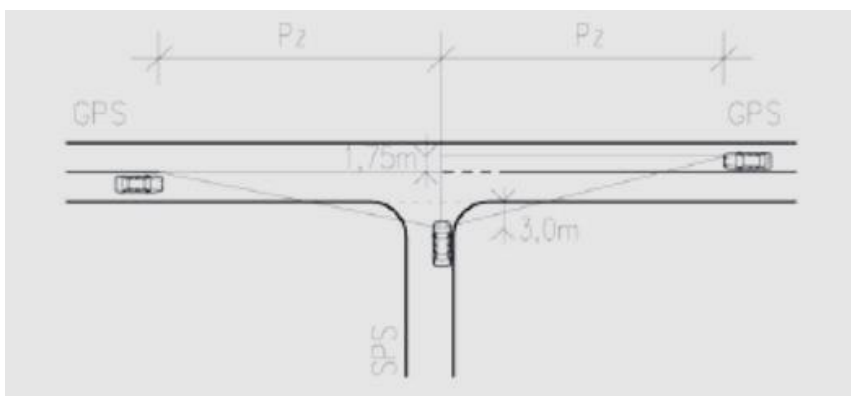
3.3 Mesto št. 3 – priključek na GPS

Pri vključevanju v promet na cesti R1 215 1490 nam preglednost v smeri Trebnjega zmanjšuje jeklena varnostna ograja, ki je postavljena v rahlem loku, zato se moramo, če želimo zadostno preglednost za vključitev v promet, z vozilom premakniti že na del ceste, na katero se vključujemo, s čimer ustvarimo nevarno situacijo, posledica katere je lahko bočno trčenje.

Preglednost pri vključevanju iz priključka na glavno prometno smer (GPS) mora biti enaka P_z [11]. Preglednost v našem primeru znaša 90 m, P_z za ta odsek pa znaša 140 m. Preglednost bi izboljšali s prestavitvijo poteka roba vozišča in JVO za približno 50 cm, tako da v polju preglednosti ne bi bilo nobenih ovir. Predlog izboljšave je z rdečo barvo prikazan na Sliki 13, na Sliki 14 pa je prikazana preglednost pri vključevanju iz priključka na GPS.



Slika 13: Predlog izboljšave za mesto št. 3 [12]



Slika 14: Preglednost pri vključevanju iz priključka na GPS [11]

3.4 Mesto št. 4 – prehod za pešce

Potek ceste v rahli konveksni krivini zmanjšuje vertikalno preglednost, poleg tega pa je na vrhu konveksne krivine za otokom za umirjanje prometa (v smeri Trebnjega) postavljen prehod za pešce. Prehod je sicer označen s tablo za prehod za pešce, vendar lahko voznik tablo, zlasti v večernih urah, hitro spregleda, saj sovпада z modro barvo nadstreška avtobusnega postajališča, sam prehod pa je zaradi vertikalne nepreglednosti manj opazen. Prometna varnost bi se izboljšala z vgraditvijo LED talnih svetlobnih oznak na mestu prehoda za pešce.

3.5 Mesto št. 5 – priključek na GPS

Pri vključevanju v promet na priključku 1 je zaradi poteka ceste v loku nezadostna horizontalna preglednost; pri 50 km/h mora ta razdalja znašati 52 m na tem priključku pa znaša le 10 m.

Problem preglednosti je bil že obravnavan in izboljššan z namestitvijo prometnega ogledala, vendar ta rešitev ne izboljša preglednosti za voznike, ki potujejo po cesti v smeri padanja stacionaže, saj je vozilo skrito za objektom. Prometna varnost bi bila večja, če bi se uvedla prepoved vključevanja v promet na priključku 1 (znak II-4 HI za prepoved prometa v eno smer), saj za to zadostuje priključek 2 (Slika 15), priključek 1 bi lahko služil samo kot uvoz na parkirišče v smeri padanja stacionaže (v smeri Trebnjega). V tem primeru bi bila preglednost ustrezna v obe smeri – več kot 50 m.

Na mesti označeni z zvezdicama, bi postavili še ustrezno prometno signalizacijo za prepovedano zavijanje v levo (znak II-26, na mestu z oznako A) in za stransko cesto, ki pripelje na prednostno z leve strani pod pravim kotom (znak I-28, na mestu z oznako B) (Slika 16).



