

Analiza i prijedlozi rješenja za poboljšanje odvijanja prometnih tokova u gradu Sinju

Prolić, Josip

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:663018>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-25**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Josip Prolić

ANALIZA I PRIJEDLOZI RJEŠENJA ZA POBOLJŠANJE
ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA U GRADU SINJU

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2023.

Sveučilište u Zagrebu

Zagreb, 5. svibnja 2022.

Zavod: **Zavod za prometno planiranje**
Predmet: **Teorija prometnih tokova**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 6834

Pristupnik: **Josip Prolić (0135245358)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Analiza i prijedlozi rješenja za poboljšanje odvijanja prometnih tokova u gradu Sinju**

Opis zadatka:

U diplomskom radu definirati će se uža i šira zona obuhvata u gradu Sinju. Provesti će se analiza postojećeg stanja na temelju podataka o brojanju prometa, definirat će se uzroci nastanka problema pri odvijanju prometnih tokova i analizirat će se propusna moć raskrižja na glavnoj prometnici D1. Definirati će se čimbenici koji utječu na prometnu prognozu te će se iz dobivenih podataka o brojanju prometa predvidjeti prometna potražnja u budućnosti. Biti će predloženo rješenje koje će rasteretiti glavnu prometnicu D1 kroz grad Sinj te optimizirati odvijanje prometnih tokova. Na kraju će se obaviti evaluacija rješenja i donijeti zaključak o razrađenoj problematici.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

prof. dr. sc. Grgo Luburić

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

ANALIZA I PRIJEDLOZI RJEŠENJA ZA POBOLJŠANJE ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA U GRADU SINJU

TRAFFIC FLOW ANALYSIS IN THE TOWN OF SINJ WITH IMPROVEMENT PROPOSALS

Mentor: prof. dr. sc. Grgo Luburić

Student: Josip Prolić

JMBAG: 0135245358

Zagreb, ožujak 2023.

SAŽETAK

Grad Sinj suočava se s velikim prometnim zagušenjima zbog nedovoljno razvijene cestovne mreže. Iz tog razloga cijeli promet sa područja grada Sinja i okolnih mjesta primoran je odvijati se preko jedine ceste koja povezuje jug i sjever grada, a to je državna cesta D1. Prijedlog rješenja je izgradnja nove cestovne dionice koja ima za svrhu preuzeti dio prometa kako bi se smanjila količina prometa koja prometuje kroz grad i na taj način smanjila zagušenja koja nastaju na mreži. Preraspodjelom putovanja novom dionicom očekuje se znatno poboljšanje u prometnim uvjetima na cestovnoj mreži grada Sinja, smanjenje vremena putovanja i smanjenje broja vozila kroz grad.

KLJUČNE RIJEČI:

grad Sinj; cesta; zagušenje; analiza; prometni tokovi.

SUMMARY

The town of Sinj faces major traffic congestion due to a insufficiently developed road network. For this reason, all traffic from the area of the town of Sinj and the surrounding places is forced to take place via the only road that connects the south and the north of the town, which is the state road D1. The proposed solution is the construction of a new road section, the purpose of which is to take over part of the traffic in order to reduce the amount of traffic that flows through the city and thus reduce the congestion that occurs on the network. By redistributing trips through the new section, a significant improvement in traffic conditions on the road network of the town of Sinj, a reduction in travel time and a reduction in the number of vehicles through the town are expected.

KEY WORDS

the Town of Sinj; road; congestion; analysis; traffic flows.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Definiranje zone obuhvata	3
2.1. Šira zona obuhvata – položaj grada	3
2.2. Uža zona obuhvata – položaj nove ceste	4
3. Analiza postojećeg stanja.....	11
3.1. Analiza prostornog plana.....	11
3.2. Analiza postojećih prometnih tokova	13
3.3. Analiza postojećeg javnog prometa.....	20
3.4. Analiza propusne moći raskrižja	21
3.5. Analiza sadašnje organizacije i postojeće regulacije prometa u Gradu Sinju	25
3.6. Demografska analiza	26
4. Čimbenici prometne prognoze	27
4.1. Stupanj motorizacije	27
4.2. Procjena porasta prometa na području Grada Sinja.....	29
5. Prijedlog rješenja u svrhu optimizacije prometnih tokova.....	32
5.1. Odabir razreda ceste	34
5.2. Uvjeti koje je potrebno zadovoljiti pri projektiranju tlocrtnih elemenata	35
5.3. Poprečni nagib kolnika i presjek ceste	37
5.4. Prijelaznica	40
5.5. Elementi uzdužnog presjeka	44
5.6. Proračun stacionaža	46
5.7. Prijedlog prometne signalizacije	47
6. Evaluacija predloženih rješenja	49
7. Zaključak.....	57
Izvori	60
POPIS SLIKA	62
POPIS GRAFIKONA	63
POPIS TABLICA.....	64

1. Uvod

U ovom Diplomskom radu razrađena je tema „Analiza i prijedlozi rješenja za poboljšanje odvijanja prometnih tokova u gradu Sinju“. Razlog za odabir ove teme je što grad Sinj spada u manje gradove, a susreće se sa velikim prometnim problemima zbog velikog tranzitnog prometa kroz sam grad. Najveći nedostatak je nedovoljno razvijena prometna mreža i manjkavost cestovnih dionica koje bi služile kao zaobilaznice oko grada. Zbog nedostatka alternativnih cestovnih pravaca cijeli tranzitni promet sveden je na korištenje Državne ceste D1. Zbog velikog priljeva vozila na gradskim raskrižjima koji se nalaze na Državnoj cesti D1 stvaraju se prometna zagušenja.

Cilj ovog Diplomskog rada je predložiti takvo prometno rješenje koje bi trebalo poboljšati trenutnu situaciju u smislu odvijanja prometnih tokova i na taj način smanjiti pritisak na glavnu prometnu žilu, cestu D1. Prijedlog rješenja je izgradnja nove cestovne dionice kojim bi se omogućila alternativna ruta vozačima.

Ovaj diplomski rad sastavljen je od sljedećih tematskih cjelina:

1. Uvod,
2. Definiranje zone obuhvata,
3. Analiza postojećeg stanja,
4. Čimbenici prometne prognoze,
5. Prijedlog rješenja u svrhu optimizacije prometnih tokova,
6. Evaluacija predloženih rješenja,
7. Zaključak.

U drugom poglavlju definirana je zona obuhvata. Zona obuhvata obuhvaća širu i užu zonu obuhvata. U široj zoni obuhvata opisan je geografski položaj Sinja i definirana je cestovna mreža koja povezuje Sinj s okolnim mjestima u Hrvatskoj i prema granici s Bosnom i Hercegovinom. U užoj zoni obuhvata obrađen je položaj nove ceste koja bi bila predložena kao prometno rješenje kod rješavanja zagušenosti cestovnih prometnica koje se pružaju kroz Sinj. U užoj zoni obuhvata osim analize položaja nove ceste, obrađen je položaj obližnjih gospodarskih i društvenih objekata koji bi se našli pod najvećim utjecajem ovog prijedloga rješenja.

Treće poglavlje obuhvaća analizu postojećeg stanja. U prvom koraku ovog poglavlja analiziran je prostorni plan, koji je prvi korak pri planiranju svake nove prometnice ili raskrižja iz razloga da se može znati na koji dio zemljišta projektant može računati. Također je analiziran generalni urbanistički plan grada i prostorni plan uređenja grada kako bi se utvrdilo da li postoje predviđeni objekti i zemljišta za izgradnju. Analizom katastarskih knjiga utvrđeno je koja zemljišta je potrebno otkupiti za izgradnju prometnice, a isto tako koja zemljišta se već nalaze u vlasništvu Republike Hrvatske. U ovom poglavlju analizirani su sadašnji prometni tokovi, u što spadaju analiza količine prometa prema stalnim automatskim brojačima prometa koja prolazi kroz grad i strukture prometa prema vrstama vozila. Izrađena je karta koja prikazuje linije javnog prometa koje spajaju Sinj s okolnim gradovima i mjestima unutar županije. Analizirana je propusna moć raskrižja na državnoj cesti D1. Analizirano je kružno raskrižje na križanju Vukovarske ulice, ulice Domovinskog rata i Zagrebačke ulice u svrhu shvaćanja odvijanja prometnih tokova na tom križanju i utjecaja koje ono ostavlja na ostala križanja.

Analizirana je sadašnja organizacija i postojeća regulacija prometa na prometnoj mreži na području grada, što znači kartografski prikaz cestovne mreže s vrstama regulacija na pojedinim raskrižjima te prikaz sustava jednosmjernih ulica. Na kraju poglavlja nalazi se demografska analiza na području Sinja i Cetinske krajine, koja je bitan segment pri planiranju prometa.

Četvrto poglavlje definira čimbenike prometne prognoze. U ovom poglavlju obrađen je podatak o stupnju povećanja prometa na području Sinja kako bi se odredilo prosječno povećanje prometa na pojedinom brojaču. Analizom podataka o broju tehničkih pregleda i broja stanovnika određen je broj vozila prema glavi stanovnika za određeni vremenski period. Analizirana je buduća očekivana količina prometa prema utvrđenim prosječnim stopama porasta za period od 5, 10 i 15 godina.

U petom poglavlju predstavljen je prijedlog rješenja koji bi trebao riješiti veliku količinu prometa koja prometuje kroz Sinj. Opisan je postupak izrade prometnog rješenja prema smjericama i pravilima za izgradnju cestovnih prometnica van naseljenih mjesta. U poglavlju je proveden i objašnjen odabir razreda ceste, a time i odabira projektne brzine. Opisani su postupci pri izvedbi tlocrtnih elemenata i navedeni uvjeti kojima je potrebno udovoljiti pri izradi ovog djela projekta. Opisani su uvjeti za odabir veličine poprečnih elemenata ceste i način njihove izvedbe. Prikazan je primjer izrade prijelaznice na jednom od zavoja i opisan postupak pri izradi prijelaznica. U ovom poglavlju prikazani su elementi uzdužnog nagiba, nabrojani i objašnjeni uvjeti odabira njihovih veličina. Proveden je proračun stacionaža radi provjere točnosti kotiranih elemenata na prijedlogu rješenja. Na kraju poglavlja nalazi se prijedlog za postavljanje vertikalne prometne signalizacije na otvorenom djelu ceste u svrhu ostvarivanja dostatne razine sigurnost prometa.

Šesto poglavlje obuhvaća evaluaciju predloženih rješenja. Izrađen je prometni model u svrhu simuliranja prometne situacije s prijedlogom rješenja kako bi se predvidjela kretanja prometnih tokova. Objašnjen je postupak izrade prometnog modela za grad Sinj. Nakon objašnjene izrade modela, pokrenuta je simulacija koja prikazuje broj putovanja u jutarnjem vršnom satu. Taj model uspoređen je s prometnim modelom koji prikazuje trenutno stanje. Nakon usporedbe modela donesen je zaključak o tome kako bi rješenje utjecalo na odvijanje prometnih tokova.

2. Definiranje zone obuhvata

Grad Sinj je manji hrvatski grad smješten u Dalmatinskoj zagori. Nalazi se na prostoru splitskog zaleđa kojeg uz Sinj čine općine Klis, Dugopolje, Dicmo i Otok te gradovi Trilj i Vrlika. Grad je od velikog kulturnog, vjerskog, administrativnog i gospodarskog značaja za mikroregiju zvanu Cetinska krajina. Zbog svog položaja nametnuo se kao gravitacijski centar cijele Cetinske krajine koja broji oko 50 tisuća stanovnika.

2.1. Šira zona obuhvata – položaj grada

Sinj osim što je centar Sinjske krajine, grad se postavio kao kulturno i ekonomsko središte Cetinske krajine i zapadnog dijela Dalmatinske zagore. Grad se nalazi na rubu sinjskog polja koje svojom površinom od 64 km² zauzima prvo mjesto kao najveće krško polje Dalmatinske zagore. Polje je omeđeno planinama Svilajom, Dinarom i Kamešnicom te manjim brdima sa južne strane polja. [1]

Prostranost sinjskog polja velika je prednost grada koji se usred dalmatinskog krša ipak može nesmetano razvijati i širiti infrastrukturno u urbanom, gospodarskom i prometnom smislu. Tako se na rubovima grada prema sinjskom polju mogu primijetiti sve više novoizgrađenih stambenih i gospodarskih objekata. S toga, povećanjem stambenih kapaciteta i izgradnjom nove stambene infrastrukture treba izgraditi novu prometnu infrastrukturu koja bi privukla još novih investitora.

Sinj je smješten na državnoj cesti D1 koja je žila kucavica grada i glavna veza grada sa ostalim dijelovima Hrvatske. Kao glavna magistralna između Zagreba i Splita, tom cestom kroz grad Sinj odvija se veliki tranzitni promet. Državnom cestom D1 Sinj ostvaruje povezanost sa Autocestom A1 na čvoru Dugopolje. Cestovna udaljenost od Sinja do čvora Dugopolje iznosi 19 km. Općina Dugopolje je izgradnjom autoceste privukla mnoge logističke tvrtke i skladišne centre raznih gospodarskih subjekata koji nedostatkom skladišnih prostora u gradu Splitu iskoristili blizinu autoceste i povezanost brzom cestom Dugopolje – Split. Na taj način Dugopolje je postalo glavni distributivno-logistički centar za cijelu Splitsko-dalmatinsku županiju, a i šire.

Na desetom kilometru na državnoj cesti D1 od čvora Dugopolje u smjeru Sinja nalazi se gospodarska zona Kukuzovac. Gospodarska zona Kukuzovac poslovna je zona površine 156 km² u vlasništvu grada Sinja. [2]

Ova poslovna zona predstavlja izvrsnu priliku za razvitak gospodarstva na području grada Sinja, ali i izazove sa kojima se grad susreće zbog svoje prometne izoliranosti što investitore potencijalno dovodi do nezainteresiranosti u ulaganje. Možda bi brza cesta od gospodarske zone Kukuzovac do čvora Dugopolje privukla više zainteresiranih investitora.

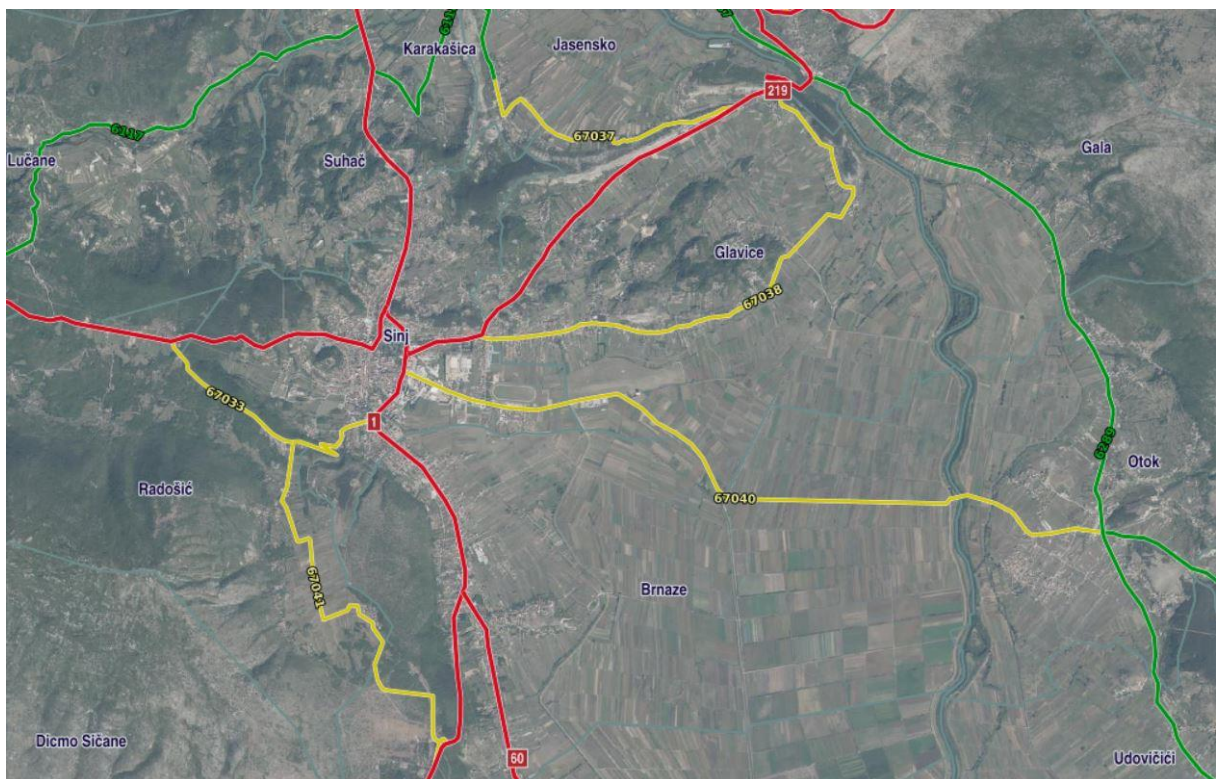
Državna cesta D219 koja se proteže od mjesta Muć, prolazi kroz grad Sinj, križa se s državnom cestom D1 i nastavlja sve do granice sa Bosnom i Hercegovinom dobila je na važnosti za grad Sinj izgradnjom i puštanjem u pogon graničnog prijelaza Bili Brig – Vaganj (BiH). GP Bili Brig predstavlja vezu između Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine. Ostvaruje se izravna cestovna povezanost između grada Sinja i grada Livna (BiH). GP Bili Brig nalazi se na 20 km udaljenosti od Sinja i na 30 km od Livna u BiH. Ovaj granični prijelaz

predstavlja alternativu za brži i jednostavniji prelazak granice u odnosu na GP Kamensko koje je smješteno na udaljenosti od 35 km od Sinja. Jedini nedostatak na ovoj dionici predstavlja most na rijeci Cetini u mjestu Obrovac Sinjski za koji je postavljeno ograničenje od maksimalnih 25 tona težine, odnosno 10 tona za osovinsko opterećenje čime se ograničava spektar teretnih vozila i količine tereta koji bi se potencijalno mogao prevoziti ovom dionicom.

Jedna od važnijih dionica koja je od visoke važnosti za grad Sinj je državna cesta D60 koja se pruža od križanja sa cestom D1 iz mjesta Brnaze koje je u sastavu općine Sinj, prema gradu Trilju, gradu Imotskom i na koncu prema GP Vinjani Donji koje se nalazi također na granici sa BiH.

Od cestovnih prometnica valja izdvojiti lokalnu cestu L67040 koja se križa sa državnom cestom D1 u središtu grada i spaja Sinj s mjestom Otok. To je cestovni pravac koji se pruža kroz sinjsko polje, a uz njega se nalaze vrlo važni gradski objekti kao što su hipodrom i sportski aerodrom, te razni drugi gospodarski i poslovni objekti.

Na slici 1 prikazana je karta državnih, županijskih i lokalnih cesta koje čine mrežu javnih cesta na području Grada Sinja i Cetinske krajine. Crvenom bojom su označene državne ceste, zelenom bojom županijske ceste i žutom bojom su naznačene lokalne ceste.



Slika 1. Prometna mreža na području Sinja

Izvor: [24]

2.2. Uža zona obuhvata – položaj nove ceste

Uža zona obuhvata predstavlja prostor, objekte i sadržaje od društveno-gospodarskog značaja koji se nalaze na neposrednoj udaljenosti od novoplanirane cestovne dionice. U užu zonu obuhvata spadaju određen dio naselja Brnaze koje je sastavni dio grada Sinja, Sinjsko polje i sjeveroistočni predio grada Sinja poznat kao Put piketa.

Zemljišna parcela katastarske oznake 626/2 na njoj se nalazi nultočka, odnosno početna stacionaža novozamišljene dionice nalazi se uz državnu cestu D1 u naselju Brnaze, koje spada u predgrađe Sinja. Katastarska čestica površine je 2252 m², glasi na privatnu osobu i navedena je kao oranica.[3] Na slici 2 prikazana je navedena parcela na kojoj nema nikakvih vidljivih zapreka za gradnju dionice, osim što je obrasla u korov zbog neodržavanja.



Slika 2. Parcela uz državnu cestu D1

Izvor: [Autor]

Navedena parcela graniči s Osnovnom školom fra Pavla Vučkovića. Radi se o područnoj školi koju pohađaju učenici iz naselja Brnaze od 1. do 4. razreda. Za daljnje obrazovanje odlaze u matičnu školu koja je udaljena 2,5 km i nalazi se u Sinju. Škola i školsko igralište smješteni su s desne strane u smjeru ceste, odnosno nalaze se na južnoj strani od početne parcele. Slika 3 prikazuje školu, školsko igralište i školsko dvorište promatrano iz zraka u smjeru državne ceste D1. Na slici je također prikazana autobusna stanica koja se nalazi na D1, uz samo školsko dvorište.



Slika 3. Osnovna škola u Brnazama

Izvor: [Autor]

Na udaljenosti od 200 metara od planirane dionice u naselju Brnaze u smjeru juga nalazi se križanje DC1 i DC60. Riječ je o trokrakom raskrižju reguliranom prometnim znakovima gdje se prednost daje vozilima na DC1. Na DC1 u smjeru Splita su dvije prometne trake, jedna za lijevo i desna za ravno, dok iz suprotnog smjera postoji samo jedna prometna traka. Iz smjera Trilja na DC60 nalaze se dva prometna traka, za lijevo i desno. Slika 4 prikazuje navedeno raskrižje iz smjera Trilja.



Slika 4. Raskrižje DC1 i DC60

Izvor: [Autor]

Većinu objekata u Brnazama čine pojedinačni stambeni objekti, odnosno obiteljske kuće. Na udaljenosti 250 metara od početne kote nove dionice u smjeru istoka smješteni su gospodarski objekti. Objekti su povezani sa sustavom javnih cesta preko nerazvrstane ceste, a izgradnjom nove prometnice bi se mogućnost za razvoj njihovog poslovanja dodatno povećala. Slika 5 prikazuje gospodarske objekte koji se nalaze u blizini nove planirane dionice.



Slika 5. Gospodarski objekti u blizini novoplanirane ceste

Izvor: [Autor]

Dalje, prateći pravac planirane dionice ceste, prolazi se pokraj nekoliko obiteljskih kuća i farmi smještenih u Sinjskom polju. U pravcu sjeveroistoka pruža se nerazvrstana cesta koja omogućava cestovnu povezanost kuća i farmi. Proširenjem postojeće ceste omogućila bi se brža i jednostavnija izgradnja nove ceste. Na slici 6 prikazana je postojeća cesta u smjeru sjeveroistoka.

Postojeća cesta je navedena pod javno dobro, a njena dužina iznosi približno 270 metara. Katastarski broj čestice je 4203, a po načinu upotrebe zapisana kao put. [3]



Slika 6. Postojeća nerazvrstana cesta prema polju

Izvor: [Autor]

Na 1100 metara udaljenosti u smjeru sjeveroistoka jedina zapreka na novoj dionici je kanal za oborinske vode koji se pruža od zaseoka Vučić u naselju Glavice i ulijeva se u Cetinu u gradu Trilju. Dalje zamišljena dionica prati kanal do lokalne ceste L67040 gdje se nalazi posljednja stacionaža. Uz kanal se nalazi poljski put kojim se prvenstveno služe traktori i poljoprivredni strojevi. Uz kanal se uzdiže manji nasip koji u slučaju poplava sprječava daljnje širenje vodene mase. Slika 7 prikazuje poljski put uz kanal promatrajući sa ceste L67040.



Slika 7. Poljski put uz kanal za oborinske vode

Izvor: [Autor]

Uz mjesto na kojem se nalazi zadnja stacionaža smještena je tvornica drvne industrije, a preko puta drvne industrije nalazi se sinjski aerodrom.

Tvornica drvnog namještaja posluje preko 40 godina, a opus djelatnosti koje obavljaju u tvornici kreće se od obrade trupaca, sušenja drva, lakiranja do izrade gotovog namještaja. Tako širok opus poslova zahtjeva i povećan broj teških teretnih vozila i tegljača u cilju dobavljanja sirovina za ostvarivanje pogona.[4]

Nadodajući k tome da se uz tvornicu namještaja nalazi tvornica za proizvodnju ogrjevnog materijala od drva, da se zaključiti da se broj teretnih vozila dodatno povećava.

Aerodrom Sinj izrađen je 1931. godine i služio je kao splitska zračna luka. Izgradnjom aerodroma Resnik u Trogiru prestaje zračni promet na aerodromu Sinj. Danas se koristi za manje avione i jedrilice.[5]

Uz samo križanje poljske ceste i lokalne ceste L67040 na lokalnoj cesti nalazi se most preko kanala za oborinske vode. Most predstavlja izazov pri izgradnji nove ceste jer se raskrižje nove ceste i L67040 preklapa s mostom. Slika 8 prikazuje most preko kanala.



