Višekriterijska analiza prometnih rješenja u funkciji povećanja sigurnosti i mobilnosti pješaka i biciklista u gravitacijskom području Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj

Zlodi, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:119:006300

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Luka Zlodi

VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA PROMETNIH RJEŠENJA U FUNKCIJI POVEĆANJA SIGURNOSTI I MOBILNOSTI PJEŠAKA I BICIKLISTA U GRAVITACIJSKOM PODRUČJU ZNANSTVENO-UČILIŠNOG KAMPUSA BORONGAJ

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 28. travnja 2022.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**
Predmet: **Vrednovanje cestovnih projekata**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 6723

Pristupnik: **Luka Zlodi (0035206430)**
Studij: Promet
Smjer: Cestovni promet

Zadatak: **Višekriterijska analiza prometnih rješenja u funkciji povećanja sigurnosti i mobilnosti pješaka i biciklista u gravitacijskom području Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj**

Opis zadatka:

Istraživanje u diplomskom radu treba obuhvatiti analizu postojećeg stanja sigurnosti i mobilnosti pješaka i biciklista u gravitacijskom području Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj, predložiti nova primjenjiva prometna rješenja, vrednovati ih odabranom metodom višekriterijske analize te izabrati optimalno rješenje koje može doprinijeti povećanju sigurnosti i mobilnosti svih sudionika u prometu u analiziranom području. Zaključno, autor treba dati svoj osvrt na rezultate provedenog istraživanja.

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Danijela Barić

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DIPLOMSKI RAD

VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA PROMETNIH RJEŠENJA U FUNKCIJI POVEĆANJA SIGURNOSTI I MOBILNOSTI PJEŠAKA I BICIKLISTA U GRAVITACIJSKOM PODRUČJU ZNANSTVENO-UČILIŠNOG KAMPUSA BORONGAJ

MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF TRAFFIC SOLUTIONS TO INCREASE PEDESTRIAN AND CYCLIST SAFETY AND MOBILITY IN BORONGAJ SCINETIFIC AND EDUCATIONAL CAMPUS

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Danijela Barić

Student:

Luka Zlodi, JMBAG: 0035206430

Zagreb, 2022.

SAŽETAK

Postizanje visoke razine sigurnosti i mobilnosti pješaka i biciklista ključni je izazov prometne struke u svim većim gradovima diljem svijeta. U cilju smanjenja društvenih i ekonomskih troškova uzrokovanih prometnim nesrećama, koje se događaju uslijed ne zadovoljavajuće prometne infrastrukture, potrebno je iznaći prometna rješenja primjerena zahtjevima korisnika koja su ujedno i orijentirana ka očuvanju okoliša. Fokus ovog rada stavljen je na predlaganje varijantnih rješenja u cilju odabira optimalne varijante za povećanje sigurnosti i mobilnosti pješaka i biciklista na gravitacijskom području kampusa Borongaj u Zagrebu. Temeljem detaljne analize postojećeg stanja tijekom koje je obavljeno brojanje prometa na željezničko-cestovnom prijelazu Trnava u vršnim i izvanvršnim vremenima, kao i putem ankete korisnika koji svakodnevno gravitiraju područjem kampusa, predložena su varijantna rješenja. Navedena rješenja vrednovana su kriterijima i potkriterijima metodom Analitičkog hijerarhijskog procesa, jednom od najprimjenjenijih metoda višekriterijskog odlučivanja u prometu. Model je ispitan u programskom alatu Expert Choice kojim su vrijednosti varijanata prikazane analitički i grafički. Zaključno je metodom izabrana optimalna varijanta koja na ekološki održiv način značajno podiže razinu najvažnijih kriterija ocjenjivanja; sigurnosti i mobilnosti.

Ključne riječi: sigurnost; mobilnost; višekriterijska analiza; metoda Analitičkog hijerarhijskog procesa; AHP; kampus Borongaj

SUMMARY

The main goal of traffic profession is to reach the high level of safety and mobility for pedestrians and cyclists. It is important to find traffic solutions that would both satisfy the need of its users and be ecologically acceptable. To fulfill that, the amount of social and economic costs caused by traffic accidents would need to be reduced. Focus of this paper is to propose alternative solutions that would increase the safety of pedestrians and cyclists on gravitational area of Borongaj Scientific and Educational Campus. Alternative solutions are based on detailed analysis of current state of railway- road crossing Trnava. The analysis was conducted by counting traffic and by interviewing the everyday users. Proposed solutions were valued by using criteria and sub-criteria of Analytic Hierarchy Process, one of the most often used methods of Multi-Criteria Analysis. Model was tested in program tool Expert Choice where variants were shown analytically and graphically. In conclusion, one optimal solution was proposed that has the highest value of most important scoring criteria; safety and mobility.

Keyword: safety; mobility; Multi-Criteria Analysis; Analytic Hierarchy Process; AHP; campus Borongaj

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. POLAZNE OSNOVE 3

3. METODOLOGIJE PRIKUPLJANJA I OBRADE PODATAKA 5

3.1. Metoda anketiranja 5

3.2. Metoda brojanja prometa 5

3.3. Metoda promatranja 6

3.4. Metode analize i sinteze 6

3.5. Statistička metoda 6

3.6. Eksperimentalna metoda 7

3.7. Metode višekriterijskog odlučivanja 7

3.8. Metoda analitičkog hijerarhijskog procesa 9

4. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA U GRAVITACIJSKOM PODRUČJU ZNANSTVENO-UČILIŠNOG KAMPUSA BORONGAJ 11

4.1. Geografski položaj prostornog obuhvata zone 11

4.2. Analiza prostorno planske dokumentacije 12

4.3. Analiza ostale projektne dokumentacije za područje kampusa 13

4.4. Analiza stanja prometnog sustava i infrastrukture na području kampusa 15

4.4.1. Cestovna prometna infrastruktura 15

4.4.2. Željeznička prometna infrastruktura 19

4.5. Analiza ispitivanja mišljenja korisnika Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj 33

4.6. Analiza intenziteta i distribucije prometnih tokova 51

5. PRIJEDLOG NOVIH PROMETNIH RJEŠENJA 58

5.1. Varijanta 1 58

5.2. Varijanta 2 61

5.3. Varijanta 3 64

6. VREDNOVANJE PREDLOŽENIH VARIJANATA METODOM ANALITIČKOG HIJERARHIJSKOG PROCESA 68
6.1. Hijerarhijska struktura AHP modela 68
6.2. Rangiranje kriterija i potkriterija 71
6.3. Vrednovanje varijanata 73
6.4. Izbor optimalne varijante 83
6.5. Analiza osjetljivosti 84
7. ZAKLJUČAK 86
LITERATURA 88
POPIS KRATICA 92
POPIS SLIKA 93
POPIS TABLICA 97
POPIS GRAFIKONA 98
PRILOZI 99

1. UVOD

Znanstveno-učilišni kampus Borongaj (dalje u tekstu kampus Borongaj) zamišljen je kao mjesto koje objedinjava akademsku i gospodarsku zajednicu unutar granica svog prostora. Na preko 90 hektara površine, svoje objekte smjestile su četiri sastavnice Sveučilišta u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Fakultet hrvatskih studija, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet i Ekonomski fakultet, što govori o velikom broju ljudi koji tamo dnevno gravitira. Osiguranje mobilnosti i sigurnosti najranjivijih skupina u prometu, pješaka i biciklista, najvažnije su polazišne pretpostavke pri izradi novih prometnih rješenja na određenom obuhvatnom području. Cilj ovog rada je predložiti nova primjenjiva prometna rješenja, koja svojom implementacijom mogu pridonijeti povećanju navedenih segmenata, potom ih vrednovati višekriterijskom analizom primjenom metode Analitičkog hijerarhijskog procesa te izabrati optimalno rješenje koje će doprinijeti povećanju sigurnosti i mobilnosti svih sudionika u prometu kampusa Borongaj u Zagrebu.

U sklopu drugog poglavlja definirana je uočena problematika koja je ujedno i motivacija za pristupanje ovom problemu s ciljem njenog rješavanja. Osim navedene problematike navedeni su i primjeri prethodnih istraživanja čiji je zajednički nazivnik sigurnost i mobilnost.

Trećim poglavljem opisane su metodologije kojima su prikupljeni podaci potrebni za analizu te je postavljena teorijska osnova za razumijevanje tematike koja se obrađuje radom.

Četvrto poglavlje analiza je postojećeg stanja u gravitacijskom području kampusa Borongaj unutar koje je prikazan geografski položaj samog kampusa, prikazana je prostorno planska dokumentacija te ostala dokumentacija vezana za navedeno područje. Osim toga opisan je postojeći prometni sustav i analizirana postojeća prometna infrastruktura te je provedena anketa u kojoj su ispitana mišljena i potrebe samih korisnika. Unutar analize postojećeg stanja provedeno je i brojanje prometa na jednoj od lokacija unutar gravitacijskog područja kampusa Borongaj.

U petom poglavlju predstavljena su tri varijantna rješenja sa svrhom povećanja stupnja sigurnosti i mobilnosti na području kampusa. Prva navedena varijanta osnovni je okvir kojim bi se uredio prostor za kretanje pješaka i biciklista te izgradnja pothodnika koji bi predstavljao poveznicu kampusa sa njegovim sjevernim dijelom. Drugom varijantom predlaže se izgradnja pješačko-biciklističkih staza na čitavom području kampusa kao i izgradnja pješačkog

pothodnika 500 m istočno od pothodnika Maksimir, dok treća varijanta predstavlja nadogradnju Varijante 2 sa dodatnim sadržajima za pješake i bicikliste koji gravitiraju tim područjem.

Šestim poglavljem varijante će biti vrednovane metodom višekriterijske analize primjenom AHP modela. Metoda vrednovanja temelji se na usporedbi varijanata prema kriterijima i potkriterijima na temelju čega je odabrana optimalna varijanta koja omogućuje sigurno kretanje Znanstveno-učilišnim kampusom Borongaj u skladu sa zahtjevima korisnika. Analizom osjetljivosti provjerena je optimalnost varijante promjenom iznosa ključnih parametara modela.

U sedmom poglavlju donesen je zaključak izveden na temelju spoznaja dobivenih prikupljanjem i obradom podataka.

2. POLAZNE OSNOVE

Potreba za analizom prometnog stanja na gravitacijskom području Znanstveno–učilišnog kampusa Borongaj proizlazi iz sve većeg broja prometnih nesreća koje se događaju u neposrednoj blizini. Prema podacima dobivenima iz *HŽ Infrastrukture*, 16 osoba smrtno je stradalo na gravitacijskom području kampusa u periodu od 2010. godine do danas. Samo u 2022. godini život su izgubile četiri osobe [1]. Dvije smrtno stradale osobe bili su studenti Fakulteta hrvatskih studija na željezničkom kolosijeku između kampusa Borongaj i Branimirove ulice [2]. Navedeni podaci ukazuju kako prometna infrastruktura nije prilagođena potrebama njenih korisnika što govori o potrebi podizanja razine sigurnosti i mobilnosti na sveobuhvatnu dobrobit društva.

Stradavanja na željezničko-cestovnim prijelazima, u gravitacijskim područjima sveučilišnih kampusa i na tzv. „divljim prijelazima“ uzrokovana ljudskim čimbenikom, odnosnom rizičnim ponašanjem sudionika u prometu, obrađena su u brojnim znanstvenim i stručnim radovima. Autori *Zhang Y., Gawade M., Sung Lin P. i McPherson T.* u svom znanstvenom radu pod naslovom *Educational Campaign for Improving Pedestrian Safety: A University Campus Study* ukazuju na učestalost stradavanja pješaka u prometu. Kroz kampanju, proveli su dvije ankete kako bi prikupili informacije o kretanjima pješaka i biciklista unutar i oko kampusa. Usporedbom rezultata došli su do zaključaka kako se edukacijom nepoštivanje prometnih propisa smanjilo, što govori o važnosti edukacije u prometnom sustavu [3].

Najveći uzrok stradavanja na području kampusa izazvan je „divljim“ prelascima preko željezničke pruge koja se nalazi u neposrednoj blizini. U svojoj doktorskoj disertaciji *Silla A.* utvrđuje razloge prelazaka preko željezničke pruge na takvim mjestima te profile ljudi koji čine takve prekršaje. Autorica do rezultata u svom radu pod nazivom *Improving safety on Finnish railways by prevention of trespassing ,* dolazi korištenjem metoda anketiranja, intervjuiranja i promatranja na terenu [4].

U svom znanstvenom radu pod nazivom *Analiza ponašanja sudionika u prometu na željezničko-cestovnim prijelazima* autori *Barić D., Starčević M. i Pilko H.,* ponašanja sudionika opisuju kao vrlo teško predvidiva međutim ključna kad je riječ o prometnoj sigurnosti. Zaključuju kako je edukacijskim programima i kampanjama o sigurnosti, znatno moguće povećati svijest kod sudionika i samim time smanjiti posljedice koje nastaju uslijed nepropisnog ophođenja u prometu [5].

Istoimeni autori u radu pod nazivom *Safety at Level Crossings: Comparative Analysis* također osim edukacijskih mjera koje je važno provoditi kontinuirano, predlažu odvajanje dvaju prometnih tokova. U ovom slučaju analizom željezničko-cestovnih prijelaza u jednoj razini zaključeno je kako bi najveći uspjeh u povećanju sigurnosti na takvim prijelazima postigla denivelacija istih prijelaza. Fizičkim odvajanjem dvaju prometnih tokova gotovo se u potpunosti uklanja utjecaj nepropisnog ljudskog djelovanja na tim mjestima. Infrastrukturna rješenja svrstavamo u kategoriju najskupljih rješenja, međutim njihova se vrijednost višestruko isplaćuje društvu sprječavanjem broja prometnih nesreća [6].

Strategijom prometnog razvoja Republike Hrvatske 2017.-2030. utvrđen je *Program rješavanja željezničko-cestovnih pješačkih prijelaza preko pruge za razdoblje od 2018.-2022.*. Ciljevi programa bazirani su na pregledu postojećih prijelaza, utvrđivanju liste prioriteta za rješavanje ŽCP-a i PP-a, definiranju načina rješavanja svakog pojedinog ŽCP-a i PP-a te utvrđivanjem dodatnih mjera za unapređenja sigurnosti ŽCP-a i PP-a [7,8].

Metodu Analitičkog hijerarhijskog procesa prilikom vrednovanja sigurnosnih kriterija za postizanje faktora sigurnosti na ravnim dionicama ceste koristili su autori *Kumar Agarwal P., Kumar Patil P., Mehar R.,* u svom radu pod nazivom *A Methodology for Ranking Road Safety Hazardous Locations Using Analytical Hierarchy Process*. Temeljem dobivenih faktora sigurnosti određuju se prioriteti prilikom rješavanja crnih točaka [9].

U svom diplomskog radu *Pižeta F.,* koristi AHP metodu u funkciji vrednovanja predloženih rješenja s ciljem odabira optimalnog prometnog rješenja. Pod naslovom *Vrednovanje varijanata projektnih rješenja željezničko-cestovnog prijelaza Trnava primjenom Analitičkog hijerarhijskog procesa*, temeljitom analizom postojećeg stanja, predlaže četiri varijante iz kojih odabire optimalno rješenje. Analizom osjetljivosti određuje kriterije čija promjena ima najveći utjecaj na prihvatljivost varijantnog rješenja te na posljetku donosi zaključke svojeg istraživanja, spremne za implementaciju [10].

Autor *Lović L.,* svojim diplomskim radom pod naslovom *Analiza prometne integracije Znanstveno–učilišnog kampusa Borongaj u prometni sustav Grada Zagreba uz prijedloge unaprjeđenja,* analizira postojeće stanje povezanosti ZUK Borongaj s prometnim sustavom grada Zagreba te istovremeno iznosi prijedloge unaprjeđenja [11].

3. METODOLOGIJE PRIKUPLJANJA I OBRADE PODATAKA

Metodologija je znanost o metodama znanstvenog istraživanja. U širem smislu metodologija je znanost o cjelokupnosti svih oblika i postupaka znanstvenih istraživanja pomoću kojih se dolazi do sustavnog i objektivnog znanstvenog znanja odnosno znanstvena disciplina u kojoj se kritički ispituju i eksplicitno izlažu različite opće i posebne znanstvene metode. Osnovne su značajke znanstvenih metoda objektivnost, pouzdanost, preciznost, sustavnost i općenitost [12]. U nastavku su sažeto opisane izabrane metode primijenjene u istraživanju u okviru ovog diplomskog rada.

3.1. Metoda anketiranja

Kao osnovna metoda za prikupljanje podataka u ovom radu koristit će se metodom anketiranja korisnika Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj. Metoda anketiranja je postupak kojim se na temelju anketnog upitnika istražuju i prikupljaju podaci, informacije, stavovi i mišljena o predmetu istraživanja. Za potrebe rada upotrijebit će se anketa u užem smislu gdje se ispitanicima pismenim putem postavljaju pitanja na koja oni također pismenim putem daju odgovore. Kada je riječ o vrsti pitanja od kojih je sastavljen anketni upitnik, najveći udio predstavljaju pitanja zatvorenog tipa, na koja ispitanik ima ponuđene odgovore. Ovakva vrsta pitanja kod ispitanika smanjuje vrijeme ispunjavanja ankete što se generalno može reflektirati na broj dovršenih anketnih upitnika. Osim jednostavnosti koja je povoljna za ispitanike, ovakva se vrsta pitanja lakše analiziraju, međutim ispitanik je ograničen u davanju odgovora što smanjuje mogućnost dodatnih informacija za anketara [12].

3.2. Metoda brojanja prometa

Brojanje predstavlja metodski postupak znanstvenog otkrića, jer se brojanjem može doći do korisnih podataka potrebnih za koncipiranje teoretske postavke. Isto tako, brojanje je metodski postupak verifikacije znanstvenog otkrića, jer se brojanjem može provjeriti ono što je u prethodnim fazama otkrivenom, odnosno provjerava se održivost prethodno postavljenih tvrdnji [12].

Brojanje prometa predstavlja jedan od glavnih ulaznih podataka pri prometnom planiranju i projektiranju. Podaci dobiveni brojanjem prometa predstavljaju stvarnu trenutačnu sliku dinamike prometnih tokova. Iz takvih se podataka dobiva točna slika o prometnim zahtjevima unutar neke zone. Pri korištenju podataka dobivenih iz brojanja prometa uputno je

koristiti podatke iz prethodnih brojanja prometa, ako postoje. Na taj način vidljiv je razvoj neke sredine, s prometnog stajališta, u razdoblju od nekoliko godina, desetljeća ili dulje [13].

3.3. Metoda promatranja

Metoda promatranja smatra se prvom i osnovnom metodom svakog znanstvenoistraživačkog rada, gdje se njome istraživač na izravan način upoznaje s predmetom i procesima. Pomoću te metode prikupljaju se podaci i informacije o činjenicama, pojavama i procesima, te se upoznaju odnosi i veze među njima. Da bi promatranje bilo znanstveno-spoznajno mora biti što objektivnije, što svestranije, što preciznije i strože te što sustavnije. Pretpostavka za uspješno promatranje jesu pažljivost, ustrajnost i smisao za uočavanje sličnosti i razlika predmeta istraživanja [12].

3.4. Metode analize i sinteze

Metoda analize postupak je znanstvenog istraživanja i objašnjenja stvarnosti raščlanjivanjem složenih misaonih tvorevina (pojmova, sudova i zaključaka) na njihove jednostavnije sastavne dijelove. Pri tome se zanemaruju one pojave, svojstva i odnosi koji, na određenom stupnju istraživanja, otežavaju ispitivanje predmeta izučavanja. Ova metoda omogućuje uočavanje, otkrivanje i izučavanje znanstvene istine [12].

Metoda sinteze postupak je znanstvenog istraživanja i objašnjavanja stvarnosti putem spajanja, sastavljanja jednostavnih misaonih tvorevina u složene, povezujući izdvojene elemente, pojave, procese i odnose u jedinstvenu cjelinu u kojoj su njezini dijelovi uzajamno povezani [12].

3.5. Statistička metoda

Statistička metoda prozvana je opće znanstvenom metodom, jer se vrlo često koristi u znanstvenoistraživačkom radu u svim znanstvenim područjima i znanstvenim disciplinama. Unutar statističke metode jedan od glavnih statističkih postupaka upravo je metoda uzoraka. Metoda uzoraka je ispitivanje dijela skupa na temelju slučajnog izbora jedinica. Relevantne informacije o statističkoj masi mogu se dobiti na temelju djelomičnog ispitivanja relativno malog broja slučajno odabranih jedinica iz statističkog skupa koji se naziva uzorkom. Osnovni cilj obrade podataka iz uzorka, odnosno njegove analize sastoji se u tome da se, primjenom statističkih metoda, ocijene nepoznati parametri statističkog skupa iz kojeg je uzorak izabran, ili da se na temelju podataka o jedinicama iz uzorka provjeri istinitost nekih pretpostavki (hipoteza) o određenoj karakteristici osnovnog skupa [12].

3.6. Eksperimentalna metoda

Eksperimentalna metoda je postupak promatranja pojave koja se ispituje pod točno određenim uvjetima koji dopuštaju da se prati tijek pojave i da se ona svaki puta uz ponavljanje tih uvjeta ponovno izazove. Ona se, dakle, zasniva na eksperimentu, odnosno znanstveno postavljenom pokusu tj. na „kontroliranom promatranju“ i „provjeravanju nekog zakona“. Da bi neki eksperiment dao valjane rezultate potrebno je ispuniti ova dva osnovna uvjeta: precizna kontrola „relevantnih predmeta“ i dovoljan broj obavljenih eksperimenata. [12].

3.7. Metode višekriterijskog odlučivanja

Višekriterijsko odlučivanje predstavlja proces optimizacije jedne ili više funkcija cilja na skupu mogućih rješenja. Višekriterijski problemi (u usporedbi s jednokriterijskim problemima) podrazumijevaju postojanje:

- više kriterija (funkcija cilja, funkcija kriterija) za odlučivanje,
- više varijanata (rješenja) za izbor (u eng. alternativa),
- proces izbora jedne konačne varijante.

Višekriterijsko odlučivanje, sa stajališta njegova opisivanja matematičkim modelom, može biti višeciljno odlučivanje i višeatributivno odlučivanje (višekriterijska analiza) kao što je prikazano Slikom 1 u nastavku [14].

Slika 1 Prikaz podjele višekriterijskog odlučivanja [14,15]

Višeciljno odlučivanje primjenjuje se u rješavanju tzv. dobro strukturiranih problema, a karakterizira ga više kriterijskih funkcija, odnosno funkcija cilja. Najjednostavniji slučaj višeciljnog odlučivanja pojavljuje se kada su sve funkcije kriterija i sva ograničenja linearnog oblika, pa se takvo višeciljno odlučivanje naziva linearno. Neke od metoda višeciljnog odlučivanja su:

- višekriterijska simpleks metoda
- Zionts-Walleniusova metoda
- metoda koraka STEM
- metoda pomičnog ideala i druge.

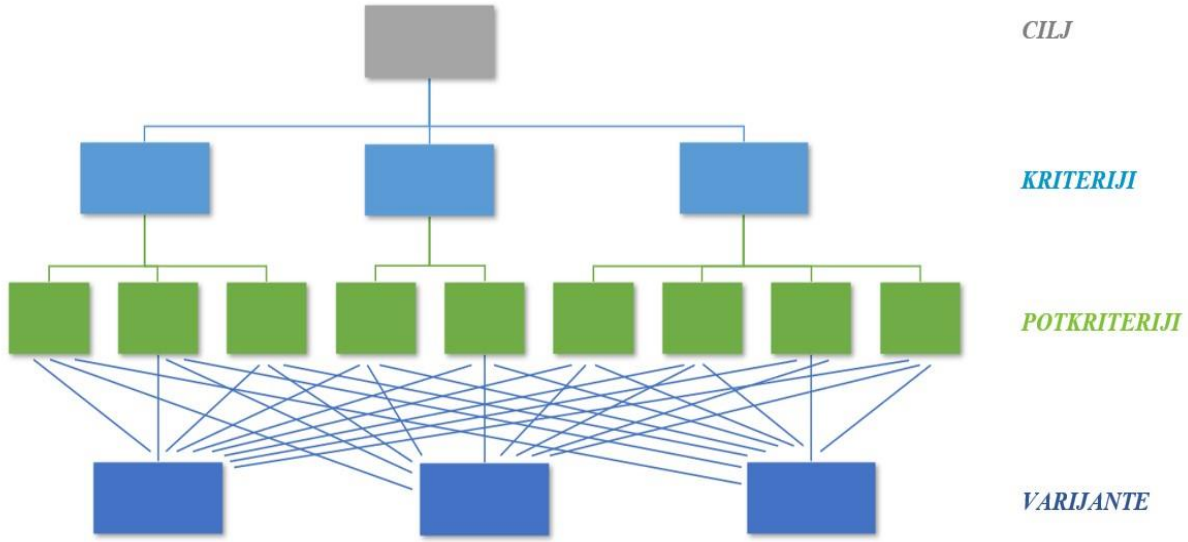
Višeatributivno odlučivanje predstavlja loše strukturiran problem, odnosno problem čiji su kriteriji definirani atributima, cilj je loše definiran (implicitan), ograničenja su neaktivna (uključena su u atribute) i odnose se, u pravilu, na izbor varijanata (rješenja koja su poznata) [14].