Slika 15: Priključka 1 in 2 ter razdalje preglednosti [5]



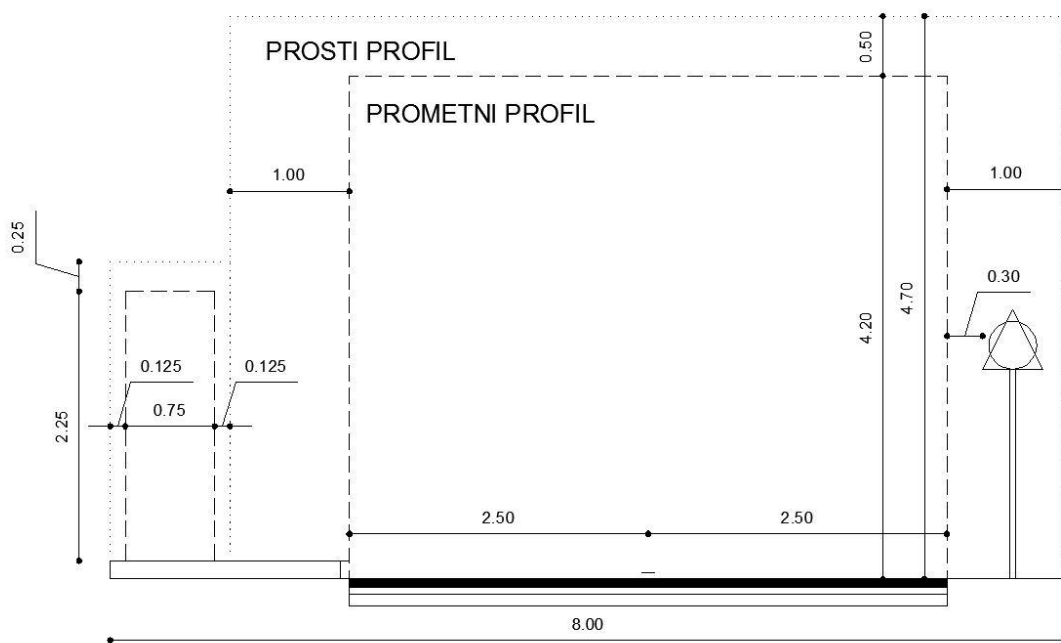
Slika 16: Znaki II-4 HI, II-26 in I-28 [13]

3.6 Mesto št. 6 – pločnik

V Nemški vasi se nahaja podružnična šola Osnovne šole Trebnje in na poti v šolo morajo otroci, ki hodijo v šolo iz smeri Dolenjih Ponikev – prav tako pa tudi drugi pešci, ki uporabljajo to cesto, stopati po cestišču (Slika 17), s čimer ogrožajo svojo varnost in varnost drugih udeležencev, zato bi bilo nujno potrebno zgraditi pločnik vsaj ob levem robu cestišča (gledano v smeri naraščanja stacionaže) od Nemške vasi do Dolenjih Ponikev. Dimenzije prečnega profila ceste so izbrane za zbirno regionalno cesto s projektno hitrostjo 50 km/h. Skica prečnega profila ceste je prikazana na Sliki 18.



Slika 17: Hoja pešcev po cestišču



Vse mere so podane v metrih

Slika 18: Prečni profil ceste

3.7 Mesto št. 7 – krivina

Zaradi majhnega radija ceste (29,5 m) je horizontalna preglednost izredno oslABLJENA, prav tako pa element ne ustreza hitrostni omejitvi na tem mestu (50 km/h). Del problema horizontalne nepreglednosti bi lahko rešili že pri izgradnji pločnika do Nemške vasi (**poglavje 3.6 Mesto št. 6 – pločnik**), saj bi bilo potrebno za zagotovitev zadostne širine pri zgraditvi

pločnika odkopati brežino, ki zmanjšuje preglednost, drugi del problema pa bi rešili z ustrežno omejitvijo hitrosti na tem mestu (30 km/h).

Z nižjo omejitvijo hitrosti bi bila ustrezna krajša L_z , s tem pa tudi manjša zahtevana horizontalna preglednost. Poleg tega bi bili vozniki, ki tega območja ne poznajo, že pred samo krivino opozorjeni o primerni hitrosti za varno vožnjo skozi krivino, s čimer bi pripomogli k večji prometni varnosti, saj vemo, da s pospeševanjem ali zaviranjem med potovanjem po krivini povečujemo rezultanto sil in zmanjšujemo odpor na edinem stiku vozila s cesto (pnevmatike).

Na Sliki 19 in Sliki 20 sta prikazana primera pregledne berme za obstoječe in predlagano stanje, na Sliki 6 pa je prikazan pomen oznak, uporabljenih pri izračunu pregledne berme v enačbah (13) in (14).

$$b_p = \frac{P_z^2}{8 \cdot R} = \frac{(27 \text{ m})^2}{8 \cdot 29,5 \text{ m}} = 3,089 \text{ m} \quad (13)$$

$$b' = b_p - \frac{b}{2} = 3,089 \text{ m} - \frac{2,5 \text{ m}}{2} = 1,839 \text{ m}, \quad (14)$$

kjer je:

- b' [m] širina pregledne berme,
- b [m] širina voznega pasu,
- b_p [m] širina preglednosti,
- R [m] polmer horizontalne krivine.