Slika 8. Most na L67040 preko kanala

Izvor: [Autor]

3. Analiza postojećeg stanja

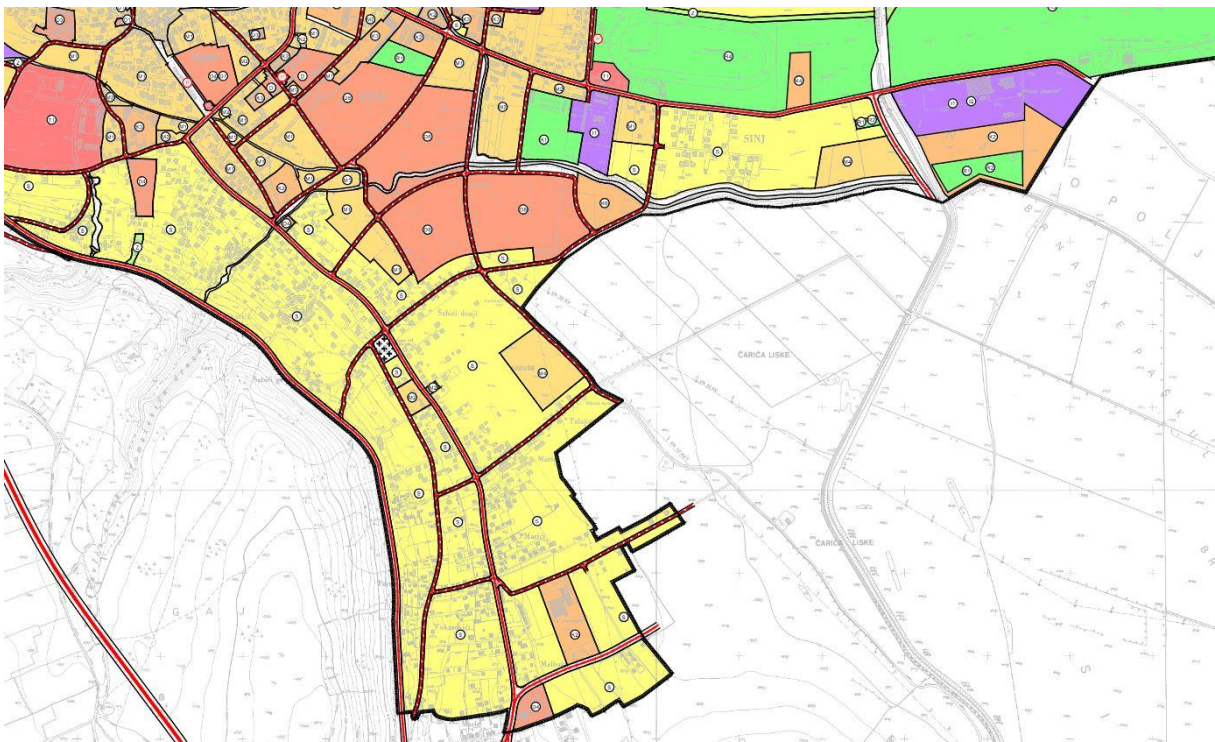
Za potrebe izrade diplomskog rada provedena je analiza postojećeg stanja. Analiza postojećeg stanja obuhvaća:

- analizu prostornog plana,
- analizu postojećih prometnih tokova,
- analizu postojećeg javnog prometa,
- analiza propusne moći raskrižja na cesti D1,
- analiza sadašnje organizacije i postojeće regulacije prometa u Gradu Sinju i
- demografska analiza.

3.1. Analiza prostornog plana

Analiza prometne infrastrukture u prostorno planskoj i projektnoj dokumentaciji obuhvaća analizu važećih dokumenata prostornog uređenja te postojećih projekata iz područja prometa. Dokumenti prometnog uređenja su dokumenti kojima se osigurava praćenje stanja u prostoru te definiranje pravila djelovanja u prostoru.[6]

Slika 9 prikazuje Generalni urbanistički plan Grada Sinja, odnosno prikazuje namjenu površina i cestovne prometnice. Uočljivo je da je većina površine namijenjena u stambene svrhe. Na području Sinjskog polja gdje je predviđena nova trasa ceste ne postoji nikakva namjena površina, odnosno smještena je van granica GUP-a. Na slici 10 prikazana je legenda GUP-a.



Slika 9. GUP - Namjena površina

Izvor: [25]

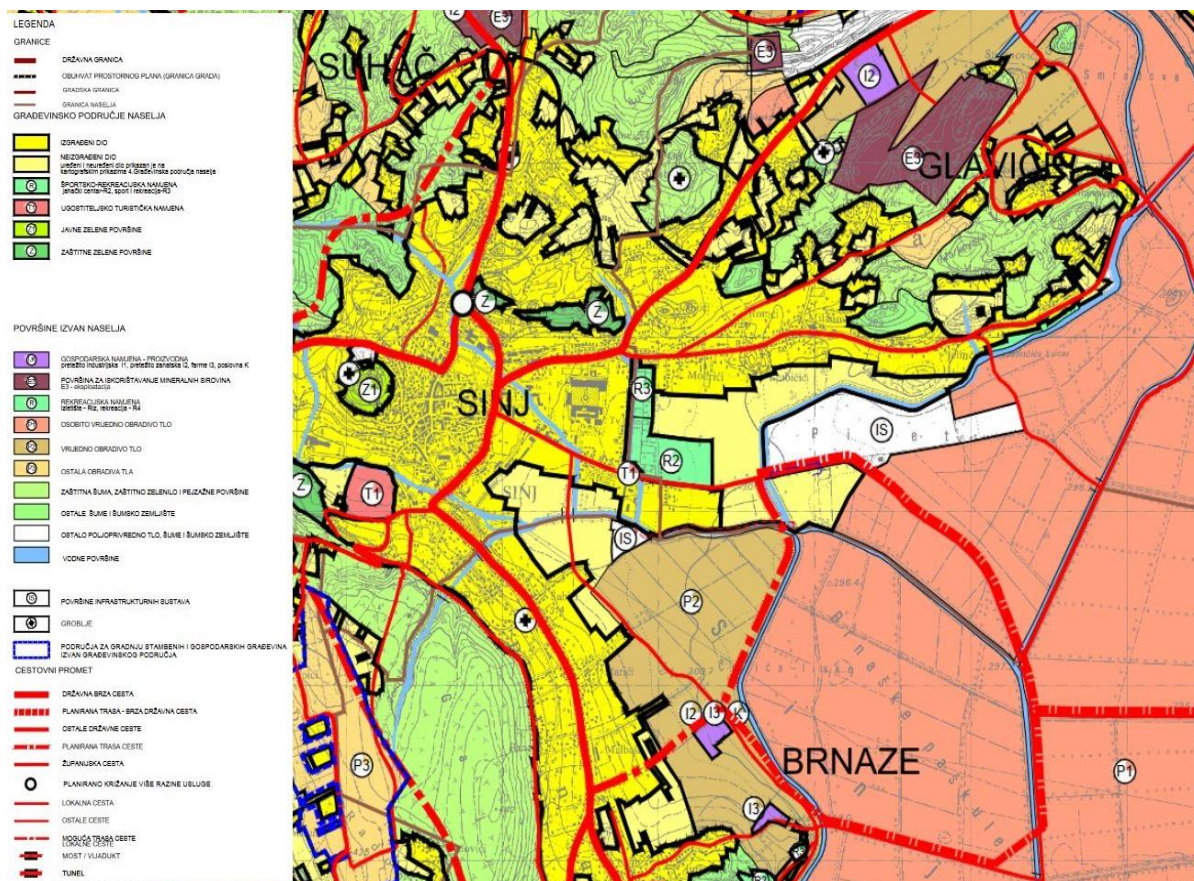
	STAMBENA NAMJENA
	MJEŠOVITA NAMJENA pretežito stambena - M1, pretežito poslovna - M2, pretežito poljoprivredna gospodarstva - M4
	JAVNA NAMJENA javna i društvena namjena - D upravna - D1, zdravstvena - D3, predškolska i školska - D4, kultura - D6, vjerska - D7, novi gradski centar - D8
	GOSPODARSKA NAMJENA
	PROIZVODNA proizvodni pogoni - I1 servisi i skladišta - I2
	POSLOVNA pretežito trgovačka - K2, komunalno servisna - K3, sajmište - K4, prometna / garaže, autobusni kolodvor - K5, uređaj za pročišćavanje otpadnih voda - K6, trafostanica - K7
	UGOSTITELJSKO TURISTIČKA hotel - T1
	ŠPORTSKO-REKREACIJSKA NAMJENA šport - R1, rekreacija - R2, bazen - R3 hipodrom - R4, športska zračna luka - R5
	JAVNE ZELENE POVRŠINE javni park - Z1
	ZAŠTITNE ZELENE POVRŠINE
	POSEBNA NAMJENA
	GROBLJE

Slika 10. Legenda: GUP - Namjena površina

Izvor: [25]

Na slici 11 nalazi se prikaz Prostornog plana uređenja Grada Sinja. Unutar naselja dominantna je žuta boja koja predstavlja izrađeni dio. Površine izvan naselja zauzimaju u najvećoj mjeri vrijedna i izrazito vrijedna obradiva tla.

Od prometnog značaja najvažnije je izdvojiti planiranu trasu dionice koja se pruža kroz Sinjsko polje. Ta planirana cesta predmet je obrade u ovom radu. PPU je usvojen u prosincu 2017. godine.



Slika 11. Prostorni plan uređenja Grada Sinja

Izvor: [26]

Analizom katastarskih zemljišnih čestica utvrđeno je koje čestice je potrebno otkupiti jer se nalaze u privatnom vlasništvu. Navedene čestice napisane prema katastarskom broju potrebno je otkupiti u cijelosti ili dijelom kako bi se izgradnja ceste mogla sprovesti: 626/2, 1081/17, 1081/16, 1078/1, 1078/2, 1080, 1082/2, 1082/9, 1082/10, 1082/11, 1083, 1084, 1082/22, 1087/16, 1087/3, 1087/5, 1087/5, 1087/4, 1087/6, 1088/1, 1088/2, 1088/4, 1088/3, 1089/1, 1089/2, 1091/4, 1091/1, 1099 i 3346.[3]

Ostale katastarske čestice kojima bi prolazila trasa planirane ceste nalaze se pod javnim vlasništvom, odnosno, sljedeće navedenim česticama raspolažu javne instance kao što su Država, Grad Sinj i Hrvatske vode te je njihova namjena javno dobro. Katastarske čestice koje su već u vlasništvu javnih institucija su: 3926, 4939/1, 5010/1, 4923/1, 5011, 4976/2, 4976/3, 4939/2, 5010/2, 4923/2, 4102, 4106, 3927, 4105, 4047 i 4104.[3]

3.2. Analiza postojećih prometnih tokova

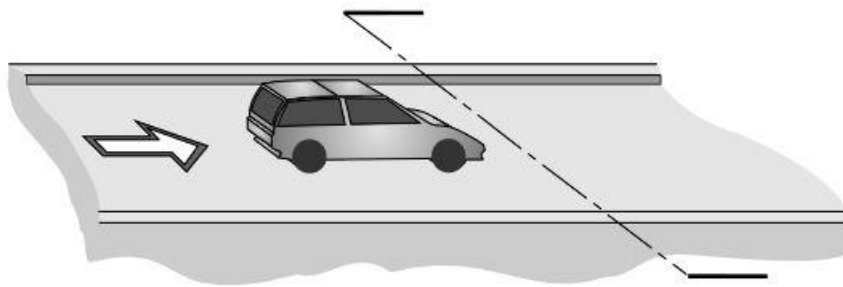
Prometni tok je istovremeno kretanje više vozila na putu u određenom poretku. Za opisivanje prometnih tokova i zakonitosti kretanja motornih vozila u prometnim tokovima na cestovnim prometnicama neophodno je definirati pokazatelje. Ti se pokazatelji, u teoriji

prometnog toka, nazivaju osnovni parametri prometnog toka ili osnovne veličine prometnog toka. Osnovna razlika u uvjetima kretanja vozila u prometnim tokovima u odnosu na uvjete kretanja pojedinačnog vozila je što u prometnom toku na kretanje vozila djeluje i međusobna interakcija vozila. Glavni pokazatelji za opisivanje prometnog toka su:[7]

- protok vozila,
- gustoća prometnog toka,
- brzina prometnog toka
- vrijeme putovanja vozila u toku,
- jedinično vrijeme putovanja vozila u toku,
- vremenski interval slijeđenja vozila u toku,
- razmak slijeđenja vozila u toku.

Pod pojmom protok vozila podrazumijeva se broj vozila koja prođu kroz promatrani presjek prometnice u jedinici vremena u jednom smjeru za jednosmjerne prometnice ili oba smjera za dvosmjerne prometnice. Promatrajući realni tok u odnosu na prostor razlikuje se:[7]

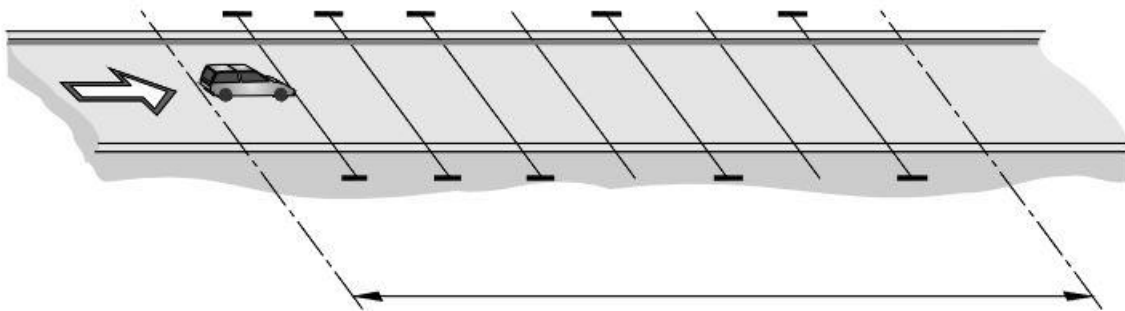
- protok vozila na presjeku ceste u jedinici vremena, (slika 12)
- protok vozila na dijelu ili dionici ceste predstavlja aritmetičku sredinu protoka na n – presjeka na dijelu ili prometnoj dionici. (slika 13)



Slika 12. Protok vozila na presjeku

Izvor: [7]

Protok vozila se definira kao umnožak gustoće prometnog toka i brzine prometnog toka, a izražava se u voz/h . [7]

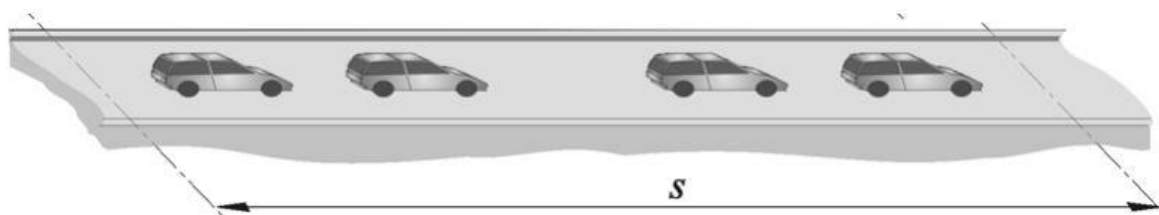


Slika 13. Protok vozila na dionici

Izvor:[7]

Gustoća prometnog toka podrazumijeva broj vozila na jedinicu duljine prometnice, po prometnoj traci, po smjerovima za jednosmjerne prometnice, odnosno u oba smjera za dvosmjerne prometnice. Pojam gustoće vezan je prostorno za odsjek ili prometnu dionicu, a vremenski za trenutno stanje.[7]

Gustoća prometnog toka prikazana je formulom $g = \frac{N}{s}$, a izražava se kao voz/km. Na slici 14 nalazi se slikovni primjer gustoće prometnog toka.[7]



Slika 14. Gustoća prometnog toka

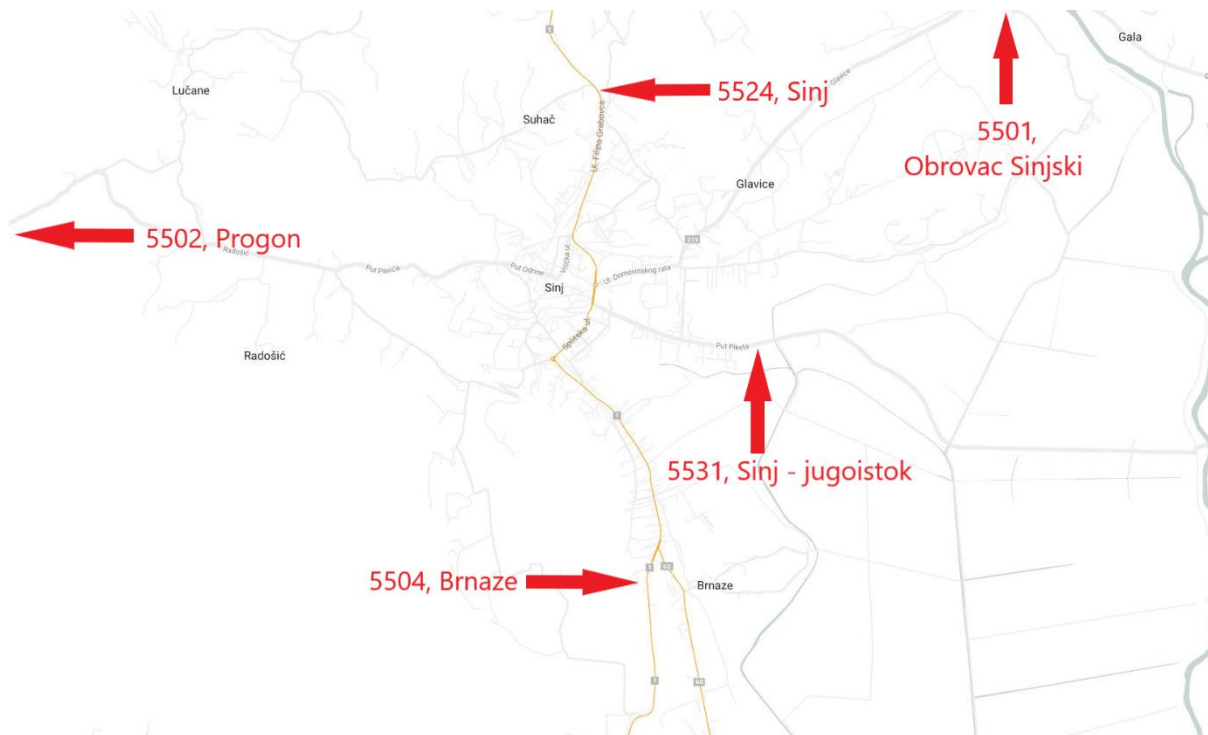
Izvor:[7]

Podaci o veličini prometnih tokova i njihovoj strukturi prikupljaju se na temelju brojanja prometa. Brojanje prometa može se provoditi povremeno ili stalno. Povremeno brojanje prometa provodi se ručno ili automatski, dok se stalno brojanje prometa provodi preko automatskih brojača prometa postavljenih na određenim lokacijama.[8]

Analizirani su podaci o brojanju prometa prikupljeni sa tri stalno postavljena automatska brojača i dva povremena automatska brojača na prilaznim pravcima gradu Sinju. Obradeni podaci sa stalno postavljenih automatskih brojača prometa sadržavaju satnu distribuciju prometa po smjeru kretanja, a brojači s povremenim automatskim brojanjem prometa sadrže podatke o prosječnoj godišnjoj distribuciji prometa koja se nalaze na javnim cestama u neposrednoj blizini grada Sinja. Prikupljeni su podaci sa brojača:

1. 5524 – Sinj,
2. 5504 – Brnaze,
3. 5531 – Sinj-jugoistok,
4. 5501 – Obrovac Sinjski i
5. 5502 – Progon-istok.

Brojači pod oznakama 5524, 5504 i 5531 su stalni automatski brojači prometa, dok su brojači pod oznakama 5501 i 5502 povremeni automatski brojači prometa. Na slici 15 prikazane su približne lokacije na kojima su postavljeni automatski brojači prometa.



Slika 15. Lokacije automatskih brojača

Izvor:[Autor]

Podaci sa automatskog brojača 5524 – Sinj otkrivaju da je ukupno vozila u 2021. godini u oba smjera bilo 2 948 415. Razdioba količine prometa prema smjeru kretanja bila je jednaka za oba smjera i iznosi 49,49 % za smjer 1, a 50,51 % za suprotan smjer. PGDP izmjeren na brojaču 5524 iznosi 8 078 vozila/dan.[9]

PGDP ili prosječni godišnji dnevni promet predstavlja mjeru za količinu prometa izraženu u vozilo/dan, a računa se na način da se ukupan broj vozila koji prođe određenim presjekom tijekom godine podjeli sa 365 dana u godini.[8]

S obzirom na sastav i strukturu prometni tok može biti homogeni i nehomogeni (mješoviti) tok. Homogen tok sastavljen je od jedne vrste motornih vozila (npr. tok putničkih automobila, tok autobusa, tok teretnih vozila), a nehomogen tok sastavljen je od dva ili više različitih motornih vozila i takav prometni tok smatra se stvarnim prometnim tokom. Stupanj nehomogenosti prometnog toka izražava se postotnim udjelom ostalih vozila (autobusa, kamiona) u prometnom toku. Postotni udio ostalih vozila Pkv u prometnom toku iznosi:[7]

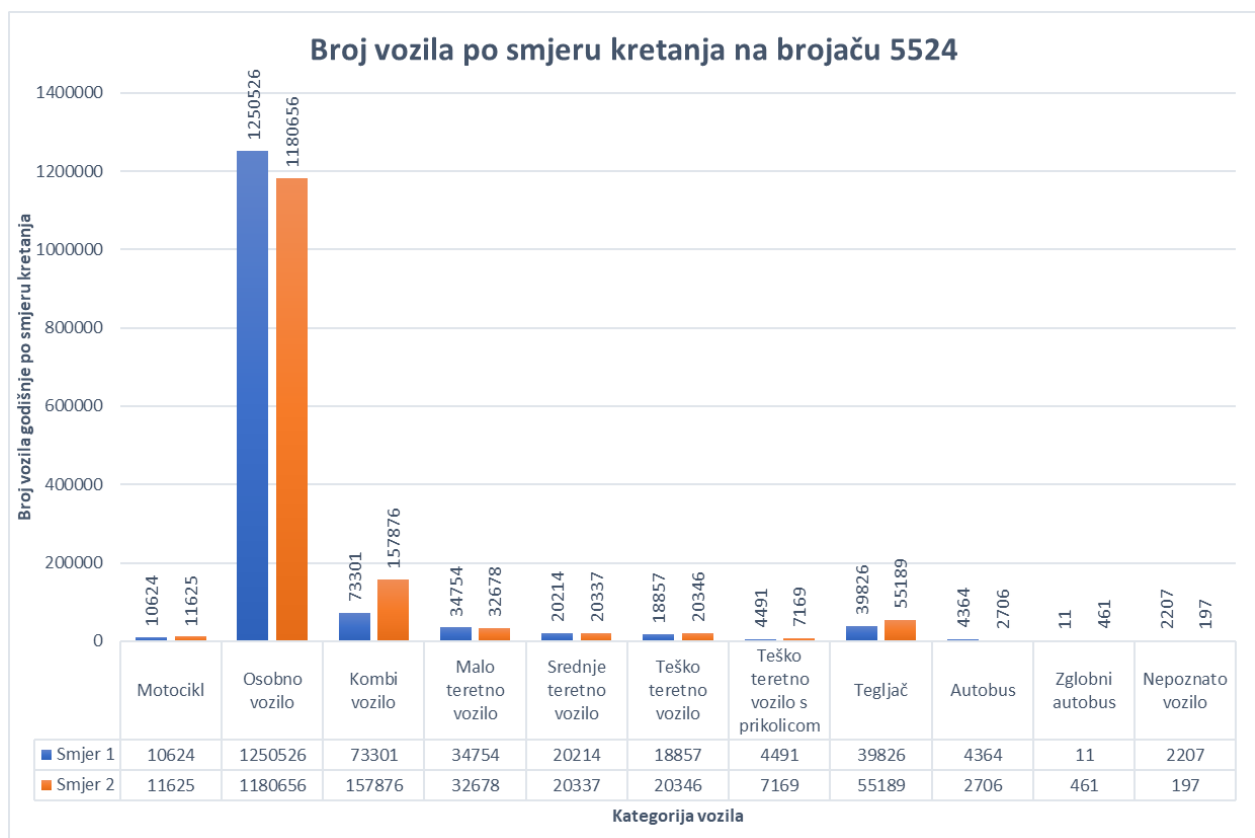
$$Pk_v = \frac{q - q_{Pa}}{q} * 100$$

Strukturu prometnog toka izmjerenog na stalnim automatskim brojačima sačinjavaju sljedeće skupine vozila:

- motocikl,
- osobno vozilo,
- kombi vozilo

- malo teretno vozilo,
- srednje teretno vozilo,
- teško teretno vozilo,
- teško teretno vozilo s prikolicom,
- tegljač,
- autobus i
- zglobni autobus.