Loše strukturirani problemi su oni kod kojih su ciljevi vrlo složeni, često nejasno formulirani, postoje brojne neizvjesnosti, a priroda promatranog problema postupno se mijenja tijekom njegovog rješavanja. Slaba strukturiranost onemogućuje dobivanje jednoznačnog rješenja. Uzroci nejednoznačnosti potječu od ciljne strukture, koja je složena i izražena različitim kvantitativnim i kvalitativnim mjernim jedinicama. Posljedica slabe strukturiranosti problema su višedimenzionalni kriteriji za vrednovanje rješenja, te promjenjiva ograničenja. Model obuhvaća konačan broj varijanti rješenja koje su poznate na početku. Problem se rješava pronalaskom najbolje varijante ili skupa dobrih varijanti u odnosu na definirane atribute/kriterije i njihove težine Višeatributivno odlučivanje se u literaturi pojavljuje i pod nazivom višekriterijska analiza, a atributi dolaze pod nazivom kriteriji. Neke od metoda višeatributivnog odlučivanja su [14,16]:

- metoda dominacije
- ELEKTRE I-IV
- PROMETHEE I-IV
- metoda analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP)
- metoda višekriterijskoga kompromisnog rangiranja (VIKOR) i druge.

3.8. Metoda analitičkog hijerarhijskog procesa

Metoda analitičkog hijerarhijskog procesa jedna je od najpoznatijih i najčešće korištenih metoda višekriterijske analize, za donošenje odluke. Metoda se koristi u cilju rješavanja kompleksnih problema odlučivanja u slučajevima većeg broja kriterija. Temelji se na usporedbi parova mogućih rješenja, svaka sa svakom, gdje donositelj odluke određuje težinu preferencije jedne varijante u odnosu na drugu postavljanjem kriterija i potkriterija. Osnovna prednost ove metode očituje se u mogućnosti prilagodbe donositelja odluke u smislu broja atributa, odnosno kriterija i varijanata o kojima se istovremeno odlučuje, a koje je moguće opisati kvalitativno i kvantitativno. Prema tome, AHP metoda omogućava fleksibilnost procesa odlučivanja i pomaže donositeljima odluke postaviti prioritete te donijeti najbolju odluku uzevši u obzir i kvalitativne i kvantitativne aspekte odluke. Hijerarhijska struktura AHP modela prikazana je Slikom 2 u nastavku, a čine je cilj, kriteriji, potkriteriji i varijante [14].



Slika 2 Prikaz hijerarhijske strukture AHP modela [14,15]

Postupak rješavanja problema primjenom AHP metode započinje strukturiranjem problema, prikupljanjem podataka, definiranjem relativne važnosti kriterija u odnosu na cilj istraživanja, odnosno rangiranje kriterija prema Saatyjevoj skali važnosti, rangiranje pojedinih varijanata s obzirom na pojedini kriterij, tj. proračun vrijednosti varijanata prema kriterijima, zatim proračun ukupnog prioriteta za svaku varijantu te na posljetku odabir najbolje varijante. Usporedba po parovima formalno se može opisati na način [14,15]:

Neka su a_i i a_j varijante koje je potrebno usporediti u odnosu na kriterij c_k. Tada postoje tri osnovne mogućnosti:

1. donositelj odluke je indiferentan, tj. varijante a_i i a_j su jednako preferirane u odnosu na kriterij c_k.
2. donositelj odluke preferira varijantu a_i pred a_j u odnosu na kriterij c_k.;
3. donositelj odluke preferira varijantu a_j pred a_i u odnosu na kriterij c_k.;

Međutim, nije dovoljno definirati samo preferenciju varijante, nego je potrebno odrediti i težinu preferencije. Prema Saatyu postoji: *slaba, jaka, vrlo jaka* i *apsolutna* prednost. To su opisne preferencije kojima se pridružuje numerička skala. Thomas L. Saaty utemeljio je AHP metodu 70-tih godina prošlog stoljeća u cilju rješavanja kompleksnih problema u kojima sudjeluje veći broj donositelja odluka, a pojavljuje se veći broj kriterija i potkriterija. Iako postoje brojne skale koje se koriste najpoznatija je skala utemeljitelja koja pripada skupini omjernih skala pomoću kojih se izražava koliko je puta jedna varijanta bolja odnosno lošija od neke druge. Saatyjeva skala ima pet stupnjeva intenziteta i četiri međustupnja gdje svakom od intenziteta odgovara vrijednosni sud o tome koliko se puta veća prednost daje varijanti u odnosu na drugu (Tablica 1) [14,15].

Tablica 1 Saatyjeva skala važnosti [14,15]

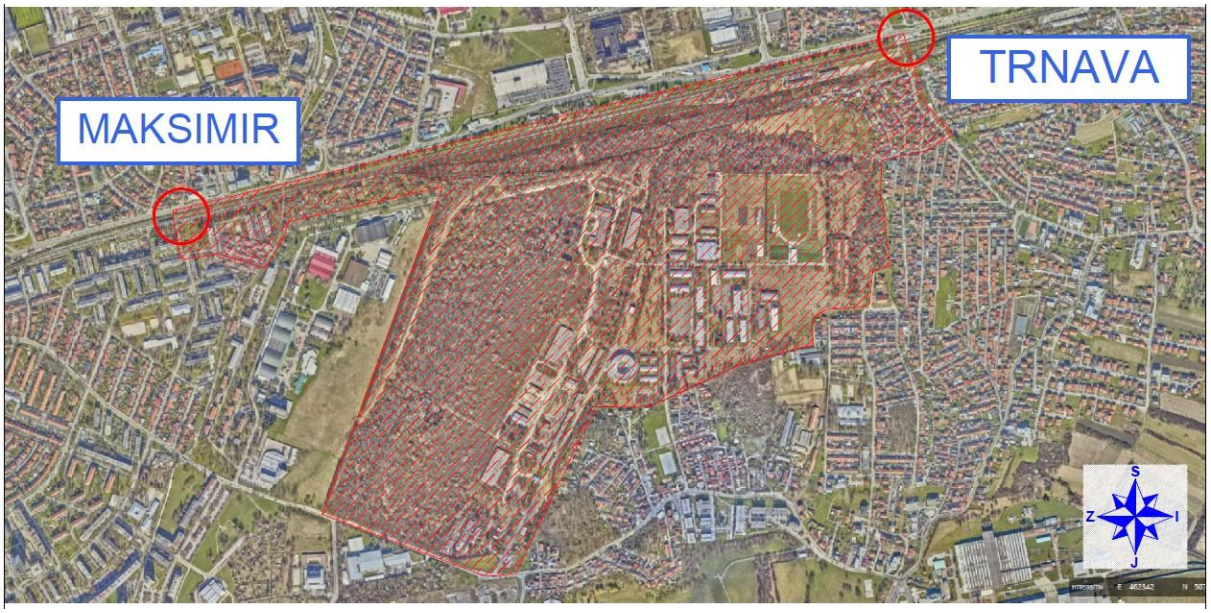
Intenzitet važnosti	Skala	Objašnjenje
1	Jednako važno	Dva atributa jednako pridonose cilju
3	Umjereno važnije	Umjerena prednost jednom atributu u odnosu na drugi
5	Strogo važnije	Strogo se favorizira jedan atribut u odnosu na drugi
7	Vrlo stroga, dokazana važnost	Jedan atribut izrazito se favorizira u odnosu na drugi
9	Ekstremna važnost	Favorizira se jedan atribut u odnosu na drugi s najvećom uvjerljivošću
2, 4, 6, 8	Međuvrijednosti	Vrijednosti kompromisa među odgovarajućim susjednim vrijednostima

4. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA U GRAVITACIJSKOM PODRUČJU ZNANSTVENO-UČILIŠNOG KAMPUSA BORONGAJ

4.1. Geografski položaj prostornog obuhvata zone

U geografskom smislu područje analize proteže se unutar granica Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj u Zagrebu te prostora od željezničke postaje Maksimir kao zapadne i željezničke postaje Trnava kao istočne granice obuhvata. Slika 3 u nastavku prikazuje makrolokaciju promatranog područja na karti grada Zagreba, dok su Slikom 4 prikazane granice obuhvatnog područja na mikrolokaciji.

Slika 3 Prikaz makrolokacije obuhvatnog područja na karti grada Zagreba [17]



Slika 4 Prikaz mikrolokacije obuhvatnog područja na karti grada Zagreba [17]

4.2. Analiza prostorno planske dokumentacije

Analiza prometne infrastrukture u prostorno planskoj dokumentaciji obuhvaća analizu važećih dokumenata prostornog uređenja te postojećih projekata iz područja prometa. Dokumenti prostornog uređenja su dokumenti kojima se osigurava praćenje stanja u prostoru te definiraju pravila djelovanja u prostoru. Također, donose se na državnoj razini te kao prostorni planovi na područnoj (regionalnoj) i lokalnoj razini. Prostorni planovi imaju snagu i pravnu prirodu podzakonskog propisa [13].

Slika 5 prikazuje prostorno uređenje na kartografskoj podlozi izrađen za potrebe *Urbanističkog plana uređenja studentskog kampusa Borongaj* na kojem su prikazani i označeni s obzirom na namjenu [18]:

- Javna i društvena namjena - socijalna (studentski domovi) (D2)
- Javna i društvena namjena - visoko učilište i znanost (D6-1)
- Javna i društvena namjena - tehnološki park (D6-2)
- Javna i društvena namjena - vjerska (D8)
- Javna i društvena namjena - sport s gradnjom (D-R1)
- Javna i društvena namjena - javni park (D-Z1)
- Javne zelene površine - javni park (Z1)
- Zaštitne zelene površine (Z)
- Javna i društvena namjena-tematski park (D-Z3)
- Površine zelenih infrastrukturnih sustava (IS-Z)
- Površine infrastrukturnih sustava (IS)

Slika 5 Korištenje i namjena površina [18]

4.3. Analiza ostale projektne dokumentacije za područje kampusa

Prometnim elaboratom pod nazivom *Idejno prometno-urbanističko rješenje intermodalnih terminala Borongaj i znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj* analizirani su podaci o broju korisnika autobusnih, željezničkih i tramvajskih linija na gravitacijskom području kampusa [19]. Provedenim analizama prikupljeni su podaci o lokacijama na kojima dolazi do najveće koncentracije putnika, a to su:

- termina Borongaj ZET-a
- željeznička postaja Maksimir
- kampus Borongaj [19].

U planovima *HŽ Infrastrukture*. predviđa se ukidanje tj. izmještanje željezničkog stajališta Maksimir u zonu željezničke postaje Borongaj stavljanjem u uporabu stajališta na istoimenoj lokaciji [20]. Također unutar planova predviđa se i uvođenje stajališta na području studentskog doma Stjepan Radić kojim bi povezanost tih dviju lokacija omogućila rasterećenje ostalih oblika javnog gradskog prijevoza [20]. Slikom 6 prikazano je buduće stanje željezničkog čvora Zagreb u planovima *HŽ Infrastrukture* [20].

Slika 6 Prikaz budućeg stanja željezničkog čvora Zagreb [20]

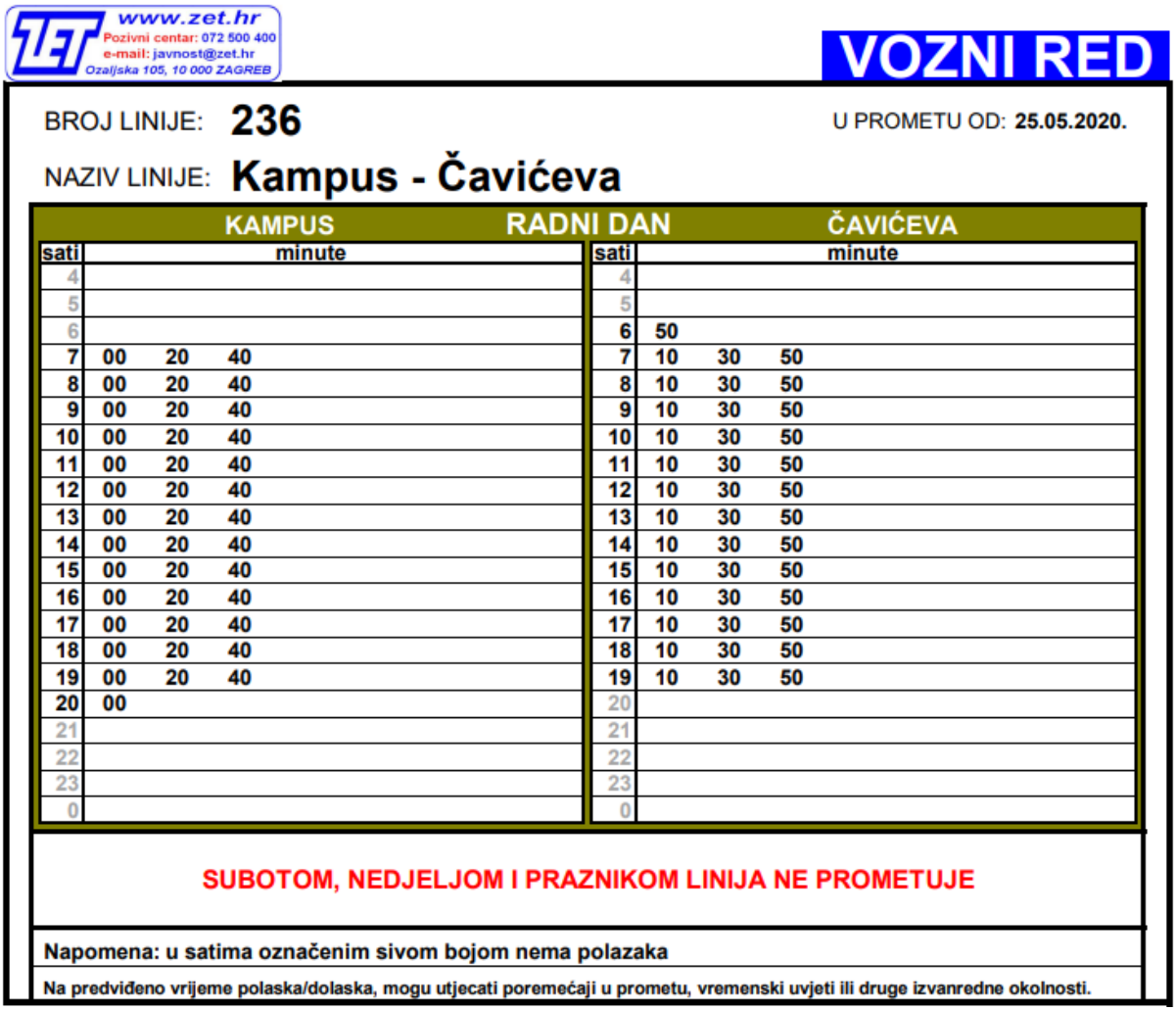
Za potrebe raspisivanja međunarodnog javnog natječaja izrađen je *Prometni elaborat kao podloga za raspisivanje međunarodnog javnog natječaja za sveučilišni kampus Borongaj* kojim su dana prometna rješenja u svojstvu integracije kampusa sa ostatkom prometnog sustava grada Zagreba (Slika 7) [21].

Slika 7 Prijedlog prometnog rješenja za povezivanje kampusa Borongaj u prometnu mrežu grada Zagreba [19]

4.4. Analiza stanja prometnog sustava i infrastrukture na području kampusa

4.4.1. Cestovna prometna infrastruktura

Cestovna prometna infrastruktura osnovni je temelj za kretanje kako motornih vozila tako i pješaka i biciklista. S obzirom da na području kampusa ne postoji adekvatno izgrađena pješačka i biciklistička infrastruktura, svi sudionici koriste kolnički prostor za potrebe svojih kretanja. S obzirom da za ulazak motornih vozila postoje dva službena ulaza, jugozapadni ulaz u ulici Borongajska cesta te jugoistočni u Savudrijskoj ulici, može se reći kako je područje kampusa zatvoreni tip prostora na kojem se vozila pretežito kreću malim brzinama. Razlozi kretanja manjim brzinama povezuju se uz veliku količinu pješačkog i biciklističkog prometa, međutim dotrajala i neadekvatna cestovna prometna infrastruktura također utječe na povećanu pozornost vozača. Cestovnom prometnom infrastrukturom unutar gravitacijskog područja kampusa kreće se i autobusna linija, *Zagrebačkog električnog tramvaja,* pod nazivom Kampus - Čavićeva i brojem linije 236, prema voznom redu prikazanom Slikom 8.



www.zet.hr
Pozivni centar: 072 500 400
e-mail: javnost@zet.hr
Ozaljska 105, 10 000 ZAGREB

VOZNI RED

BROJ LINIJE: **236**

U PROMETU OD: **25.05.2020.**

NAZIV LINIJE: **Kampus - Čavićeva**

KAMPUS	RADNI DAN	ČAVIĆEVA

sati	minute	sati	minute
4		4	
5		5	
6		6	50
7	00 20 40	7	10 30 50
8	00 20 40	8	10 30 50
9	00 20 40	9	10 30 50
10	00 20 40	10	10 30 50
11	00 20 40	11	10 30 50
12	00 20 40	12	10 30 50
13	00 20 40	13	10 30 50
14	00 20 40	14	10 30 50
15	00 20 40	15	10 30 50
16	00 20 40	16	10 30 50
17	00 20 40	17	10 30 50
18	00 20 40	18	10 30 50
19	00 20 40	19	10 30 50
20	00	20	
21		21	
22		22	
23		23	
0		0	

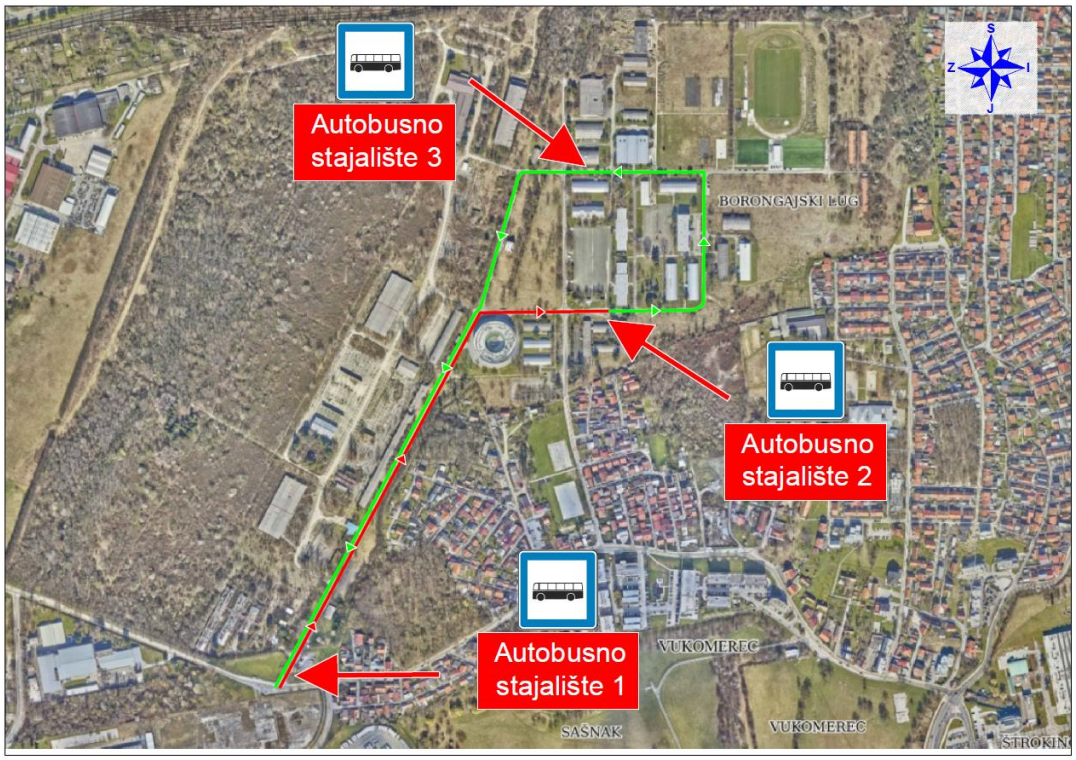
SUBOTOM, NEDJELJOM I PRAZNIKOM LINIJA NE PROMETUJE

Napomena: u satima označenim sivom bojom nema polazaka

Na predviđeno vrijeme polaska/dolaska, mogu utjecati poremećaji u prometu, vremenski uvjeti ili druge izvanredne okolnosti.

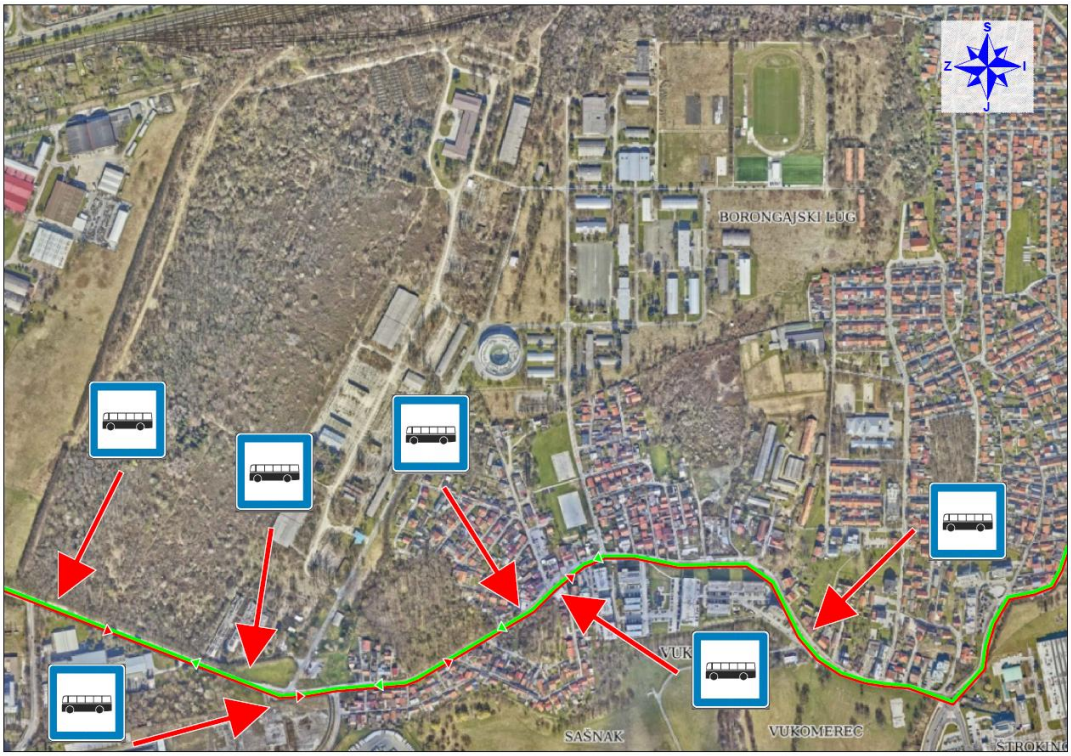
Slika 8 Vozni red autobusne linije 236 (Kampus - Čavićeva) [22]

Kretanje autobusa na području kampusa prikazano je Slikom 9. Također na području kampusa nalaze se tri autobusna stajališta, od kojih se autobusno stajalište 2, na lokaciji kod Edukacijsko-rehabilitacijskog fakulteta, koristi kao polazišni terminal *Kampus* s kojeg autobus kreće u vrijeme propisano vozim redom. Crvenom linijom i strelicama označeno je kretanje iz smjera *Čavićeve* prema *Kampusu* dok je zelenom linijom i strelicama prikazano kretanje s polazišnog mjesta *Kampus* prema *Čavićevoj*.