V krivini je za normalno prevoznost vozil (vlačilec) potrebna še razširitev posameznega prometnega pasu Δb_{pp} . Ker delež vlačilcev na tej cesti ni velik in je majhna verjetnost, da se bosta ob istem času na tem mestu srečala dva vlačilca, upoštevam samo razširitev na notranjem delu krivine za vlačilec, določeno po enačbi (15). Podatki za medosno razdaljo s previsom vozila spredaj (L_{op}) so podani v [10].

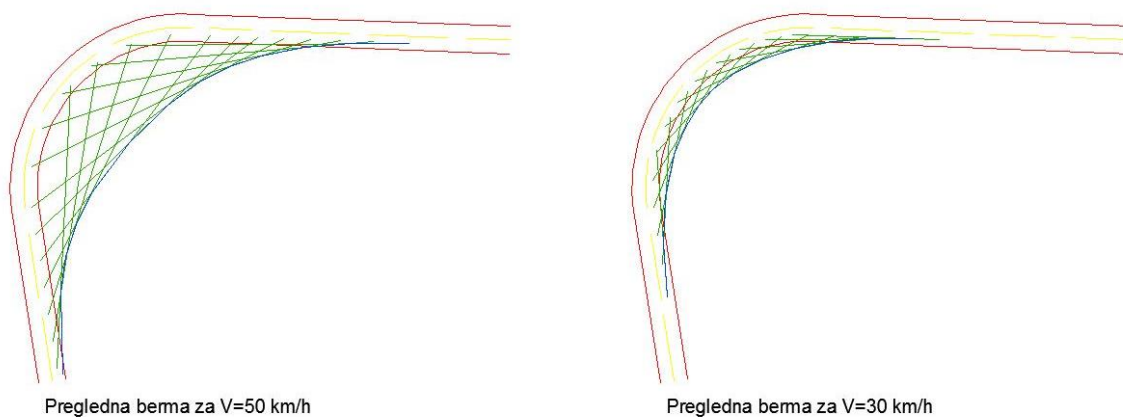
$$\Delta b_{pp} = R_{zu} - \sqrt{(R_{zu}^2 - L_{op}^2)} = 29,5 \text{ m} - \sqrt{(29,5 \text{ m})^2 - (10,0 \text{ m})^2} = 1,75 \text{ m}, \quad (15)$$

kjer je:

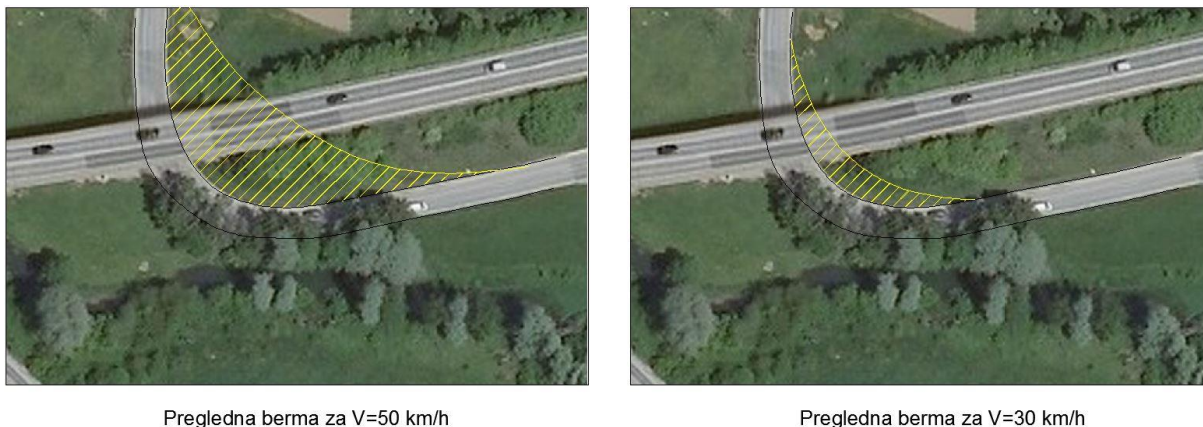
- R_{zu} [m] polmer zunanega krožnega loka.

Kot lahko razberemo iz dimenzij prečnega profila ceste na Sliki 18 in z upoštevanjem Δb_{pp} v krivini, znaša skupna razdalja od roba pločnika do položaja oči voznika na sredini voznega

pasu več kot 4,0 m, kar pomeni, da bi po novi omejitvi hitrosti, razširitvi vozišča in izgradnji pločnika, širina pregledne berme ustrezala.