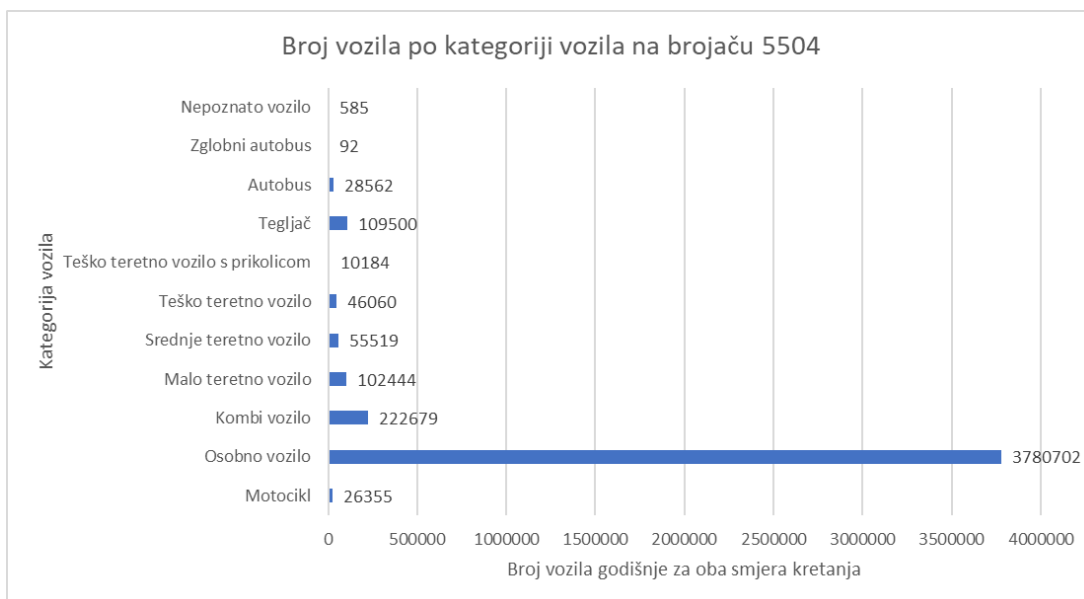
Od ukupnog broja svih zabilježenih vozila, najveći postotak zauzimaju osobna vozila sa 82,46 %, teretnih vozila je 8,61 %, autobusa je bilo 0,26 % i nepoznatih vozila 0,08 %. Broj kombi vozila iznosio je 7,84 %, a postotak motocikala je iznosio 0,75 %. Na grafikonu 1 nalazi se prikaz broja vozila po smjeru kretanja i po kategoriji vozila.



Grafikon 1. Broj vozila prema smjeru kretanja na brojaču 5524 - Sinj

Izvor: [9]

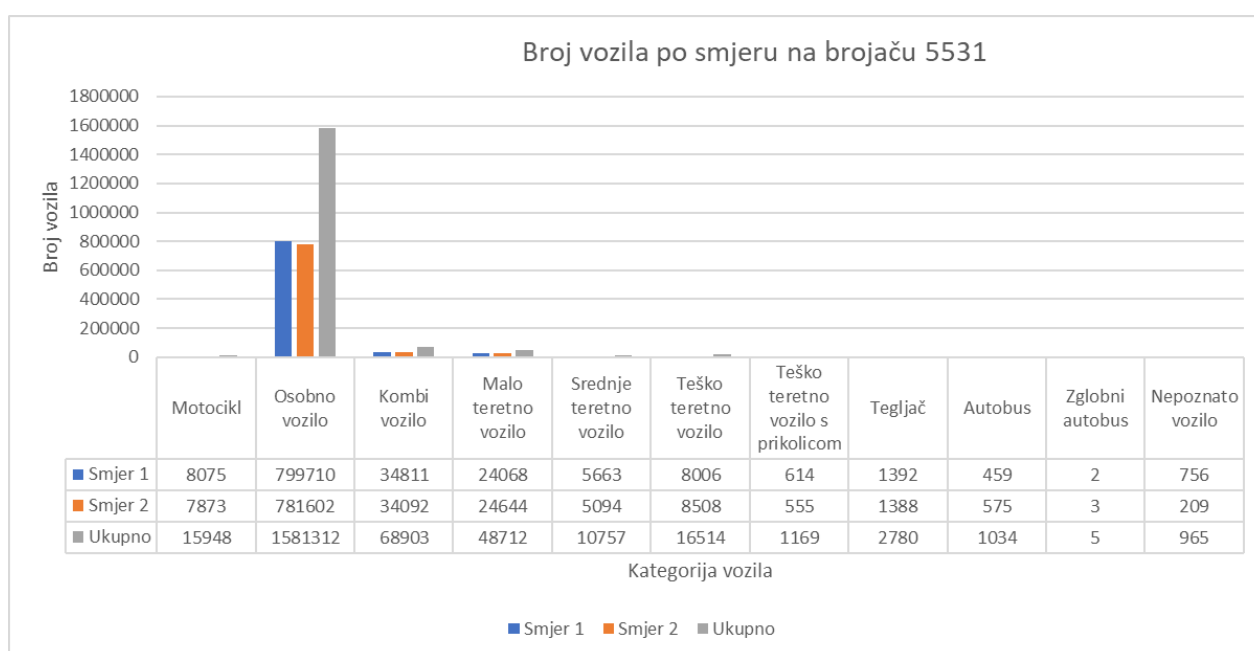
Na grafikonu 2 nalazi se prikaz broja vozila po njihovim kategorijama za oba smjera kretanja zajedno na godišnjoj razini. Prikazani podaci odnose se na brojač 5504, ujedno i najopterećeniji brojač od tri analizirana. Ukupni broj vozila na brojaču iznosi 4 382 682, dok je raspodjela po smjeru kretanja jednakog omjera. PGDP za ovaj odsječak ceste na kojem se mjerilo iznosi 12 008 vozila/dan. Najzastupljenija skupina vozila su osobna vozila čiji udio u prometnoj strukturi iznosi 86,26 %. Teretna vozila sačinjavaju 7,39 % od ukupnog broja vozila, zatim slijede kombi vozila sa 5,08 %, autobusi sa 0,65 % i motocikli sa 0,60 %. Nepoznatih vozila je 0,01 %.



Grafikon 2. Broj vozila za oba smjera kretanja na brojaču 5504 – Brnaze

Izvor:[9]

Na grafikonu 3 prikazani su podaci o brojanju prometa za brojač 5531 Sinj – jugoistok. Grafikon prikazuje podatke za oba smjera kretanja i njihovu zajedničku vrijednost za svaku skupinu vozila pojedinačno. Ukupan broj vozila u oba smjera zajedno je 1 748 099. Distribucija po smjerovima je jednaka. Osobna vozila sačinjavaju 90,46 % od ukupnog broja vozila, a slijede teretna vozila sa 4,57 % udjela. Na kombi vozila otpada 3,94 %, dok motocikli sačinjavaju 0,91 % od ukupnog broja vozila. Autobusi i nepoznata vozila zauzimaju jednak udio od 0,06 %. PGDP za ovaj odsječak ceste iznosi 4 790 vozila/dan.



Grafikon 3. Broj vozila po smjeru kretanja na brojaču 5531 Sinj – jugoistok

Izvor:[9]

Strukturu prometnog toka moguće je pretvoriti iz nehomogenog oblika u homogeni pridodajući svakoj skupini vozila njezinu ekvivalentnu vrijednost u osobnim automobilima. Na taj način moguće je prikazati prometni tok kao jedinstvenu strukturu. U tablici broj 1 prikazane su ponderirane vrijednosti određene skupine vozila u odnosu na osobni automobil.

Tablica 1. Ekvivalentne jedinice putničkih automobila (EJA)

KATEGORIJA VOZILA	EKVIVALENT JEDINICE AUTOMOBILA (EJA)
OSOBN VOZILO	1,0
TERETNO VOZILO	2,0
AUTOBUS	2,0
KOMBI VOZILO	1,5
MOTOCIKL	0,7

Izvor: [8]

Na temelju pondera iz 1. tablice moguće je svesti prometni tok na homogenu vrijednosti i odrediti veličinu prometnog toka izraženu samo u veličini ekvivalentnoj osobnim automobilima. Prema tome, u tablici 2 prikazane su konvergirane vrijednosti ukupne količine prometa za svaki analizirani automatski brojač.

Tablica 2. Količina prometa prije i poslije homonizacije

OZNAKA BROJAČA	KOLIČINA PROMETA PRIJE PRETVORBE	KOLIČINA PROMETA POSLIJE PRETVORBE
5524	2 948 415	3 318 732
5504	4 382 682	4 838 476
5531	1 748 099	1 858 737

Izvor:[9]

Za brojače 5501 – *Obrovac Sinjski* i 5502 – *Progon-istok* dostupni su podaci samo o PGDP-u i kategorijama vozila podijeljenih po razredu duljina. U tablici 3 nalazi se PGDP navedenih brojača i udio vozila podijeljenih po razredu duljine izraženima u postocima. Iz tablice se može zaključiti da udio teretnih vozila iznosi 2,83 % za brojač 5501, a za brojač 5502 iznosi 2,20 %.

U obzir se uzimaju dopuštene dimenzije teretnih vozila u Europi, odnosno u Republici Hrvatskoj taj podatak iznosi 12 m za kamion ili poluprikolicu, 18,75 m za vučno vozilo s prikolicom i 16,50 m za tegljač s poluprikolicom.[10]

Tablica 3. PGDP i kategorije vozila po dužini na brojačima 5501 i 5502

OZNAKA	IME	PGDP	Do 5,5 m	Preko 5,5 m od 9,1 m	Preko 9,1 m do 12,2 m	Preko 12,2 m do 16,5 m	Preko 16,5 m
5501	Obrovac Sinjski	489	79,34 %	17,83 %	1,94 %	0,73 %	0,16 %
5502	Progon istok	557	83,47 %	14,33 %	1,62 %	0,53 %	0,05 %

Izvor:[9]

3.3. Analiza postojećeg javnog prometa

Grad Sinj nema razvijenu mrežu javnog gradskog prometa. Od javnog gradskog prijevoza putnika dostupni su taksi prijevoz i autobusni prijevoz. Autobusni prijevoz putnika ostvaruje se povezivanjem Sinja s okolnim mjestima. Najviše linija i polazaka ostvaruje se na relaciji Sinj – Split. Na dnevnoj osnovi se između Sinja i Splita ostvari 38 vožnji ukupno u oba pravca.

Na području Sinja najzastupljeniji prijevoznici su Promet d.o.o. i Litre Tours. Litre Tours obavlja prijevoz putnika na linijama Otok – Sinj – Split, Vrlika – Sinj – Split i Sinj – Otok. Najviše prijevoza ostvaruje na liniji Otok – Sinj – Split, 11 puta.[11]

Na ostalim linijama prometuju autobusi tvrtke Promet d.o.o. Njihovi autobusi prevoze putnike na linijama Aržano – Sinj – Split, Sinj – Dabar, Sinj – Satrić, Sinj – Trilj – Grab i Sinj – Split. Na liniji Sinj – Split prometuju najčešće i ostvaruju prometnu vezu između ta dva grada 16 puta. Na ostalim linijama prometuju dva do tri puta dnevno.[12]

Od međužupanijskih linija najbitnije je izdvojiti liniju Imotski – Sinj – Zagreb. Linijom prometuje jedan autobus dnevno i tom linijom Sinj ostvaruje povezanost s glavnim gradom Republike Hrvatske, što je od iznimne važnosti.

Slika 16 prikazuje linije javnog gradskog prometa koje povezuju Sinj sa okolnim mjestima. Linije su označene različitim bojama.



Slika 16. Karta linija javnog gradskog prijevoza

Izvor:[Autor]

Iz slike je vidljivo da je najveći broj autobusnih linija na relaciji Sinj - Split. Ostale linije povezuju mjesta duž Cetinske krajine s gradom Sinjem.

3.4. Analiza propusne moći raskrižja

Analiza propusne moći raskrižja omogućuje ocjenu propusnosti raskrižja koja se određuje prema dužini repa čekanja na raskrižju. Odabrano raskrižje za proračun propusne moći smješteno je na križanju Vukovarske ulice i ulice Domovinskog rata u Sinju. Riječ je o raskrižju s kružnim tokom prometa. Razlog odabira za analizu ovog raskrižja je što ono zbog ograničene propusne moći stvara prevelik rep čekanja i na taj način utječe na smanjenje propusne moći susjednog raskrižja na prijelazu iz Splitske ulice u Vukovarsku. Rep čekanja analiziranog raskrižja „ulazi“ u susjedno raskrižje te je zbog tog razloga smanjena propusna moć na svakom raskrižju smještenom na državnoj cesti D1. Razlog k tome je lančana reakcija koja nastaje ulaskom repa čekanja jednog raskrižja u drugo raskrižje. Na slici 17 nalazi se prikaz položaja raskrižja.



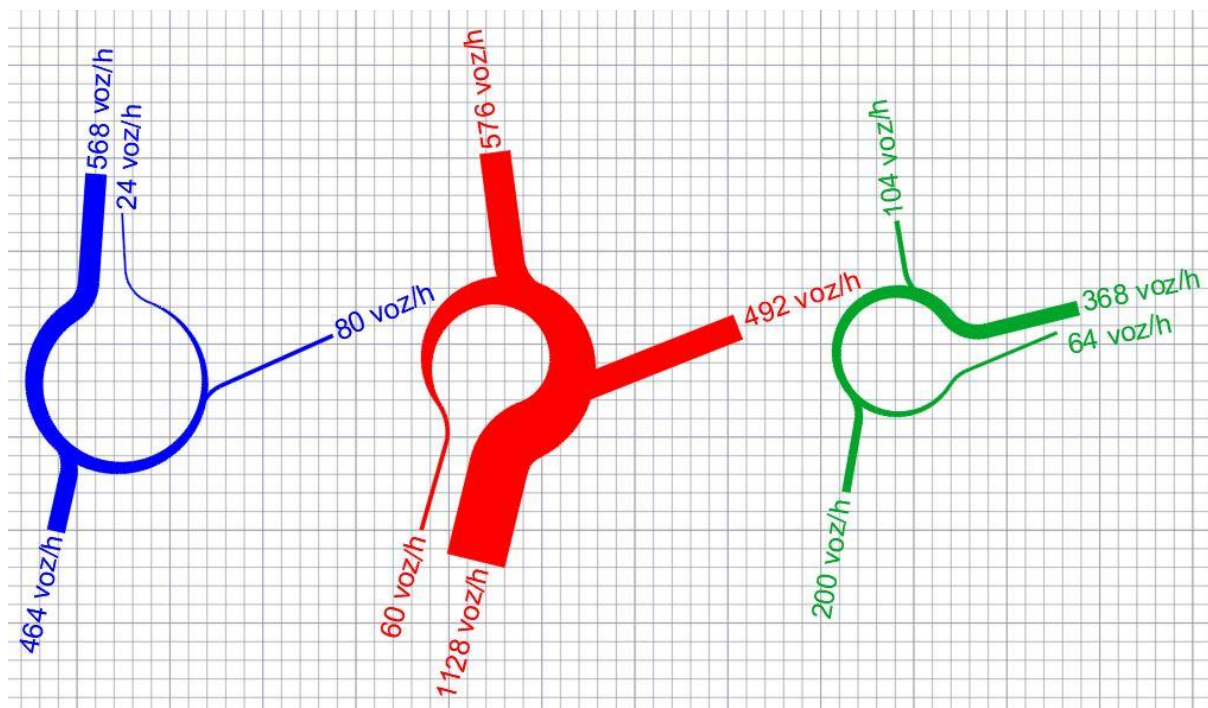
Slika 17. Prikaz kružnog raskrižja

Izvor:[27]

Na slici se može vidjeti položaj kružnog raskrižja u odnosu na susjedno križanje. Približna udaljenost između dva križanja iznosi 120 metara. Uzimajući u obzir da je susjedno križanje regulirano semaforima i da je u slučaju kada je promet na glavnom pravcu zaustavljen, stvara se rep čekanja. Dužina ceste od 120 metara može podnijeti rep čekanja od 20 osobnih vozila, a nakon toga kolona se preljeva na kružno raskrižje. Ovaj problem uočava se osobito u jutarnjim vršnim satima kada je velik priljev vozila prema gradu Sinju i prema Splitu. U popodnevnom vršnim satima zbog ograničene propusne moći malog kružnog raskrižja, rep čekanja se preljeva na prikazano susjedno raskrižje i time smanjiva njegovu propusnu moć. Širina kolnika u kružnom raskrižju iznosi 6,50 metara. Vanjski polumjer raskrižja iznosi 18 metara.

Analiza propusne moći napravljena je uz pomoć simulacijskog alata PTV Vissim. U programskom alatu napravljena je simulacija odvijanja prometa na zadanom križanju. Razlog odabira ovog načina provjere propusne moći je brzina kojom se dolazi do rezultata i mogućnost slikovitog prikaza vozila koja prolaze kroz križanje.

Za proračun propusne moći bilo je potrebno izmjeriti promet, odnosno obaviti brojanje prometa koje prolazi kroz raskrižje. Za vremenski period određen je popodnevni vršni sat. Brojanje prometa odrađeno je u vremenu od 16:00 do 16:15 sati. Zbog velike količine prometa i nedostatka ljudstva u brojanju odrađeno je 15- minutno brojanje prometa iz kojeg se došlo do sljedećih rezultata. Na slici 18 nalazi se prikaz prometnog opterećenja na analiziranom raskrižju.



Slika 18. Broj vozila po smjeru kretanja na analiziranom raskrižju

Izvor:[Autor]

Plavom bojom prikazano je prometno opterećenje po smjeru kretanja za ulaz na križanje iz smjera Zagreba. Ulazni promet iznosi 568 vozila po satu. Od tog broja vozila, 464 nastavlja putovanje ravno, dok 80 vozila po satu skreće prema Glavicama. Udio teških teretnih vozila izmjerenih u ovom prometnom toku iznosi 1,4 %. Crvenom bojom označen je ulazni promet iz smjera Splita. U ovom prometnom toku čak 51 % prometa ide prema sjeveru, odnosno nastavlja put ravno, dok 43 % prometa skreće desno prema mjestu Glavice. Udio teških teretnih vozila iznosi 2,1 %. Zelenom bojom označen je prometni tok iz smjera Glavica. Od ukupnih 368 vozila po satu, 200 vozila skreće prema Splitu, a 104 vozila prema sjeveru. Tijekom brojanja prometa iz ovog smjera nije zabilježeno niti jedno teško teretno vozilo. Iz ovog se može zaključiti da samo polovica od ukupnog prometa koji u popodnevnom vršnom satu prolazi kroz analizirano raskrižje nastavlja put van grada. Drugim riječima, pola izbrojanih vozila kreće prema istočnoj i jugoistočnoj stani grada. Upravo je taj prometni tok predmet analize ovog diplomskog rada.

Iz podataka o brojanju prometa može se zaključiti da je najveći ulazni promet na raskrižje iz smjera Vukovarske ulice. Na slici 19 prikazan je rezultat simulacije odvijanja prometa kroz zadano raskrižje. Uočljivo je da je rep čekanja jednako dugačak kao što je zamijećeno prilikom snimanja prometa na datom križanju.



Slika 19. Prikaz odvijanja simulacije u programu PTV Vissim

Izvor:[Autor]

Tako je moguće pretpostaviti da će ocjena propusne moći prema *Highway Capacity Manual*-u biti niska. Promatrajući ostala dva prilaza raskrižju primjetno je da na njima nema repova čekanja i da promet teče skoro pa neometano. Ocjenu propusne moći za analizirano raskrižje moguće je vidjeti na slici 20.

C...	Si...	Movement	QLen	QLenMax	Vehs(All)	Pers(All)	LOS(All)
1	16	1: Propusna moc raskrizja - 1: Vukovarska ulica@110.6 - 3: Vukovarska ulica@1.4	65,29	140,96	9	9	LOS_E
2	16	1: Propusna moc raskrizja - 1: Vukovarska ulica@110.6 - 7: Zagrebacka ulica@11.9	65,29	140,96	55	55	LOS_E
3	16	1: Propusna moc raskrizja - 1: Vukovarska ulica@110.6 - 10006: ul Domovinskog rata@10.8	65,29	140,96	58	58	LOS_E
4	16	1: Propusna moc raskrizja - 8: Zagrebacka ulica@50.1 - 3: Vukovarska ulica@1.4	6,51	69,41	58	58	LOS_A
5	16	1: Propusna moc raskrizja - 8: Zagrebacka ulica@50.1 - 7: Zagrebacka ulica@11.9	6,51	69,41	4	4	LOS_A
6	16	1: Propusna moc raskrizja - 8: Zagrebacka ulica@50.1 - 10006: ul Domovinskog rata@10.8	6,51	69,41	11	11	LOS_A
7	16	1: Propusna moc raskrizja - 10: ul Domovinskog rata@28.7 - 3: Vukovarska ulica@1.4	5,77	55,41	29	29	LOS_B
8	16	1: Propusna moc raskrizja - 10: ul Domovinskog rata@28.7 - 7: Zagrebacka ulica@11.9	5,77	55,41	10	10	LOS_C
9	16	1: Propusna moc raskrizja - 10: ul Domovinskog rata@28.7 - 10006: ul Domovinskog rata@...	5,77	55,41	6	6	LOS_B
10	16	1: Propusna moc raskrizja	25,86	140,96	240	240	LOS_C

Slika 20. Propusna moć raskrižja prema HCM-u kao rezultat simulacije

Izvor:[Autor]

Za prilaz križanju s Vukovarske ulice izračunat je prosječni rep čekanja od 65,29 metara. Najduže zabilježen rep čekanja iznosi 140,96 metara, a uzimajući u obzir da je razmak između dva susjedna raskrižja samo 120 metara, tada se može zaključiti da rep čekanja jednog raskrižja utječe na smanjenje propusne moći drugog raskrižja. Ocjena propusnosti za ovaj prilaz iznosi LOS E. Za prilaz iz smjera Zagrebačke ulice prosječna duljina repa čekanja iznosi 6,51 m. Prosječna duljina osobnog vozila sa sigurnosnim razmakom iznosi 6 metara. Tako da se može zaključiti da u čekanju prosječno provede samo jedno vozilo. Iz tog razloga ocjena propusne moći prema HCM-u iznosi LOS A. Za prilaz iz ulice Domovinskog rata ocjena propusnosti raskrižja iznosi LOS B. Najduža duljina repa čekanja na ovom prilazu izmjerena je 55,41 metar. Ukupna ocjena propusnosti raskrižja iznosi LOS C, a prosječna duljina repa čekanja iznosi 25,86 metara.