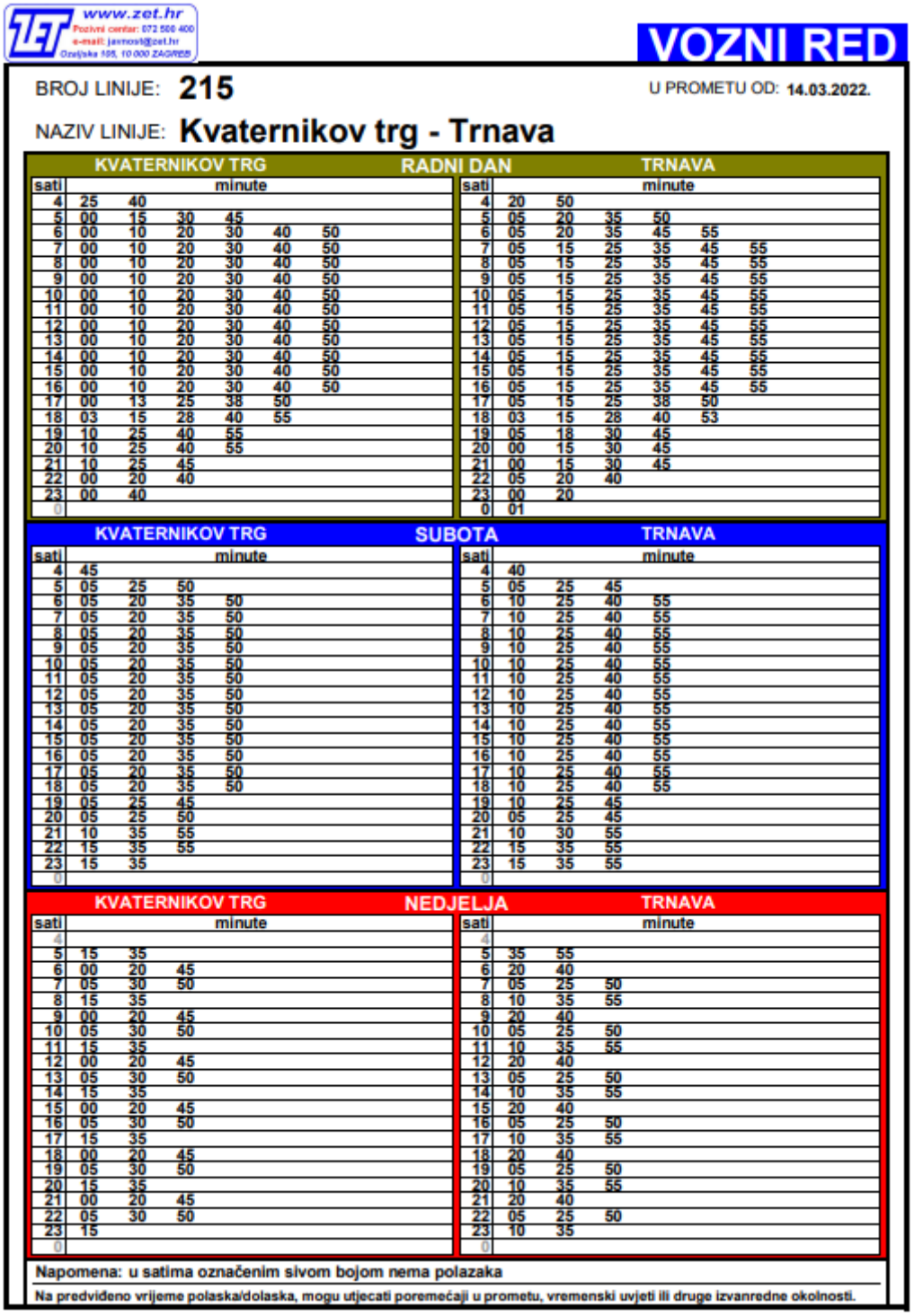
Slika 9 Prikaz kretanja autobusne linije 236 na području kampusa Borongaj [17]

Osim navedene autobusne 236, veliku ulogu u povezanosti kampusa sa ostatkom prometnog sustava ima autobusna linije 215, Kvaternikov trg – Trnava (Slika 10).



Slika 10 Prikaz prometovanja linije 215 u blizini kampusa Borongaj [17]

Radi njene frekventnosti (Slika 11) i povezanosti s Kvaternikovim trgom koji predstavlja mjesto spajanja autobusnog i tramvajskog prometa, navedena linija značajno doprinosi integraciji kampusa sa ostatkom prometnog sustava.



ZET www.zet.hr
Pozivni centar: 072 500 400
e-mail: jamnost@zet.hr
Ozaljska 105, 10 000 ZAGREB

VOZNI RED

BROJ LINIJE: **215**

U PROMETU OD: **14.03.2022.**

NAZIV LINIJE: **Kvaternikov trg - Trnava**

KVATERNIKOV TRG — RADNI DAN

sati	minute					
4	25	40				
5	00	15	30	45		
6	00	10	20	30	40	50
7	00	10	20	30	40	50
8	00	10	20	30	40	50
9	00	10	20	30	40	50
10	00	10	20	30	40	50
11	00	10	20	30	40	50
12	00	10	20	30	40	50
13	00	10	20	30	40	50
14	00	10	20	30	40	50
15	00	10	20	30	40	50
16	00	10	20	30	40	50
17	00	13	25	38	50	
18	03	15	28	40	55	
19	10	25	40	55		
20	10	25	40	55		
21	10	25	45			
22	00	20	40			
23	00	40				
0						

TRNAVA — RADNI DAN

sati	minute					
4	20	50				
5	05	20	35	50		
6	05	20	35	45	55	
7	05	15	25	35	45	55
8	05	15	25	35	45	55
9	05	15	25	35	45	55
10	05	15	25	35	45	55
11	05	15	25	35	45	55
12	05	15	25	35	45	55
13	05	15	25	35	45	55
14	05	15	25	35	45	55
15	05	15	25	35	45	55
16	05	15	25	35	45	55
17	05	15	25	38	50	
18	03	15	28	40	53	
19	05	18	30	45		
20	00	15	30	45		
21	00	15	30	45		
22	05	20	40			
23	00	20				
0	01					

KVATERNIKOV TRG — SUBOTA

sati	minute				
4	45				
5	05	25	50		
6	05	20	35	50	
7	05	20	35	50	
8	05	20	35	50	
9	05	20	35	50	
10	05	20	35	50	
11	05	20	35	50	
12	05	20	35	50	
13	05	20	35	50	
14	05	20	35	50	
15	05	20	35	50	
16	05	20	35	50	
17	05	20	35	50	
18	05	20	35	50	
19	05	25	45		
20	05	25	50		
21	10	35	55		
22	15	35	55		
23	15	35			
0					

TRNAVA — SUBOTA

sati	minute				
4	40				
5	05	25	45		
6	10	25	40	55	
7	10	25	40	55	
8	10	25	40	55	
9	10	25	40	55	
10	10	25	40	55	
11	10	25	40	55	
12	10	25	40	55	
13	10	25	40	55	
14	10	25	40	55	
15	10	25	40	55	
16	10	25	40	55	
17	10	25	40	55	
18	10	25	40	55	
19	10	25	45		
20	05	25	45		
21	10	30	55		
22	15	35	55		
23	15	35	55		
0					

KVATERNIKOV TRG — NEDJELJA

sati	minute			
4				
5	15	35		
6	00	20	45	
7	05	30	50	
8	15	35		
9	00	20	45	
10	05	30	50	
11	15	35		
12	00	20	45	
13	05	30	50	
14	15	35		
15	00	20	45	
16	05	30	50	
17	15	35		
18	00	20	45	
19	05	30	50	
20	15	35		
21	00	20	45	
22	05	30	50	
23	15			
0				

TRNAVA — NEDJELJA

sati	minute			
4				
5	35	55		
6	20	40		
7	05	25	50	
8	10	35	55	
9	20	40		
10	05	25	50	
11	10	35	55	
12	20	40		
13	05	25	50	
14	10	35	55	
15	20	40		
16	05	25	50	
17	10	35	55	
18	20	40		
19	05	25	50	
20	10	35	55	
21	20	40		
22	05	25	50	
23	10	35		
0				

Napomena: u satima označenim sivom bojom nema polazaka

Na predviđeno vrijeme polaska/dolaska, mogu utjecati poremećaji u prometu, vremenski uvjeti ili druge izvanredne okolnosti.

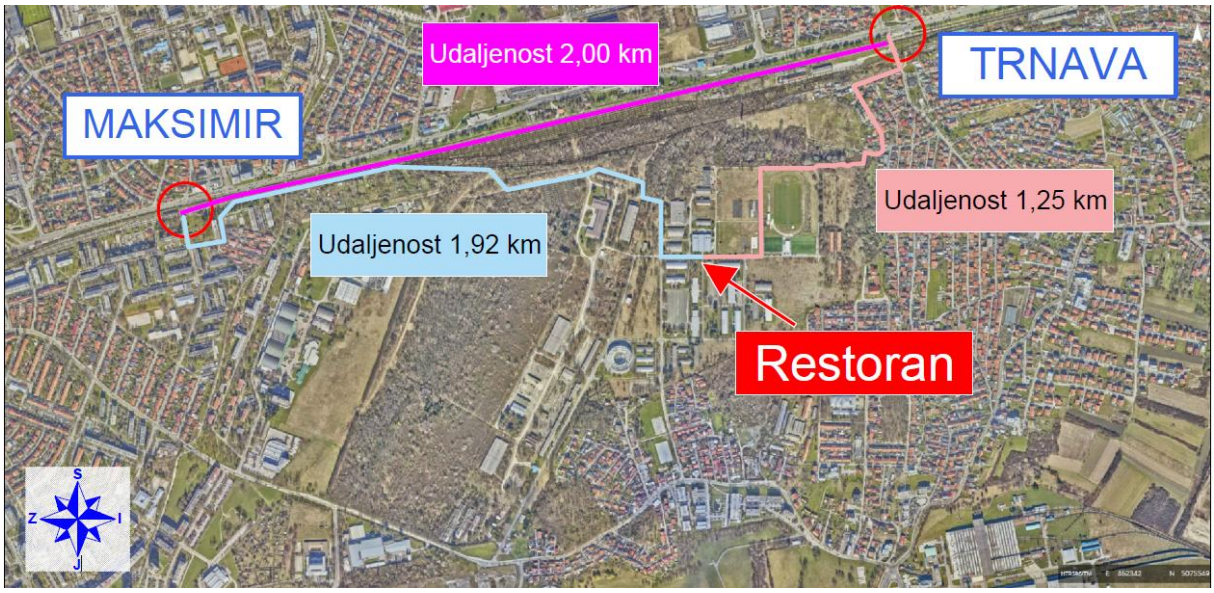
Slika 11 Vozni red autobusne linije 215 (Kvaternikov trg - Trnava) [23]

4.4.2. Željeznička prometna infrastruktura

Unutar gravitacijskog područja kampusa Borongaj nalazi se željeznička pruga koja danas pripada Mediteranskom koridoru i nekadašnjem X Paneuropskom prometnom koridoru (Salzburg – Ljubljana – Zagreb – Beograd – Niš – Skopje – Veles – Solun). Osim što predstavlja iznimno važan segment od nacionalnog značaja, navedena infrastruktura nositelj je zagrebačkog gradskog i međugradskog željezničkog prometa. Korisnicima željeznice na gravitacijskom području od najvećeg značaja su željeznička stajališta Maksimir sjeverozapadno i Trnava sjeveroistočno od kampusa (Slika 12).

Slika 12 Željeznička stajališta Maksimir i Trnava [24]

Udaljenost željezničkog stajališta Maksimir od središta kampusa iznosi oko 1,92 km što u prosjeku zahtjeva 25-30 minuta hoda, dok je stajalište Trnava udaljeno 1,25 km odnosno 15 minuta hoda. Slika 13 prikazuje smještaj željezničkih stajališta u odnosu na kampus kao i međusobnu udaljenost između dvaju željezničkih stajališta Maksimir i Trnava u iznosu od 2,00 kilometra.



Slika 13 Prikaz udaljenosti željezničkih stajališta od središta kampusa [17]

Međutim pješačka i biciklistička infrastruktura gotovo je nepostojeća do navedenih lokacija. Slikama 15. do 25. u nastavku prikazani su putevi kojima se koriste osobe koje se kreću iz smjera kampusa prema postaji Maksimir, dok su Slikom 14 prikazane lokacije na kojima su iste fotografirane.

Slika 14 Lokacije na kojima su fotografirani putevi do željezničkog stajališta Maksimir [17]

Slika 15 Lokacija 1 – „divlji“ put na području kampusa Borongaj [24]

Slika 16 Lokacija 2 – „divlji“ prijelaz [24]

Slika 17 Lokacija 3 – „divlji“ put na području kampusa [24]

Slika 18 Lokacija 4 – „divlji“ put na području kampusa Borongaj [24]

Slika 19 Lokacija 5 – „divlji“ put na području kampusa Borongaj [24]

Slika 20 Lokacija 6 – „divlji“ put na području kampusa Borongaj [24]

Slika 21 Lokacija 7 – „divlji“ put na području kampusa Borongaj [24]

Slika 22 Lokacija 8 – „divlji“ put na području kampusa Borongaj [24]

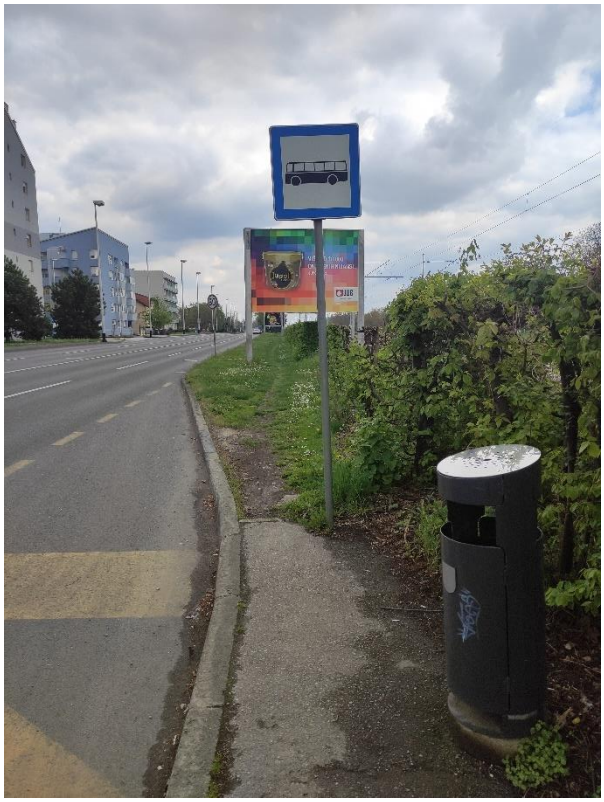
Slika 23 Lokacija 9 – „divlji“ uz pothodnik Maksimir [24]

Slika 24 Lokacija 10 – „divlji“ uz pothodnik Maksimir [24]

Slika 25 Lokacija 11 - „divlji“ put prema željezničkom stajalištu Maksimir [24]

Priložene fotografije ukazuju kako staze za kretanje od kampusa Borongaj do pothodnika Maksimir nisu adekvatna i namjenski izgrađena infrastruktura za kretanje pješaka i biciklista. Osim nedostatka asfaltirane površine za kretanje, područje kampusa specifično je po velikoj količini zelenih površina na kojima se vegetacija ne održava pravilo te je samim time i na taj način sigurnost pješaka i biciklista ugrožena. Na neprilagođenost infrastrukture potrebama korisnika ukazuje i velik broj tzv. „divljih“ puteva koji vode na mjesta tzv. „divljih“ prijelaza preko željezničke pruge. Jednako tako duž Branimirove ulice ne postoji pješačka niti biciklistička infrastruktura na što ukazuju fotografije u nastavku. Slikom 26 prikazane su lokacije na kojima su fotografirane Slike 27. do 33.. Za svoja kretanja najranjivije skupine sudionika u prometu koriste travnate površine između željezničke pruge i cestovne prometnice.

Slika 26 Lokacije fotografija uz željezničku prugu i Branimirovu ulicu u Zagrebu [17]



Slika 27 Lokacija 12 - „divlji“ put uz stajalište [24]

Slika 28 Lokacija 13 - „divlji“ prijelaz preko pruge[24]

Slika 29 Lokacija 14 - „divlji“ prijelaz preko željezničke pruge [24]

Slika 30 Lokacija 15 - „divlji“ prijelaz [24]

Slika 31 Lokacija 16 - „divlji“ prijelaz [24]

Slika 32 Lokacija 17 - „divlji“ prijelaz preko željezničke pruge [24]

Slika 33 Primjer nepropisnog prelaska preko željezničke pruge na lokaciji 18 [24]

Prometna infrastruktura za kretanje pješaka i biciklista od željezničke postaje Trnava do kampusa također nije prilagođena potrebama korisnika koji se njome kreću. Neki dijelovi puta nisu asfaltirani već improvizirane staze koje su svakodnevni prolaznici kreirali svojim svakodnevnim prolascima tim stazama (Slika 34). Na nedostatke postojeće infrastrukture ukazuju i Slike 35, 36 i 37 gdje je vidljivo kako mimoilaznu zaštitnu ogradu na pješačkim prijelazima preko pruge ne prati popratna ograda koja bi spriječila kretanje mimo mimoilazne zaštitne ograde.

Slika 34 Improvizirane staze u blizini kampusa Borongaj [24]

Slika 35 Kretanje uz mimoilaznu zaštitnu ogradu na prijelazu preko pruge - primjer 1 [24]

Slika 36 Kretanje uz mimoilaznu zaštitnu ogradu na prijelazu preko pruge - primjer 2 [24]

Slika 37 Kretanje uz mimoilaznu zaštitnu ogradu na prijelazu preko pruge - primjer 3 [24]

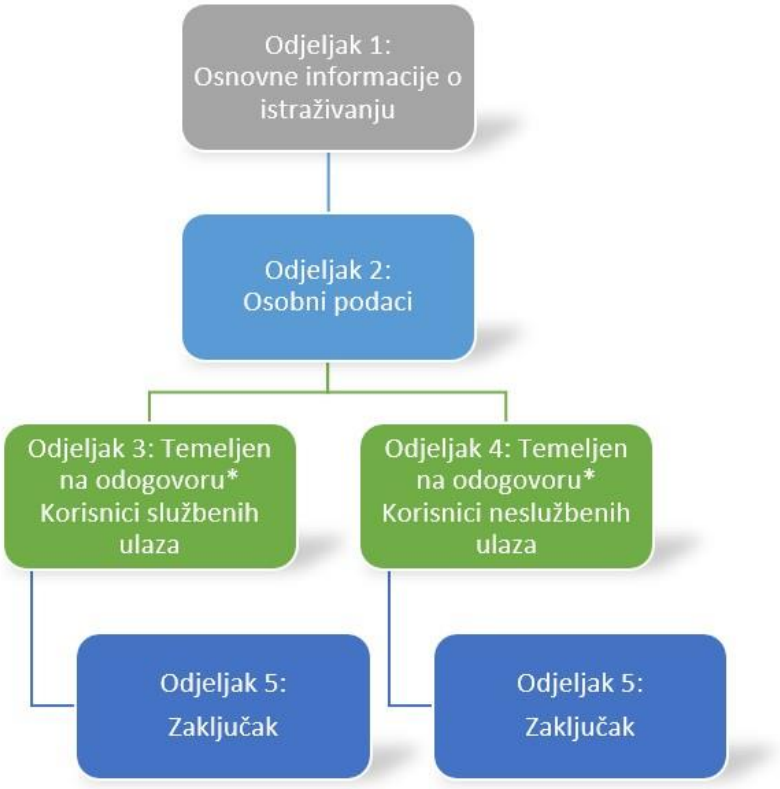
Prema podacima prikupljenima iz *HŽ Infrastrukture* u 2021. godini na lokaciji Zagreb Borongaj u 2021. prometovalo je 45.794 putnička i 1.472 teretna vlaka. Ukupni broj vlakova koji je u 2021. godini prometovao navedenom lokacijom iznosi 47.595 što u prosjeku iznosi 130 vlakova dnevno [1].

Kada je riječ o željezničkoj prometnoj infrastrukturi valja istaknuti kako u nju spada i tramvajski promet. Područjem kampusa direktno ne prolazi tramvajska linija međutim s obzirom na smještaj i prometnu potražnju, izgradnja tramvajske linije od okretišta Dubrava do okretišta Žitnjak uvelike bi doprinijela povezivanju između sjevernog i južnog dijela grada. Izgradnjom navedene linije, kampus bi se dodatno integrirao u prometnu mrežu grada Zagreba čime bi mobilnost svih studenata i djelatnika sa navedenog područja bila značajno unaprijeđena.

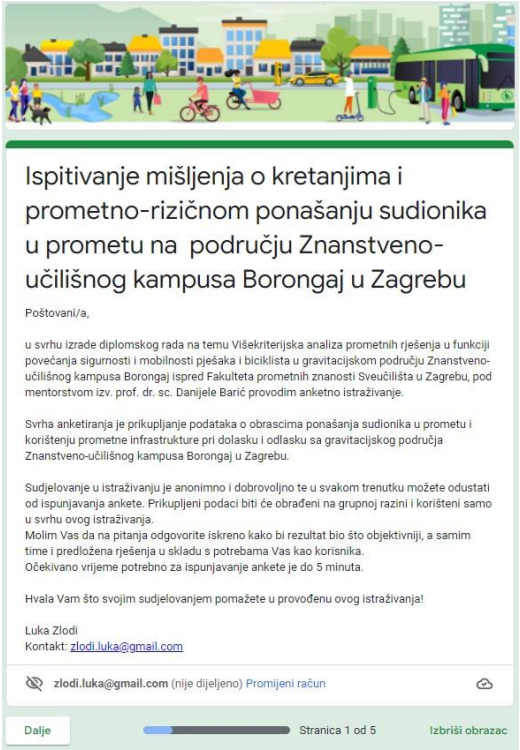
4.5. Analiza ispitivanja mišljenja korisnika Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj

Već ranije opisana metoda anketiranja (potpoglavlje 3.1) jedna je od najčešće korištenih metoda prikupljanja podataka potrebnih za analizu prilikom izrade prometnih rješenja. Kako bi se utvrdile potrebe korisnika prometne infrastrukture na području kampusa izrađen je anketni upitnik pod nazivom *Ispitivanje mišljenja o kretanjima i prometno-rizičnom ponašanju sudionika u prometu na području Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj u Zagrebu,* putem kojeg su anketirane osobe svojim odgovorima dobrovoljno dale svoj doprinos. Anketni upitnik sastavljen je većinom od pitanja zatvorenog tipa na koja su ispitanicima ponuđeni odgovori. Na neka od pitanja zatvorenog tipa ostavljena je mogućnost upisivanja vlastitog odgovora. Osim pitanja sa ponuđenim odgovorima u anketnom se upitniku nalaze po dva pitanja s ponuđenim intenzitetom odgovora te dva pitanja otvorenog tipa u koja ispitanici mogu upisati svoje dodatne prijedloge. Anketni upitnik kreiran je unutar Google obrazaca, a samo anketiranje provedeno je na sljedeća dva načina. Poveznica na anketu poslana je putem sustava Merlin svom nastavnom i nenastavnom osoblju kao i studentima Fakulteta prometnih znanosti, objavljena je na Instagram stranicama Studentskih zborova Fakulteta prometnih znanosti i Fakulteta hrvatskih studija, dok je studentima Edukacijsko-rehabilitacijskog fakulteta poslana e-poštom. Osim slanja poveznice na anketu, 2. svibnja 2022. godine studenti prve diplomskog studija cestovnog prometa u sklopu kolegija *Modeliranje i planiranje u cestovnom prometu*, pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Danijele Barić, proveli su terensko ispitivanje intervjuiranjem „lice u lice“. U vremenskom periodu od 14:30 sati do 15:30 obavljeno je 120 anketa na gravitacijskom području kampusa Borongaj.