Slika 19: Pregledni bermi za obstoječe in predlagano stanje



Slika 20: Pregledni bermi za obstoječe in predlagano stanje [5]

3.8 Mesto št. 8 – most in nivojski prehod ceste čez železniško progo

Na mestu št. 8 je pri potovanju v smeri naraščanja stacionaže zaradi premajhnega R_{konv} ceste čez most oslABLJENA vertikalna preglednost (Slika 5, spodaj levo in spodaj desno). To mesto je posebej problematično zaradi zožanja cestišča na mostu, zaradi česar lahko čez most naenkrat pelje samo eno vozilo. Ker zaradi slabe vertikalne preglednosti nasproti vozečega vozila pogosto sploh ne opazimo, je na tem mestu večkrat potrebno močno zavirati v izogib prometni nezgodi, poleg tega pa je takoj za mostom še nivojski prehod ceste čez železniško progo, ki ni zavarovan z zapornicami. Ker je vertikalna preglednost slaba, obstaja večja verjetnost, da se vozili opazita prepozno in mora včasih kljub temu, da ima vozilo, ki vozi v smeri proti Trebnjemu, dodeljeno prednost, to vozilo ustaviti na mestu med železniško progo in mostom (Slika 21).

Po [14] je največja dovoljena dolžina vozila v Sloveniji 18,75 m. Kot je označeno na Sliki 21, je razdalja med železniško progo in mostom prekratka za ustavitev tako dolgega vozila, saj ta razdalja znaša 17,21 m (z upoštevanim varnostnim odmikom od železniške proge).

Dodatno nevarnost pri prečkanju železniške proge povzroča horizontalna nepreglednost proge. Zaradi manjše ozelenjene brežine je moten pogled na progo in bližajoč se železniški promet, še posebej ko ozelenitev dlje časa ni pokošena, zato moramo z vozilom zapeljati v neposredno bližino železniške proge, preden se prepričamo o prostosti prehoda čez železniško progo.

Problem bi lahko rešili z obnovo in razširitvijo (enak prečni profil kot na Sliki 18) mostu, omejitvijo hitrosti na 40 km/h, s čimer bi bili ustrezni manjši R_{konv} , znižanjem brežine in prepovedjo ozelenitve brežine ter za dodatno prometno varnost še namestitvijo avtomatskih zapornic čez železniško progo.



Slika 21: Razdalja med železniškim prehodom in mostom [5]

3.9 Mesto št. 9 – brežina, ozelenitev in živa meja

Na tem mestu se pojavi problem horizontalne in vertikalne nepreglednosti v obeh smereh vožnje. Problem vertikalne nepreglednosti bi rešili z znižanjem višine nivelete ceste, problem horizontalne nepreglednosti pa z odkopom brežine na eni strani in večjim odmikom ter nižjo višino žive meje na drugi strani vozišča.

Na Sliki 22 sta prikazana oštevilčena primera pregledne berme za obe strani vozišča, na Sliki 6 pa je prikazan pomen oznak, uporabljenih pri izračunu pregledne berme v enačbah (16–21).

$$b_{p2} = \frac{P_z^2}{8 \cdot R} = \frac{(51 \text{ m})^2}{8 \cdot 190 \text{ m}} = 1,711 \text{ m} \quad (16)$$

$$b'_2 = b_{p2} - \frac{b}{2} = 1,711 \text{ m} - \frac{2,5 \text{ m}}{2} = 0,461 \text{ m} \quad (17)$$

$$\Delta b_{pp2} = \frac{L_{op}^2}{2 \cdot R} = \frac{(10,0 \text{ m})^2}{2 \cdot 190 \text{ m}} = 0,26 \text{ m} \quad (18)$$