Propusna moć raskrižja računa se prema Highway Capacity Manual-u. Razina usluge je kvalitativna mjera koja opisuje operativne uvjete prometnog toka, a mjere na temelju kojih se utvrđuje su: brzina, vrijeme putovanja, sloboda manevriranja, utjecaj drugog prometa,

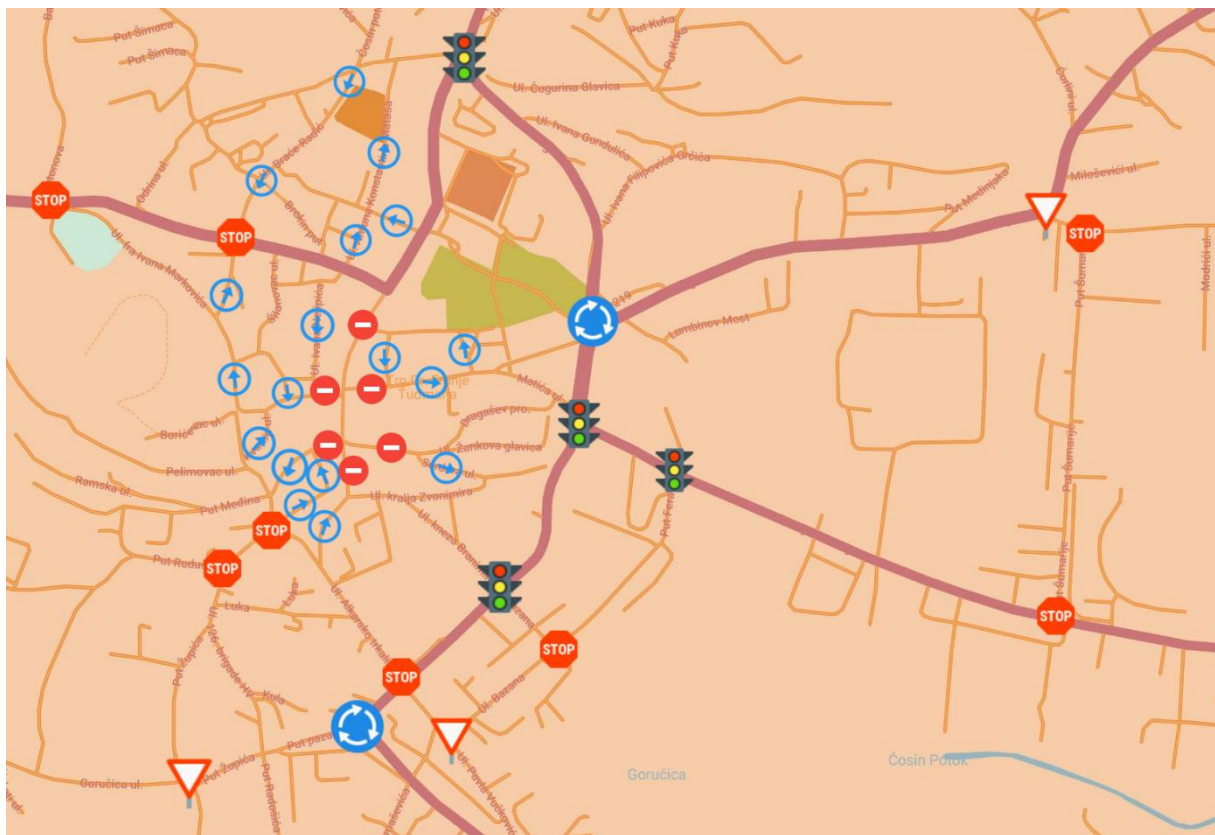
udobnost. Definirano je šest razina usluga, od A do F. Razina usluge A predstavlja najbolje operativne uvjete, a razina usluge F najlošije.[23]

3.5. Analiza sadašnje organizacije i postojeće regulacije prometa u Gradu Sinju

Promet se odvija dvosmjerno na većini prometnica u gradu. Užu jezgru grada odlikuju uske ulice karakteristične za mediteranske priobalne gradove. Takvim ulicama promet se odvija jednosmjerno, zbog nemogućnosti mimoilaženja dvaju vozila koji se kreću u suprotnim smjerovima. Središte grada, trg kralja Tomislava, zatvoren je za promet i pretvoren je u pješačku zonu. Na najprometnijim prometnicama promet je reguliran semaforima. U gradu se nalaze četiri semaforizirana raskrižja. Osim semaforiziranih križanja promet se na dva križanja vodi kružnim tokom prometa. Oba kružna toka izgrađena su na državnoj cesti D1, a na istoj cesti smještena su tri od ukupno četiri semaforizirana raskrižja.

Četvrto semaforizirano raskrižje posljednje je dodano u prometnu mrežu grada Sinja, a smješteno je na križanju Put Ferate i ulice Miljenka Buljana. Razlog izgradnje navodi se dugo vrijeme čekanja prilikom izlaska i ulaska iz trgovačkog centra i zbog otežanog uključivanja autobusa u promet s neposredno udaljenog kolodvora.[13]

Na slici 21 prikazana je trenutna regulacija i organizacija prometa u gradu Sinju. Plave strelice predstavljaju pravac kretanja vozila jednosmjernim ulicama, zabrana smjera predstavlja zabranu ulaska vozilima u pješačku zonu.



Slika 21. Karta organizacije i regulacije prometa u Gradu Sinju

Izvor:[Autor]

3.6. Demografska analiza

Demografska analiza s aspekta prometa vrlo je važan čimbenik prilikom izrade prometnih studija određenog područja ili grada. Demografskom analizom može se utvrditi trend kretanja stanovništva na određenom području. Taj podatak se može iskoristiti prilikom planiranja budućih infrastrukturnih projekata kao što je proširenje prometne mreže ili proširenje postojećih cestovnih kapaciteta.

Prema popisu stanovništva iz 2021. godine općina Sinj zajedno sa svojim naseljima imala je 23 574 stanovnika ukupno. Od ukupno 44 477 žitelja Cetinske krajine na području grada Sinja smješteno je 53 % stanovništva ovog geografskog područja. Analizirajući popis stanovništva iz 2011. godine kada je na području Sinja boravilo 24 826 stanovnika bilježi se negativan trend kretanja stanovništva, odnosno pad broj stanovnika od 5 %.[14]

U tablici 4 prikazan je broj dnevnih migranta Grada Sinja i njihov udio u ukupnom broju stanovništva.

Tablica 4. Udio dnevnih migranata u Gradu Sinju

	UKUPNO	DNEVNI MIGRANTI	DRUGI GRAD ISTE ŽUPANIJE	UČENICI SREDNJIH ŠKOLA	STUDENTI
BROJ	24 826	6 577	2 848	735	438
UDIO	100,00%	26,49%	11,47%	2,96%	1,76%

Izvor:[15]

Iz tablice je vidljivo da je prema podacima popisa 2011. godine od ukupno 6 577 dnevnih migranata Grada Sinja, njih 2 848 radilo u drugom gradu iste županije. Broj učenika srednjih škola je iznosio 735, a broj studenata iznosio je 438.

4. Čimbenici prometne prognoze

Prognoza prometa je predviđanje budućih prometnih zahtjeva, odnosno budućeg intenziteta strukture i raspodjele prometnih tokova. Osnovni ulazni parametri za izradu prometne prognoze, odnosno podaci na kojima se temelji prometna prognoza su: [6]

- postojeći intenzitet prometnih tokova,
- demografska analiza,
- stupanj motorizacije,
- ekonomska analiza (BDP),
- razvoj aktivnosti na određenom području.

U praksi postoje razni matematički, statistički, ekspertni modeli za izradu prognoze prometa temeljem navedenih ulaznih podataka. Najčešće korišten model je Model jednakih budućih faktora rasta za sve promatrane cestovne presjeke u zoni obuhvata, na bazi višekriterijske trend analize vremenske serije.[6]

Na operativnoj razini se izrada prometne prognoze može svrstati na sljedeće korake:[6]

- izrada jedinstvenog modela prometne potražnje kroz koji se sublimiraju sva dosadašnja saznanja o prometnim parametrima važnim za izradu „izvorišno-ciljnog“ modela putovanja korisnika prometnog sustava na prostor istraživanja,
- na takvom baznom modelu nekom od metoda utvrditi prognostičke veličine prometne potražnje za ciljne vremenske presjeke planskog razdoblja,
- izvesti ravnotežna stanja prometne ponude i potražnje na analiziranoj cestovnoj mreži i dobiti prometna opterećenja na promatranim cestovnim presjecima za buduće vremensko razdoblje,
- izraditi scenarije budućeg prometnog opterećenja ovisno o izvršenim zahvatima na prometnoj mreži (nove dionice, rekonstrukcija ili proširenje kapaciteta novih dionica).

4.1. Stupanj motorizacije

Stupanj motorizacije se definira kao broj osobnih automobila na 1000 stanovnika.[16]

Podaci koji su dostupni za grad Sinj odnose se na ukupan broj vozila koji su registrirani u Sinju. Iz tog razloga moguće je odrediti odnos između ukupnog broja registriranih vozila i broja stanovnika. S obzirom da obje dostupne stanice u gradu Sinju koriste sve okolne općine, odnosno svi stanovnici Cetinske krajine, kao broj stanovnika koristi se ukupan broj stanovnika Cetinske krajine prema popisu stanovništva iz 2021.

U sljedećoj tablici prikazan je broj redovitih tehničkih pregleda koji se obavljaju na području Sinja.

Tablica 5. Broj redovitih tehničkih pregleda na području Sinja

GODINA	BROJ REDOVITIH TEHNIČKIH PREGLEDA
2015	11544
2016	16443
2017	17243
2018	18292
2019	19973
2021	21528

Izvor:[17]

Može se zaključiti da je ubrzan porast broja vozila koja pristižu na redovite tehničke preglede u grad Sinj. Od 2015. godine pa do 2021. bilježi se gotovo dvostruki porast broja vozila.

Sljedeća tablica prikazuje kretanje stanovništva na području Cetinske krajine u periodu od 2015. do 2021. godine.

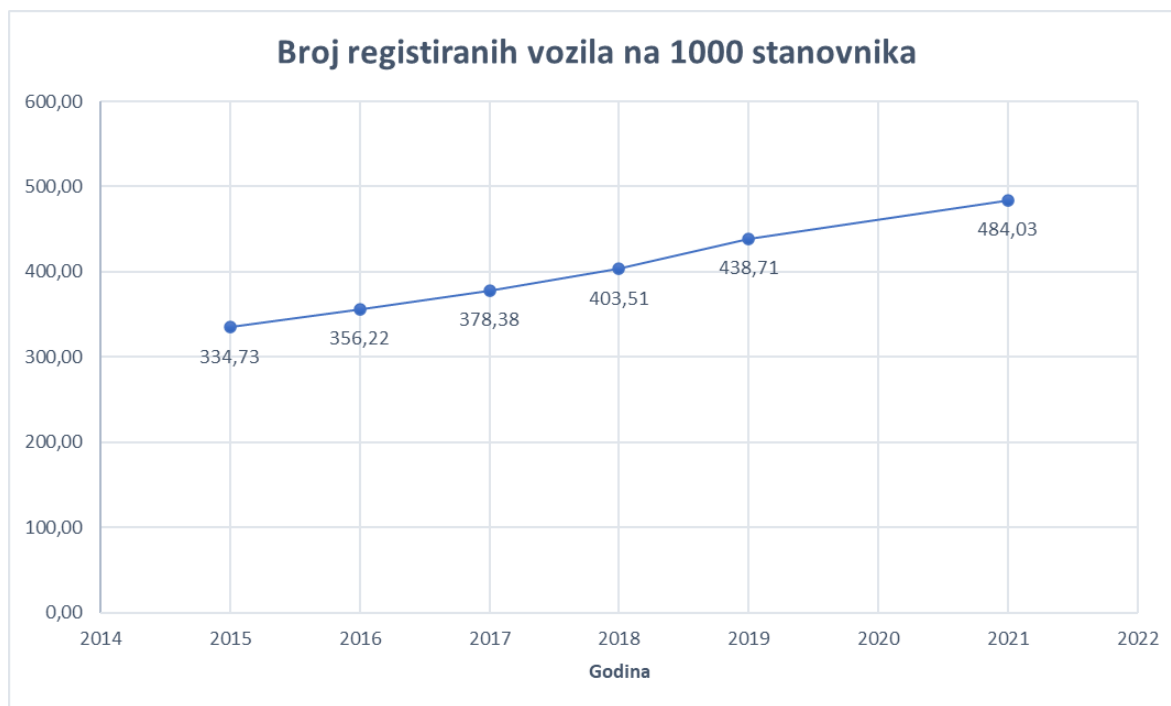
Tablica 6. Kretanje broja stanovnika na području Cetinske krajine 2015.-2021.

GODINA	BROJ STANOVNIKA
2015	46438
2016	46160
2017	45570
2018	45332
2019	45527
2021	44477

Izvor:[18]

Uočljiv je pad broja stanovništva, što je nažalost trend na području cijele Republike Hrvatske. Prema procjeni kretanja stanovništva na području Cetinske krajine boravilo je 46 438 stanovnika, a prema popisu iz 2021. boravilo je 44 477 stanovnika.

Koristeći podatke iz obje tablice može se sastaviti grafikon koji prikazuje broj redovitih tehničkih pregleda vozila na tisuću stanovnika. Uzimajući u obzir da svako vozilo može pristupiti samo jednom na redoviti tehnički pregled, dolazi se na zaključak da svaki redoviti tehnički pregled predstavlja jedno vozilo. Grafikon 4 prikazuje broj vozila na 1000 stanovnika.



Grafikon 4. Broj vozila na 1000 stanovnika Cetinske krajine

Izvor: [17/18]

Iz grafikona se može zaključiti da je usred opadanja broja stanovništva i povećanja redovitih tehničkih pregleda svake godine došlo do povećanja broja vozila na 1000 stanovnika. Godine 2015. broj vozila na tisuću stanovnika iznosio je 334,73. Gledajući zadnje dostupne podatke u 2021. godini bilo je 484,03 vozila na 1000 stanovnika. To je povećanje od 150 vozila na tisuću stanovnika.

4.2. Procjena porasta prometa na području Grada Sinja

Buduća predviđanja količine prometa uvijek se uzimaju u obzir prilikom provođenja tehničkih zahvata pri uspostavi nove regulacije prometa ili prilikom izgradnje novih cestovnih elemenata, odnosno izmjene na postojećoj infrastrukturi ili prilikom izgradnje nove infrastrukture. Svako prometno rješenje koje se predlaže mora biti u mogućnosti prihvatiti količinu prometa u budućnosti, odnosno za određeni vremenski period za koji se projekt planira. To mogu biti privremena rješenja, kratkoročna, srednjoročna i dugoročna.

Povećanje prometa moguće je izračunati na više načina ovisno o pristupu proračunu. Najjednostavnija metoda za izračun povećanja prometa je *metoda složenih kamatnih stopa*. Formula koja se koristi za proračun glasi:[6]

$$C = C_0 \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right)^n,$$

gdje je:[6]

C – buduća količina prometa,

C₀ – trenutna količina prometa,

p – stopa rasta prometa,

n – broj godina.

Na temelju podataka o brojanju prometa u periodu od sedam uzastopnih godina, moguće je odrediti prosječnu godišnju stopu rasta prometa za svaki analizirani brojač pojedinačno. Izuzetak u izračunu uzima se 2020. godina u kojoj se bilježi pad broja vozila na cestama uslijed pandemije. U tablici 7 prikazane su količine prometa izražene u PGDP-u sa svih analiziranih brojača na području Sinja i prosječno godišnje povećanje prometa za svaki analizirani brojač.

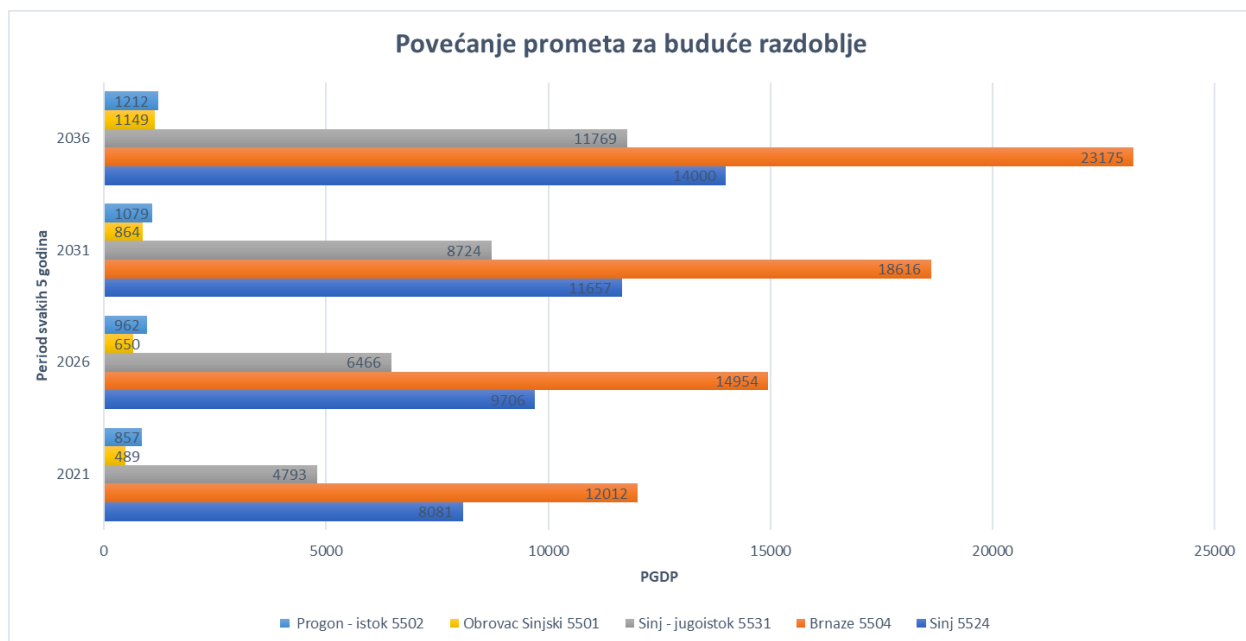
Tablica 7. Prosječni godišnji postotak povećanja prometa

Sinj 5524	Brnaze 5504	Sinj - jugoistok 5531	Obrovac Sinjski 5501	Progon - istok 5502	BROJAČ
PGDP	PGDP	PGDP	PGDP	PGDP	Godina
6738	9663	nema podataka	371	764	2015
6837	9751	3795	377	775	2016
7005	10233	3852	446	794	2017
7145	11050	4484	462	814	2018
7741	11719	4619	466	817	2019
5860	10716	4404	450	818	2020
8081	12012	4793	489	857	2021
3,73%	4,48%	6,17%	5,86%	2,33%	Prosječno godišnje povećanje prometa

Izvor:[9]

Iz tablice se može iščitati da je najveće godišnje povećanje prometa na brojaču Sinj – jugoistok br. 5531. Brojač je postavljen na lokalnoj cesti L67040. Na tu cestu spajala bi se nova cesta koja se predlaže kao rješenje u zaobilasku centra Sinja. Povećanje prometa godišnje iznosi 6,17 %. Dalje po povećanju opterećenja od 4,48 % slijede brojač 5504 u Brnazama, cesta na koju bi također bila spojena nova zaobilaznica. Potom slijede brojač 5501 u Obrovcu Sinjskom s 5,86 % povećanja godišnje. Iako je po postotku veće povećanja na brojaču 5501, nego na brojaču 5504, brojač 5504 ipak ima veću ukupnu količinu prometa. Na kraju preostaju brojači 5524 naziva Sinj s povećanjem prometa od 3,73 % godišnje i brojač 5502 Progon – istok s prosječnim povećanjem prometa od 2,33 %.

Na temelju prosječne godišnje stope povećanja prometa moguće je odrediti povećanje prometa za buduće razdoblje. Pri planiranju prometa, odnosno izradi idejnih rješenja uvijek se uzima u obzir buduće povećanje prometa u smislu hoće li buduća prometna potražnja biti zadovoljena postojećom prometnom infrastrukturom i njenim kapacitetima. Za buduće predviđanja količine prometa najčešće se uzima period od 5, 10 i 15 godina. Na grafikonu broj 5 prikazano je predviđeno povećanje prometa za promatrano razdoblje.



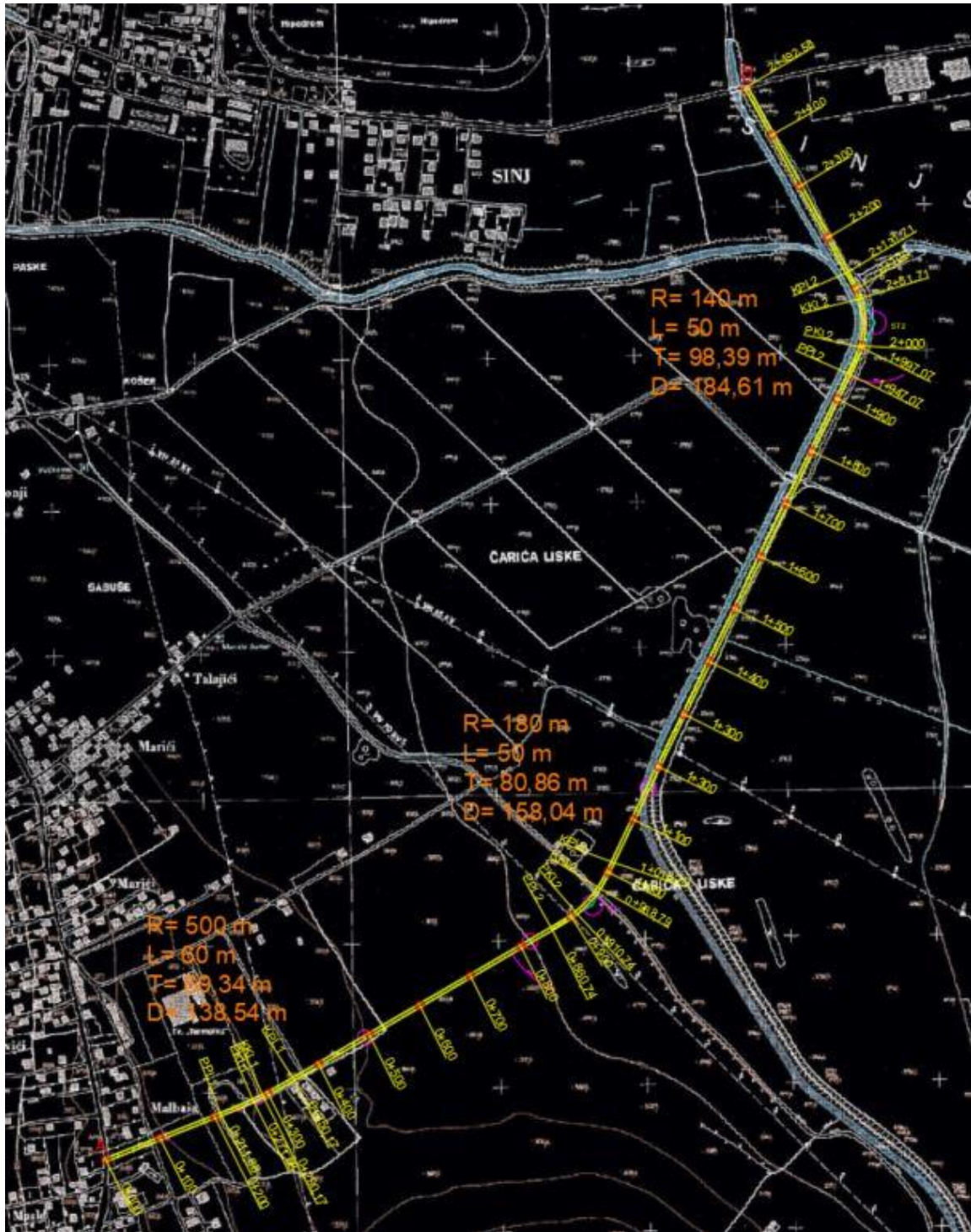
Grafikon 5. Povećanje prometa za period 5, 10 i 15 godina

Izvor:[9]

Iz grafikona je vidljivo da je do godine 2023. predviđeno povećanje prometa od 23 175 vozila na brojaču 5504. Na brojaču Sinj 5524 očekivano povećanje prometa iznositi će 14 000 vozila dnevno. Brojač 5531 Sinj - jugoistok ima predviđeno povećanje PGDP na 11 769 vozila dnevno. PGDP na brojaču Progon – istok pod brojačkom oznakom 5502 iznositi će 1212 vozila, a brojač 5501 će imati PGDP od 1149 vozila po danu.

5. Prijedlog rješenja u svrhu optimizacije prometnih tokova

Kao rješenje u svrhu optimizacije prometnih tokova predlaže se izgradnja zaobilaznice Sinja, koja bi omogućila izbjegavanje vožnje kroz središte Sinja. Prijedlog podrazumijeva izgradnju javne ceste koja bi svojim najvećim djelom bila smještena van naselja. Ukupna duljina nove ceste iznosila bi 2 492,58 metara. Početna stacionaža ceste nalazi se na križanju s državnom cestom D1. Približno 20 % ceste smješteno je u naseljenom mjestu, odnosno približna stacionaža na kojoj završava naseljeno mjesto je 0+500 m. Cesta se prvih 800 metara dužine nalazi u blagom padu zbog spuštanja terena. Od 0+800 m cesta se nastavlja pružati kroz ravničarski teren, odnosno preko polja. Na slici 22 prikazano je idejno rješenje zaobilaznice. Cesta prati kanal za oborinske vode i na taj način se u velikoj mjeri izbjegava prelazak ceste preko privatnog zemljišta. Prijedlog rješenja je usklađen prema „Pravilniku o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa“. To znači da su tehnički elementi ceste usklađeni s projektnom i računskom brzinom i uvjetima koje postavlja teren. Od ovog rješenja očekuje se da će preuzeti određenu količinu prometa koji svakodnevno prometuju kroz grad Sinj i na taj način rasteretiti glavnu prometnicu kroz grad. Završna točka ceste nalazi se na njenom križanju s lokalnom cestom L67040.