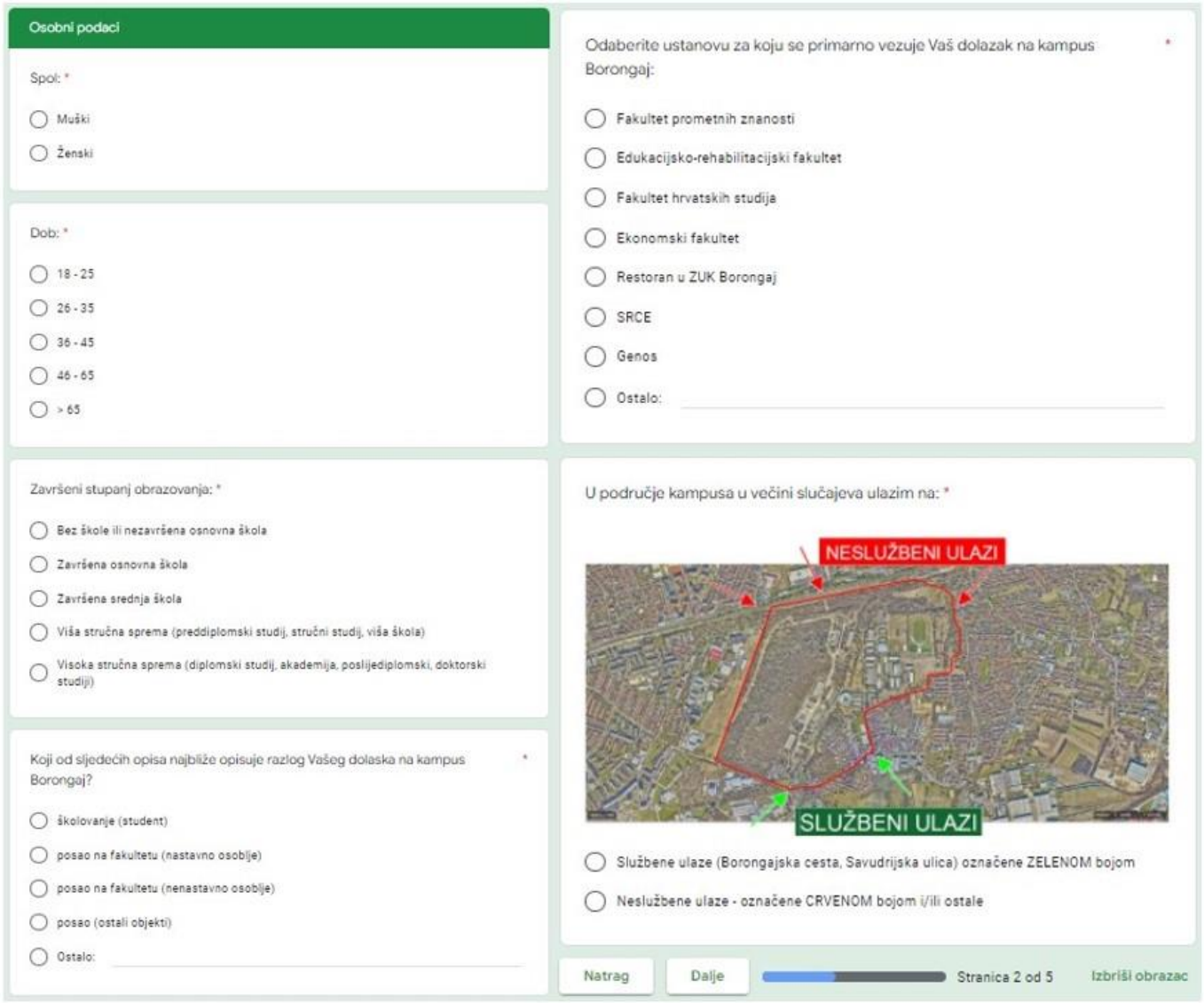
Pitanja postavljena u anketnom upitniku prikazana su Slikama 39-43 u nastavku, a struktura samog upitnika prikazana je Slikom 38.



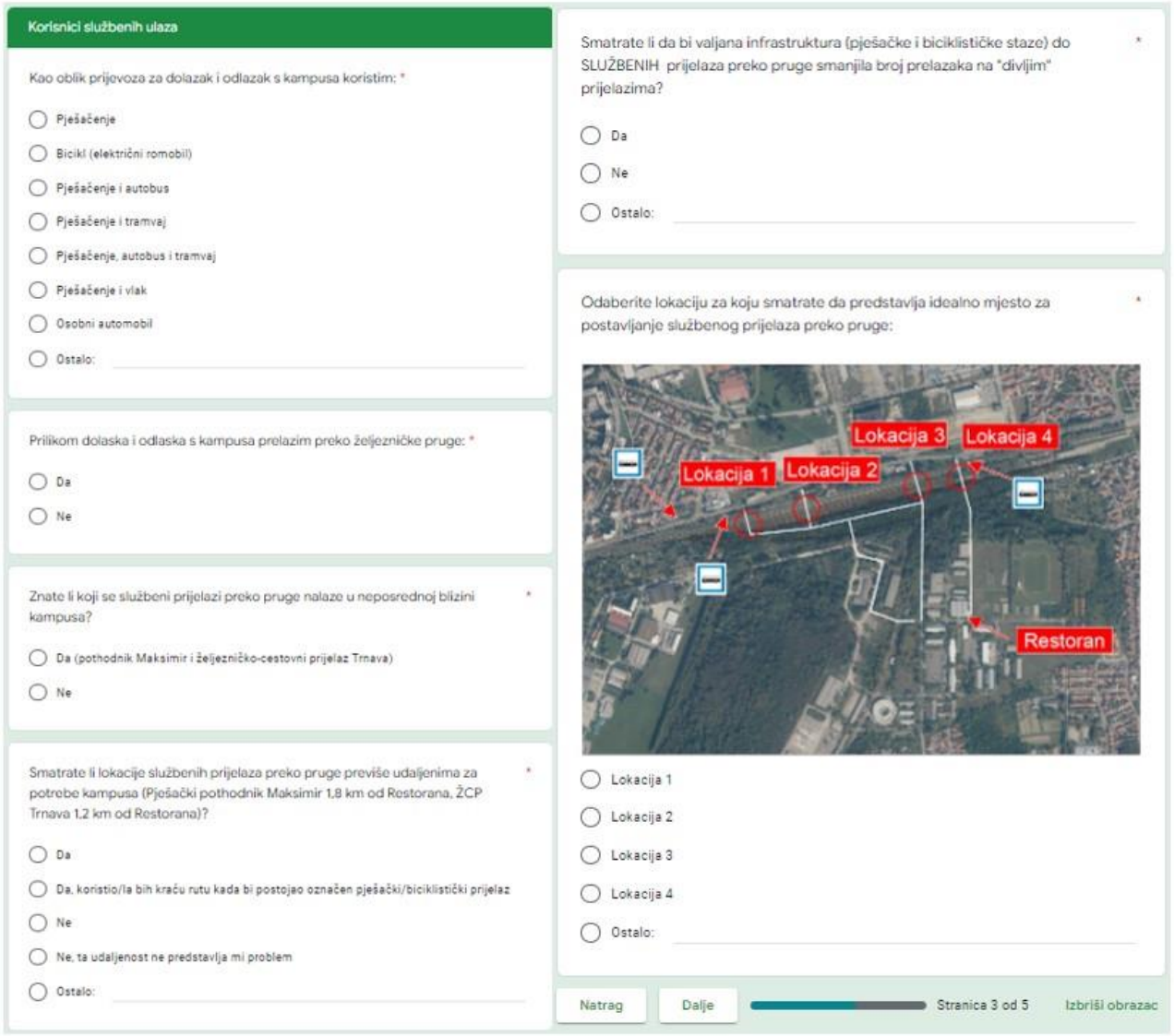
Slika 38 Prikaz strukture anketnog upitnika



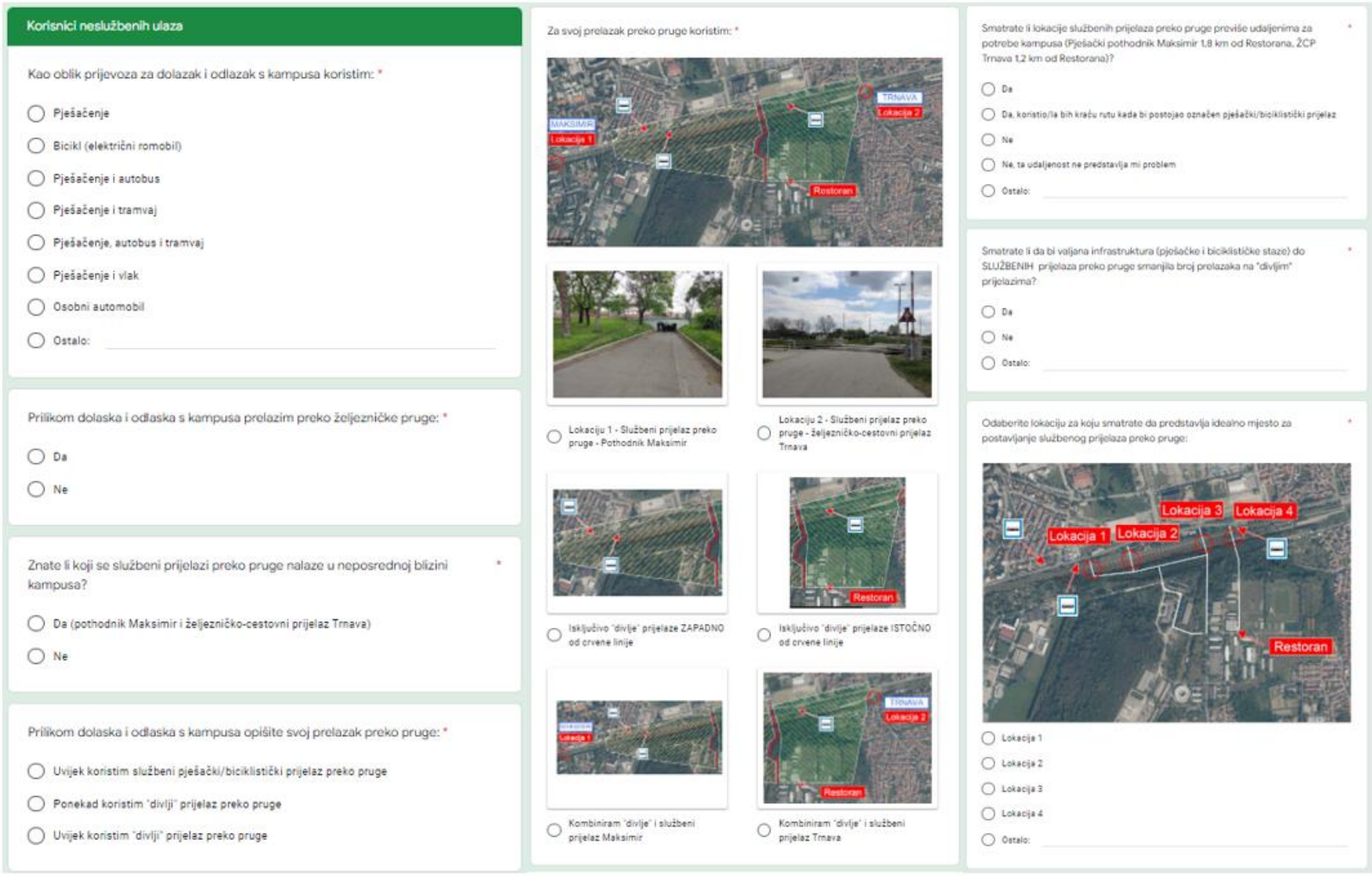
Slika 39 Uvodni odjeljak (1) anketnog upitnika [25]



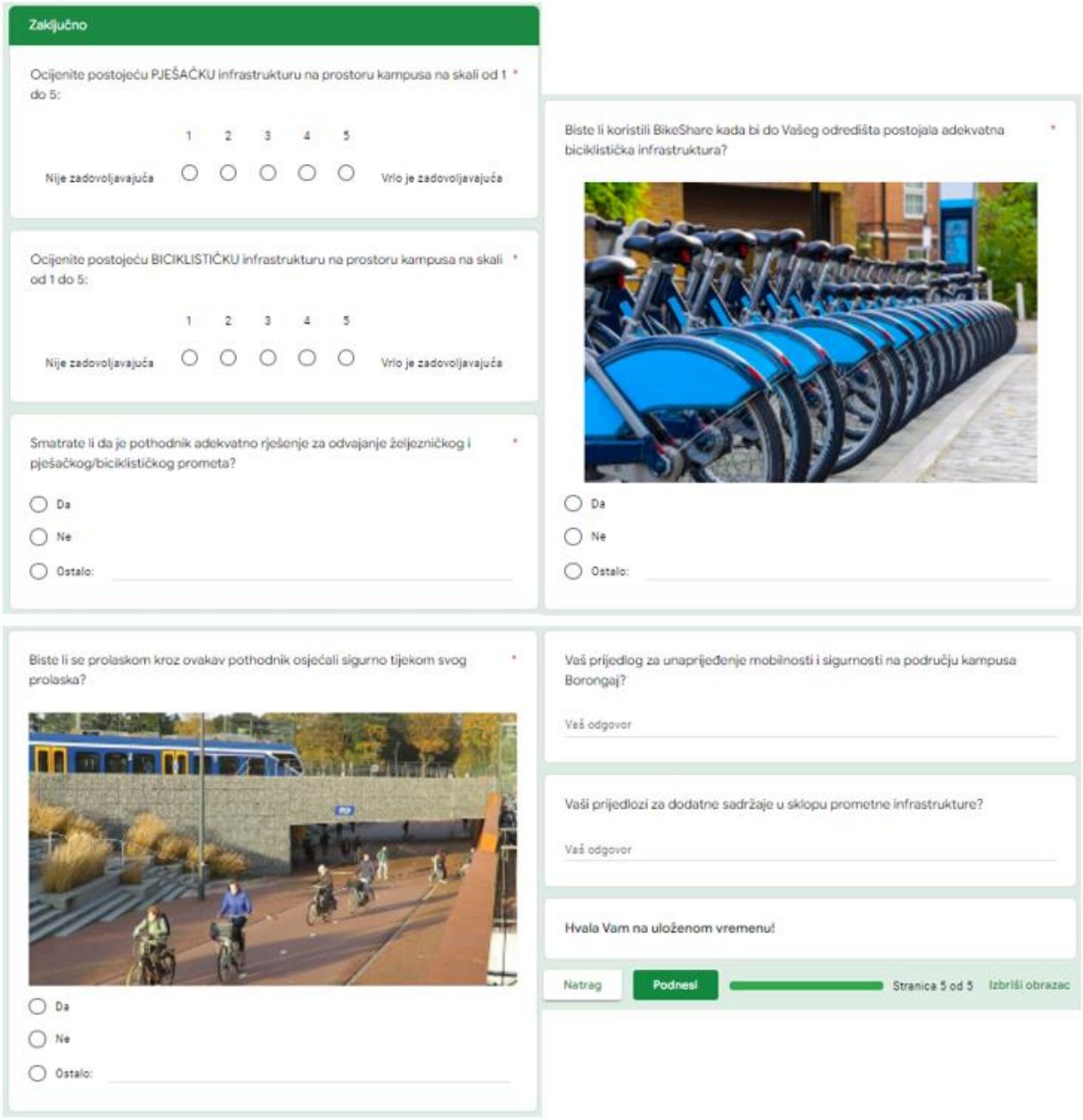
Slika 40 Odjeljak (2) sa osobnim podacima [25]



Slika 41 Odjeljak (3) prilagođen korisnicima službenih ulaza u kampus [25]

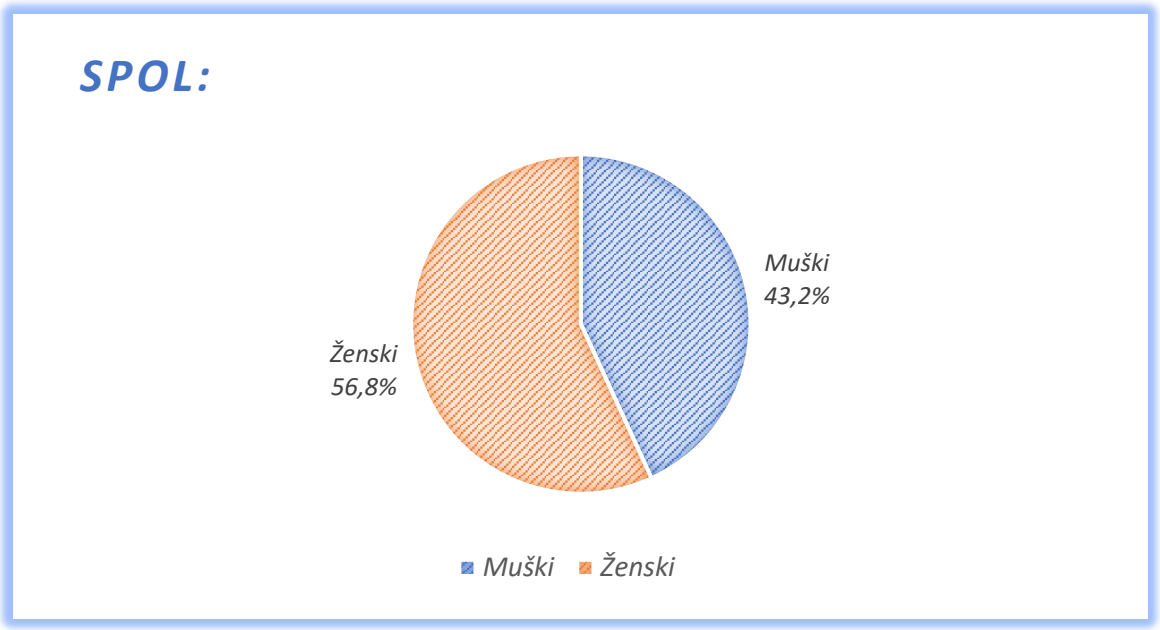


Slika 42 Odjeljak (4) prilagođen korisnicima neslužbenih ulaza u kampus [25]



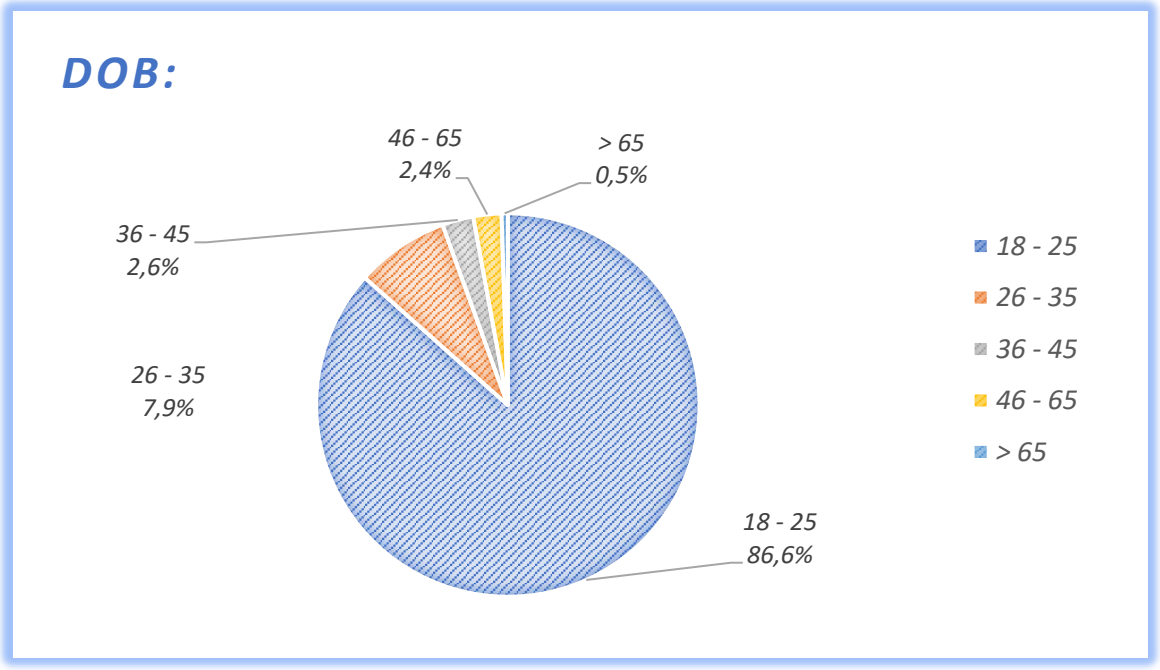
Slika 43 Odjeljak (5) zaključna pitanja [25]

U periodu od 25. travnja do 12. travnja anketni upitnik popunilo je 380 ispitanika. Od ukupnog broja ispitanika 56,8% ženskog je spola tj. 216 osoba, dok je preostalih 43,2% muškog spola odnosno 164 osobe (Grafikon 1) [25].



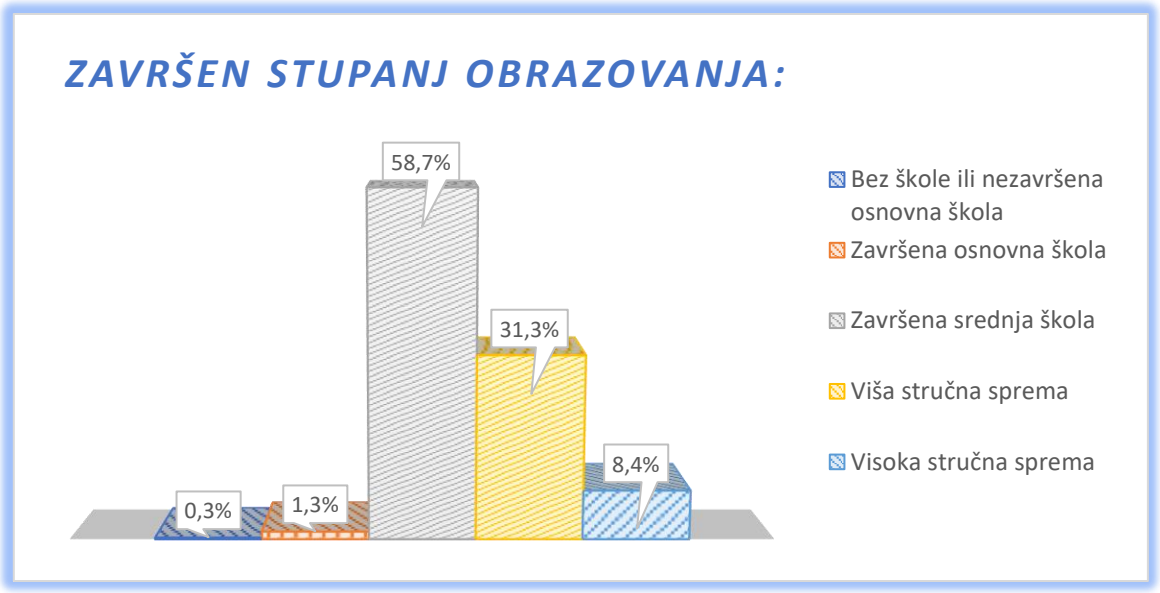
Grafikon 1 Struktura ispitanika prema spolu [25]

Analizirajući dobnu strukturu, Grafikon 2 prikazuje je kako je 86,6% ispitanika životne dobi između 18 i 25 godina, 7,9 % u dobi od 26 do 35, 2,6 % u dobi od 36-45, 2,4% u dobi od 46-65 godina te 0,5% u dobi starijoj od 65 godina. S obzirom da je riječ o području kojim najvećim dijelom gravitiraju studenti ovakva je dobna struktura očekivana na ovom prostoru [25].



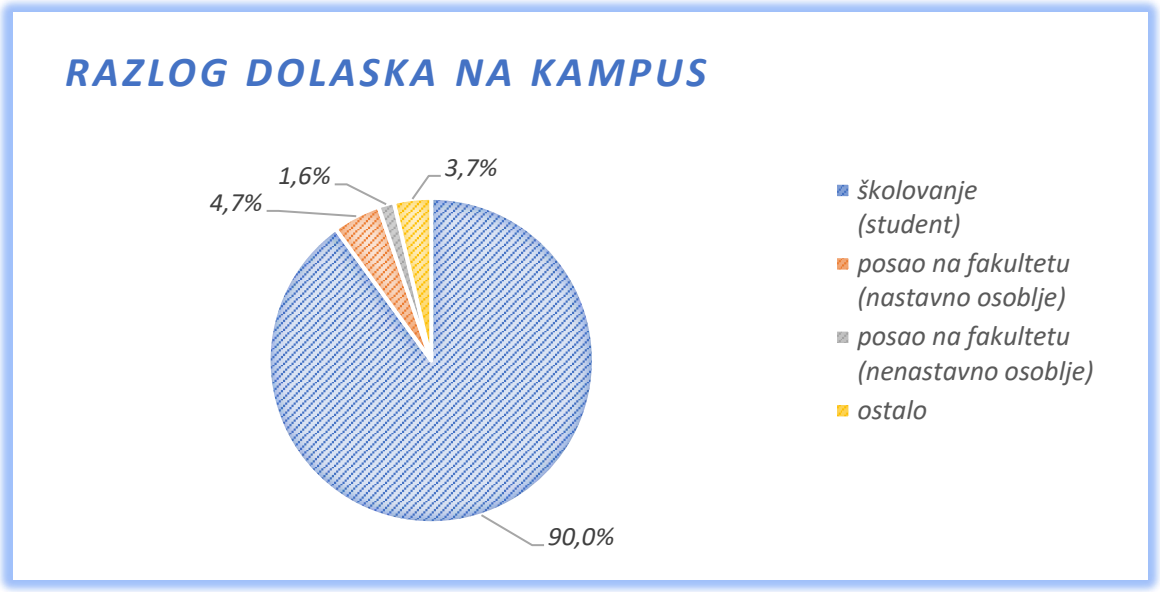
Grafikon 2 Struktura ispitanika s obzirom na dob [25]

Na pitanje o završenom stupnju obrazovanja 56,7% korisnika dalo je odgovor kako ima završenu srednju školu, 31,3% posjeduje višu stručnu spremu, njih 8,4% visoku, dok je 1,6% preostalih u kategoriji završenog ili nezavršenog osnovnog obrazovanja (Grafikon 3) [25].