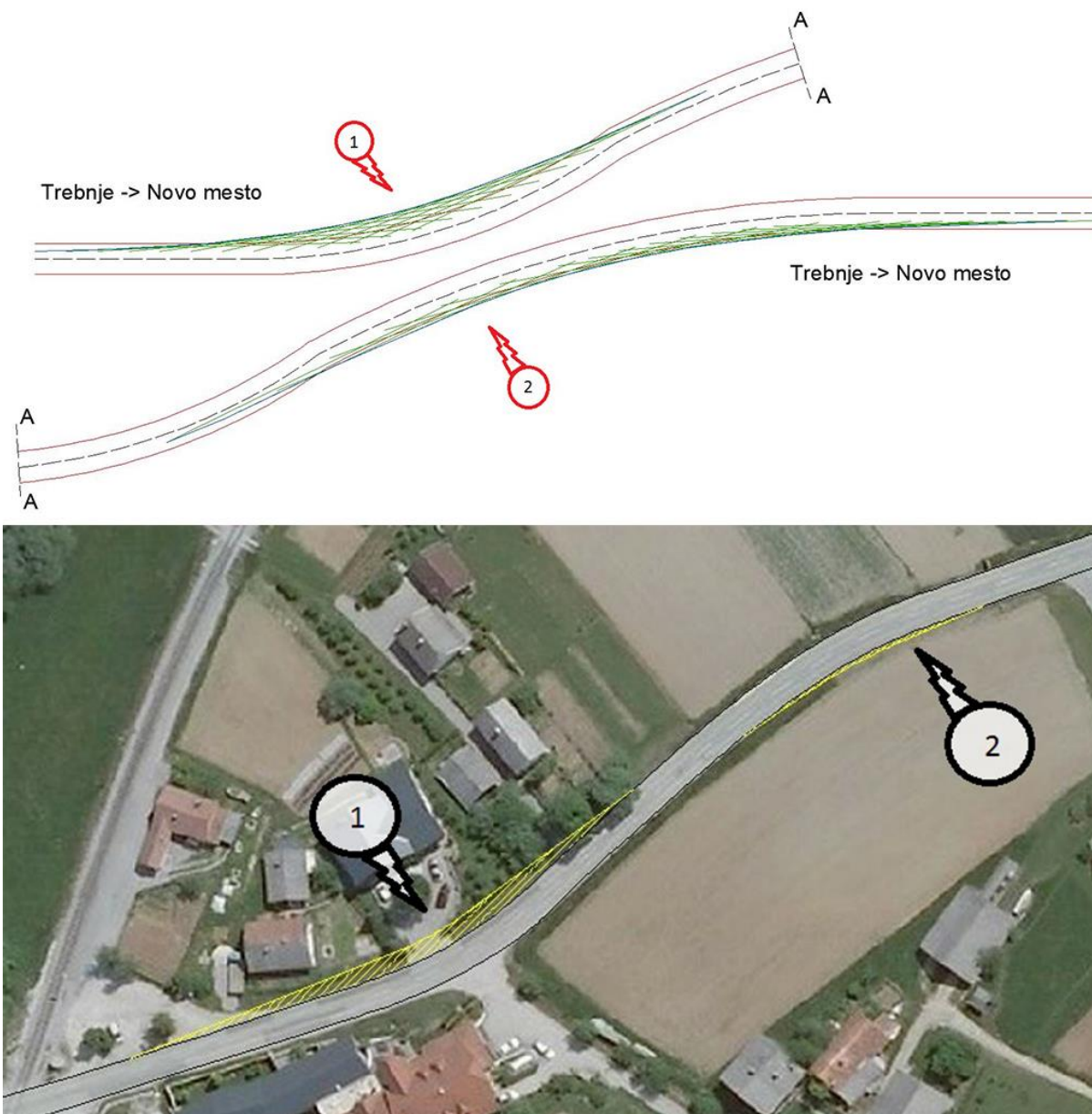
$$b_{p1} = \frac{P_z^2}{8 \cdot R} = \frac{(54 \text{ m})^2}{8 \cdot 100 \text{ m}} = 3,645 \text{ m} \quad (19)$$

$$b'_1 = b_{p1} - \frac{b}{2} = 3,645 \text{ m} - \frac{2,5 \text{ m}}{2} = 2,395 \text{ m} \quad (20)$$

$$\Delta b_{pp1} = \frac{L_{op}^2}{2 \cdot R} = \frac{(10,0 \text{ m})^2}{2 \cdot 100 \text{ m}} = 0,50 \text{ m}, \quad (21)$$

kjer je:

- b' [m] širina pregledne berme,
- b [m] širina voznega pasu,
- b_p [m] širina preglednosti,
- R [m] polmer horizontalne krivine.



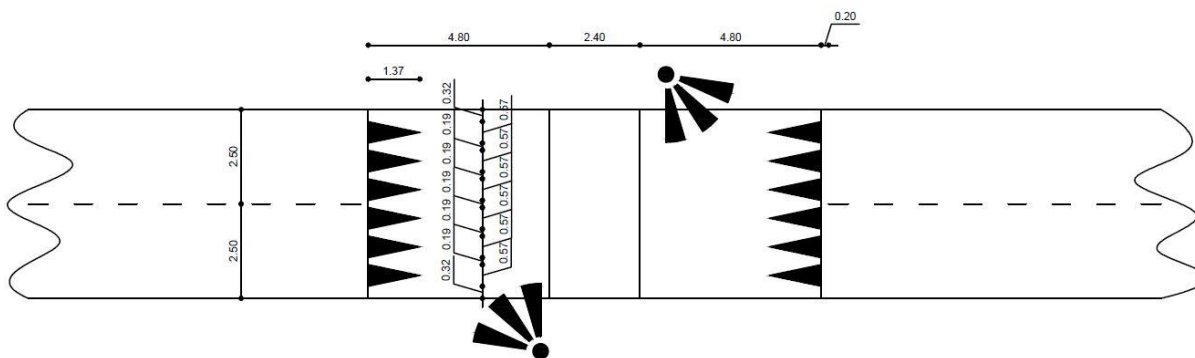
Slika 22: Pregledni bermi na mestu št. 9 [5]

3.10 Mesto št. 10 – omejitev hitrosti

Na tem odseku smo pri meritvah hitrosti ugotovili močno presežene vrednosti V_{85} (glej poglavje **2.2.2 Hitrost prometa**), prav tako pa tudi V_{max} , zato so na tem mestu nujno potrebni ukrepi za umirjanje prometa. Ukrepi, ki so nam na voljo, so podani v Razpredelnici 3 v [8].