Slika 22. Idejno rješenje za novu prometnicu

Izvor:[Autor]

Prijedlog rješenja obuhvaća izgradnju ceste. Prometnica se sastoji od pravaca i krivina, a ukupno se na njoj nalaze tri istosmjerna zavoja. Ukupna duljina krivina iznosi 481,19 metara, a ukupna dužina pravaca iznosi 2011,39 metara.

Javna cesta je složena građevina koja se sastoji od cestovnih građevina i ostalih građevina i čini jedinstvenu funkcionalnu cjelinu za odvijanje cestovnog prometa. Građevine koje mogu biti sastavni dijelovi javne ceste su:[19]

- trasa javne ceste,
- vijadukti, mostovi, nadvožnjaci, podvožnjaci,
- tuneli, galerije,
- čvorišta,
- građevine za odvodnju ceste i pročišćavanje vode,
- cestarski prolazi,
- prateći uslužni objekti,
- građevine i uređaji za nadzor i sigurno vođenje prometa,
- građevine i oprema za zaštitu ceste, prometa, okoliša i
- građevine za zaštitu od buke.

5.1. Odabir razreda ceste

Pri pristupanju izrade prometnog rješenja prvi korak koji je potrebno provesti je odabrati razred ceste, odnosno prema veličini motornog prometa (PGDP) odrediti koji razred ceste zadovoljava sadašnje potrebe i potrebe koje bude postavljala buduća prometna potražnja. Prema predviđanjima povećanje prometa za razdoblje od 15 godina zadovoljavalo bi potrebe ceste 2. kategorije. U tablici 8 prikazane su kategorije cesta s obzirom na veličinu motornog prometa.

Tablica 8. Veličina motornog prometa

Razred ceste	Veličina motornog prometa (PGDP) vozila / dan
AC	više od 14000
1. razred	više od 12000
2. razred	više od 7000 do 12000
3. razred	više od 3000 do 7000
4. razred	više od 1000 do 3000
5. razred	do 1000

Izvor:[20]

Temeljem kategorije ceste i stupnja ograničenja određuje se projektna brzina i dozvoljeni uzdužni nagib nivelete. Prema vrsti terena na kojemu se projektiraju javne ceste usvajaju se sljedeći stupnjevi ograničenja:[20]

- ravničarski teren – bez ograničenja,
- brežuljkasti – neznatno ograničenje,
- brdski – znatno ograničenje,
- planinski – veliko ograničenje.

U tablici 9 prikazane su projektne brzine i najveći nagibi nivelete.

Niveleta je linja koja prikazuje vertikalni tok trase, ona opisuje cestu u uzdužnom smislu.[19]

Tablica 9. Projektne brzine i najveći nagib nivelete

PROMETNO -TEHNIČKO RAZVRSTAVANJE		PROJEKTNA BRZINA V_p (km/h) / NAGIB s_{max} (%)							
KAT.	Razina usluge	120	100	90	80	70	60	50	40
		a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.
AC	C/D	$\geq 120/4^\circ$	100/5*	90/5.5**	80/6***				
1. kat.	D		100/5.5°	90/5.5*	80/6**	70/7***			
2. kat.	D		100/5.5°	90/5.5*	80/6*	70/7**	60/8***		
3. kat.	E				80/7°	70/7*	60/8**	50/9***	
4. kat.	E					70/8°	60/9*	50/10**	40/11***
5. kat.	E						60/10°	50/11*	40/12** 40(30)/12***

°	BEZ OGRANIČENJA	BO
*	UMJERENA OGRANIČENJA	UO
**	ZNATNA OGRANIČENJA	ZO
***	VELIKA OGRANIČENJA	VO

Izvor:[20]

Ova cesta prolazi poljem gdje je ravničarski teren i prosječna nadmorska visina iznosi 300 m. Uzimajući samo taj kriterij u obzir projektna brzina iznosila bi 100 km/h. Međutim, cesta od nulte stacionaže do približnog položaja na 0+500 m prolazi kroz naselje te je u svrhu povećanja sigurnosti i ograničene mogućnosti odabira linije pružanja ceste odabrana projektna brzina od 60 km/h.

Projektna brzina V_p je najveća brzina za koju je zajamčena potpuna sigurnost vožnje u slobodnom prometnom toku na cijelom potezu trase, pod optimalnim vremenskim uvjetima i kod dobrog održavanja. Ona karakterizira razinu građevinsko – prometnih svojstava ceste. Koristi se kod određivanja minimalnih polumjera horizontalnih zavoja i maksimalnih uzdužnih nagiba.[20]

5.2. Uvjeti koje je potrebno zadovoljiti pri projektiranju tlocrtnih elemenata

Prilikom određivanja pravaca ceste treba paziti na uvjete da između dva protusmjerna zavoja maksimalna dužina pravca mora biti unutar granica $2V_p \leq L_{pr} \leq 20 V_p$. Za dva istosmjerna zavoja taj uvjet glasi $4V_p \leq L_{pr} \leq 20V_p$. [20]

U ovom prijedlogu rješenja nalaze se tri istosmjerna zavoja te iz tog razloga treba zadovoljiti samo uvjet $4V_p \leq L_{pr} \leq 20V_p$. Uvrštavajući projektnu brzinu u uvjet dobije se sljedeći izraz:

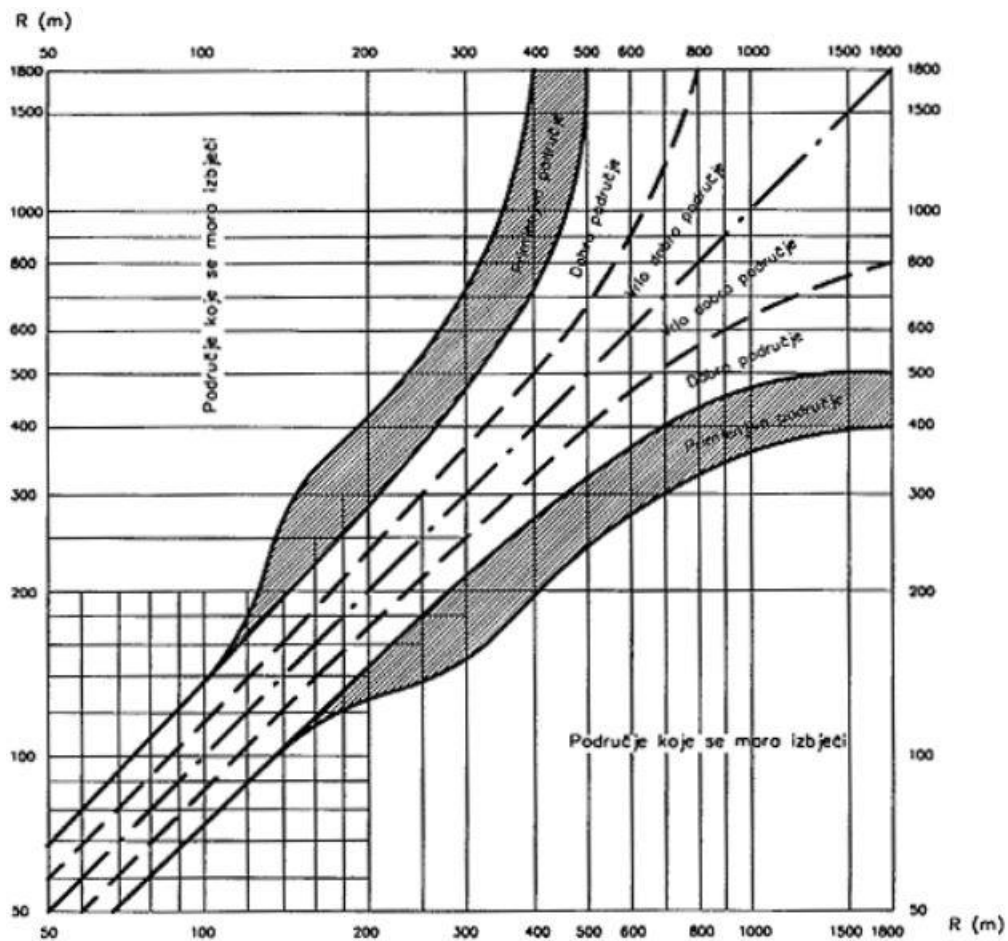
$$240 \text{ m} \leq L_{pr} \leq 1200 \text{ m}$$

Dužina međupravca između prvog i drugog zavoja iznosi 510,57 m. S obzirom da se dužina međupravca nalazi unutar zadanih granica uvjet je zadovoljen. Između drugog i trećeg zavoja dužina međupravca iznosi 928,28 m te je taj uvjet također zadovoljen.

Na cijelom potezu ceste potrebno je održati skladan tok trase ceste zbog ugodnosti vožnje i zadržavanja sigurnosti na visokoj razini da ne bi došlo do naglih promjena u uvjetima vožnje. Zbog tog razloga potrebno je uskladiti polumjere susjednih zavoja, odnosno kružne lukove.

Kružni luk je potez ceste sa stalnom zakrivljenošću. Kružni luk je temeljni tlocrti element ceste. Veličina polumjera kružnog luka ovisi o projektnoj brzini, terenskim uvjetima, susjednim zavojima i o mogućem odnosu projektne i računске brzine. Za skladan tok trase ceste usklađuju se polumjeri susjednih zavoja prema grafikonu 6. Trasa je usklađena ako su polumjeri susjednih zavoja u sljedećim područjima:[20]

- u „vrlo dobrom području“ na autocestama i cestama 1. kategorije,
- u „u dobrom području“ na cestama 2. i 3. kategorije,
- u „primjenjivom području“ na cestama 4. i 5. kategorije.



Grafikon 6. Usklađivanje polumjera susjednih zavoja

Izvor:[20]

U ovom prijedlogu rješenja nije moguće prilagoditi prvi zavoj s drugim zavojem zbog toga što se prvi zavoj nalazi u naselju te je njegovo oblikovanje uvjetovano položajem kuća i pružanjem postojeće nesvrstane ceste. Tako da se njihovo poklapanje prema grafikonu nalazi unutar područja koje se mora izbjeći. Rješenje za takvu situaciju je postavljanje ograničenja brzine na području između ta dva zavoja na razinu koja bi zadovoljavala uvjete sigurnosti i udobnosti vožnje. Polumjer prvog zavoja iznosi 500 m i on ne podliježe uvjetima kriterija. Drugi i treći zavoj moguće je uskladiti s obzirom da se nalaze van naseljenog mjesta. Polumjer drugog zavoja iznosi 180 m, a polumjer trećeg zavoja iznosi 140 m. Prema grafikonu polumjeri krivina nalaze se u dobrom području i zadovoljavaju kriterij za cestu 2. kategorije. Prema tablici 10 moguće je odrediti minimalni polumjer horizontalnog zavoja u ovisnosti o projektnoj brzini.

Tablica 10. Minimalni polumjeri zavoja u odnosu na V_p

V_r (km/h) ceste	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R_{min} (m)	25	45	75	120	175	250	350	450	600	750	850

Izvor: [20]

Prema tablici minimalni polumjer koji je moguće koristiti pri projektiranju ceste van naseljenog mjesta za projektnu brzinu od 60 km/h iznosi $R_{min} = 120$ m. S toga je uvjet postignut za oba raskrižja van naseljenog mjesta. Uvjet je zadovoljen ako je polumjer zavoja jednak ili veći od minimalnog polumjera:

- za prvi zavoj, $R_{min} = 120 \text{ m} \leq 500 \text{ m}$,
- za drugi zavoj, $R_{min} = 120 \text{ m} \leq 180 \text{ m}$,
- za teći zavoj, $R_{min} = 120 \text{ m} \leq 140 \text{ m}$.

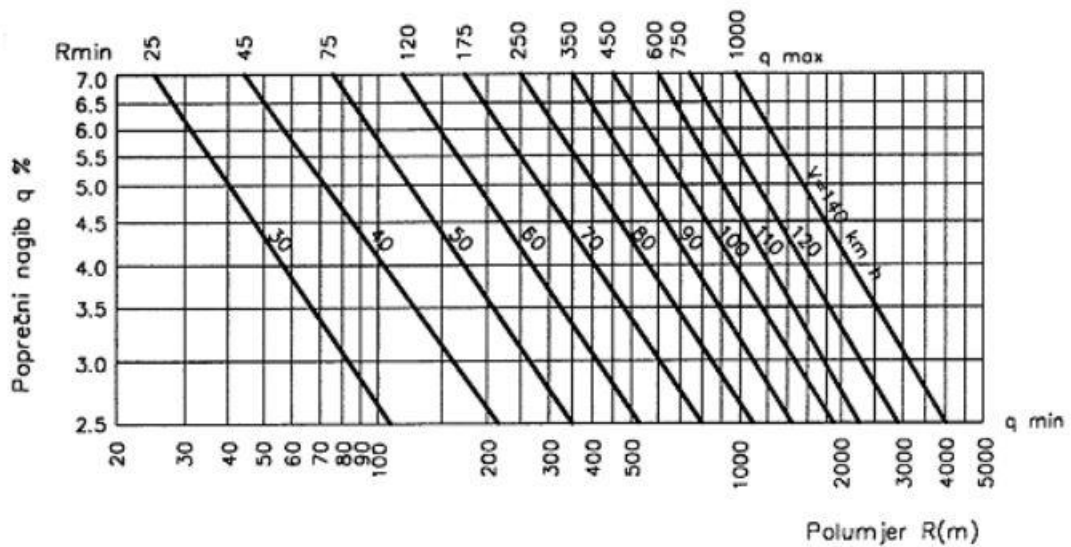
5.3. Poprečni nagib kolnika i presjek ceste

Za svaki horizontalni zavoj potrebno je odrediti poprečni nagib kolnika. Poprečni nagib kolnika u zavoju u pravilu je određen prema centru zavoja i primjenjuje se radi smanjenja djelovanja centrifugalne sile i odvodnje kolnika. Poprečni nagib kolnika određuje se prema računskoj brzini.[20]

Računska brzina je najveća očekivana brzina koju vozilo u slobodnom prometnom toku može ostvariti uz dovoljnu sigurnost vožnje na određenom dijelu ceste, u skladu s prihvaćenim modelom njezinog ustanovljavanja, zavisno o tlocrtnim i visinskim elementima tog djela trase. Računskom brzinom se određuju poprečni nagib kolnika u zavojima, potrebne duljine preglednosti, polumjeri vertikalnih zavoja, najmanji polumjer horizontalnog zavoja.[20]

U tablici 11 nalaze se poprečni nagibi u ovisnosti o računskoj brzini i polumjeru horizontalnih zavoja.

Tablica 11. Poprečni nagibi



Izvor:[20]

Računska brzina ne smije biti manja od projektne, stoga je određena računaska brzina jednaka projektnoj brzini od 60 km/h. Za prvi zavoj polumjera 500 m poprečni nagib iznosi $q_1 = 2,625 \%$. Drugi zavoj ima radijus od 180 m i pripadajući poprečni nagib od 5 %. Na trećem zavoju primjenjuje se poprečni nagib $q_3 = 6,1 \%$, a polumjer zavoja je 140 m.

Osim poprečnog nagiba potrebno je odrediti širinu prometnog traka. Prometni trak je dio kolničkog traka čija je širina dovoljna za nesmetan promet jednog reda motornih vozila koja se kreću računskom brzinom u jednom smjeru. Kolnički trak je dio kolnika namijenjen za promet vozila u jednome smjeru. On sadrži jedan ili više prometnih trakova. Kolnik je dio cestovne površine namijenjen u prvom redu za promet vozila. On obuhvaća vozne, preticajne, rubne, zaustavne i dodatne trakove. Osnovni ulazni podatak za utvrđivanje širine prometnog traka za motorni promet određen je mjerodavnim vozilom u mirovanju širine 2,60 m.[20]

Tablica 12 prikazuje širine prometnoga traka u ovisnosti o projektnoj brzini V_p .

Tablica 12. Ovisnost širine prometnog traka o projektnoj brzini

V_p (km/h) ceste	≥ 120	100	90	80	70	60	50	40
\check{S}_{vt} (m)	3,75	3,50	3,50	3,25	3,00	3,00	3,00 (2,75)	2,75 (2,50)

Izvor:[20]

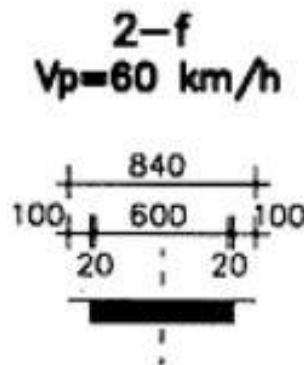
Prema tablici, najmanja moguća širina prometnog traka iznosi 2,75 m. Iznimno može iznositi 2,50 m. Za projektnu brzinu $V_p = 60$ km/h, definiranu na početku, najmanja dozvoljena širina prometnog traka iznosi 3,00 m.

Elementi ceste koji se nalaze na njezinom poprečnom presjeku, a također se mogu odrediti preko projektne brzine, odnosno ovise o širini prometnog traka su:

- rubni trakovi,

- razdjelni pojas,
- zaustavni trak,
- bankina,
- nogostup,
- biciklističke staze,
- vanjski pojas ceste.

Definitivno treba razlučiti koji su elementi potrebni u ovom rješenju. Ono što pripada ovoj kategoriji ceste su rubni trakovi, bankina, nogostup, biciklističke staze i vanjski pojas ceste. Ostali nabrojani elementi koriste se pri projektiranju autocesta i brzih cesta, odnosno cesta gdje je potrebno razdvojiti smjerove kretanja zbog povećanja sigurnosti prometa i ugodnosti vožnje. Na slici 23 nalazi se prikaz tipskog poprečnog presjeka ceste.



Slika 23. Tipski poprečni presjek ceste

Izvor:[20]

Na slici se nalazi tipski poprečni presjek ceste za drugu kategoriju ceste i projektnu brzinu od 60 km/h. Sa slike je vidljivo da je širina kolnika 600 cm. Širine rubnih trakova iznose 20 cm. Ukupna širina ceste u koju spadaju prometne trake sa rubnim crtama i bankinama iznosi 840 cm. Širina bankine prema ovoj slici iznosi 100 cm.

Rubni trakovi služe za sigurno obrublivanje kolnika i za iscertavanje horizontalne signalizacije. Rubni trakovi se ne računavaju u širinu prometnog traka. Rubni trakovi se grade s obje strane kolnika i predviđeni su kao granični vizualni elementi u funkciji sigurnosti prometa. Rubni trakovi se izvode u širinama 20, 30 i 50 cm. Rubni trakovi izvode se neprekidno u istoj širini na cijeloj dionici za koju je ustvrđen normalni profil.[20]

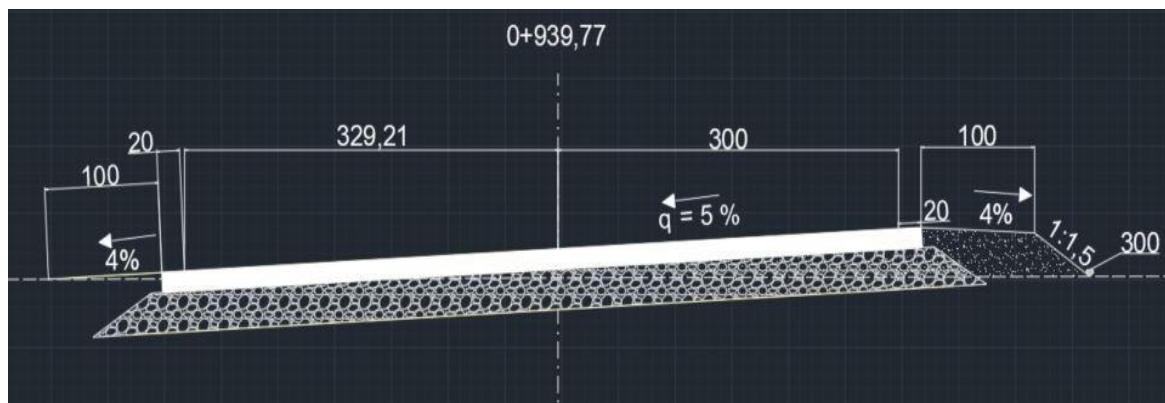
Bankine su rubni elementi krune ceste i izvode se u širini 150, 120 i 100 cm, ovisno o tipu i kategoriji ceste. Na nasipima visine $h > 3,00$ m na bankinama treba osigurati prostor za postavljanje zaštitne ograde. Vanjski dio bankine koristi se za postavljanje stupova vertikalne prometne signalizacije unutar slobodnog profila. Poprečni nagib bankine izvodi se prema vanjskoj strani ceste minimalno 4 %. Ako je kolnik veći od 4 % onda se niža bankina izvodi u nagibu kolnika.[20]

Nogostup predstavlja prometnu površinu namijenjenu pješacima i izvodi se uz kolnik, odnosno uz prometni trak i nadvišenim je rubnjakom i zaštitnom širinom odvojen od tih površina. Rubnjak je standardne visine $h = 12$ cm do maksimalne visine $h = 20$ cm. Najmanja

širina prometnog traka za jednog pješaka iznosi $Ph = 80$ cm. Zaštitna širina ovisi o računskoj brzini:[20]

- Vrač > 70 km/h – $Zš \geq 125$ cm,
- Vrač = 50 do 70 km/h – $Zš \geq 100$ cm i
- Vrač < 50 km/h – $Zš \geq 75$ cm.

Na slici 24 nalazi se poprečni presjek ceste u zavoju. Položaj presjeka smješten je na 0+939,77 metara.



Slika 24. Poprečni presjek ceste u zavoju

Izvor:[Autor]

Položaj ceste je u zavoju, s toga je s vanjske strane zavoja potrebno napraviti proširenje ceste. Normalna širina traka bez proširenja iznosi 3,00 metra, a širina traka s proširenjem iznosi 329,21 cm. Proširenje se izvodi samo s vanjske strane zavoja. Širina rubne crte definirana je pravilnikom za ovu širinu ceste, te ona iznosi 20 cm. Bankina s lijeve strane izvedena je u istom nagibu kao i cesta jer je nagib ceste veći od nagiba bankine. Najveći nagib ceste u ovom zavoju iznosi 5 %. Bankina s desne strane zavoja izvedena je prema pravilniku i njezin nagib iznosi 4 %. Dužina bankini iznosi 1 m s obje strane zavoja. Kota terena na ovom presjeku iznosi 300 m i cesta se nalazi u ravnini.

5.4. Prijelaznica

Zbog razloga što kod mjerodavnog vozila kotači zadnje osovine ne prate trajektoriju kotača prednje osovine potrebno je u zavoju s unutarnje strane napraviti proširenje na predjelu gdje se nalazi prijelaznica . Prijelaznica kao tlocrtni element ceste služi za:[20]

- postupan prijelaz zakrivljenosti pravca u kružni luk, a time i za postupnu promjenu radijalnog ubrzanja, odnosno za prijelaz iz jedne zakrivljenosti u drugu;
- za osiguranje dovoljne duljine vitoperenja kolnika za prijelaz iz poprečnog nagiba u pravcu na poprečni nagib u kružnom luku;
- za postupno proširenje kolnika iz širine u pravcu na širinu u kružnom luku.

Na svim javnim cestama obvezna je primjena prijelaznice oblika koloide. U tablici 13 nalazi se parametri za iskolčavanje klotoide.