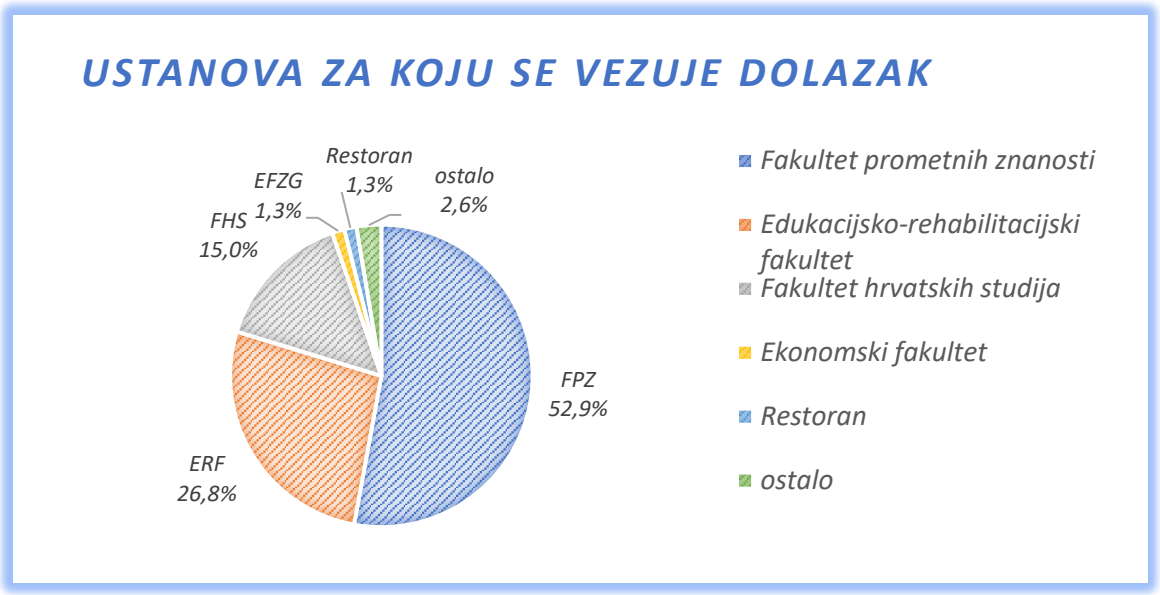
Grafikon 3 Završen stupanj obrazovanja ispitanika [25]

Razlozi dolazaka na kampus Borongaj kod 90,0% ispitanika vezani su za školovanje na nekim od fakulteta čije se ustanove tamo nalaze, 4,7% ispitanika nastavno je osoblje na fakultetu, 1,6 % spada u nenastavno osoblje, dok je preostali broj vezan za rekreativne svrhe ili posjetu restoranu „Borongaj“ (Grafikon 4) [25].



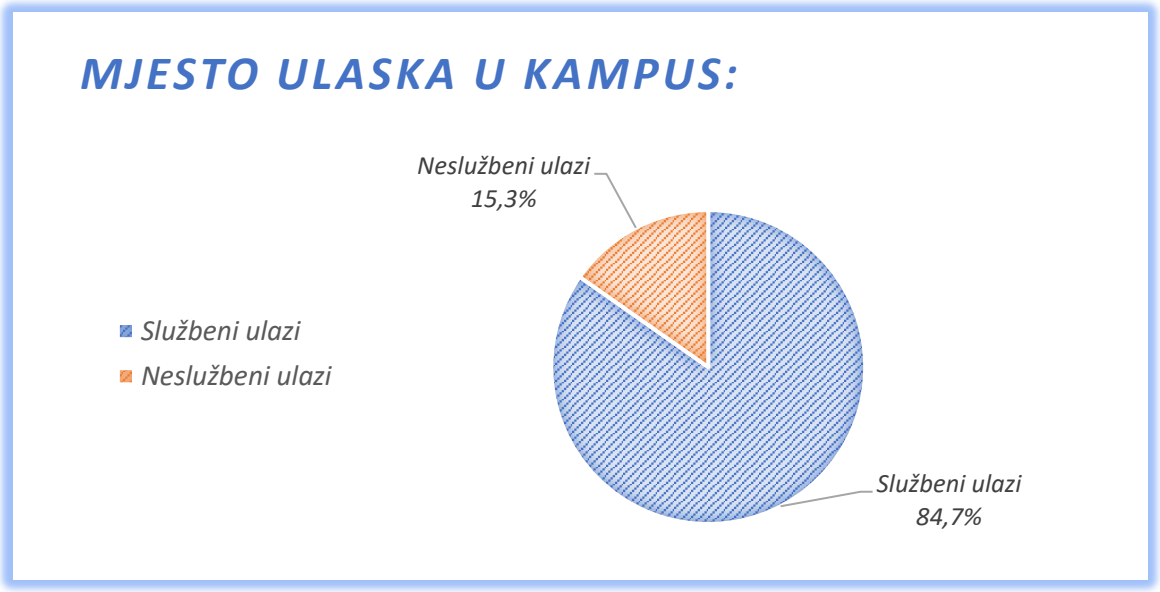
Grafikon 4 Razlozi dolazaka na kampus Borongaj [25]

Više od polovice ispitanika koje je sudjelovalo u anketnom ispitivanju svoj dolazak vezuje za Fakultet prometnih znanosti. njih 52,9%, njih 26,8% za Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet, 15,0% za Fakultet hrvatskih studija, 1,3% za Ekonomski dok je ostatak vezan za restoran i ostale objekte (Grafikon 5) [25].



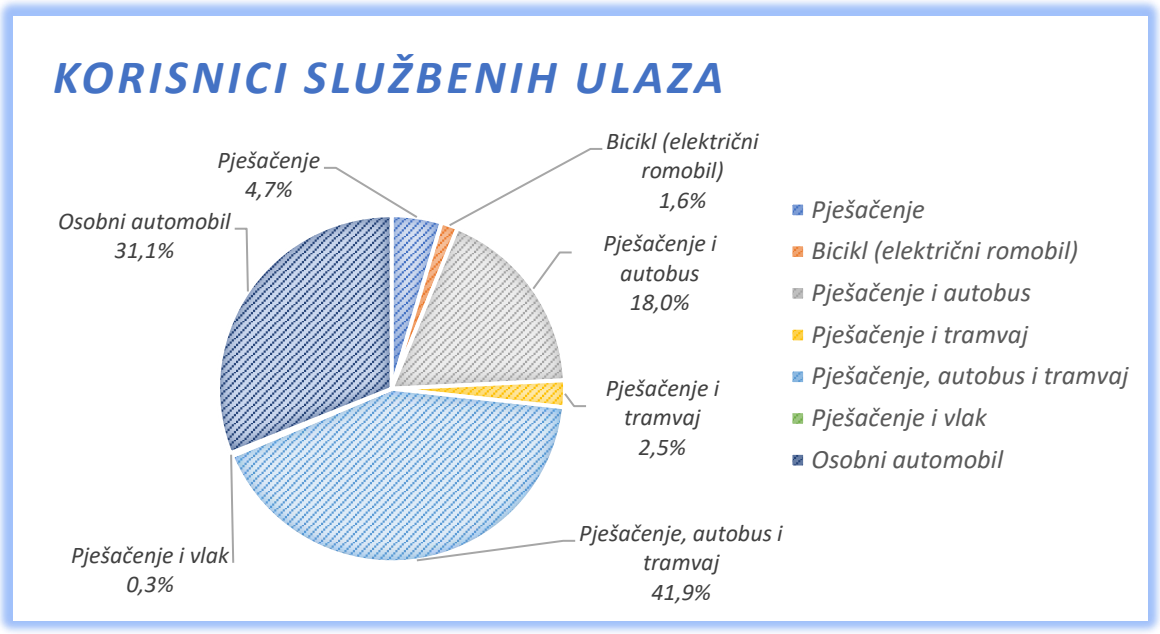
Grafikon 5 Ustanova za koju se veže dolazak ispitanika na područje kampusa Borongaj [25]

Na službene ulaze u ulicama Borongajska cesta i Savudrijska ulica ulazi 84,7 % ispitanika dok ostalih 15,3 % koristi neke od neslužbenih ulaza na sjevernom dijelu kampusa. Njihov omjer prikazan je Grafikonom 6 [25].

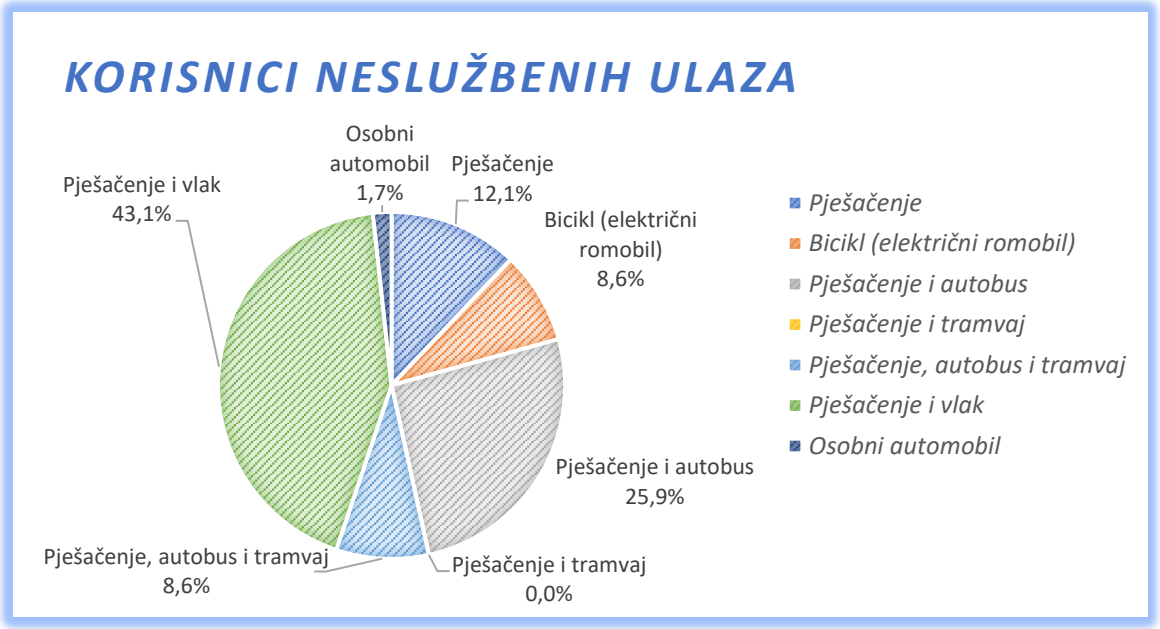


Grafikon 6 Raspodjela ispitanika s obzirom na mjesto ulaska u kampus [25]

Nakon osobnih podataka prikupljenih u Odjeljku 2, odgovori o načinu dolaska na kampus korisnika službenih prijelaza prikazani su Grafikonom 7 dok su odgovori korisnika neslužbenih prijelaza prikazani Grafikonom 8. Vidljivo je kako je kod službenih prijelaza najveća zastupljenost skupine koja koristi tramvaj, autobus i pješači u omjeru od 41,9 % ukupnih odgovora dok je kod neslužbenih najzastupljenija skupina onih koji za svoj dolazak koriste vlak i pješače (43,1%) [25].

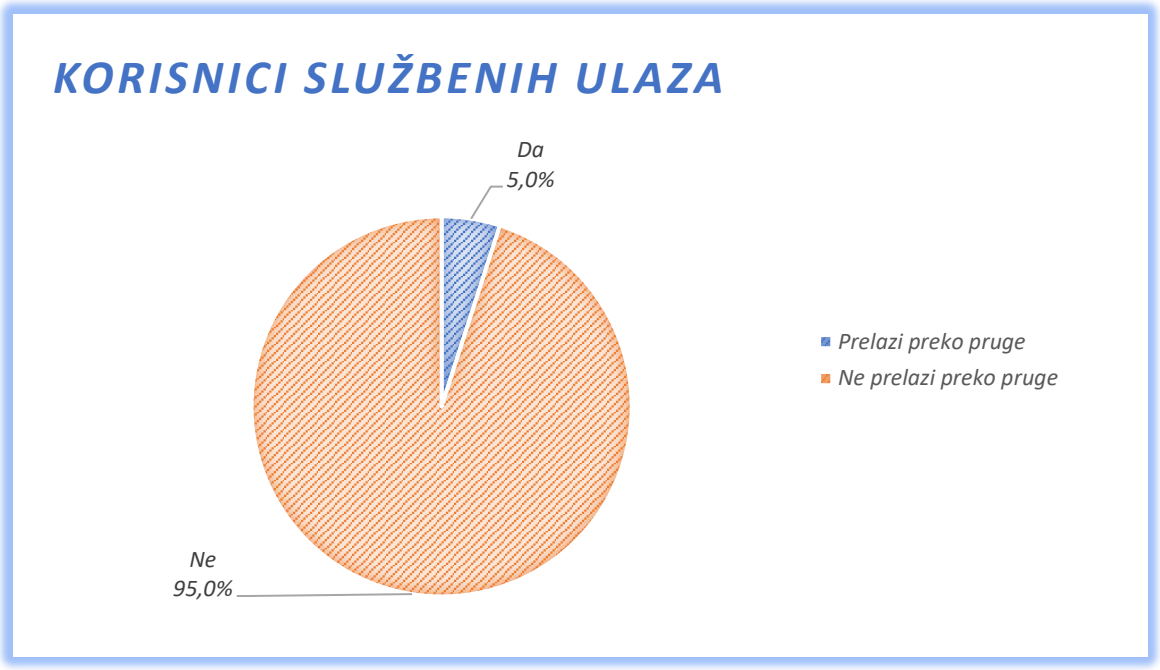


Grafikon 7 Prikaz načina dolazaka korisnika službenih ulaza u kampus Borongaj [25]

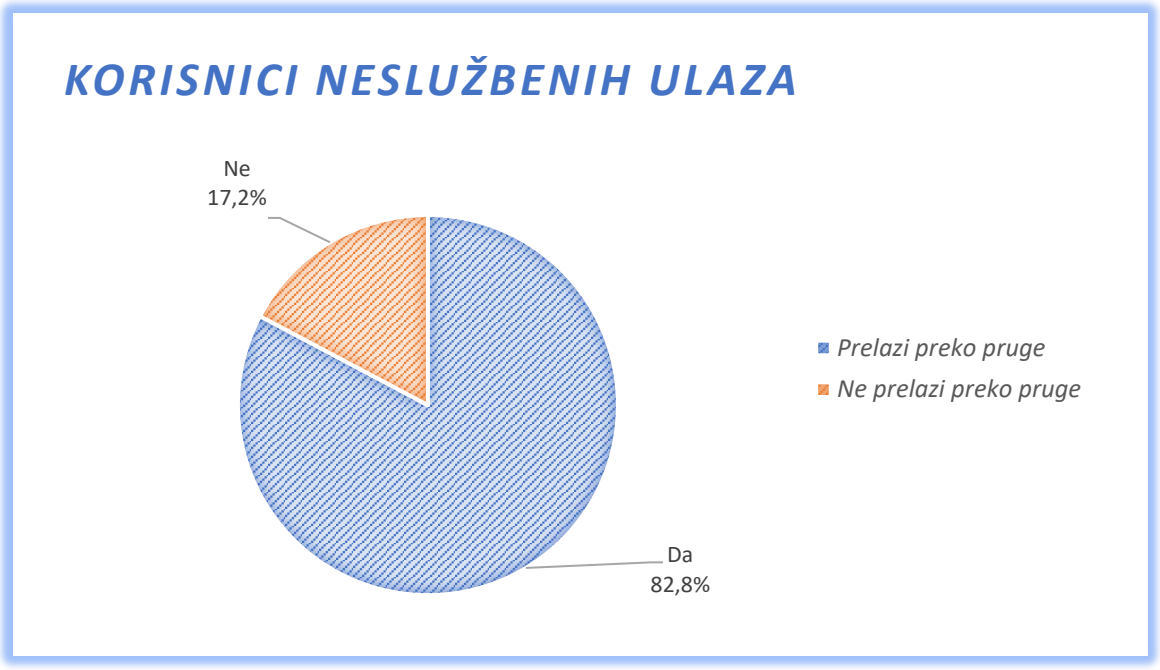


Grafikon 8 Prikaz načina dolazaka korisnika neslužbenih ulaza u kampus Borongaj [25]

Prilikom svojeg dolaska 95,0% korisnika službenih ulaza ne prelazi preko željezničke pruge (Grafikon 9), dok kod neslužbenih ulaza taj iznos 17,2%. Tijekom svojeg dolaska, 82,8% korisnika neslužbenih ulaza prelazi preko željezničke pruge (Grafikon 10) što govori o velikom broju korisnika koji od kampusa do željezničkih prijelaza nemaju adekvatnu infrastrukturu koja bi im omogućila sigurno kretanje [25].

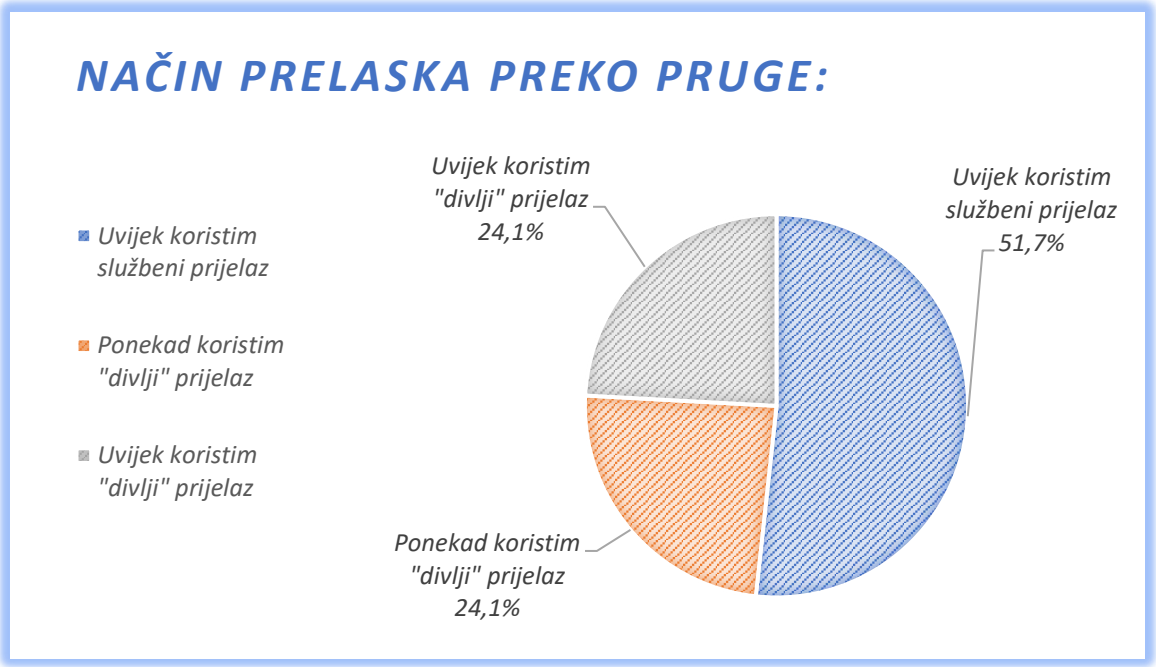


Grafikon 9 Prikaz udjela prelazaka preko željezničke pruge kod službenih ulaza [25]



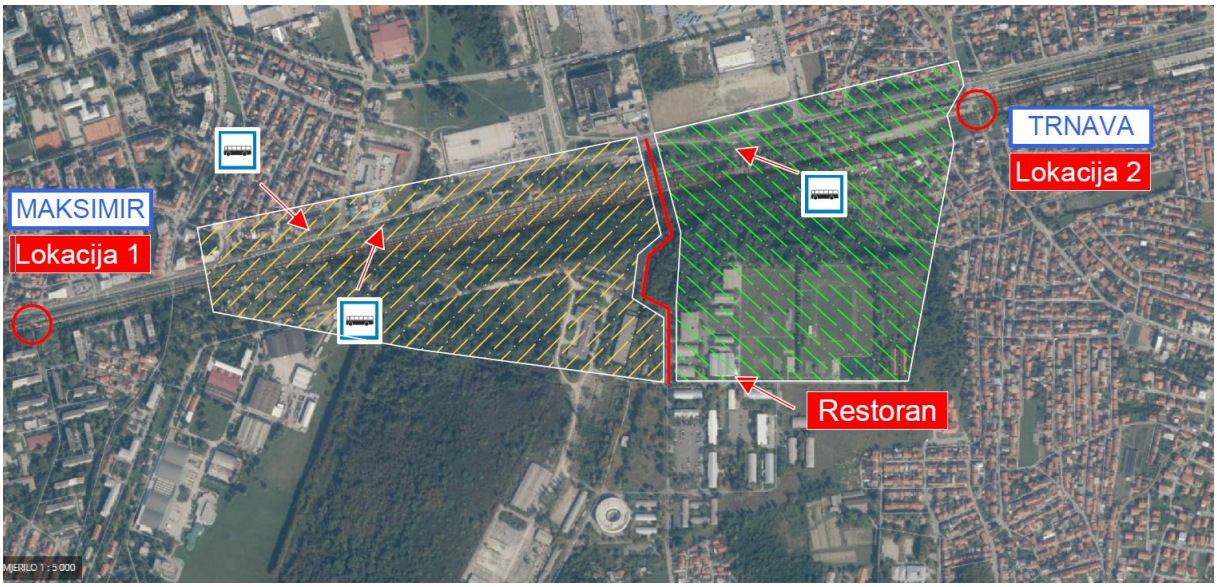
Grafikon 10 Prikaz udjela prelazaka preko željezničke pruge kod neslužbenih ulaza [25]

Na pitanje znaju li koji se službeni prijelazi preko pruge nalaze u blizini kampusa, 51,9% korisnika službenih ulaza odgovorilo je kako ne zna, dok je 48,1% njih upoznato s njima. Kod korisnika neslužbenih ulaza njih 17,2% nije upoznato sa službenih prijelazima dok većina (82,8%) poznaje koji su službeni željezničko cestovni prijelazi u blizini, međutim 24,1% njih uvijek koristi „divlji“ prijelaz preko željezničke pruge. Iako se većina (51,7%) korisnika izjasnilo kako uvijek koristi službeni prijelaz, njih 24,1% ponekad koristi „divlje“ prijelaze, što govori kako skoro 50,0% svih ispitanika koji koriste neslužbene ulaze u kampus krše prometne propise i ugrožavaju vlastitu sigurnost (Grafikon 11) [25].

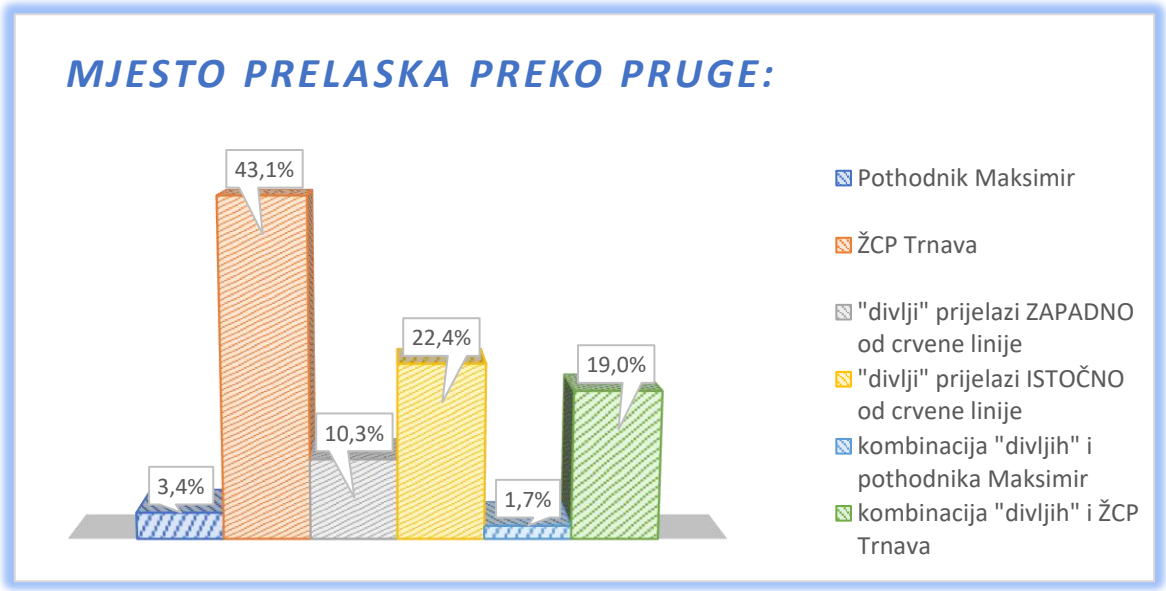


Grafikon 11 Način prelaska preko željezničke pruge [25]

Mjesto svog prelaska preko željezničke pruge ispitanici su označili odgovorima prikazanima Grafikonom 12. Za svoj prelazak preko pruge najveći broj koristi službeni željezničko-cestovni prijelaz Trnava, zatim 22,4% njih koristi isključivo „divlje“ prijelaze između crvene linije prikazane Slikom 44 i prijelaza Trnava. Njih 19,0% kombinira „divlje“ prijelaze i službeni prijelaz Trnava dok preostali koriste lokaciju pothodnika Maksimir ili „divlje“ prijelaze zapadno od crvene linije [25].