Ker se ta odsek nahaja na preglednem in razmeroma ravnem delu in se hitrost vozil med potovanjem po odseku ne spreminja veliko, mi pa si želimo ukrep, ki bo učinkoval na celotnem odseku, je najprimernejši ukrep št. 3 – grbine trapezne oblike s prevozno hitrostjo

$V_{prev} = 50 \text{ km/h}$ (Slika 23), postavljene na začetku in koncu naselja ter vmes na medsebojni oddaljenosti 200 m. [8] Na mestu grbin namestimo še javno razsvetljava za boljšo vidljivost.



Slika 23: Umestitev grbine trapezne oblike z označenimi dimenzijami



Slika 24: Prikaz situacije mesta št. 10

3.11 Mesto št. 11 – nepreglednost

Na tem območju se pojavlja predvsem problem vertikalne nepreglednosti, zato bi bila potrebna prilagoditev nivelete cestišča. Ker pa se odsek nahaja izven naselja, kjer je omejitev hitrosti 90 km/h, bi bilo zaradi velike P_z potrebno poseči tudi po ukrepih za izboljšanje horizontalne preglednosti.

V krivini z radijem 117 m bi bilo potrebno omejiti hitrost na 70 km/h ter odkopati brežino. Na Sliki 26 sta prikazana primera pregledne berme za obstoječe in predlagano stanje, na Sliki 6 pa je prikazan pomen oznak, uporabljenih pri izračunu pregledne berme v enačbah (22–25).

$$b_p = \frac{P_z^2}{8 \cdot R} = \frac{(87 \text{ m})^2}{8 \cdot 117 \text{ m}} = 8,087 \text{ m} \quad (22)$$

Če upoštevamo še Δb_{pp} (23) vozišča v krivini za normalno prevoznost vozil (vlačilec), znaša širina vozišča b_{nova} (24):

$$\Delta b_{pp} = \frac{L_{op}^2}{2 \cdot R} = \frac{(10,0 \text{ m})^2}{2 \cdot 117 \text{ m}} = 0,43 \text{ m} \quad (23)$$

$$b_{nova} = b + \Delta b_{pp} = 2,5 \text{ m} + 0,43 \text{ m} = 2,93 \text{ m}, \quad (24)$$

širina pregledne berme pa (25):

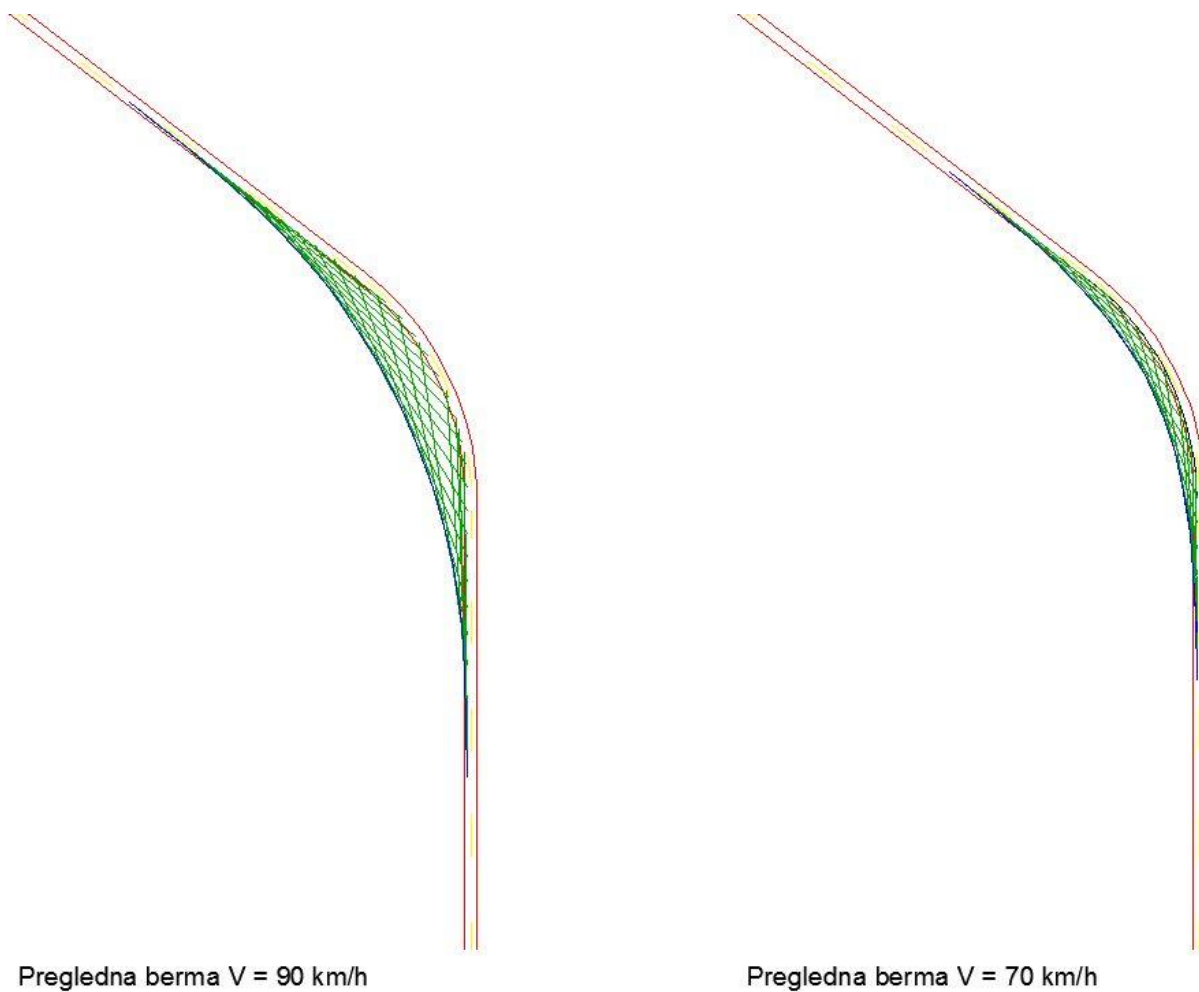
$$b' = b_p - \frac{b_{nova}}{2} = 8,087 \text{ m} - \frac{2,93 \text{ m}}{2} = 6,622 \text{ m}, \quad (25)$$