Tablica 13. Tablica za iskolčenje klotoide kod trećeg zavoja

R = 140					
R	140				
L	40	50	60	70	80
l	39,918	49,841	59,725	69,564	79,349
d	19,986	24,973	29,954	34,927	39,891
y_l	1,902	2,969	4,272	5,807	7,575
ΔR	0,476	0,743	1,070	1,455	1,899
e	13,223	16,452	19,628	22,743	25,786
τ_l	8° 11' 06,4''	10° 13' 53,0''	12° 16' 39,6''	14° 19' 26,2''	16° 22' 12,8''
ω_l	2° 43' 40,4''	3° 24' 34,4''	4° 05' 27,5''	4° 46' 19,6''	5° 27' 10,7''
φ_l	5° 27' 26,0''	6° 49' 18,6''	8° 11' 12,1''	9° 33' 06,6''	10° 55' 02,1''
$x = 5$	0,004	0,003	0,002	0,002	0,002
10	0,030	0,024	0,020	0,017	0,015
15	0,100	0,080	0,067	0,057	0,050
20	0,238	0,191	0,159	0,136	0,119
25	0,465	0,372	0,310	0,266	0,233
30	0,805	0,643	0,536	0,459	0,402
35	1,280	1,023	0,852	0,730	0,638
40	1,914	1,528	1,272	1,090	0,953
45	2,729	2,180	1,814	1,554	1,359
50		2,998	2,493	2,134	1,865
55		4,001	3,326	2,845	2,486
60			4,332	3,702	3,234
65			5,527	4,721	4,121
70				5,920	5,161
75				7,313	6,371
80					7,768
85					9,366

Izvor:[21]

U tablici su prikazani podaci potrebni za iskolčenje klotoide. Tablica se odnosi na treći horizontalni zavoj na cesti. Polumjer kružnog luka iznosi 140 m, a duljina prijelaznice označena s L iznosi 50 m. Potrebno je poznavati veličinu skretnog kuta između dva pravca. Skretni kut kod trećeg zavoja iznosi $\alpha = 55,10^\circ$.

Nazivi ostalih parametara koji se iščitavaju iz tablice glase:[19]

- ΔR – odmak kružnog luka od tangente,
- D – udaljenost početka prijelaznice od točke projekcije središta kružnice okomito na tangentu,
- τ – kut koji zatvaraju tangenta u početnoj i krajnjoj točki prijelaznice,
- L – apscisna duljina prijelaznice,
- y_i – ordinata krajnje točke prijelaznice,
- x – apscisa proizvoljne točke prijelaznice i
- y_x – ordinata proizvoljne točke prijelaznice.

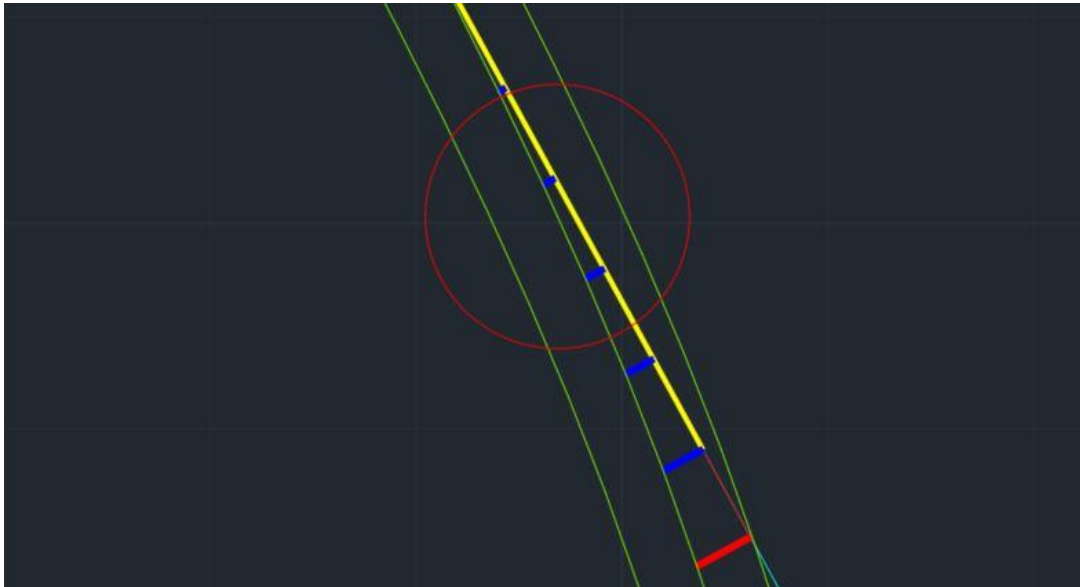
Za određivanje prijelaznice potrebno je izračunati dužinu tangente. Dužina tangente određuje se prema formuli $T = (R + \Delta R) * tg\left(\frac{\alpha}{2}\right) + d$. [19]

Za treći zavoj proračun za tangentu glasi:

$$T = (140 + 0,743) * tg\left(\frac{55,10^{\circ}}{2}\right) + 24,978$$

$$T = 98,39 \text{ m}$$

Na slici 25 prikazan je primjer izrade prijelaznice na trećem zavoju. Plavom bojom označene su ordinate proizvoljne točke prijelaznice. Crvena linija predstavlja ordinatu krajnje točke prijelaznice. Zelene linije su središnja i rubne crte ceste.



Slika 25. Prijelaznica na trećem zavoju

Izvor:[Autor]

Slijedeći istu logiku i koristeći podatke iz tablice za iskolčenje klotoide odredi se dužina tangenti za preostala dva zavoja. U tablici 14 nalaze se podaci za izračun iskolčenja za prvi zavoj.

Tablica 14. Tablica za iskolčenje klotoide za prvi zavoj

R = 500

R	500				
L	60	70	80	90	100
l	59,978	69,966	79,949	89,927	99,900
d	29,996	34,994	39,991	44,988	49,983
y_l	1,200	1,633	2,132	2,698	3,331
ΔR	0,300	0,408	0,533	0,675	0,833
e	19,971	23,287	26,598	29,902	33,198
φ_l	3°26'15,9"	4°00'38,5"	4°35'01,2"	5°09'23,8"	5°43'46,5"
ω_l	1°08'45,2"	1°20'12,7"	1°31'40,1"	1°43'07,5"	1°54'34,9"
φ_2	2°17'30,7"	2°40'25,8"	3°03'21,1"	3°26'16,5"	3°49'11,6"
$x = 10$	0,006	0,005	0,004	0,004	0,003
20	0,044	0,038	0,033	0,030	0,027
30	0,150	0,129	0,113	0,100	0,090
40	0,356	0,305	0,267	0,237	0,213
50	0,695	0,595	0,521	0,463	0,417
60	1,201	1,029	0,900	0,800	0,720
70	1,903	1,635	1,430	1,271	1,144
80		2,438	2,137	1,898	1,708
90			3,040	2,705	2,434
100				3,710	3,341
110					4,448

Izvor:[21]

Kod prvog zavoja polumjer kružnog luka iznosi 500 m. Odabrana duljina prijelaznice iznosi 60 m. Skretni kut između dva pravca iznosi $\alpha = 9^\circ$. Za prvi zavoj dužina tangente izračunava se na sljedeći način:

$$T = (R + \Delta R) * tg\left(\frac{\alpha}{2}\right) + d$$

$$T = (500 + 0,03) * tg\left(\frac{9^\circ}{2}\right) + 29,996$$

$$T = 69,34 \text{ m}$$

Za drugi zavoj koriste se podaci iz tablice 15 kod proračuna tangente i prijelaznice.

Tablica 15. Tablica za iskolčenje klotoide kod drugog zavoja

		R = 180				
R	180					
L	40	50	60	70	80	
l	39,951	49,904	59,884	69,736	79,606	
d	19,992	24,984	29,972	34,956	39,934	
y_l	1,480	2,312	3,327	4,525	5,905	
ΔR	0,370	0,578	0,838	1,133	1,479	
e	13,267	16,587	19,775	22,976	26,134	
τ_l	6°21'58,3"	7°57'27,9"	9°32'57,5"	11°08'27,0"	12°43'56,6"	
ω_l	2°07'18,6"	2°39'07,7"	3°10'56,4"	3°42'44,7"	4°14'32,5"	
ϕ_l	4°14'39,7"	5°18'20,2"	6°22'01,1"	7°25'42,3"	8°29'24,1"	
$x = 5$	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	
10	0,023	0,019	0,015	0,013	0,012	
15	0,078	0,063	0,052	0,045	0,039	
20	0,185	0,148	0,123	0,106	0,093	
25	0,362	0,289	0,241	0,207	0,181	
30	0,626	0,500	0,417	0,357	0,313	
35	0,994	0,795	0,662	0,567	0,496	
40	1,486	1,187	0,989	0,847	0,741	
45	2,116	1,692	1,409	1,207	1,056	
50		2,325	1,935	1,657	1,449	
55		3,099	2,579	2,208	1,931	
60			3,355	2,871	2,509	
65			4,274	3,656	3,194	
70				4,577	3,997	
75				5,643	4,926	
80					5,995	
85					7,212	

Izvor:[21]

Polumjer kružnog luka iznosi 180 m, a duljina prijelaznice 50 m. Kut između položenih pravaca ceste iznosi 34,39°. Proračun za tangentu glasi:

$$T = (R + \Delta R) * tg\left(\frac{\alpha}{2}\right) + d$$

$$T = (180 + 0,578) * tg\left(\frac{34,39^\circ}{2}\right) + 24,984$$

$$T = 80,865 \text{ m}$$

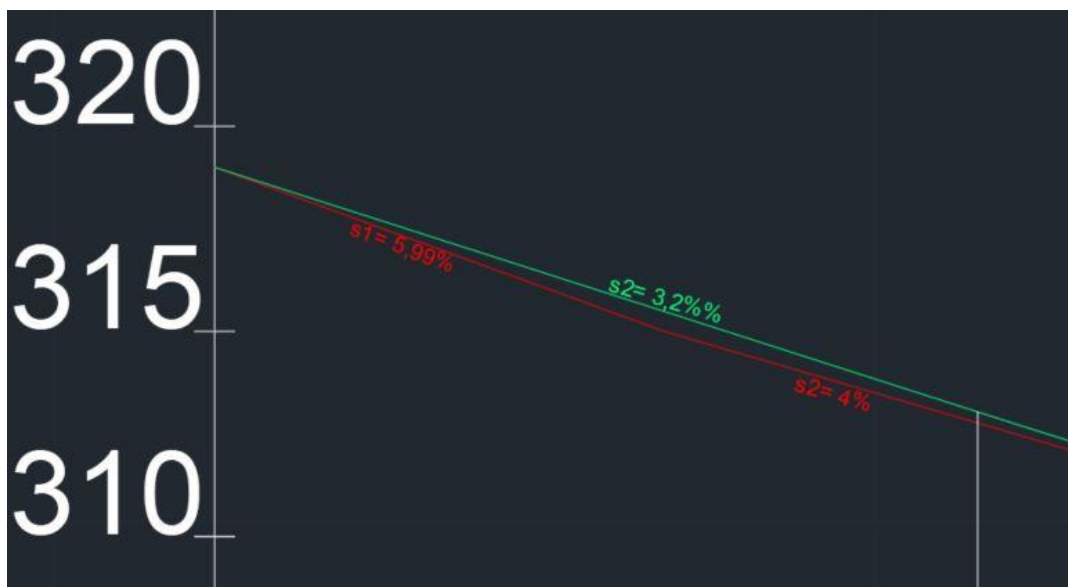
Uvjet koji je potrebno ispuniti pri polaganju pravaca i odabira njihovog skretnog kuta, odnosno odabira polumjera kružnog luka i dužine prijelaznice je da polovina kuta između pravaca mora biti veća od kuta koji zatvara tangenta u početnoj i krajnjoj točki prijelaznice. Taj izraz matematički glasi:[20]

$$\frac{\alpha}{2} > \tau$$

5.5. Elementi uzdužnog presjeka

Niveleta je prostorna krivulja kojom se definiraju visinski odnosi ceste, a nastaje presjekom plohe kolnika i vertikalne plohe po osi ceste ili paralelno s njom.[20]

Na slici 26 nalazi se prikaz nivelete terena u odnosu na liniju pružanja ceste.



Slika 26. Linija terena i linija ceste

Izvor:[Autor]

Linija terena od početne stacionaže do 0+109,72 m ima pad od 5,99 %, a od te kote terena 315 m do 310 m ima pad terena od 4 %. Dodavanjem nasipa visine 0,48 metara u točki prijeloma nivelete, odnosno u koti 315 m, postiže se ublažavanje uzdužnog nagiba ceste. Uzdužni nagib ceste na prikazanom segmentu ceste iznosi 3,2 %. Maksimalni uzdužni nagib već je ranije definiran prema tablici 9 i on za ovu kategoriju ceste i projektnu brzinu iznosi 8 %.

Uzdužni nagib u području raskrižja ne bi trebao prelaziti 4 %. Taj se uvjet ispunjava dodavanjem nasipa i ublažavanjem vertikalnog nagiba. To ograničenje je postavljeno zbog oblikovnih i prometnih razloga.[20]

Prijelomi nivelete zaobljuju se kružnim lukom. S obzirom na veliku bliskost kružnici i znatnom pojednostavljenju računanja za zaobljavanje prijeloma nivelete umjesto kružnog luka se u pravilu koristi kvadratna parabola. U iznimnim slučajevima za zaobljavanje nivelete mogu se koristiti kubna parabola i klotoida. Polumjer zakrivljenosti u bilo kojoj točki odabrane krivulje ne smije biti manji od propisanog minimalnog polumjera zakrivljenosti vertikalnog zaobljenja. Polumjere vertikalnih zaobljenja valja odabrati tako da se zajedno s tlocrtnim elementima postigne:[20]

1. sigurnost prometa ostvarenjem odgovarajuće preglednosti,
2. uravnoteženo prostorno vođenje linije,
3. prilagođavanje terenu i time smanjenje troškova građenja i
4. očuvanje okoliša.

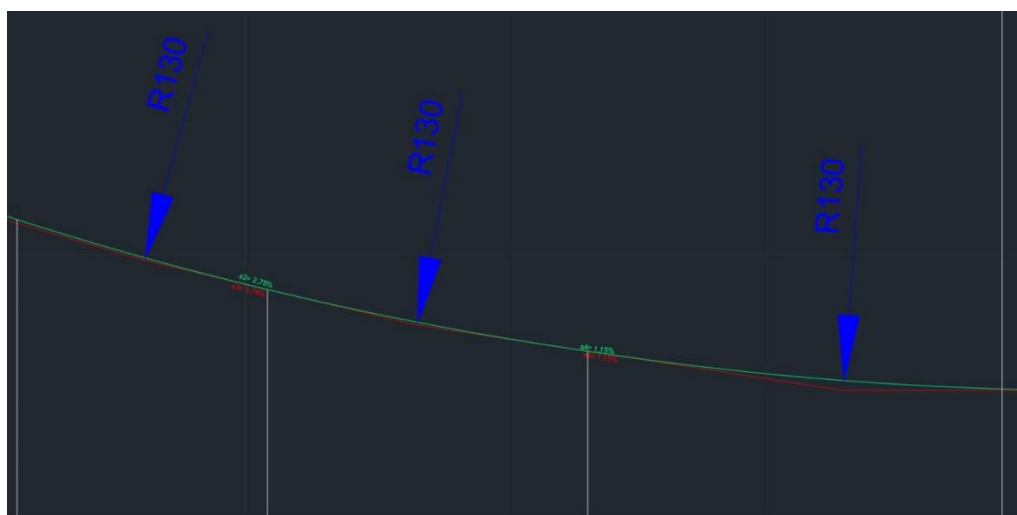
Na ovoj cesti nema konveksnih zavoja. Tako da je potrebno odrediti samo konkavne minimalne polumjere. Polumjeri konkavnih zavoja određuju se prema tablici 16. Za razliku od konveksnih zavoja, konkavni zavoji ne zahtijevaju posebne proračune vezane uz razinu zaustavne preglednosti. No treba paziti na ugodnost vožnje i prevelika brzina pri ulasku u konkavni zavoj može izazvati velike pojave centrifugalne sile.

Tablica 16. Minimalni konkavni polumjeri

V_r (km/h) ceste	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R_{min} (m)	130	200	400	750	1300	2100	3500	5700	8600	13000	19000

Izvor:[20]

Ranije je rečeno da računaska brzina ne može biti manja od projektne brzine. Prema tome minimalni polumjer zakrivljenosti iznosio bi 750 m. Ali zbog nedovoljnog razmaka i kuta između prijeloma nivelete, nije moguće projektirati takvu vrstu zavoja unutar naseljenog mjesta bez velikih zemljanih radova. Iz tog razloga odabran je minimalni polumjer od 130 m, za računsku brzinu 30 km/h. S obzirom da se radi o naseljenom mjestu na tom predjelu ceste svakako se predlaže postavljanje elemenata za smirivanje prometa s obzirom da dolazi do naglih promjena u uvjetima odvijanja prometa iz naseljenog u naseljeno mjesto. Stoga ograničenje brzine od 30 do 40 km/h na tom predjelu ceste bi zadovoljilo sigurnosne i vozno-dinamičke uvjete. Na slici 27 može se vidjeti prikaz sva tri konkavna zavoja.



Slika 27. Konkavni zavoji

Izvor:[Autor]

Na sva tri prijeloma linije ceste odabrani su minimalni polumjeri za računsku brzinu od 30 km/h. Zbog preklapanja kružnica pri izboru većih polumjera na sva tri konkavna zavoja izabrana je najmanja moguća zakrivljenost prema tablici, smanjujući zasigurno propusnu moć ceste, ali povećavajući sigurnosne čimbenike.

5.6. Proračun stacionaža

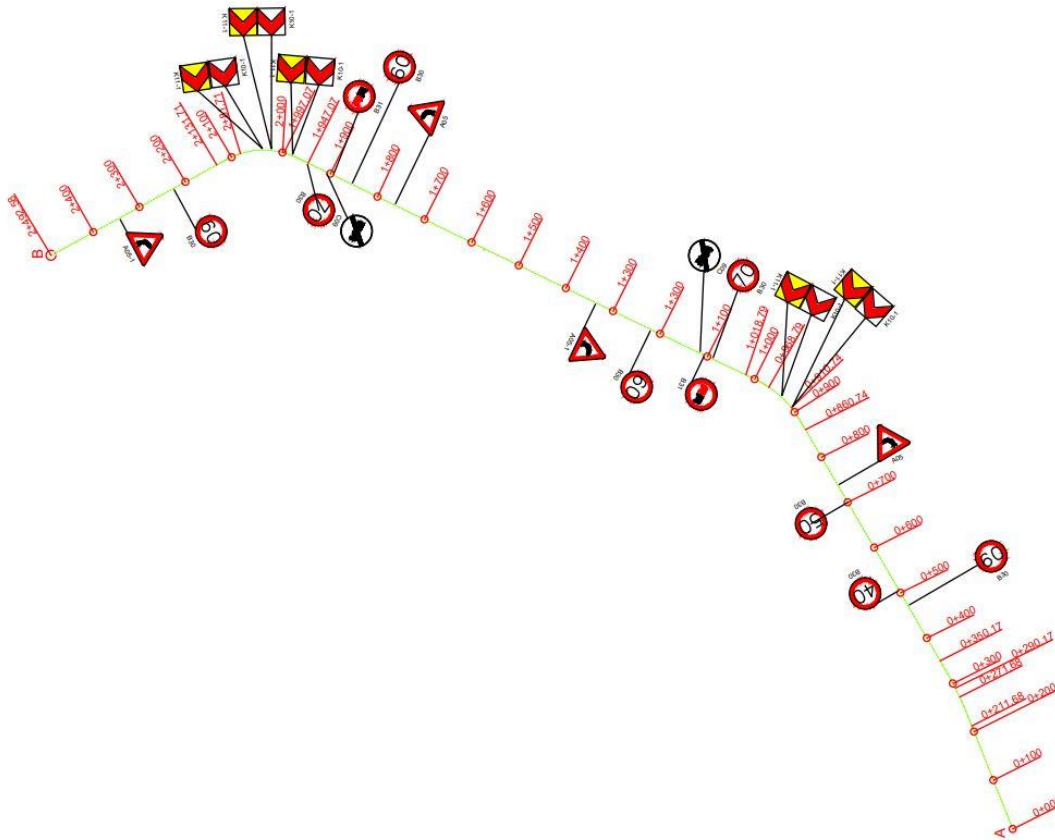
Stacionaža je udaljenost na trasi mjerena od početka trase i označava se s 0+000, odnosno kilometar + metri. Na trasi se postavljaju kilometarske oznake, odnosno oznake stacionaža na udaljenostima od jednog kilometra kako bi se pri mjerenjima ili izmjenama na trasi, odnosno

bilo kakvom vrstom sanacije, ali i pri provođenju očevida prometnih nezgoda točno znalo na kojoj odaljenosti se radi.

A	0+000
+ p1	221,68
<hr/>	
PPK1	0+221,68
+ D1	138,49
<hr/>	
KPK1	0+350,17
+ p2	510,57
<hr/>	
PPK2	0+860,74
+ D2	158,05
<hr/>	
KPK2	1+018,79
+ p3	928,28
<hr/>	
PPK3	1+947,07
+ D3	184,64
<hr/>	
KPK3	2+131,71
+ p4	360,87
<hr/>	
B	2+492,58

5.7. Prijedlog prometne signalizacije

U prijedlog rješenja ulazi i prijedlog postavljanja prometne signalizacije u svrhu povećanja sigurnosti prometa. Predložena prometna signalizacija odnosi se na otvoreni dio ceste, odnosno na cestu van naselja. Slika 28 prikazuje situaciju s prometnim znakovima.



Slika 28. Situacija s prijedlogom prometnih znakova

Izvor:[Autor]

U ovom prijedlogu nalazi se 26 prometnih znakova koji imaju svrhu povećati sigurnost vožnje. Prometna signalizacija odnosi se samo na cestu van naseljenog mjesta, dok se prometna signalizacija u blizini prilaza raskrižju prepušta projektu raskrižja. Ograničenje brzine na dijelu ceste koja se nalazi u pravcu predviđa se na 70 km/h, dok se brzina u zavojima predlaže na 60 km/h s obzirom da su projektirani za tu računsku brzinu. U suprotnom smjeru predlaže se ograničenje brzine od 40 km/h zbog minimalnih polumjera vertikalnih konkavnih zavoja i zbog naglih promjena u uvjetima vožnje, odnosno iz prelaska vožnje u ravnici u vožnju u usponu i nailasku na naseljeno mjesto. Na približnoj udaljenosti od 150 metara ispred raskrižja preporuča se postavljanje znakova upozorenja oznake A05 i A05-1. To su znakovi koji upozoravaju vozača na nailazak na zavoj. U zavoju se preporuča da se na vanjsku stranu zavoja postave prometni znakovi K10-1 u smjeru A-B. U smjeru B-A preporuča se postavljanje znakova oznake K11-1 zbog razloga što se nalaze na suprotnoj strani kolnika i njihova minimalna razina retrorefleksije mora biti klase 3. S obzirom da je riječ o polju te se očekuje velik broj poljoprivrednih strojeva, odnosno traktora, na određenim dijelovima ceste predviđa se omogućavanje vozačima mogućnost pretjecanja. Slobodno pretjecanje omogućava se postavljanjem znakova C09 i isprekidanom središnjom crtom. Zabrana pretjecanja nametnuta je znakovima B31. Mogućnost pretjecanja ostavljena je na najdužem međupravcu između drugog i trećeg zavoja, odnosno između stacionaža 1+100 m i 1+900 m, odnosno približne dužine od 780 metara.

6. Evaluacija predloženih rješenja

Simulacija odvijanja prometnih tokova prema trenutnom stanju i simulacija odvijanja prometnih tokova nakon prijedloga rješenja izvršena je u programu PTV Visum. PTV Visum je programski alat koji služi za izradu makroskopskih simulacija i makroskopskih modela prometne mreže, planiranje javnog prometa, izrada prometnih strategija i prometnih rješenja. Izradom modela ostvaruje se uvid u dugoročne i strateški bitne prometne planove.

Izrada modela započela je odabirom karte sa vidljivim i naglašenim cestovnim prometnicama, odnosno jasno vidljivom prometnom mrežom, koja će poslužiti kao podloga za izradu modela. Korištenjem naredbe „node“ na prometnu mrežu dodavaju se čvorovi. Čvorove je moguće definirati kao mjesta povezivanja dviju i više cesta. To su takozvana križanja na cestovnoj mreži. Čvorovi se na mrežu postavljaju u središte raskrižja i odabire se vrsta regulacije prometa na tom čvoru. Na slici 29 nalazi se primjer postavljanja čvora na mrežu.



Slika 29. Prometni čvor postavljen u simulaciji

Izvor:[Autor]

Moguće je birati između više vrsta regulacije na križanjima. Vrste raskrižja prema regulaciji:

- nepoznata vrsta regulacije,
- raskrižje bez regulacije,
- regulacija znakom stop na sporednim prilazima,
- svim smjerovima znak stop,
- raskrižje regulirano semaforima,
- kružni tok prometa i
- ceste s prvenstvom prolaza.

Sljedeći korak pri izradi prometnog modela je povezivanje čvorova s pripadajućim linkovima kako bi se stvorila prometna mreža. Link je cestovna veza između dva čvora.

Linkovima se povezuju čvorovi i oni zajedno čine cestovnu mrežu. Na slici 30 prikazan je primjer linkova koji su povezani na isti čvor.