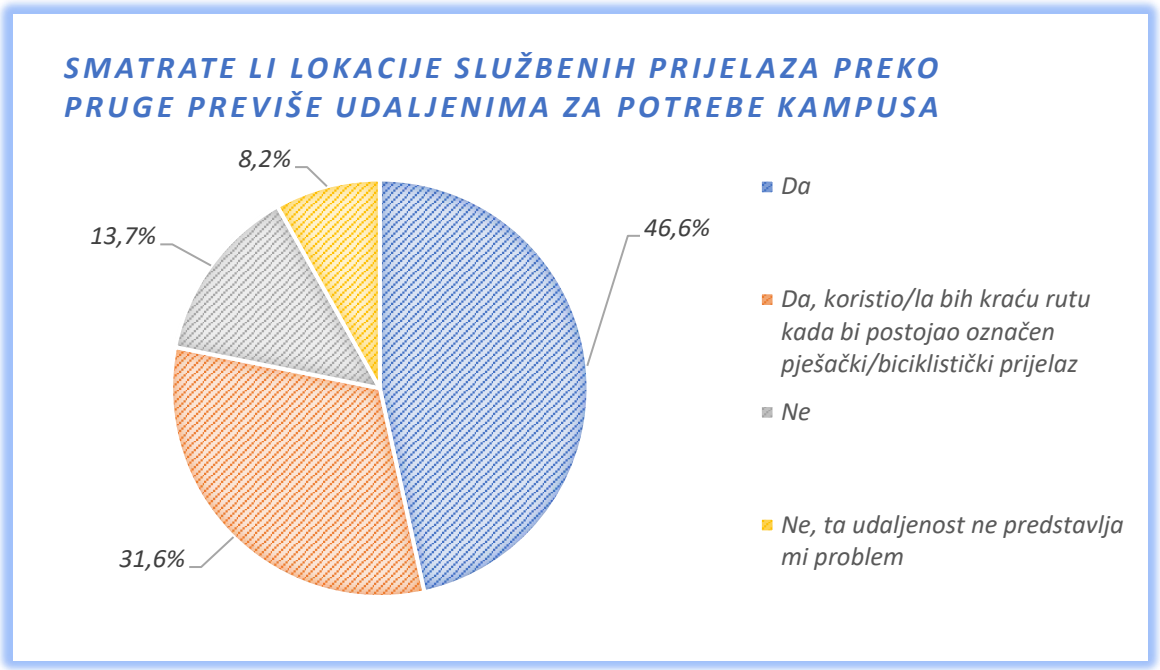


Slika 44 Podloga pitanju o mjestu prelaske preko željezničke pruge [25]



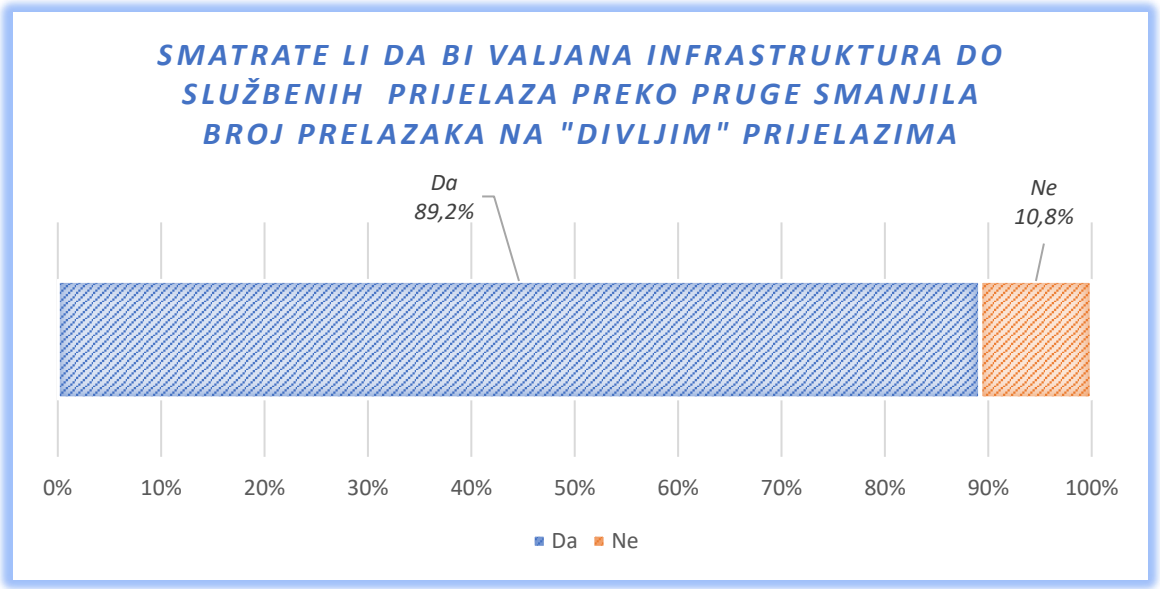
Grafikon 12 Mjesto prelaska preko željezničke pruge [25]

Na pitanje *„Smatrate li lokacije službenih prijelaza preko pruge previše udaljenima za potrebe kampusa (Pješački pothodnik Maksimir 1,8 km od Restorana, ŽCP Trnava 1,2 km od Restorana)?“* 78,2% ukupnih ispitanika odgovorilo je kako lokacije službenih prijelaza preko željezničke pruge smatra previše udaljenima za potrebe korisnika kampusa. Među njima se 40,0% izjasnilo kako bi koristilo kraću rutu kada bi ona postojala. Preostalih 21,8% njih udaljenost ne predstavlja problem (Grafikon 13) [25].



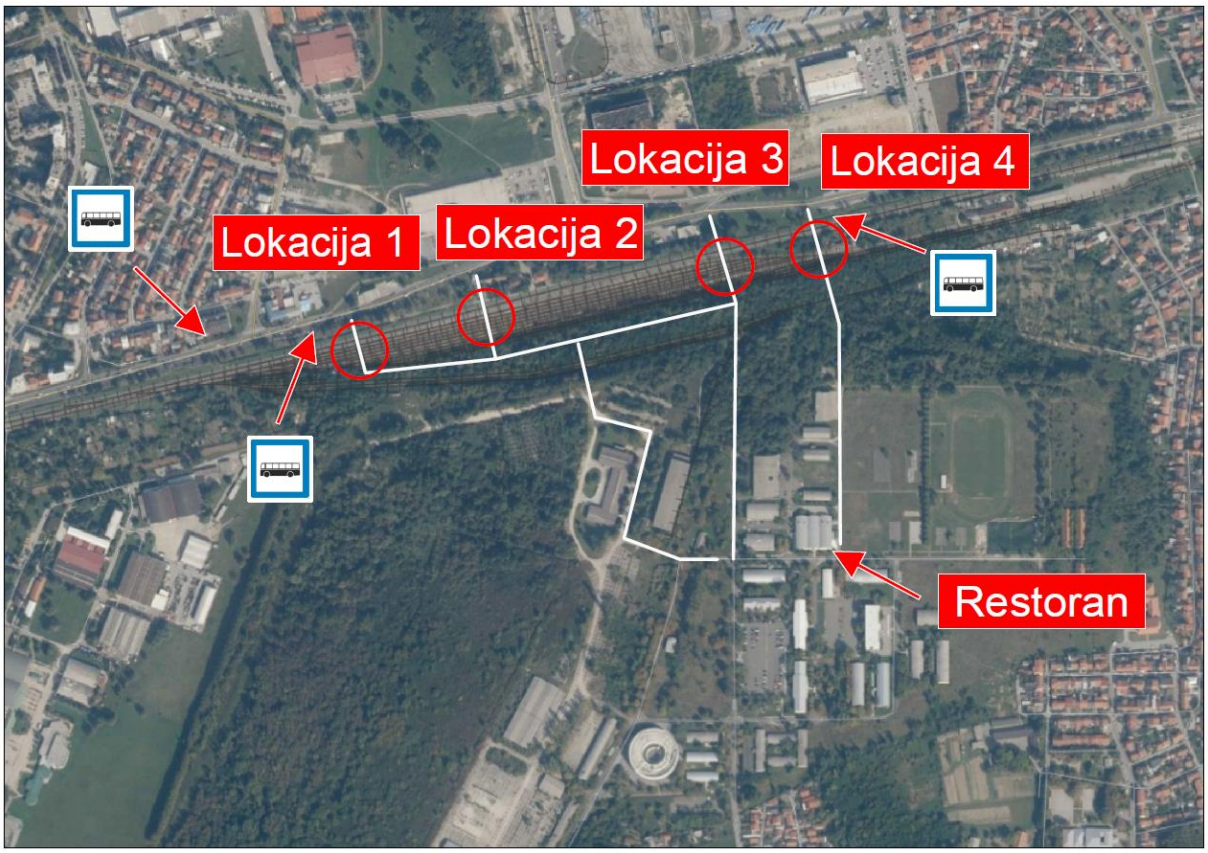
Grafikon 13 Odgovori na pitanje o udaljenosti lokacija službenih prijelaza preko pruge i kampusa [25]

Najveći dio ispitanika, 89,2%, smatra kako bi valjana pješačka i biciklistička infrastruktura do službenih prijelaza preko željezničke pruge smanjila broj korištenja „divljih“ prijelaza. Njih 10,8 % suprotnog su mišljenja i njihov omjer prikazan je Grafikonom 14 [25].

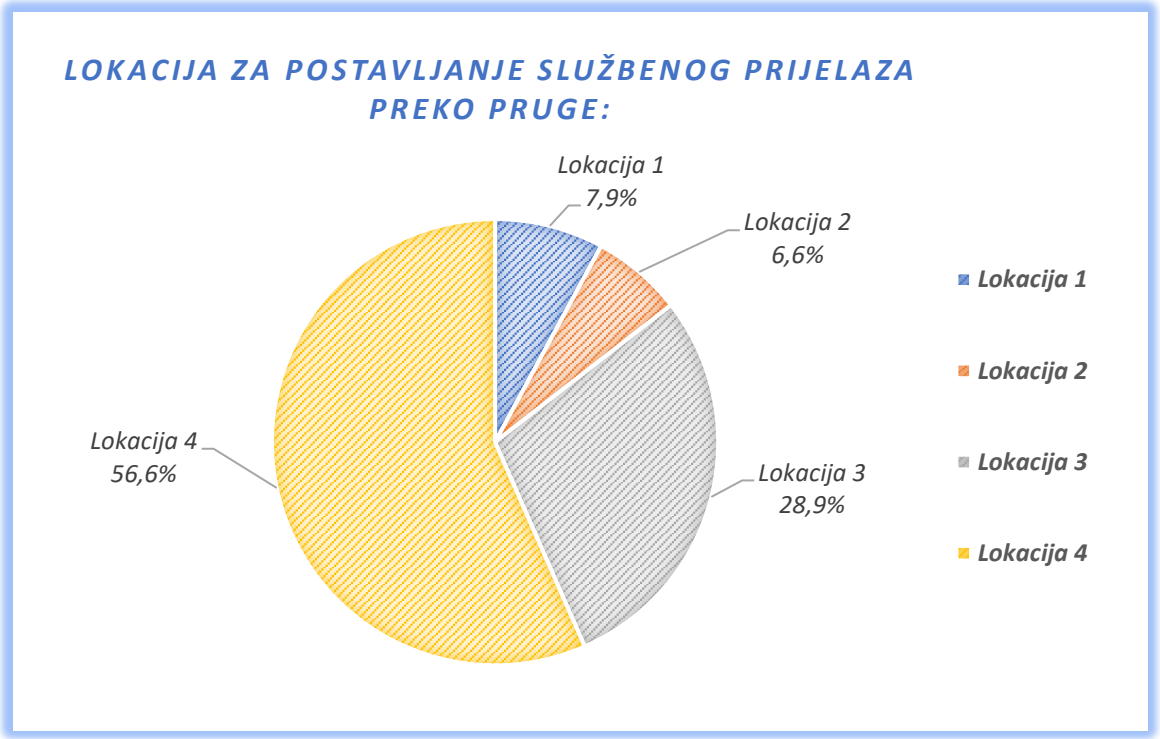


Grafikon 14 Mišljenje o svrsi infrastrukture do službenih prijelaza preko pruge [25]

Kao potencijalno najbolje mjesto za smještaj službenog prijelaza preko željezničke pruge ispitanici su odabrali Lokaciju 4 sa 56,6%, zatim Lokaciju 3 sa 27,9% dok su lokacije zapadnije od prethodno navedenih odabrane u nešto manjem omjeru (Slika 45) (Grafikon 15).

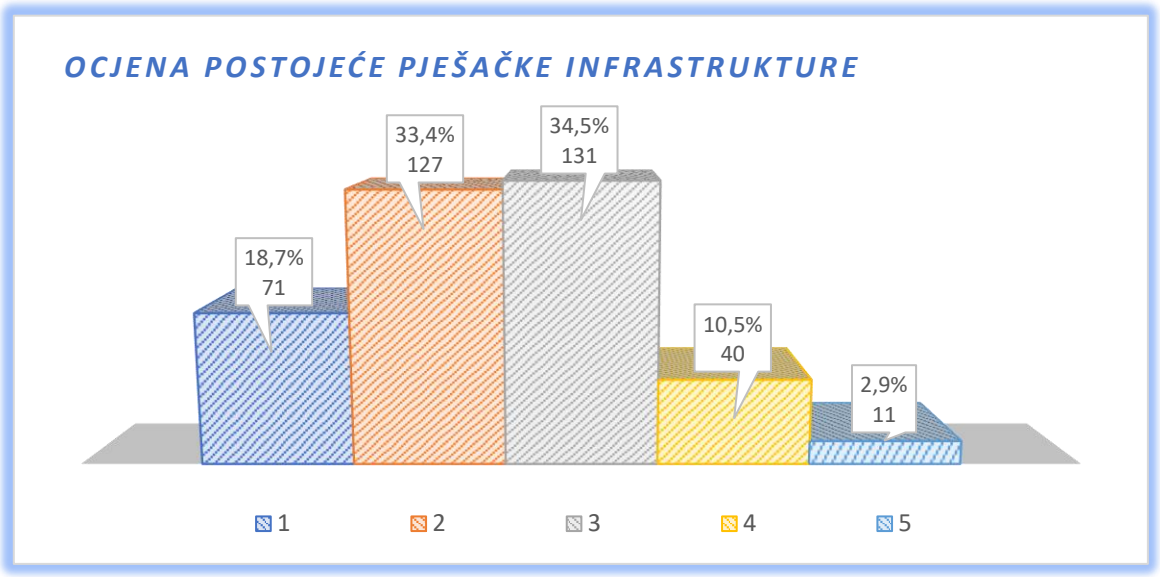


Slika 45 Prijedlog lokacija za smještaj prijelaza preko željezničke pruge [25]



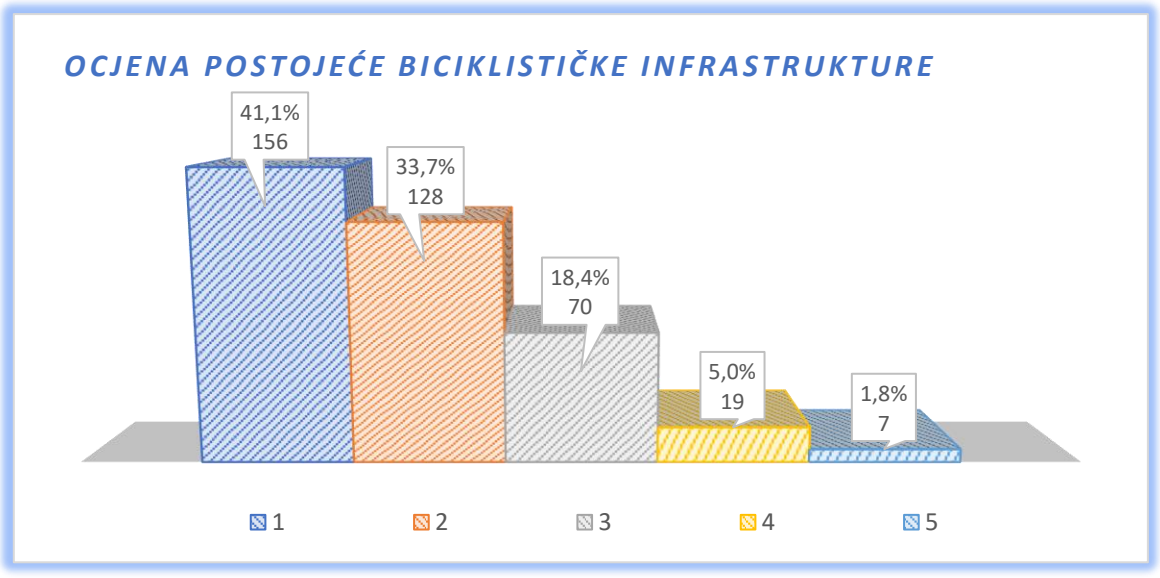
Grafikon 15 Lokacija za postavljanje službenog prijelaza preko pruge [25]

U zaključnom odjeljku od ispitanika se tražilo da ocijene postojeću pješačku infrastrukturu na prostoru kampusa ocjenama od 1 do 5, gdje ocjena 1 predstavlja nezadovoljavajući stanje, a ocjena 5 zadovoljavajuće. Većina ispitanika za postojeću je infrastrukturu dala ocjenu 3, 2 i 1. Njih 13,4% na navedeno pitanje dalo je ocjenu 4 ili 5. Grafikonom 16 prikazan je broj odgovora na postavljeno pitanje te postotak od ukupnog broja odgovora [25].



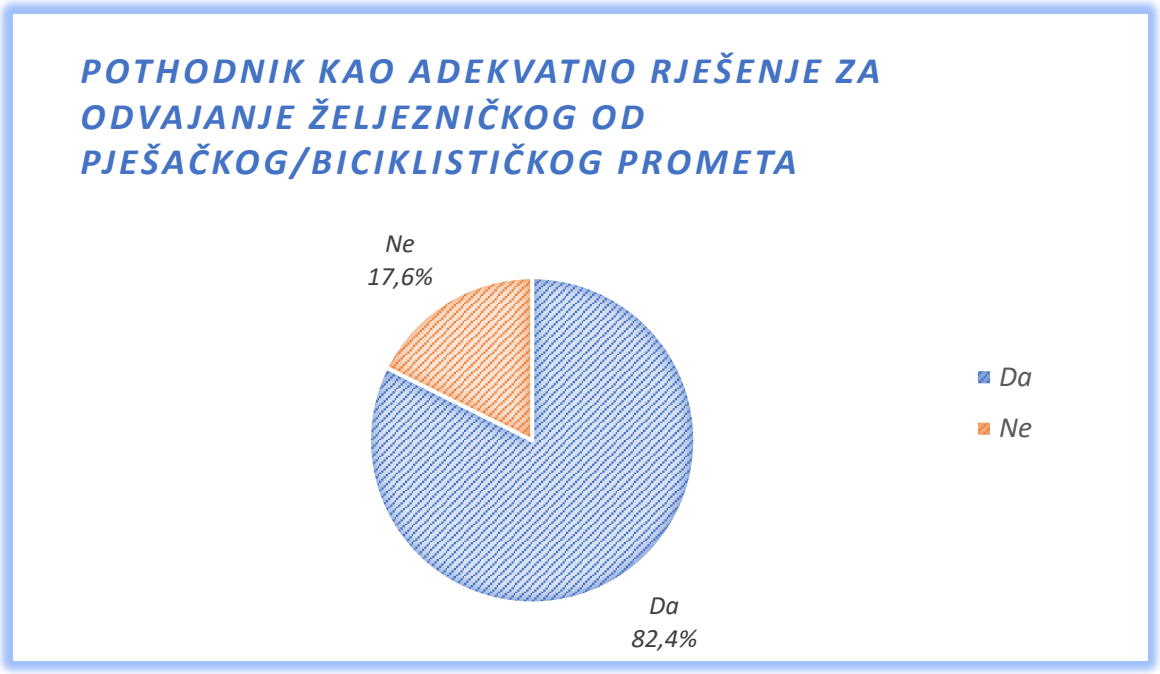
Grafikon 16 Ocjena postojeće pješačke infrastrukture [25]

Na isti način ispitano je mišljenje o postojećoj biciklističkoj infrastrukturi te su rezultati prikazani Grafikonom 17 [25].



Grafikon 17 Ocjena postojeće biciklističke infrastrukture [25]

Na pitanje *„Smatrate li da je pothodnik adekvatno rješenje za odvajanje željezničkog i pješačkog/biciklističkog prometa?“* 82,4% ispitanika dalo je potvrdan odgovor, dok se 17,6% ne slaže s tom tvrdnjom (Grafikon 18) [25].



Grafikon 18 Mišljenje o pothodniku kao adekvatnom rješenju za odvajanje dvaju prometnih tokova [25]

Ispitanici su kao glavne razloge zbog kojih ne koriste ili ne bi koristili pothodnik za prelazak preko pruge naveli zato jer su [25]:

- mračni (43,9% ukupnih odgovora)
- nepristupačni (43,7% ukupnih odgovora)
- ne postoji video nadzor (43,4% ukupnih odgovora)
- prljavi su (31,8% ukupnih odgovora)

Međutim na Sliku 46 prikazanu u anketnom upitniku, njih 97,1% odgovorilo je potvrdnim odgovorom na pitanje *„Biste li se prolaskom kroz ovakav pothodnik osjećali sigurno tijekom svog prolaska?“*, a samo 2,9% njih odgovorilo je kako se ne bi osjećalo sigurno prolaskom kroz ovakav pothodnik [25].

Slika 46 Primjer pješačko-biciklističkog pothodnika izgrađenog u Nizozemskoj [26]

Ispitanicima je postavljeno pitanje *„Biste li koristili BikeShare kada bi do Vašeg odredišta postojala adekvatna biciklistička infrastruktura?“* na koje je 56,0% njih odgovorilo kako bi koristilo mogućnost koju omogućuje BikeShare platforma, dok njih 44,0% ne bi koristilo tu opciju za povećanje svoje mobilnosti [25].

Na kraju anketnog upitnika ostavljen je prostor u kojem su ispitanici mogli otvoreno napisati prijedloge za unaprjeđenje mobilnosti i sigurnosti na području kampusa te su neki od konstruktivnih odgovora prikazani Tablicom 2 u nastavku [25].

Tablica 2 Prijedlozi za unaprjeđenje mobilnosti i sigurnosti na području kampusa [25]

Povećanje kvalitete infrastrukture i povezanosti javnog gradskog prometa sa kampusom.
Uređenje pješačkih i biciklističkih staza na cijelom području kampusa.
Označavanje kampusa zonom kretanja brzinama do 30 km/h.
Uređenje okoliša na cijelom području kampusa naročito uz pješačke i biciklističke staze.
Postavljanje rasvjete svim putevima na prostoru kampusa.
Postavljanje BikeShare punktova na željezničke stanice i ispred fakultetskih objekata.
Izgradnja pothodnika između dva postojeća stajališta Maksimir i Trnava.
Osigurati prijelaz preko pruge koji kreće od autobusne stanice Štefanovečka te riješiti pitanje nezbrinutih ostataka stare pruge na istom području kao i pitanje sigurnosti (od strujnog udara i sl.)

Prijedlozi dodatnih sadržaja u sklopu prometne infrastrukture koje su dali ispitanici na posljednjem pitanju navedeni su Tablicom 3 [25].

Tablica 3 Prijedlozi za dodatne sadržaje u sklopu prometne infrastrukture [25]

Pametna rasvjeta
Ostvarivanje popusta "iksicom" za korištenje BikeShare-a
Punionica za električna vozila
Znakovi opasnosti i upozorenja na putevima prema željezničkoj pruzi
Street workout parkovi
Pametne klupe uz pješačke staze

4.6. Analiza intenziteta i distribucije prometnih tokova

U cilju prikupljanja podataka o načinu korištenja željezničko-cestovnih prijelaza na gravitacijskom području kampusa Borongaj obavljeno je brojanje i promatranje prometa na željezničko-cestovnom prijelazu Trnava. Ručno brojanje prometa obavljeno je u karakterističnom danu u tjednu (četvrtak), 2. lipnja 2022. godine, a obuhvatilo je motorizirani i nemotorizirani promet preko navedenog prijelaza. Vremenski intervali u kojima je obavljeno brojanje su:

- od 07:00 do 08:00 sati;
- od 08:00 do 09:00 sati;
- od 11:00 do 12:00 sati;
- od 12:00 do 13:00 sati;
- od 15:00 do 16:00 sati;
- od 16:00 do 17:00 sati.