kjer je:

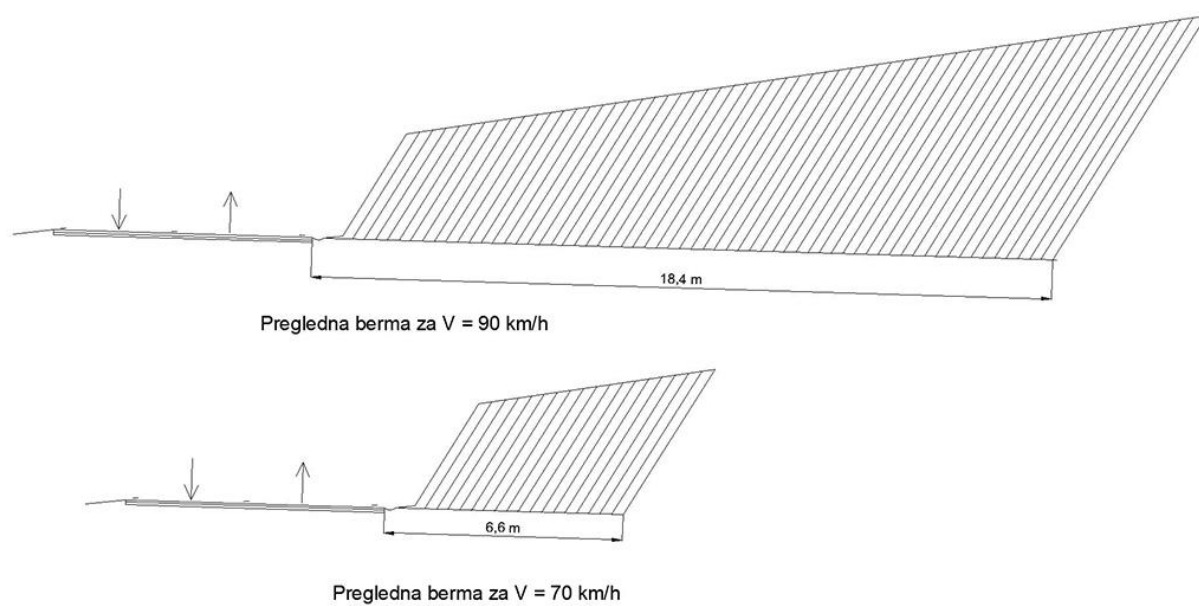
- b' [m] širina pregledne berme,
- b [m] širina voznega pasu,
- b_p [m] širina preglednosti,
- R [m] polmer horizontalne krivine.



Slika 25: Prikaz situacije mesta št. 11



Slika 26: Pregledni bermi za obstoječe in predlagano stanje



Slika 27: Primerjava med potrebnim odkopom za obe pregledni bermi

4 ZAKLJUČEK

Po svetu se v današnjem času daje vedno več poudarka na varnost v prometu in stremenju k zmanjšanju števila žrtev v prometnih nezgodah. Ena izmed vizij varnosti v prometu je tudi Vizija nič, ki izhaja iz Skandinavije, katera stremi k cilju, da na cestah ne bi bilo žrtev in poškodovanih v prometnih nezgodah. Prizadevanje in trud za povečanje prometne varnosti sta me vzpodbudila k razmišljanju, kaj lahko v svojem domačem okolju na cestah, po katerih skoraj vsakodnevno potujem in jih dobro poznam, spremenim na boljše in s tem v manjšem deležu pripomorem k uresničitvi cilja Vizije nič.