Slika 30. Linkovi na mreži

Izvor:[Autor]

Ovaj primjer je izabran iz razloga što prikazuje različite vrste cesta, odnosno ceste različite raspodjele. Crvenom bojom označene su državne ceste. Zelenom bojom označene su lokalne ceste, a plavom bojom označene su nerazvrstane ceste. Njihova podjela nije samo po bojama, nego su različite boje korištene radi lakšeg raspoznavanja kategorije ceste. Različite kategorije označavaju različitu propusnu moć ceste. Na slici 31 nalazi se prikaz cesta prema kategorijama odnosno prema kriteriju.

Number:	No	Name	TSys	N	CapP	V0PrT	VMax_
1	1	Autoceste	C	2	2200	130km/h	30km/h
2	2	Brze ceste	C	2	2000	110km/h	10km/h
3	3	Državne ceste	C,W	1	1700	50km/h	90km/h
4	4	Županijske ceste	C,W	1	1700	50km/h	90km/h
5	5	Lokalne ceste	C,W	1	1500	50km/h	90km/h
6	6	nerazvrstane ceste	C,W	1	1200	40km/h	50km/h

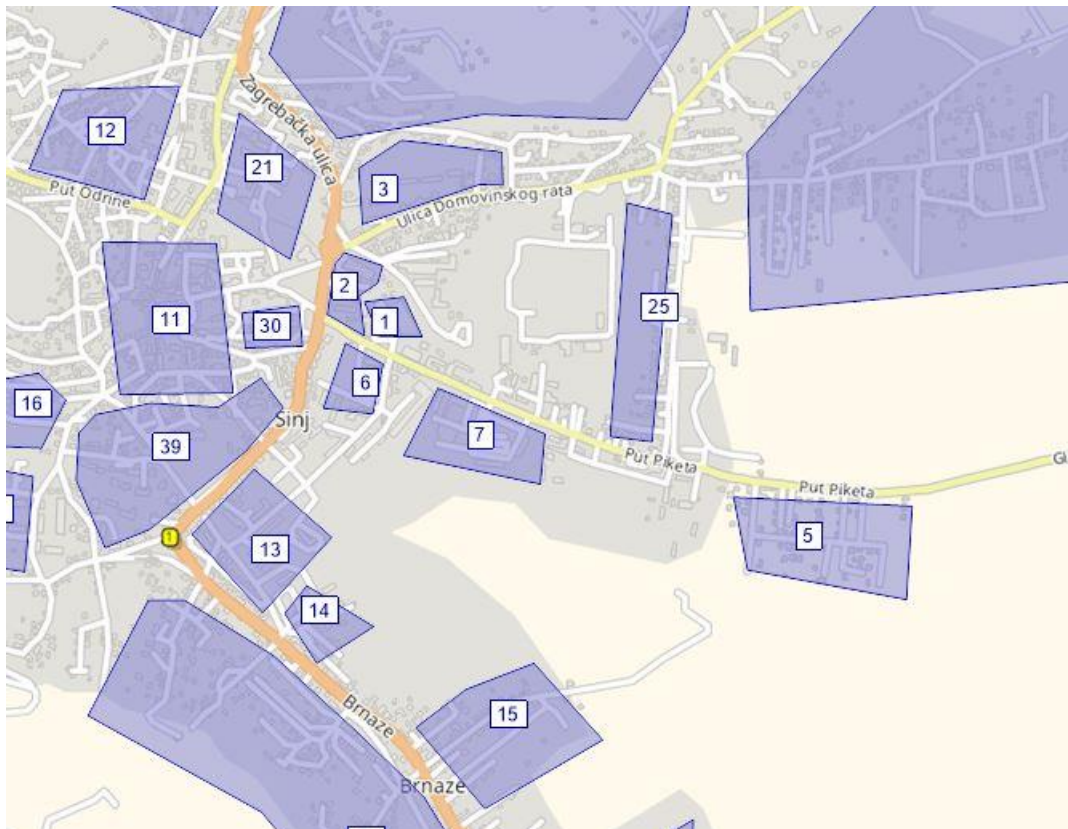
Slika 31. Kategorizacija cesta u programu Visum

Izvor:[Autor]

Kategorizirano je šest cesta prema važnosti, a to su autoceste, brze ceste, državne ceste, županijske ceste, lokalne ceste i nerazvrstane ceste. Poredane su prema kapacitetima, donosno prema propusnoj moći. Najveću propusnu moć imaju autoceste sa 2200 vozila po satu. Slijede ih brze ceste sa 2000 vozila po satu, državne ceste i županijske ceste s 1700 voz/h, lokalne ceste s 1500 voz/h i na kraju nerazvrstane ceste s 1200 vozila po satu. S obzirom da na području Sinja, odnosno području izrade modela za simulaciju nema autocesta, brzih cesta i županijskih

cesta, tako da su korištene samo državne, lokalne i nesvrstane ceste. U zadnja dva stupca nalaze se prosječne brzine na linkovima, odnosno najveće dopuštene brzine.

Sljedeći korak je definiranje zona i njihovih atributa. Zone su područja koja obuhvaćaju određen skup kućanstava ili poslovnih i gospodarskih objekata koji imaju tendenciju stvaranja putovanja odnosno prometne ponude i potražnje. Tako je moguće odabrati posebno zone sa stambenim objektima, odnosno s obiteljskim kućama i stanovima. Posebno se označavaju zone s trgovačkim centrima ili s gospodarskim objektima s većim brojem radnika koji svakodnevno privlače veći broj ljudi. Na slici 32 prikazana je raspodjela zona na području Sinja prema okvirnom rasporedu stambenih jedinica i trgovačkih centara.

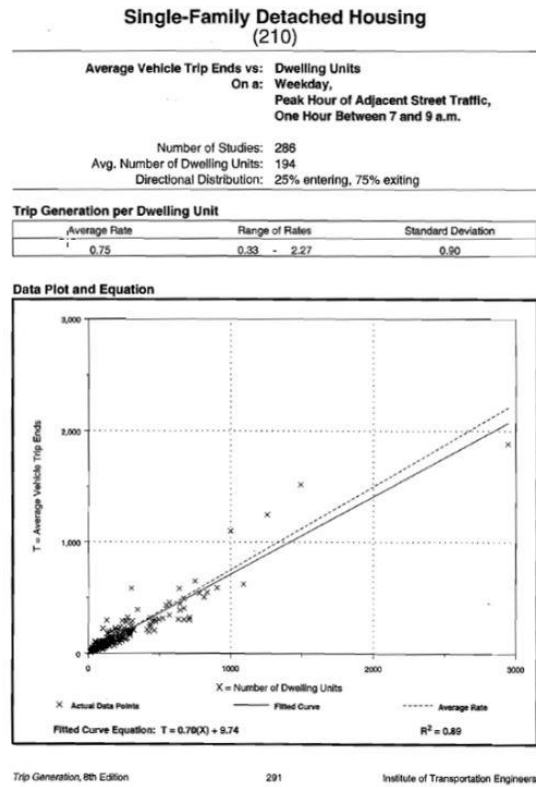
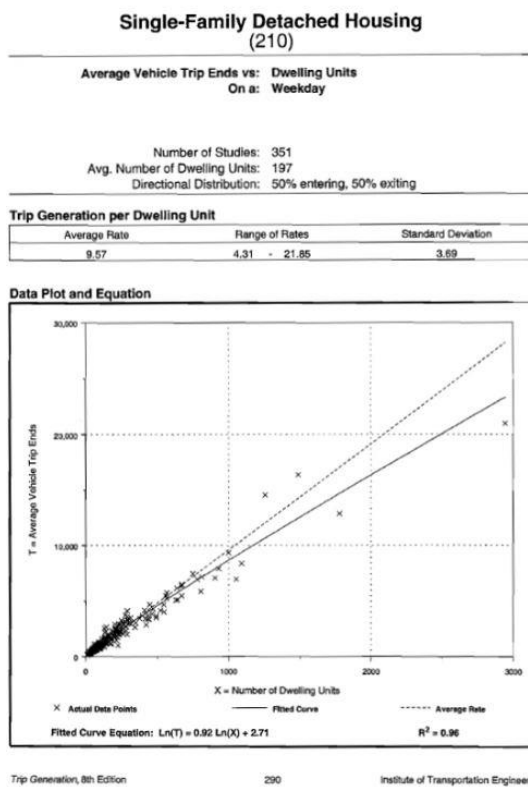


Slika 32. Zone odabrane u modelu

Izvor:[Autor]

Atributi zona definiraju svaku zonu i oni se nalaze u centroidu zone. Centroid zone sadrži podatke o zoni. Kao atributi zona u ovom modelu korišteni su atrakcija, produkcija, broj kuća i broj stanova. Zone su podijeljene na unutarnje i vanjske zone. Unutarnje zone sadržavaju stambena naselja, trgovačke centre, gospodarske objekte. Vanjske zone sadržavaju podatke o brojanju prometa sa stalnih automatskih brojača prometa i oni su ulazni i izlazni promet iz područja modeliranja.

Prosječan broj putovanja za kućanstva određuje se prema „Trip Generation Manual“, odnosno američkom pravilniku za stvaranje putovanja. Iz tog pravilnika moguće je očitati podatke o atrakciji i produkciji za vrijeme vršnog sata. Na slici 33 vidi se isječak za očitavanje koeficijenta koji se množe s brojem kuća.



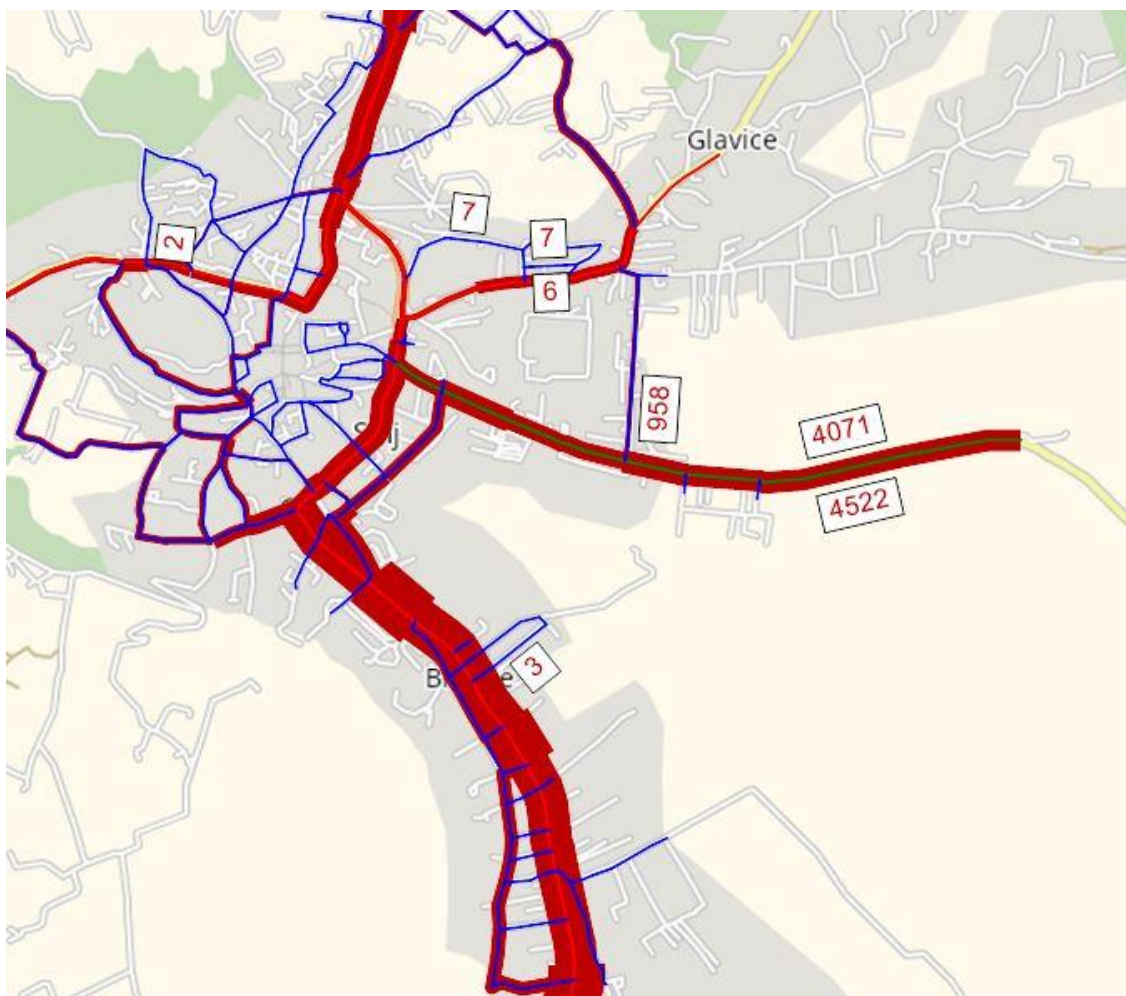
Slika 33. Trip Generation Manual

Izvor:[22]

Da bi se dobio podatak o produkciji i atrakciji na temelju pravilnika potrebno je pomnožiti prosječan koeficijent stvaranja putovanja s omjerom produkcije ili atrakcije. Pomoću ovih koeficijenata moguće je odrediti broj putovanja za vrijeme vršnog sata. U ovom konkretnom primjeru za određivanje broja putovanja u jutarnjem vršnom satu pomnoži se prosječna stopa od 0,75 s produkcijom od 75 % i dobit će se 0.56. Taj broj se dalje množi sa brojem kuća i temeljem tog umnoška dolazi se do produkcije u toj zoni koju stvaraju obiteljske kuće u jutarnjem vršnom satu.

Za vanjske zone kao ulazni parametri uzeti su podaci o PGDP-u sa stalnih automatskih brojača. PGDP se dijeli po pola i raspoređuje se u jednakom omjeru u produkciju i atrakciju. Međutim, u modelu se umjesto broja vozila simulacija izvršava preko broja putnika u vršnom satu. Za broj putnika po vozilu korišten je prosječan podatak od približno 1,70 putnika po vozilu.

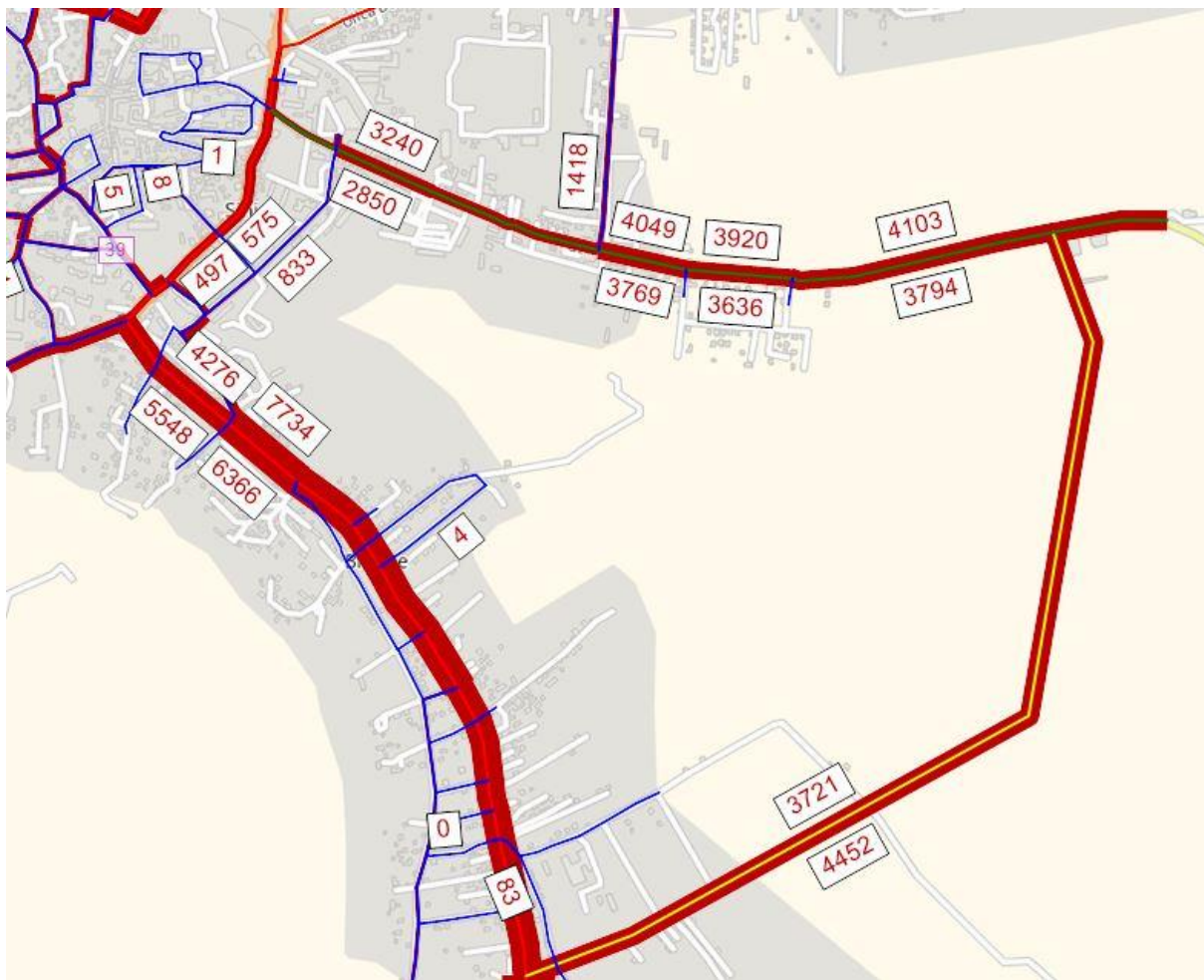
Koristeći ulazne parametre moguće je generirati matricu putovanja i na temelju te matrice odrediti distribuciju ili raspodjelu putovanja. Na temelju podataka o raspodjeli putovanja moguće je dodijeliti putovanja na mrežu i s tim korakom moguće je vidjeti opterećenja na mreži. Na slici 34 prikazano je trenutačno stanje na mreži prema modelu.



Slika 34. Prikaz trenutnog stanja na prometnoj mreži u gradu Sinju

Izvor:[Autor]

Najviše opterećenja prema simulaciji trpi cesta D1. Ona je glavna prometna žila koja vodi promet kroz Sinj. Najveći broj putovanja ostvaruje se na potezu od središta Sinja prema Splitu. Također, visoko opterećenje je primjetno na prilaznom pravcu u Sinj iz smjera Hrvaca, odnosno iz smjera sjevera. Znatno opterećenje bilježi se na lokalnoj cesti L67040, odnosno prilazni pravac Sinju iz smjera jugoistoka. Na slici 35 prikazan je uvećan prikaz trenutne situacije opterećenja na čije bi rasterećenje najviše utjecala izgradnja zaobilaznice.



Slika 36. Model prometnog rješenja

Izvor:[Autor]

Prva stvar koja se može primijetiti je veliko rasterećenje kroz središte Sinja. Nova cesta bi prema simulaciji preuzela oko 3 700 putovanja u smjeru jugozapada i oko 4 450 putovanja u smjeru sjevera u jutarnjem vršnom vremenu. Značajno je rasterećena ulica Put Ferate koja se nalazi paralelno s Splitskom ulicom i koja je prema modelu trenutnog stanja preuzimala dobar dio opterećenja. Prijašnji broj putovanja iznosio je oko 2 200 putovanja u smjeru jugozapada i oko 2 900 putovanja u smjeru sjeveroistoka. Broj putovanja nakon izrade modela s prijedlogom rješenja broj putovanja smanjio se na oko 500, odnosno na oko 800. Broj putovanja na prilazu Sinju smanjio se za oko 1 000. U broju vozila taj podatak bi glasio približno 600 vozila manje u vršnom vremenu od 7 do 9 sati na raskrižju pri skretanju s lokalne ceste na državnu cestu. Ulica bana Josipa Jelačića, odnosno državna cesta D1 u smjeru Splita također bi bila rasterećena gdje bi se broj putovanja smanjio s 12 233 na 7 734 putovanja u smjeru Sinja, a u smjeru Splita broj putovanja bi se smanjio s 10 092 na 6 366 putovanja u jutarnjem vršnom vremenu.

Usporedba prometnih modela pokazala je da bi predloženo prometno rješenje rasteretilo glavnu prometnicu D1. Smanjio bi se broj putovanja na državnoj cesti D1. Predložena nova cesta preuzela bi veći broj putovanja. Usporedbom brojki nova cesta bi privukla približnih od 35 % do 40 % putovanja. Tako smanjenje prometa znatno bi poboljšalo prometne uvjete na prometnoj mreži grada Sinja jer bi se povećala zasigurno propusna moć na svakom raskrižju.

Uzrok za to bio bi smanjenje količine prometa, odnosno preusmjeravanje prometa na novu cestu.

Ovim prometnim rješenjem bili bi zadovoljni stanovnici mjesta Brnaze koji bi imali olakšan pristup uključivanju na prometnu mrežu. Stanovnicima mjesta Otok ubrzalo bi se putovanje do Splita, odnosno smanjilo bi se vrijeme putovanja. Stanovnici mjesta Glavice, kao što je uočeno pri analizi raskrižja, neće morati prolaziti kroz grad da bi stigli do svojih kuća, nego bi novom dionicom i korištenjem drugih pravaca ostvarili mogućnost lakšeg i bržeg dolaska do željenog odredišta. S obzirom da najveći broj stanovnika dnevno migrira prema Splitu i natrag, predloženo rješenje uvelike bi ubrzalo njihovo putovanje.

7. Zaključak

Grad Sinj središte je Cetinske krajine i gravitacijsko središte za privlačenje velikog broja putovanja iz okolnih mjesta zbog odlaska na posao ili u školu. Tako da se svakodnevno događa veliki priljev ljudi iz svih smjerova prema Sinju. Osim toga, Sinj predstavlja veliki bazen dnevnih migranata koji svakodnevno gravitiraju prema Splitu zbog obrazovanja i odlaska na posao. U dnevne migrante spadaju zaposlene osobe, srednjoškolci i studenti. Zbog toga se stvara veliki broj putovanja od Sinja prema Splitu. Osim što je gravitacijski centar za okolna mjesta Cetinske krajine koja prema podacima bilježi približno 50 000 stanovnika, Sinj spada u tranzitna mjesta kojima prometuje velik broj tranzitnih vozila, kao što su turisti tokom ljetne sezone ili teška teretna vozila kao što su tegljači i kamioni tijekom cijele godine. Razlog tome je položaj Sinja. Sinj se nalazi na granici Dalmatinske zagore i Srednje i Južne Dalmacije. Glavni razlog velikog tranzitnog prometa je državna cesta D1 koja prolazi središtem Sinja. D1 predstavlja žilu kucavicu grada i prometnicu koja povezuje Sinj izravno sa dva najveća hrvatska grada. Osim ceste D1, Sinj se povezuje za južnom Hrvatskom preko državne ceste D60. Tom cestom ostvaruje se cestovna povezanost Sinja i Trilja, odnosno Imotskog. Ta cesta je od iznimno velike važnosti jer ona povezuje Sinj s dva vrlo važna granična prijelaza, Kamensko i Vinjani donji. Povezanost s tim graničnim prijelazima omogućuje stvaranje robne razmjene i izgradnju logističkih centara na području Sinja, a koja bi izravno opskrbljivala Splitsko područje. Potencijal koji Sinj ima je u geografskoj ograničenosti Splita i njegovoj nemogućnosti širenja gradskih zona. Sinj ima priliku iskoristiti taj potencijal, a za takav pothvat potrebna je dobra cestovna povezanost. Postoji potencijal davanja veće važnosti graničnom prijelazu Bili Brig prema Livnu, a iz tog razloga treba predviđati proširenje prometne mreže, odnosno njenih kapaciteta kako bi se u budućnosti mogli realizirati novi strateški planovi.