Periodi brojanja prometa od 7 do 9 sati i od 15 do 17 sati predstavljaju sate sa vršnim opterećenjem prometnih tokova dok su rezultati brojanja od 11 do 13 sati odraz izvan vršnog opterećenja.

S obzirom da se radi o ulici koja nema značaj za motorizirani promet odnosno o ulici bez izlaza (tzv. „slijepa“ ulica), navedena skupina sa brojem svojih prelazaka gotovo je zanemariva. Razlog prelaska osobnih vozila preko ovog željezničko-cestovnog prijelaza je uglavnom zbog parkiranja ili okretanja vozila, dok je prelazak motocikala i mopeda uglavnom

popraćen kršenjem prometnih propisa korištenjem pješačke infrastrukture. Broj osobnih automobila i motocikala prikazan je Tablicom 4, dok Prilog 1 prikazuje brojačke listiće na kojima je detaljno vidljivo u kojem petnaestominutnom intervalu su vozila prelazila i iz kojih smjerova.

Tablica 4 Prikaz broja motornih vozila na željezničko-cestovnom prijelazu Trnava

Vrijeme [h]	od 07:00 do 08:00	od 08:00 do 09:00	od 11:00 do 12:00	od 12:00 do 13:00	od 15:00 do 16:00	od 16:00 do 17:00
Osobni automobili	1	7	1	1	1	1
Osobni automobili, prekršitelji	0	0	0	0	1	0
Σ	1	7	1	1	2	1
Motociklisti	1	4	5	2	7	3
Motociklisti u prekršaju	3	0	1	0	5	4
Σ	4	4	6	2	12	7

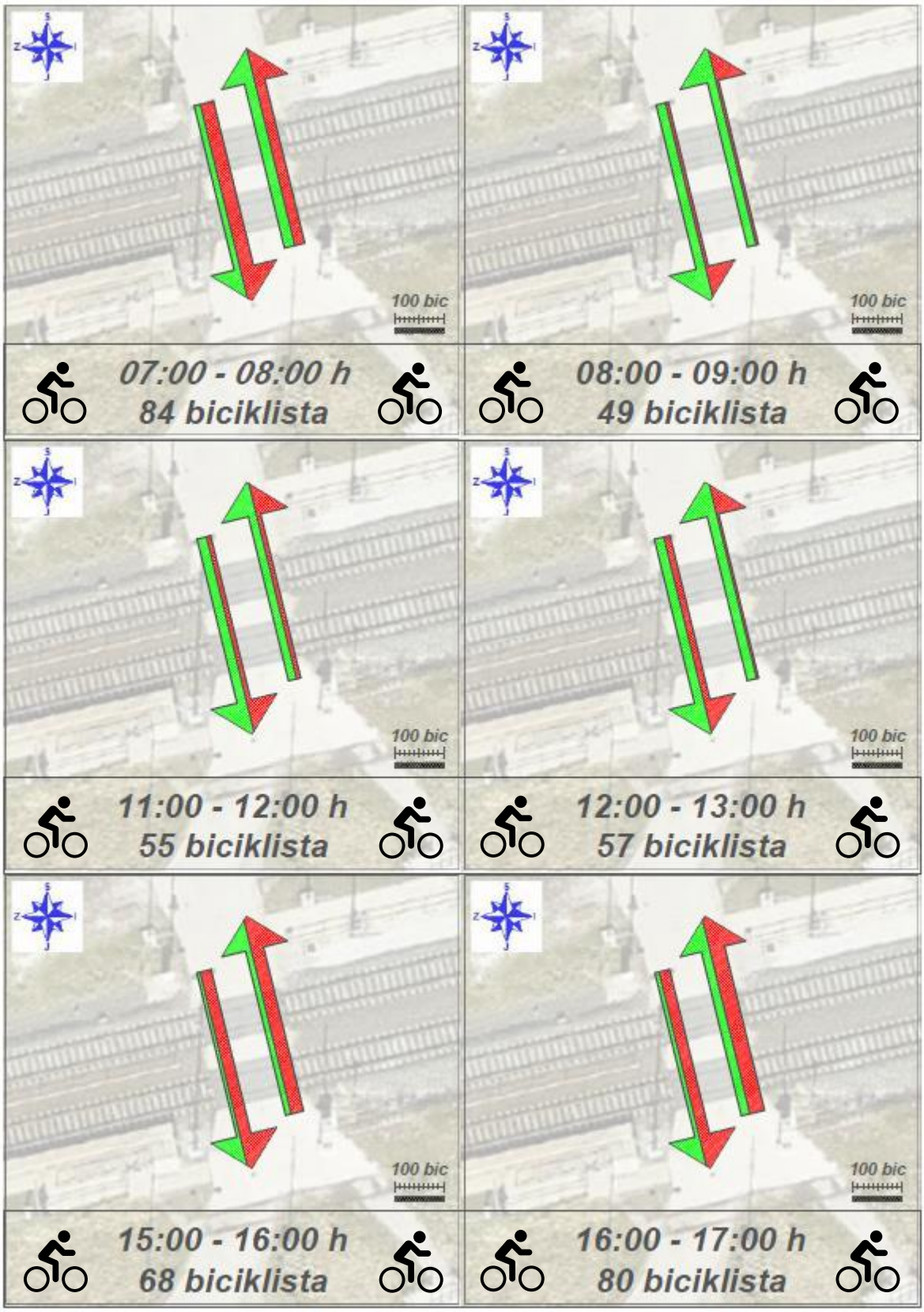
Najveći broj prelazaka preko željezničko-cestovnog prijelaza Trnava čine pješaci i biciklisti. Kretanje nemotoriziranih sudionika u prometu promatrano je i bilježeno s obzirom na smjer njihovog kretanja, sa sjevera prema jugu ili sa juga prema sjeveru. Također kao i kod motorizirane skupine, prelazak preko prijelaza podijeljen je na dozvoljen i nedozvoljen način prelaska, tj. na vrijeme prelaska u trenutku podignutih odnosno spuštenih polubranika. Broj prelazaka preko željezničko-cestovnog prijelaza prema smjerovima i načinu prelaska prikazan je Tablicom 5 u nastavku.

Tablica 5 Prikaz broja pješaka i biciklista na željezničko-cestovnom prijelazu Trnava

Vrijeme [h]		od 07:00 do 08:00	od 08:00 do 09:00	od 11:00 do 12:00	od 12:00 do 13:00	od 15:00 do 16:00	od 16:00 do 17:00
Broj pješaka (dozvoljeno)	sjever - jug	26	37	35	48	17	23
	jug - sjever	41	40	28	35	21	18
Broj pješaka (u prekršaju)	sjever - jug	21	9	31	7	46	45
	jug - sjever	74	25	35	15	65	59
Σ		162	111	129	105	149	145
Broj biciklista (dozvoljeno)	sjever - jug	13	20	20	20	7	9
	jug - sjever	22	18	17	20	12	18
Broj biciklista (u prekršaju)	sjever - jug	28	6	9	13	23	22
	jug - sjever	21	5	9	4	26	31
Σ		84	49	55	57	68	80
ΣΣ		246	160	184	162	217	225

Vidljivo je kako je opterećenje prijelaza gotovo jednako unutar vršnih kao i izvanvršnih sati, međutim od 7 do 8 sati vremenski je period s najvećim brojem prelazaka kako pješaka tako i biciklista. Distribucija prelazaka te odnos dozvoljenih i nedozvoljenih prelazaka vizualizirani su Slikama 47 (pješački tokovi) i 48 (biciklistički tokovi).

Slika 47 Prikaz distribucije pješačkih tokova prema smjeru i načinu prelaska preko željezničko-cestovnog prijelaza Trnava



Slika 48 Prikaz distribucije biciklističkih tokova prema smjeru i načinu prelaska preko željezničko-cestovnog prijelaza Trnava

Osim samog brojanja prometnih tokova preko željezničko-cestovnog prijelaza, evidentirano je i vrijeme u kojem su polubranici bili u spuštenom položaju. Tablicom 6 prikazan je taj vremenski period. Vidljivo je kako se vrijeme spuštenih polubranika u vršnim satima proteže čak i do 48 minuta, što rezultira onako velikim brojem nedozvoljenih prelazaka kao što je prikazano Slikama 47 i 48.

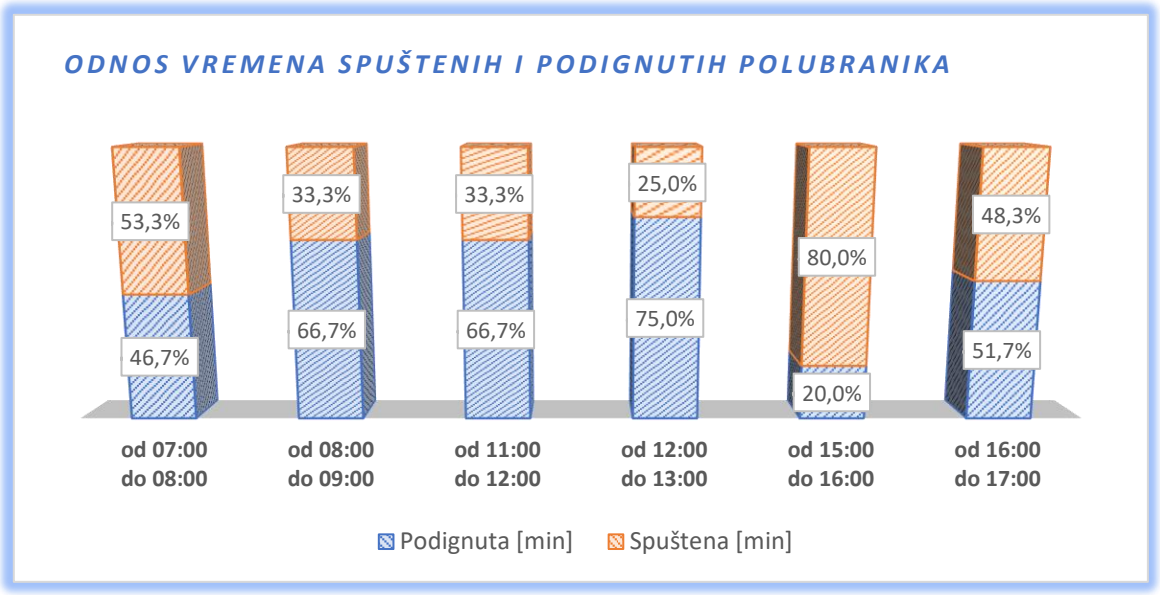
Tablica 6 Vremenski period u kojem su polubranici na željezničko-cestovnom prijelazu bili spušteni

Period u kojem su polubranici bili spušteni					
od	***do***	***[h]***	***od***	***do***	***[h]***
7:00	***8:00***		***8:00***	***9:00***	
7:00	7:01	**0:01**	8:04	8:08	**0:04**
7:03	7:06	**0:03**	8:12	8:15	**0:03**
7:09	7:12	**0:03**	8:21	8:25	**0:04**
7:19	7:23	**0:04**	8:39	8:42	**0:03**
7:26	7:29	**0:03**	8:44	8:47	**0:03**
7:33	7:41	**0:08**	8:48	8:51	**0:03**
7:42	7:47	**0:05**			
7:54	7:59	**0:05**			
Σ		***0:32***	***Σ***		***0:20***

od	***do***	***[h]***	***od***	***do***	***[h]***
11:00	***12:00***		***12:00***	***13:00***	
11:26	11:31	**0:05**	12:08	12:12	**0:04**
11:39	11:43	**0:04**	12:28	12:30	**0:02**
11:45	11:50	**0:05**	12:35	12:40	**0:05**
11:55	12:01	**0:06**	12:48	12:52	**0:04**
Σ		***0:20***	***Σ***		***0:15***

od	***do***	***[h]***	***od***	***do***	***[h]***
15:00	***16:00***		***16:00***	***17:00***	
15:00	15:06	**0:06**	16:10	16:14	**0:04**
15:07	15:12	**0:05**	16:16	16:20	**0:04**
15:12	15:16	**0:04**	16:22	16:26	**0:04**
15:19	15:24	**0:05**	16:29	16:33	**0:04**
15:30	15:34	**0:04**	16:34	16:38	**0:04**
15:37	15:41	**0:04**	16:39	16:43	**0:04**
15:42	15:48	**0:06**	16:50	16:55	**0:05**
15:51	15:55	**0:04**			
15:56	16:06	**0:10**			
Σ		***0:48***	***Σ***		***0:29***

Grafikonom 19 prikazani su postotni omjeri vremenskih perioda u kojima je dozvoljen tj. nedozvoljen prelazak preko željezničko-cestovnog prijelaza.



Grafikon 19 Odnos vremena spuštenih i podignutih polubranika na željezničko-cestovnom prijelazu Trnava

5. PRIJEDLOG NOVIH PROMETNIH RJEŠENJA

U cilju povećanja sigurnosti i mobilnosti korisnika kampusa Borongaj predložena su tri varijantna rješenja koja kroz svoje infrastrukturne i tehnološke zahvate mogu ne samo smanjiti stupanj ugroženosti koji je trenutno prisutan, već i pridonijeti znatnom povećanju razine usluge.

5.1. Varijanta 1

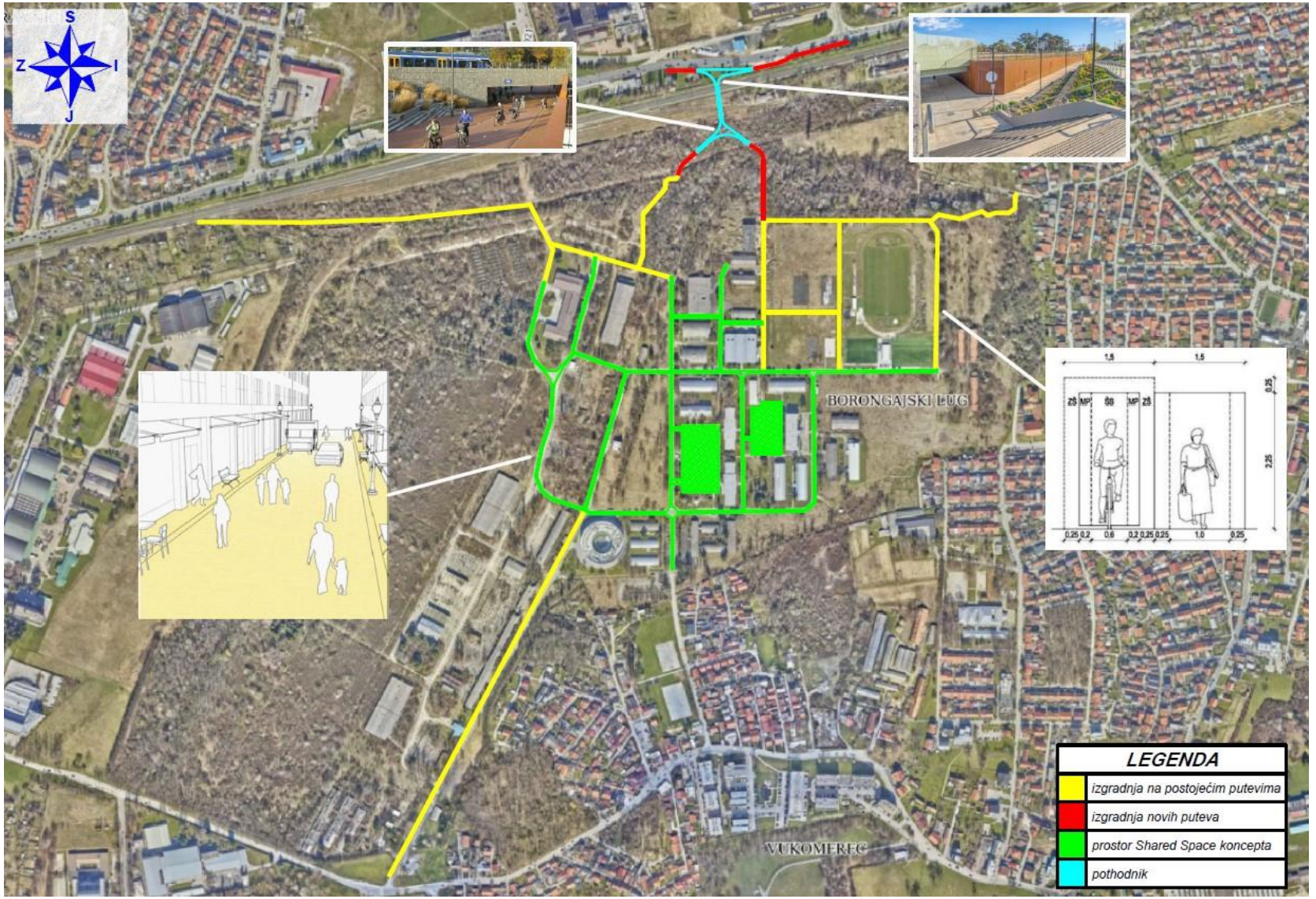
Kako bi se reguliralo kretanje i međusobne interakcije između vozila i nemotorizirane skupine sudionika na području kampusa Borongaj, Varijantom 1 predlaže se uvođenje Shared Space koncepta na čitavo gravitacijsko područje. Uređivanje prometne infrastrukture zasnovano na ovom konceptu značilo bi stvaranje zajedničkog prostora za kretanje svih sudionika u prometu u kojem bi prednost imali pješaci i biciklisti, a brzina kretanja motornih vozila ograničila bi se na čitavom području. Uvođenje ovakvog koncepta rezultira povećanom pozornošću vozača motornih vozila s obzirom da ih se dovodi u nesvakidašnju situaciju u kojoj se ne mogu osloniti na uobičajena prometna pravila što u konačnici i dovodi do smanjenja brzine kojom se kreću kroz takva područja. Primjer Shared Space (Shared Street) koncepta prikazan je Slikom 49.

Slika 49 Primjer Shared Street koncepta [27]

S obzirom na velik broj staza i puteva kreiranih od strane korisnika koji nisu adekvatno označene, asfaltirane ni sigurne za kretanje, prvim varijantnim rješenjem predviđeno je uređenje istih u smjeru sjevera. Izgradnja pravilne infrastrukture na postojećim putevima označena je žutom bojom na Slici 51. Kako je kampus duž čitave sjeverne strane ograđen željezničkom prugom, a najbliži prijelazi preko navedene pruge su na udaljenosti oko 1,92 kilometra zapadno (Pothodnik Maksimir) i 1,25 kilometra istočno (ŽCP Trnava), prometno rješenje predviđeno Varijantom 1 izgradnja je pothodnika ispod željezničke pruge (Slika 51). Predmetna lokacija odabrana je zbog blizine autobusnih stajališta na Branimirovoj ulici i već postojećeg pothodnika ispod Branimirove ulice. Osim uređenja postojećih puteva i staza, za potrebe dolaska do predloženog pothodnika predviđena je izgradnja novih pješačko-biciklističkih staza koje bi pothodnik povezivale sa središtem kampusa (linije označene crvenom bojom). Slikama 46 i 50 prikazani su primjeri pješačko-biciklističkih pothodnika u svijetu. S obzirom na nedostatak prostora za izgradnju rampe paralelno sa smjerom pothodnika na Branimirovoj ulici Slika 50 prikazuje prometno rješenje kojim je moguće izvesti izlaz iz pothodnika za bicikliste i osobe sa invaliditetom okomito na izlaz iz samog pothodnika.

Slika 50 Prikaz rješenja sjevernog izlaza izlaza iz pothodnika - lokacija Cherry Street, Werribee, Australija [28]

Južni izlaz iz pothodnika nema zapreku u vidu prostornih ograničenja pa se tako za primjer izlaza iz pothodnika može uzeti pješačko-biciklistički pothodnik izgrađen na stanici Bilthoven u Nizozemskoj (Slika 46).



Slika 51 Prikaz Varijante 1

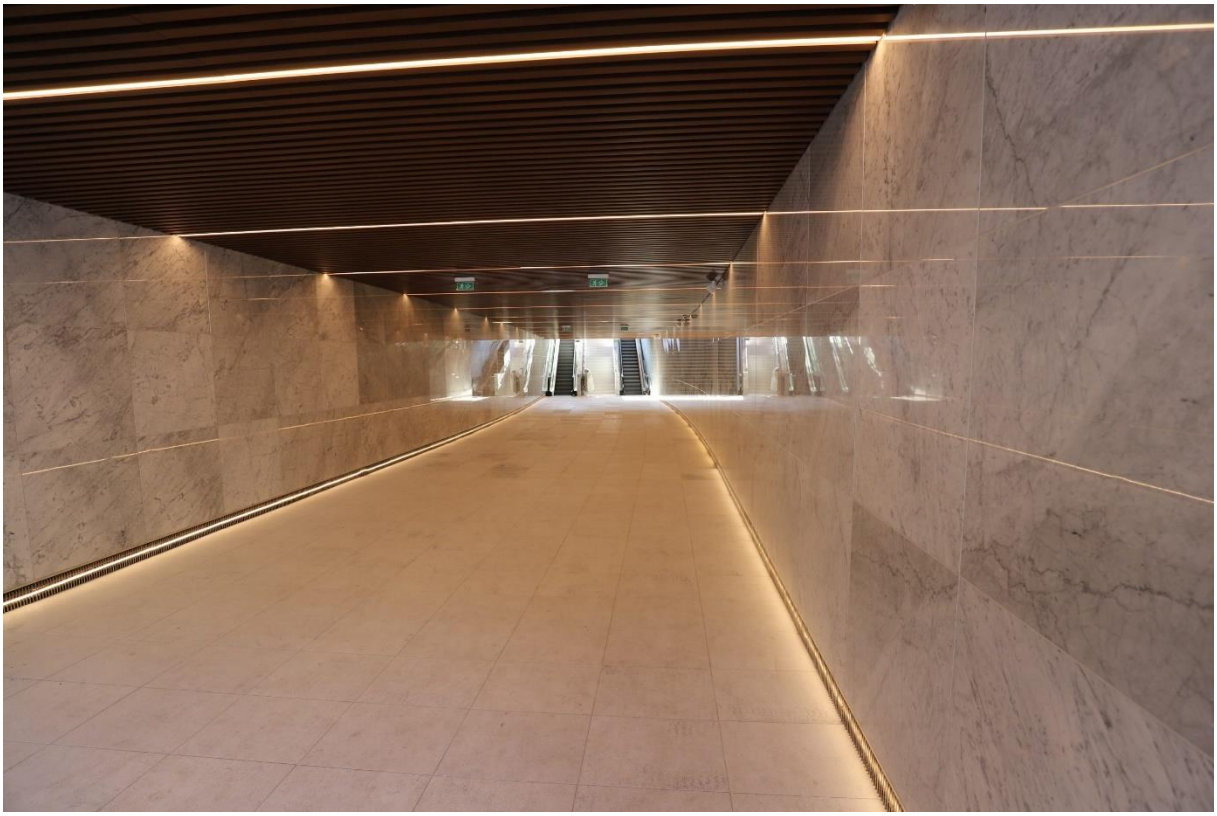
5.2. Varijanta 2

Drugo varijantno rješenje sadrži gotovo identična prometna rješenja kakva su predložena Varijantom 1 sa ponekim izmjenama i dopunama. Varijanta 1 predviđa zonu unutar koje bi za potrebe svojih kretanja kolnik dijelili i motorizirani i nemotorizirani sudionici u prometu, dok je Varijantom 2 na tom prostoru predviđeno fizičko odvajanje dvaju prometnih tokova. Kako bi se osigurala sigurnost prilikom kretanja pješaka i biciklista kampusom uz postojeći kolnik varijanta predlaže izgradnju pješačko-biciklističke staze kao i postavljanje pripadajuće vertikalne i horizontalne signalizacije.