Tekom analize stanja sem ugotovil, da večina napak izhaja še iz daljne preteklosti, ko so bile ceste zgrajene za potovanje konjskih vpreg in vozov in so bile temu primerno hitrosti potovanja nižje kot v današnjem času. Izboljšanje stanja vozišča (asfaltiranje) je omogočilo višje hitrosti potovanja, vendar so geometrijski elementi cest ostali nespremenjeni in tako z izboljšanjem stanja vozišča tudi neustrezni.

Nekaj ugotovljenih napak na novejših odsekih je posledica nepremišljenega, morda celo nestrokovnega projektiranja. Pri projektiranju se zlasti v današnjem času, ko nam že programska oprema omogoča 3D vizualizacijo projektiranega stanja, ne bi smelo dogajati, da na projektiranih odsekih prihaja do nepreglednosti. Namesto osnovne zadostitve pogojev iz pravilnikov bi se projektiranja morali lotiti bolj poglobljeno in poleg ostalih zahtev zraven upoštevati tudi voznikovo dožemanje poteka ceste ter izbrati rešitve, ki odpuščajo morebitne napake voznikov (ali vozil).

Upam, da bodo predstavljene napake in predlagani ukrepi upoštevani ter izvedeni, da pripomoremo k večji prometni varnosti in zadovoljstvu uporabnikov cest ter cilju Vizije nič.

VIRI

UPORABLJENI VIRI

- [1] Ficko, G. (ur.). 2014. Ceste na Slovenskem skozi čas, zv. 1. Ljubljana, DRC – Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije: 623 str.
- [2] Cesta. 2015.
<https://sl.wikipedia.org/wiki/Cesta> (Pridobljeno 14. 8. 2015.)
- [3] Prometna varnost. 2015.
https://sl.wikipedia.org/wiki/Prometna_varnost (Pridobljeno 14. 8. 2015.)
- [4] Nacionalni program varnosti cestnega prometa v Republiki Sloveniji. 2015.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=NACP30> (Pridobljeno 18. 8. 2015.)
- [5] Geopedia. 2015.
http://www.geopedia.si/#T105_F411:16246662_x501690.5625_y83799.875_s14_b4
(Pridobljeno 18. 8. 2015.)
- [6] Prometna varnost – statistika. 2015.
<http://www.policija.si/index.php/statistika/prometna-varnost> (Pridobljeno 14. 8. 2015.)
- [7] Javna agencija Republike Slovenije za varnost prometa. 2015.
<http://nesrece.avp-rs.si/> (Pridobljeno 18. 8. 2015.)
- [8] Tehnična specifikacija za javne ceste, TSC 03.800 – Naprave in ukrepi za umirjanje prometa. 2009. DRSC, Direkcija republike Slovenije za ceste: 31 str.
- [9] Tehnična specifikacija za javne ceste, TSC 03.300 – Geometrijski elementi cestne osi in vozišča (predlog). 2003. DRSC, Direkcija republike Slovenije za ceste: 67 str.
- [10] Pravilnik o projektiranju cest. Uradni list RS, št. 91/2005: str. 9303.
- [11] Pravilnik o cestnih priključkih na javne ceste. Uradni list RS, št. 86/2009: str. 11593.

- [12] Google Zemljevidi. 2015. Podloga v obliki zemljevida.
<https://www.google.si/maps/@45.8973087,15.0254135,3272m/data=!3m1!1e3?hl=sl>
(Pridobljeno 19. 8. 2015.)
- [13] Prometna signalizacija. 2015.
http://www.mit-grniak.com/proizvodnja_vertikalne_prometne_signalizacije
(Pridobljeno 7. 9. 2015.)
- [14] Pravilnik o merah in masah vozil v cestnem prometu. Uradni list RS, št. 138/2006: str. 15835.

OSTALI VIRI

- Intermatic – nadzor prometa. 2015.
<http://www.intermatic.si/nadzor-prometa/izdelek/article/viacount-ii/32/>
(Pridobljeno 26. 8. 2015.)
- Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah. Uradni list RS, št. 46/2000: str. 6371.
- Pregledna karta. 2015.
http://www.di.gov.si/fileadmin/di.gov.si/pageuploads/Ceste_250_DRSC_2013_pregledna_karta_manjsa.jpg (Pridobljeno 18. 8. 2015.)
- Tehnična specifikacija za javne ceste, TSC 02.210 – Varnostne ograje – pogoji in način postavitve. 2010. DRSC, Direkcija republike Slovenije za ceste: 29 str.
- Tehnična specifikacija za javne ceste, TSC 02.401 – Označbe na vozišču – oblika in mere. 2010. DRSC, Direkcija republike Slovenije za ceste: 64 str.
- Vizija nič. 2015.
http://www.varna-pot.si/si/357/Vizija_0.aspx (Pridobljeno 5. 9. 2015.)