Analiza postojećeg stanja pokazala je da za izgradnju nove prometnice kao rješenje za stvaranje velikih prometnih zagušenja u vremenima vršnih sati postoje opravdane osnove. Sa zemljišnog i katastarskog aspekta više od polovice zemljišne površine koja je potrebna za izgradnju prometnog rješenja nalazi se u vlasništvu Hrvatskih voda ili Grada Sinja. Drugim riječima polovica zemljišta nalazi se u vlasništvu Republike Hrvatske te za nju nije potrebno ishodovati zahtjev za izvlaštenje ili pokrenuti proces otkupa zemljišta. Gledajući u Generalni urbanistički plan grada Sinja utvrđeno je da je na tom području postoji plan za izgradnju prometnice, ali se on nikad nije proveo. Također je utvrđeno da prema Prostornom planu na tom području, kamo bi trebala biti izgrađena cesta, ne postoje nikakve izmjene u prostornom planu. To znači da se u budućnosti na tom prostoru ne planira ništa graditi, a time je otvoren put za neometanu izgradnju prometnice. Analizom prometnih tokova utvrđeno je da je na prilaznim pravicima prema Sinju zastupljen vrlo visok PGDP s obzirom na veličinu grada i broj registriranih motornih vozila. Automatski brojači bilježe količinu prometa svakodnevno tijekom cijele godine i daju uvid o količini prometa koja svakodnevno prođe kroz Sinj. Najopterećeniji brojači od svih analiziranih su brojač 5504 postavljen na izlazu iz Sinja prema Splitu, brojač 5524 postavljen na ulazu u Sinj iz smjera Zagreba i brojač 5531 postavljen na jugoistoku grada koji bilježi količinu prometa sa područja općine Otok. Udio teških teretnih vozila od približno 7% u prometnom toku odgovara zaključku da je velik tranzitni promet. Da su Sinj i Cetinska krajina jako povezani i ovisni o Splitu pokazuje analiza javnog gradskog prometa gdje najveći broj linija otpada na relaciju Sinj – Split. Analiza postojeće prometne regulacije i organizacije prometa pokazuje da Sinj pokušava rješavati svoje prometne probleme

rekonstrukcijom raskrižja i uvođenjem nove regulacije prometa na ključnim raskrižjima. No, to ne rješava problem prevelikog broja vozila koja prometuju kroz grad. Demografska analiza pokazala je da su Sinj i Cetinska krajina izgubile stanovnika jednako koliko je i prosjek Splitsko-dalmatinske županije. Iako je stanovnika manje, broj motornih vozila sve je više. Na to ukazuju podaci o broju redovitih tehničkih pregleda koja se provode u Sinju. Smanjenjem broja stanovnika i povećanjem broja motornih vozila povećava se stupanj motorizacije. Veći stupanj motorizacije znači više vozila na prometnicama koje čine prometnu mrežu grada Sinja. U veći slučajeva vozač se nalazi sam u automobilu i na taj način se zagušuje prometna mreža. Osobna vozila su postala dostupnija svima padom vrijednosti vozila i povećanjem kupovne moći stanovnika. Analizom raskrižja na državnoj cesti D1 zaključeno je da se stvara veliki rep čekanja na prilazu raskrižju i da na taj način utječe na propusnu moć svih raskrižja na mreži. Brojanjem prometa ustanovljeno je da se polovica prometa zadržava na području grada, dok druga polovica prometa nastavlja putovanje van grada.

Kao prometno rješenje predložena je izgradnja cestovne prometnice koja bi služila kao zaobilaznica Sinja, smještena na jugoistočnoj strani grada. Prometnica je projektirana za projektnu brzinu od 60 km/h sa širinom prometnog traka od 3 metra. Predviđena prometnica projektirana je za veličinu prometa od 7 000 – 12 000 vozila dnevno. Razlog je taj da je prema obrađenim podacima dosadašnje povećanje prometa bilo iznimno visoko, a iznosilo je približno 4,50 %, što je više od optimistične stope. Predviđajući buduće povećanje prometa prema prosječnim porastima prometa za svaki brojač došlo se do visokih vrijednosti PGDP-a za period od 15 godina. Iz tog razloga odabrani su širi elementi ceste tako da kapaciteti u budućnosti budu zadovoljeni, a da se cesta može rangirati kao županijska ili državna cesta.

Koristeći simulacijski alat za ispitivanje modela trenutačnog stanja prometne mreže i uspoređujući ga modelom s prometnim rješenjem utvrđeno je da predloženo rješenje uvelike ima utjecaj na odvijanje prometnih tokova u gradu Sinju. Osim stanovnika Sinja koji bi imali koristi od ove ceste, profitirali bi stanovnici naselja Glavice kao i stanovnici općine Otok, čije bi se vrijeme putovanja uvelike skratilo. Osim kraćeg vremena putovanja, za stanovnike Brnaza ova cesta značila bi manji broj vozila kroz mjesto, što bi rezultiralo lakšim uključivanjem u promet iz dvorišta i nerazvrstanih cesta te smanjenje zagađenja bukom i ispušnim plinovima koje je uzrokovano velikim brojem vozila. Ono što bi bilo od iznimnog značaja je što bi se u gradu smanjili repovi čekanja na raskrižjima jer bi se promet djelomično preraspodijelio preko nove prometnice na ostale ceste na mreži. Na taj način postigla bi se veća protočnost kroz grad i brži prolazak kroz Sinj. Iz simulacije se jasno vidi da je državna cesta D1 znatno rasterećenija što se tiče broja putovanja u jutarnjem vršnom satu. Ono što je od iznimne važnosti je da bi nova cesta u slučaju bilo kakve nepredviđene situacije i zatvaranja glavne prometnice D1, omogućila preusmjeravanje prometa preko nove zaobilaznice. Nažalost to se učestalo događa na području Brnaza zbog velikog broja vozila koja svakodnevno prometuju te se na tom području često događaju nepredviđene situacije kao što su prometne nesreće.

Ova cesta osim prometnog rasterećenja može donijeti i nove gospodarske pomake izgradnjom dodatnih stambenih jedinica na potezu ceste ili uređenjem gospodarskih zona na tom području. Smanjenje prometa od 30 % do 40 % uvelike bi poboljšalo prometnu situaciju na području Sinja, jer smanjenjem količine prometa kroz središte grada poboljšali bi se prometni uvjeti. Smanjenje količine prometa omogućilo bi povećanje propusne moći, ubrzalo bi vrijeme putovanja i na kraju bi utjecalo na kvalitetu života. Osim poboljšanja u prometnom

spektru, nova cesta pružila bi dodatne gospodarske mogućnosti za grad otvaranjem novih mogućnosti stvaranjem novih stambenih ili gospodarskih zona.

Izvori

- [1] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=56185> (6.10.2022.)
- [2] <https://gzk.hr/o-nama/> (6.10.2022.)
- [3] www.katastar.hr (2.11.2022.)
- [4] <https://www.naprijed.hr/hr/o-nama/naprijed-doo.html> (2.11.2022.)
- [5] <https://www.visitsinj.hr/hr/sto-raditi/padobranstvo> (2.11.2022.)
- [6] Ščukanec, A.; Šoštarić, M.; Jakovljević, M.: Prometno tehnološko projektiranje, Autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.
- [7] Dadić, I.; Kos, G.; Ševrović, M.: Teorija prometnog toka, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.
- [8] Luburić, G.: Nastavni materijali, Teorija prometnih tokova, Zagreb, 2021.
- [9] [Hrvatske Ceste \(hrvatske-ceste.hr\)](http://Hrvatske Ceste (hrvatske-ceste.hr)) (14.11.2022.)
- [10] [Dopuštene dimenzije teretnih vozila u Europi – PLAN C \(tahografi.com.hr\)](http://Dopuštene dimenzije teretnih vozila u Europi – PLAN C (tahografi.com.hr)) (15.12.2022.)
- [11] <https://www.facebook.com/photo/?fbid=3897983413557159&set=pcb.3897983606890473> (10.1.2023.)
- [12] <https://www.ferata.hr/novi-vozni-red-autobusa-promet-sinj/> (10.1.2023.)
- [13] <https://www.zuc-split.hr/zapocinju-radovi-na-semaforizaciji-raskrizja-ul-miljenka-buljana-i-puta-ferate-u-sinju/> (10.1.2023.)
- [14] Državni zavod za statistiku, Popis stanovništva po gradovima i općinama, 2011./2021.
- [15] Miloš, K.: „Dnevne migracije stanovništva Sinj – Split“, Služba statistike stanovništva, DZS. (7.10.2022.)
- [16] <https://data.europa.eu/data/datasets/aiidhq9glw11d1gh9poa?locale=hr> (16.1.2023.)
- [17] <https://www.cvh.hr/gradani/tehnicki-pregled/statistika/> (16.1.2023.)
- [18] <https://www.ferata.hr/prema-procjeni-dzs-od-2011-do-2019-cetinska-krajina-izgubila-2-478-stanovnika/> (16.1.2023.)
- [19] Novačko, L.: Nastavni materijali, Cestovne prometnice I, Zagreb, 2018.
- [20] Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa, NN 110/2001.
- [21] Žnideršić, B.: Priručnik za obeležavanje prelaznice oblika klotoide pravouglim koordinatama, Građevinska knjiga, Beograd, 1972.

- [22] Institute of Transportation Engineers, Trip Generation Manual, 8th Edition.
- [23] Novačko, L.; Pilko, H.: Cestovne prometnice II, Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Zagreb, 2017.
- [24] <https://geoportal.hrvatske-ceste.hr/gis> (18.2.2023.)
- [25] <http://zzpu-sdz.hr/generalni-urbanisti%C4%8Dki-planovi?id=103> (18.2.2023.)
- [26] <http://zzpu-sdz.hr/prostorni-plan-ure%C4%91enja-grad-ili-op%C4%87ine?id=32> (18.2.2023.)
- [27] <https://www.google.com/maps> (18.2.2023.)

POPIS SLIKA

Slika 1. Prometna mreža na području Sinja	4
Slika 2. Parcela uz državnu cestu D1	5
Slika 3. Osnovna škola u Brnazama	6
Slika 4. Raskrižje DC1 i DC60	7
Slika 5. Gospodarski objekti u blizini novoplanirane ceste	7
Slika 6. Postojeća nerazvrstana cesta prema polju	8
Slika 7. Poljski put uz kanal za oborinske vode	9
Slika 8. Most na L67040 preko kanala	10
Slika 9. GUP - Namjena površina	11
Slika 10. Legenda: GUP - Namjena površina	12
Slika 11. Prostorni plan uređenja Grada Sinja	13
Slika 12. Protok vozila na presjeku	14
Slika 13. Protok vozila na dionici	14
Slika 14. Gustoća prometnog toka	15
Slika 15. Lokacije automatskih brojača	16
Slika 16. Karta linija javnog gradskog prijevoza	21
Slika 17. Prikaz kružnog raskrižja	22
Slika 18. Broj vozila po smjeru kretanja na analiziranom raskrižju	23
Slika 19. Prikaz odvijanja simulacije u programu PTV Vissim	24
Slika 20. Propusna moć raskrižja prema HCM-u kao rezultat simulacije	24
Slika 21. Karta organizacije i regulacije prometa u Gradu Sinju	25
Slika 22. Idejno rješenje za novu prometnicu	33
Slika 23. Tipski poprečni presjek ceste	39
Slika 24. Poprečni presjek ceste u zavoju	40
Slika 25. Prijelaznica na trećem zavoju	42
Slika 26. Linija terena i linija ceste	45
Slika 27. Konkavni zavoji	46
Slika 28. Situacija s prijedlogom prometnih znakova	48
Slika 29. Prometni čvor postavljen u simulaciji	49
Slika 30. Linkovi na mreži	50
Slika 31. Kategorizacija cesta u programu Visum	50
Slika 32. Zone odabrane u modelu	51
Slika 33. Trip Generation Manual	52
Slika 34. Prikaz trenutnog stanja na prometnoj mreži u gradu Sinju	53
Slika 35. Uvećan prikaz modela trenutnog stanja	54
Slika 36. Model prometnog rješenja	55

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Broj vozila prema smjeru kretanja na brojaču 5524 - Sinj	17
Grafikon 2. Broj vozila za oba smjera kretanja na brojaču 5504 – Brnaze.....	18
Grafikon 3. Broj vozila po smjeru kretanja na brojaču 5531 Sinj – jugoistok.....	18
Grafikon 4. Broj vozila na 1000 stanovnika Cetinske krajine	29
Grafikon 5. Povećanje prometa za period 5, 10 i 15 godina	31
Grafikon 6. Usklađivanje polumjera susjednih zavoja.....	36

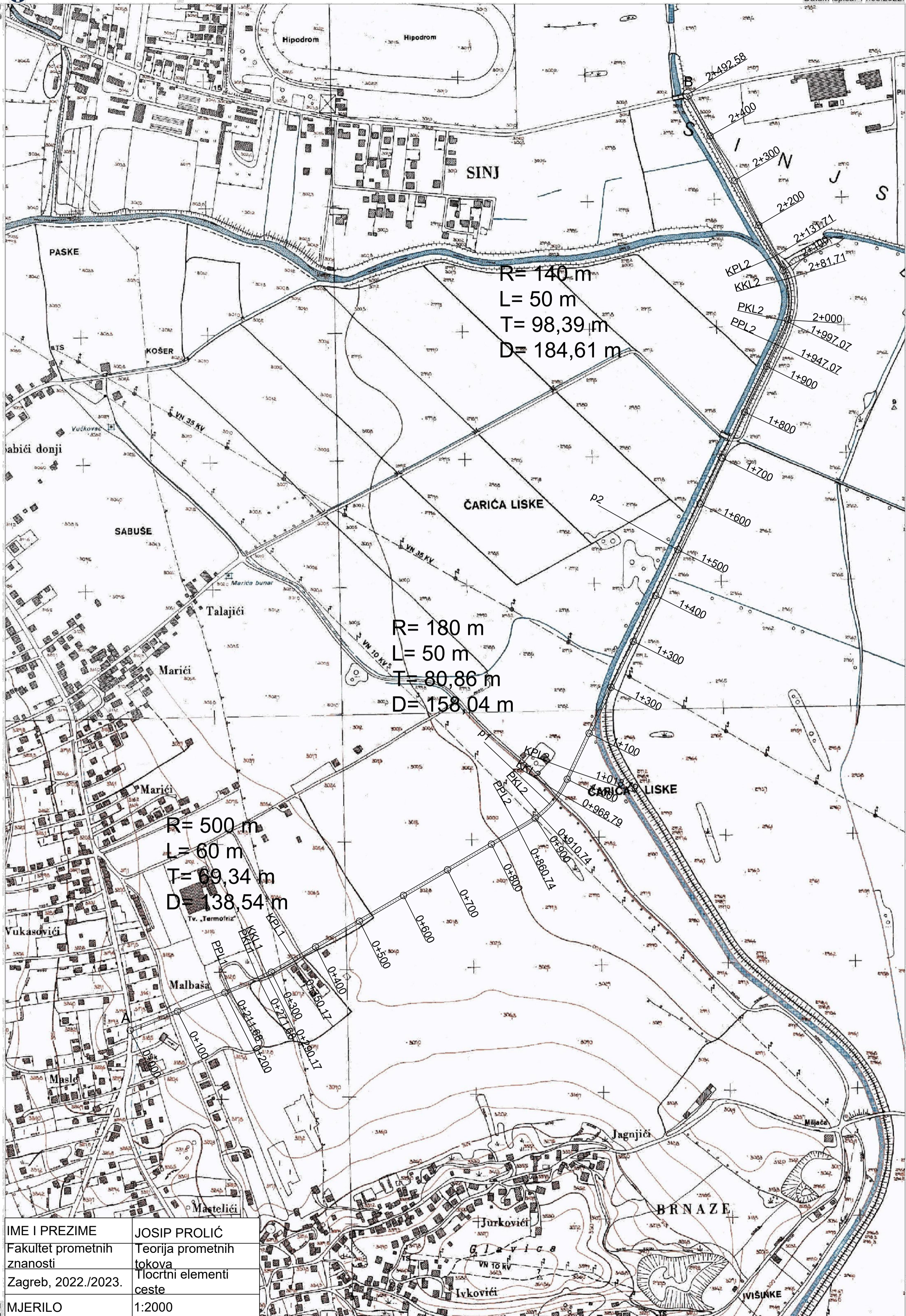
POPIS TABLICA

Tablica 1. Ekvivalentne jedinice putničkih automobila (EJA).....	19
Tablica 2. Količina prometa prije i poslije homonizacije	19
Tablica 3. PGDP i kategorije vozila po dužini na brojačima 5501 i 5502.....	20
Tablica 4. Udio dnevnih migranata u Gradu Sinju.....	26
Tablica 5. Broj redovitih tehničkih pregleda na području Sinja	28
Tablica 6. Kretanje broja stanovnika na području Cetinske krajine 2015.-2021.	28
Tablica 7. Prosječni godišnji postotak povećanja prometa	30
Tablica 8. Veličina motornog prometa.....	34
Tablica 9. Projektne brzine i najveći nagib nivelete	35
Tablica 10. Minimalni polumjeri zavoja u odnosu na Vp.....	37
Tablica 11. Poprečni nagibi.....	38
Tablica 12. Ovisnost širine prometnog traka o projektnoj brzini.....	38
Tablica 13. Tablica za iskolčenje klotoide kod trećeg zavoja.....	41
Tablica 14. Tablica za iskolčenje klotoide za prvi zavoj	43
Tablica 15. Tablica za iskolčenje klotoide kod drugog zavoja	44
Tablica 16. Minimalni konkavni polumjeri.....	46

Prilog 1. – Tlocrt trase ceste

Prilog 2. – Vertikalni prikaz trase

Prilog 3. – Poprečni presjek ceste



R= 140 m
L= 50 m
T= 98,39 m
D= 184,61 m

R= 180 m
L= 50 m
T= 80,86 m
D= 158,04 m

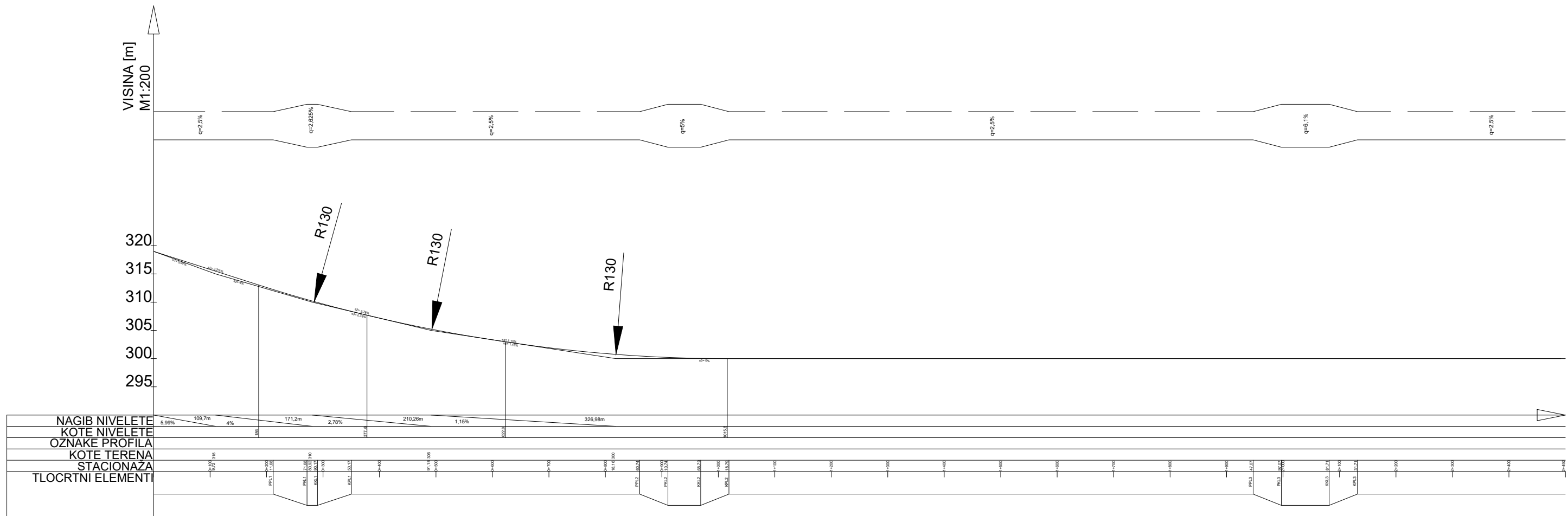
R= 500 m
L= 60 m
T= 69,34 m
D= 138,54 m

IME I PREZIME	JOSIP PROLIĆ
Fakultet prometnih znanosti	Teorija prometnih tokova
Zagreb, 2022./2023.	Ilustrirani elementi ceste
MJERILO	1:2000

Prikazani podaci su informativnog karaktera i u nadležnosti su subjekata NIPP-a.
Više informacija možete pronaći na <https://www.nipp.hr>

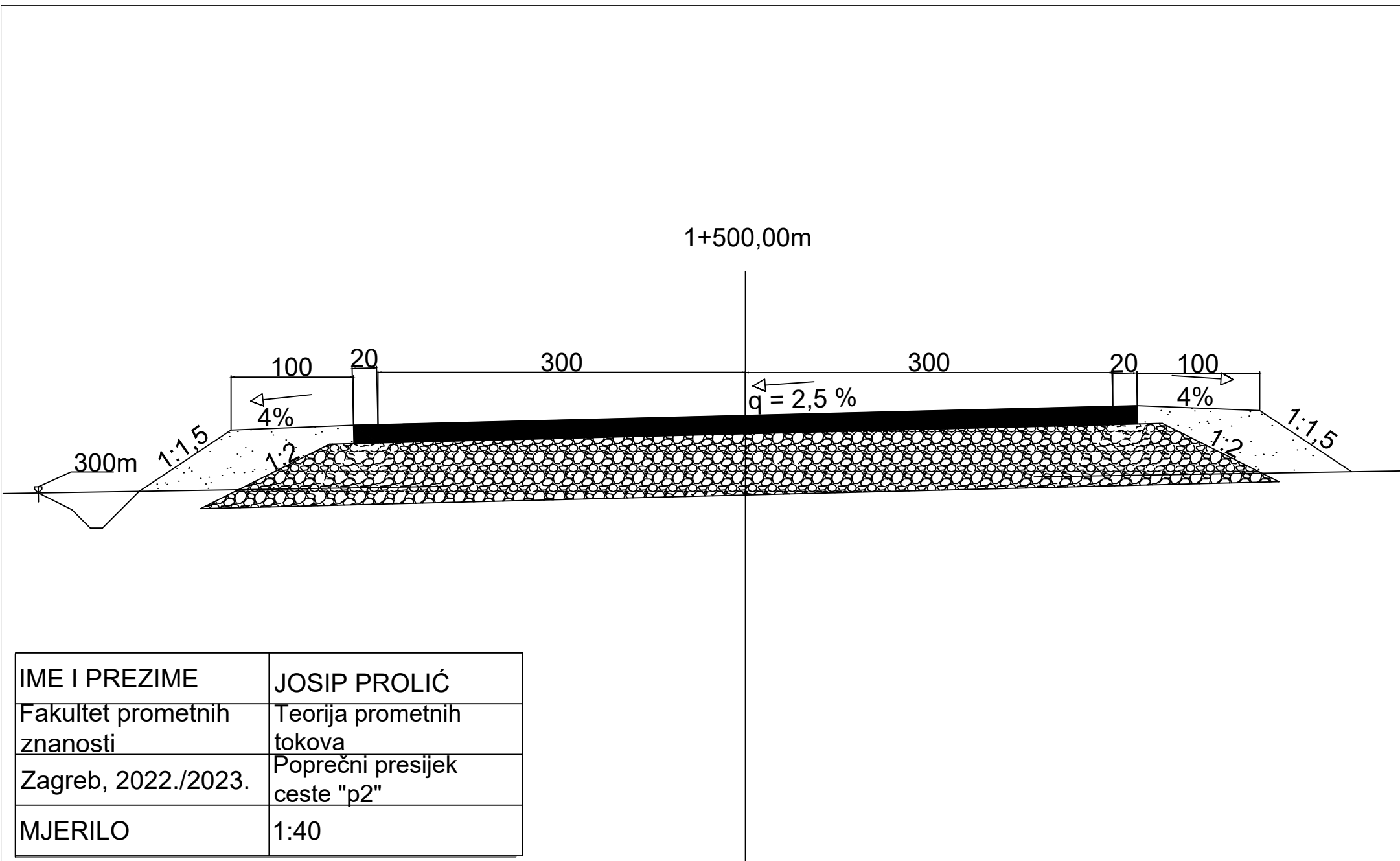


Koordinatni sustav rubnih koordinata: HTRS96/TM
Koordinatni sustav kartografskog prikaza: HTRS96/TM



STACIONAŽA [m]
M1:2000

IME I PREZIME	JOSIP PROLIĆ
Fakultet prometnih znanosti	Teorija prometnih tokova
Zagreb, 2022./2023.	Visinski elementi ceste



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je DIPLOMSKI RAD
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom ANALIZA I PRIJEDLOZI RJEŠENJA ZA POBOLJŠANJE ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA U GRADU SINJU, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 3.3.2023.

JOSIP PROLIĆ, Prolić
(ime i prezime, potpis)