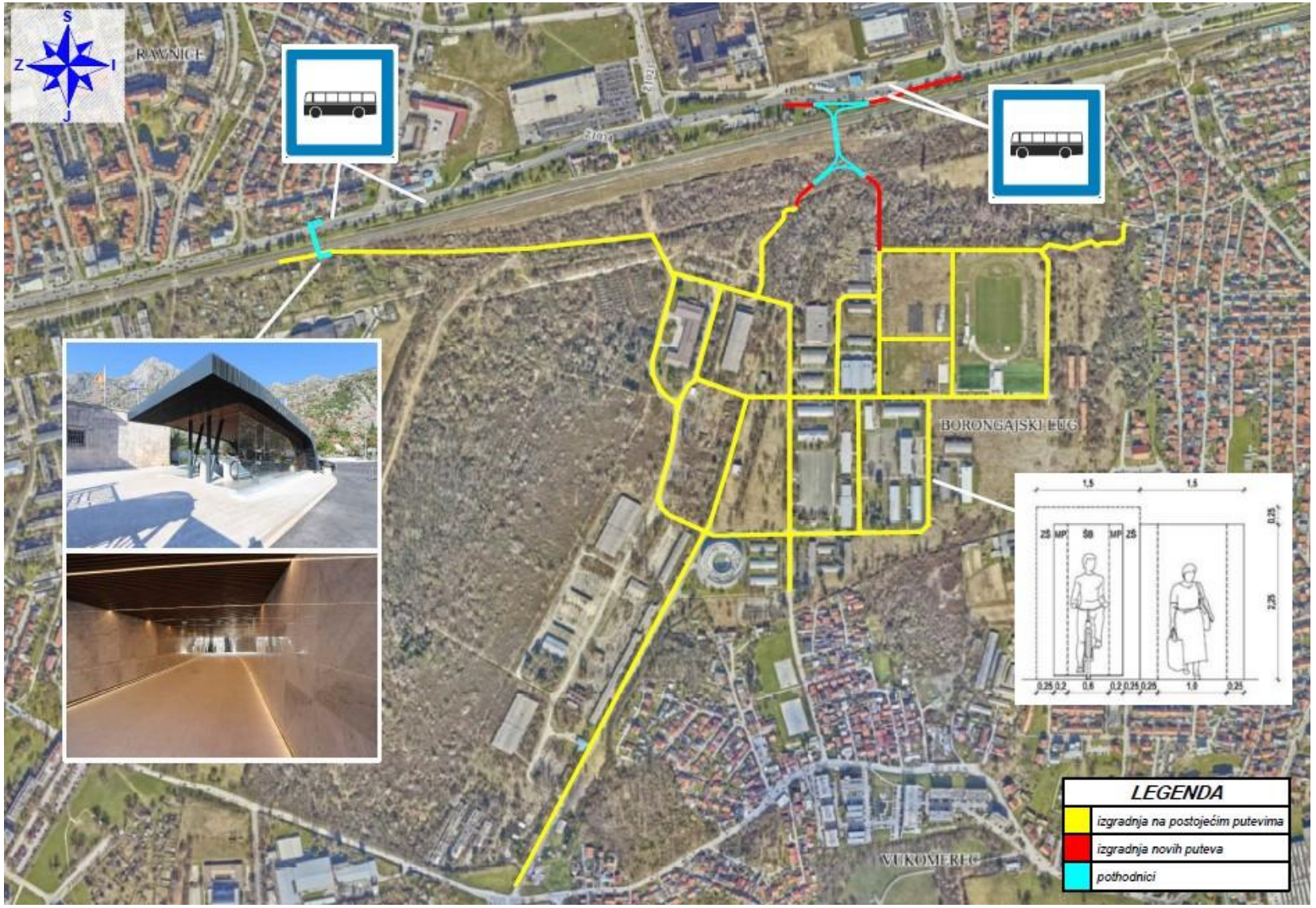
Osim izmjena u vidu zamjene Shared Space prostora pješačko-biciklističkim stazama, Varijantom 2 predviđena je i izgradnja pothodnika sjeverozapadno od središta kampusa ispod željezničke pruge i Branimirove ulice. Odabir lokacije za izgradnju pothodnika vezan je za autobusno stajalište Ravnice čime bi se udvostručila povezanost sa dijelovima grada sjeverno od samog kampusa. Pozicija pothodnika nalazila bi se petstotinjak metara istočno od pothodnika Maksimir te oko 900 m zapadno od pješačko-biciklističkog pothodnika predloženog Varijantom 1. S obzirom na nedostatak prostora za izgradnju pješačko-biciklističkog pothodnika, dobar primjer pješačkog pothodnika koji bi mogao biti smješten na ovoj lokaciji prikazan je Slikom 52. Izgradnja pothodnika sa pokretnim stepenicama na kojima bi se nalazila i rampa za osobe sa invaliditetom rješenje je koje bi lokaciju na kojoj se željeznička pruga prelazila nepropisno učinilo sigurnijom za sve sudionike u prometu.

Slika 52 Prikaz pješačkog pothodnika u Kotoru, Crna Gora [29]

Jednako tako prilikom projektiranja i izgradnje pothodnika važno je korisnicima pružiti osjećaj sigurnosti prilikom njihova prolaska. Postavljanjem adekvatne rasvjete, sigurnosnih kamera te održavanjem čistoće kod ljudi se smanjuje averzija prema pothodnicima. Slikom 53 prikazan istoimeni pothodnik iz Kotora dok je kompletan pregled varijantnog rješenja Varijante 2 prikazan je Slikom 54 u nastavku.



Slika 53 Prikaz unutrašnjosti pješačkog pothodnika u Kotoru, Crna Gora [29]



Slika 54 Prikaz Varijante 2

5.3. Varijanta 3

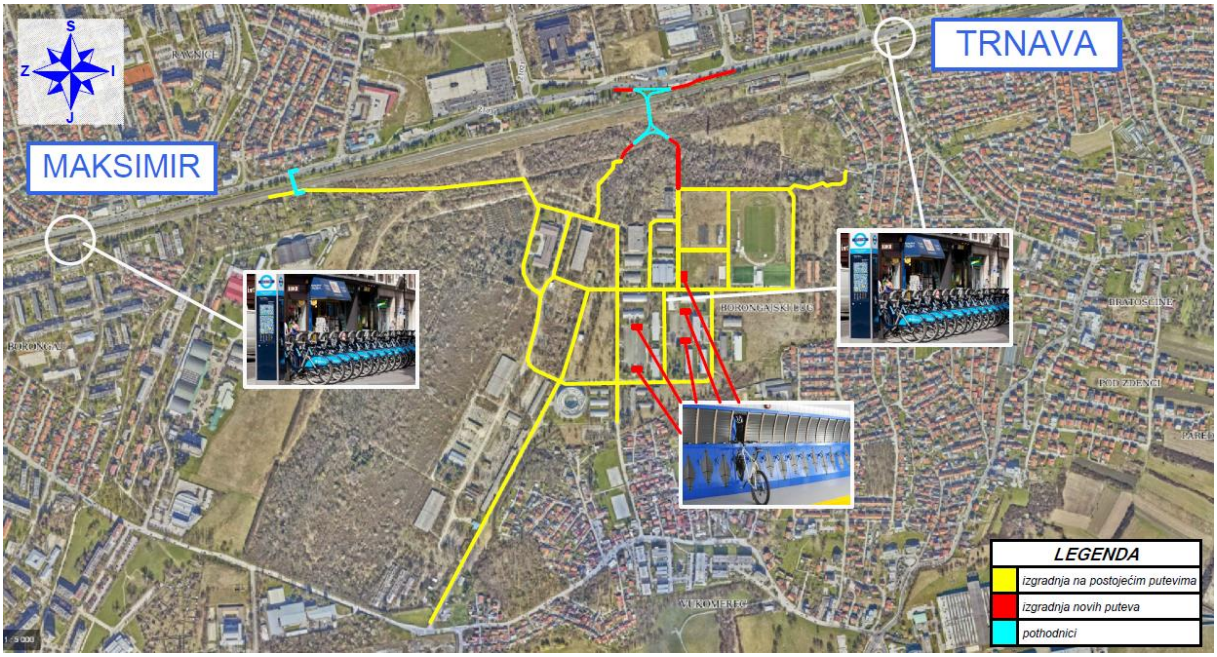
Treće varijantno rješenje upotpunjen je oblik prethodnih dvaju varijantnih rješenja sa dopunama koje osim što osiguravaju veći stupanj mobilnosti i sigurnosti na gravitacijskom području kampusa, svojim dodatnim sadržajem povećavaju i razinu usluge koja je pružena korisnicima tog prostora.

Jedno od sadržaja dodane vrijednost za kampus instalacija je gradskih bicikala na mjestima od interesa za studente i djelatnike koji svakodnevno putuju javnim prijevozom do kampusa. Potencijalne lokacije koje predstavljaju područja interesantna za korištenje gradskih bicikala mogu biti na željezničkim stajalištima Maksimir i Trnava. S obzirom na udaljenost željezničkih stajališta od središta kampusa, uz određene studentske pogodnosti ovakav model donio bi pozitivne učinke glede smanjenja vremena putovanja. Predočavanjem studentske kartice prilikom iznajmljivanja gradskog bicikla studentima je potrebno omogućiti cijenu koja bi uz subvencioniranje bila prihvatljiva i prihvaćena kao dobra praksa na čitavom gradskom području. Jedna od važnih lokacija vezanih uz dolazak i odlazak s kampusa je autobusno stajalište Čavićeva sa kojeg polazi autobus za kampus. Postavljanje gradskih bicikala na toj lokaciji uvelike bi povećalo mobilnost studenata koji do tamo dolaze tramvajem. Primjer lokacije za preuzimanje i ostavljanje gradskih bicikala prikazan je Slikom 55.

Slika 55 Primjer lokacije za preuzimanje gradskih bicikala u Londonu [30]

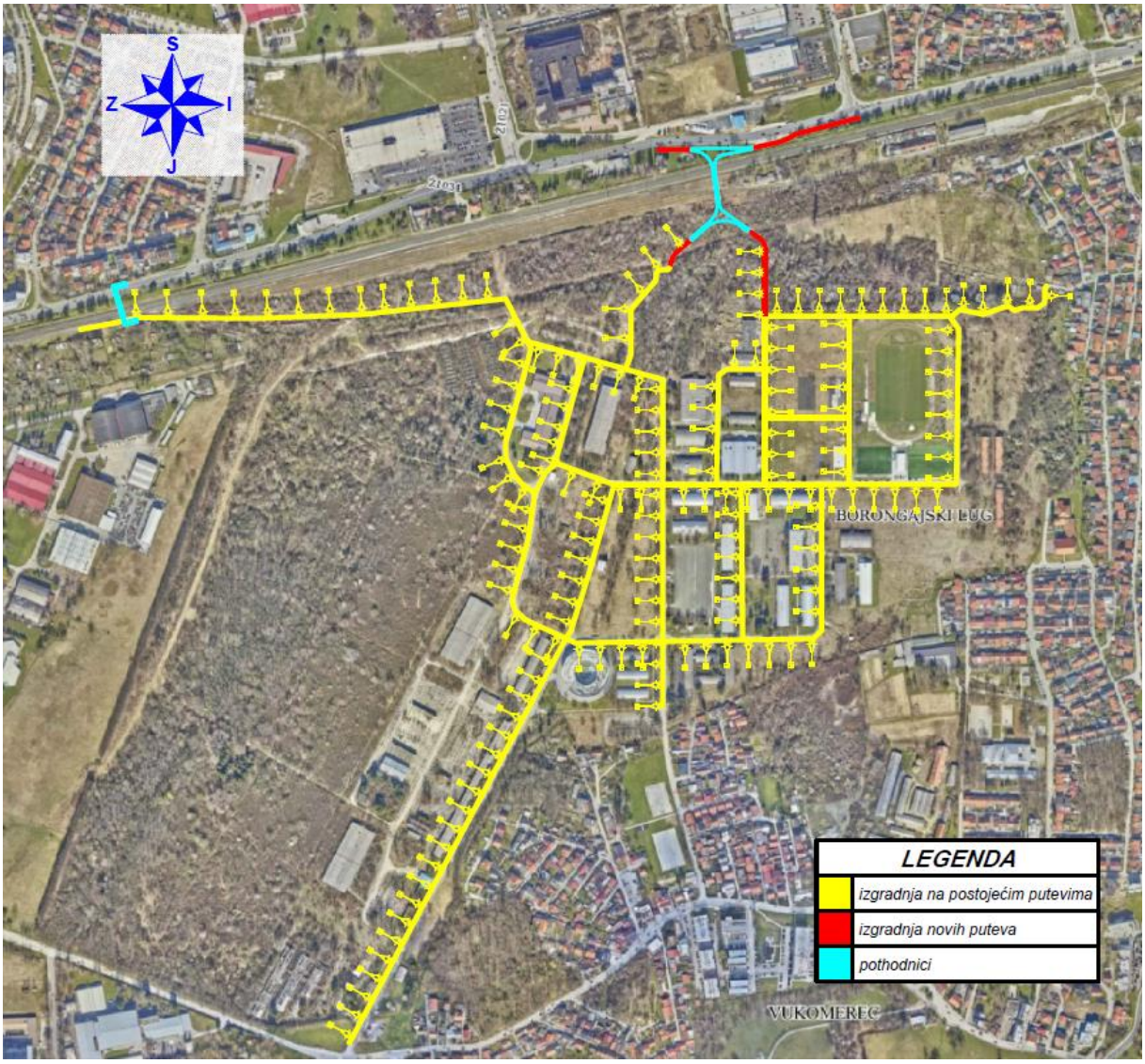
Dodatnoj promociji korištenja biciklističkog prijevoza svakako bi pridonijela infrastruktura za sigurno parkiranje bicikala na području kampusa. Postavljanjem objekata za parkiranje i odlaganje osobnih stvari, kojima bi se moglo pristupiti uz pomoć studentske kartice ili nekog drugog osobnog dokumenta zasigurno bi biciklizmu na kampusu dalo na značaju. Primjer jednog takvog objekta prikazan je Slikom 56, a predviđene lokacije za preuzimanje gradskih bicikla i parkirališta za bicikle Slikom 57.

Slika 56 Prikaz primjera parkirališta za bicikle sa ormarićem za odlaganje osobnih stvari [31]



Slika 57 Prikaz lokacija za postavljanje gradskih bicikala i objekata za parkiranje

Većem stupnju sigurnosti prilikom kretanja kampusom zasigurno pridonosi količina osvijetljenosti površina za kretanje u noćnim uvjetima. Uvođenjem pametne javne rasvjete na ekološki prihvatljiv način bi se osigurala dodatna sigurnost za korisnike koji se kreću kampusom noću. Senzorima koji detektiraju kretanje rasvjeta prati i osvjetljava površine kojima se korisnici kreću, a s druge strane ne troši energiju tijekom cijelog noćnog perioda u kojem nema kretnji. Postavljanje ovakve rasvjete potrebno je na ključnim ako ne i svim pješačko-biciklističkim stazama na području kampusa (Slika 58).



Slika 58 Prikaz potencijalnih lokacija za postavljanje pametne javne rasvjete

Kao dodatni sadržaj uz pješačko-biciklističke staze kao i uz sportske terene predlaže se postavljanje pametnih klupa napajanih sunčevom energijom. Pametne klupe potencijalno mogu služiti za napajanje javne rasvjete energijom koja se ne utroši na punjenje mobilnih uređaja i sl.

Jedna od glavnih mjera u ulozi osiguravanja dodatne zaštite pješaka i biciklista odnosi se na uređenja površine u vlasništvu *HŽ Infrastrukture.* Postavljanje „anti-trespass“ panela (Slika 59) u kombinaciji za zaštitnim ogradama duž čitave željezničke infrastrukture na području kampusa, a i šire, djelovala bi u svojstvu smanjenja „divljih“ prelazaka. Implementacija ove mjere za povećanje sigurnosti pješaka i biciklista predlaže za sve predložene varijante prometnih rješenja. Dodatno valja napomenuti kako je osim sigurnosnog aspekta ovakva mjera podržana i sa ekološkog aspekta, s obzirom na činjenicu da je materijal od kojeg se navedeni paneli proizvode od reciklirane gume, čime otpadni materijal ponovno dobiva svoju uporabnu vrijednost.

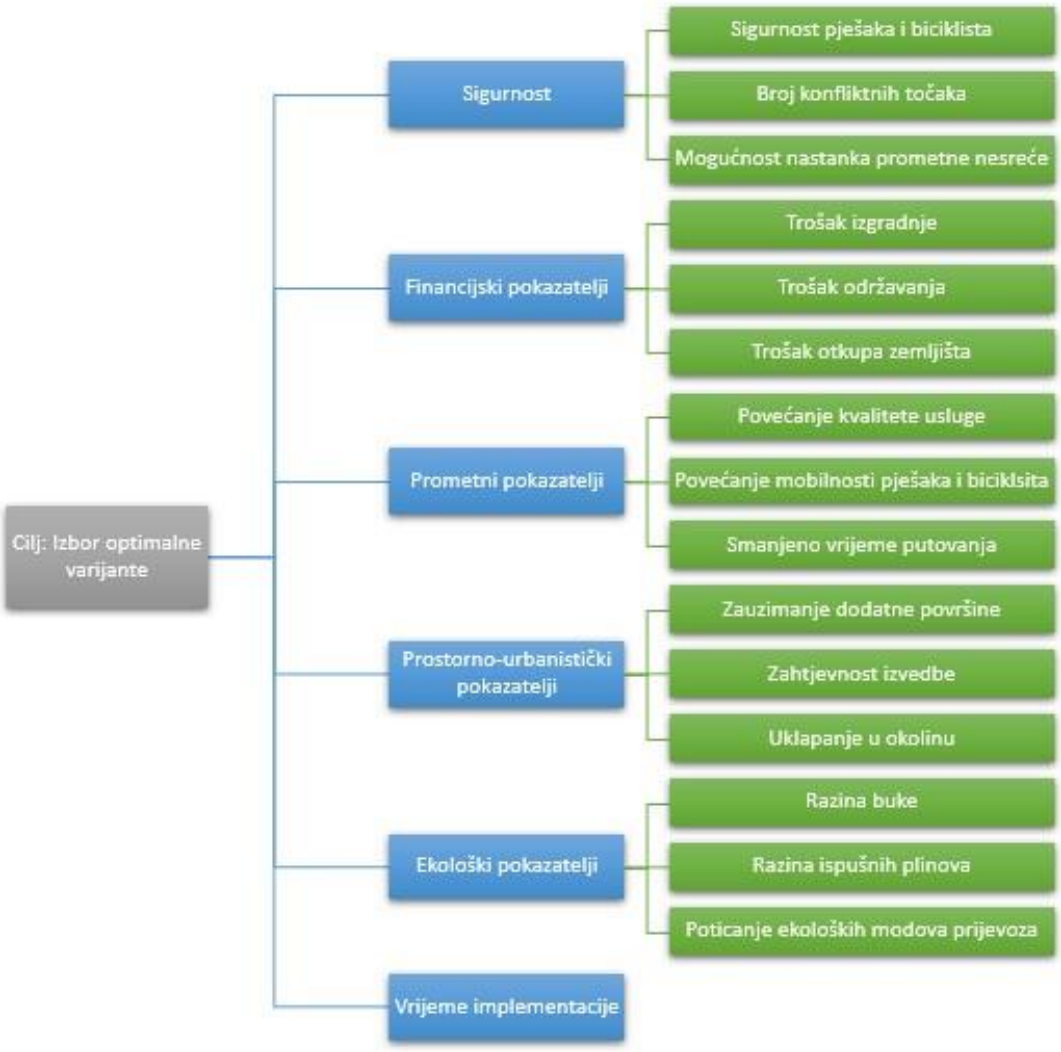
Slika 59 Primjer "anti-trespass" panela u kombinaciji sa zaštitnom ogradom [32]

6. VREDNOVANJE PREDLOŽENIH VARIJANATA METODOM ANALITIČKOG HIJERARHIJSKOG PROCESA

Vrednovanje predloženih varijanata provedeno je već spomenutom višekriterijskom analizom unutar koje je odabrana metoda vrednovanja Analitičkim hijerarhijskih procesom. Hijerarhijska struktura AHP modela sastoji se od postavljanja cilja, kriterija te njihovih potkriterija.

6.1. Hijerarhijska struktura AHP modela

Odabir optimalne varijante prometnog rješenja u svojstvu povećanja mobilnosti i sigurnosti na gravitacijskom području kampusa Borongaj cilj je provedbe metode Analitičkog hijerarhijskog procesa. Prethodno predložene tri varijante će biti vrednovane prema kriterijima i potkriterijima prikazanima strukturom u nastavku (Slika 60).



Slika 60 Hijerarhijska struktura AHP modela

Kriterij 1: ***Sigurnost*** odnosi se na stupanj sigurnosti prisutan pri koliziji željezničkih i pješačko-biciklističkih prometnih tokova na mjestima prelaska preko željezničke pruge kao i stupanj sigurnosti na mjestima prometovanja cestovnih motornih vozila i pješaka tj. biciklista na čitavom području kampusa.

- Potkriterij 1: *Sigurnost pješaka i biciklista* odnosi se na najranjiviju skupinu sudionika u prometu s obzirom da na gravitacijskom području kampusa ne postoji pješačka ni biciklistička infrastruktura namijenjena isključivo za kretanje tih sudionika. Pri odabiru optimalne varijante valja obratiti pažnju na opremljenost prometne infrastrukture kako bi se postigla maksimalna sigurnost pješaka i biciklista.
- Potkriterij 2: *Broj konfliktnih točaka.* Kriterij kojim se teži što manjoj koliziji između željezničkih i pješačkih (biciklističkih) tokova na željezničko-cestovnim prijelazima kao i cestovnih sa pješačkim (biciklističkim) tokovima.
- Potkriterij 3: *Mogućnost nastanka prometne nesreće* kriterij je koji se odnosi na mogući rizik od nastanka prometne nesreće na određenom području povezan sa infrastrukturnim elementima.

Kriterij 2: ***Financijski pokazatelji*** odnosi se na investicijski kapital potreban za otkup zemljišta, izgradnju prometne infrastrukture kao i njeno održavanje.

- Potkriterij 1: *Trošak izgradnje* predstavlja potreban iznos za izgradnju infrastrukturnih objekata unutar pojedinih varijantnih rješenja gdje najveću važnost dobiva varijantno rješenje čiji je najmanji trošak izgradnje.
- Potkriterij 2: *Trošak održavanja* odnosi se na troškove redovnog i izvanrednog održavanja infrastrukturnih objekata predloženih varijanata. Veću važnost imaju varijante s manjim troškovima održavanja.
- Potkriterij 3: *Trošak otkupa zemljišta* trošak je otkupa površine na kojoj se planira izgradnja infrastrukturnih objekata predloženih varijantama koje nisu u vlasništvu investitora. Varijante sa manjim troškovima otkupa ujedno imaju i veću važnost u odnosu na varijante sa skupljim iznosima potrebnima za otkup.

Kriterij 3: ***Prometni pokazatelji*** u svojstvu su povećanja mobilnosti pješaka i biciklista, smanjenje vremena njihovog putovanja s čime i postizanje veće kvalitete kako prometne tako i ukupne korisničke usluge.

- Potkriterij 1: *Povećanje kvalitete usluge* kriterij se odnosi na utjecaj infrastrukturnih elemenata namijenjenih za kretanje pješaka i biciklista kao i na utjecaj dodatnih sadržaja uz prometnu infrastrukturu na kvalitetu usluge.
- Potkriterij 2: *Povećanje mobilnosti pješaka i biciklista* kriterij unutar kojeg se veća važnost pridaje varijantnom rješenju koje pruža veću mobilnost.
- Potkriterij 3: *Smanjeno vrijeme putovanja* kriterij je prema kojem se varijanti koja omogućuje kraće vrijeme putovanja dodjeljuje najveća ocjena.

Kriterij 4: ***Prostorno-urbanistički pokazatelji*** kriterij je koji obuhvaća zauzimanje dodatne površine, zahtjevnost izvedbe i uklapanje iste u postojeću okolinu.

- Potkriterij 1: *Zauzimanje dodatne površine* gdje se veća važnost dodjeljuje varijanti koja zauzima manje površine potrebne za izgradnju.
- Potkriterij 2: *Zahtjevnost izvedbe* kriterij je unutar kojeg se varijanti čija je zahtjevnost izvedbe manja dodjeljuje veća vrijednosna ocjena.
- Potkriterij 3: *Uklapanje u okolinu.* Veća važnost se dodjeljuje varijanti čiji se elementi više uklapaju u postojeće okruženje.

Kriterij 5: ***Ekološki pokazatelji*** kriterij je kojim se važnost daje onom varijantnom rješenju čiji je utjecaj na razinu buke, razinu ispušnih plinova te poticanje na održive tj. ekološki prihvatljive modove prijevoza.

- Potkriterij 1: *Razina buke* kriterij je kojim se veća važnost daje onom varijantnom rješenju čije je povećanje razine buke najmanje u odnosu na ostala varijantna rješenja.
- Potkriterij 2: *Razina ispušnih plinova* vrednuje se dodjeljivanje ocjena veće važnosti varijanti koja ima najmanju razinu emisije ispušnih plinova.
- Potkriterij 3: *Poticanje ekoloških modova prijevoza* kriterij kojim se važnost daje onoj varijanti koja više teži ekološki prihvatljivim modovima prijevoza u odnosu na drugu varijantu.

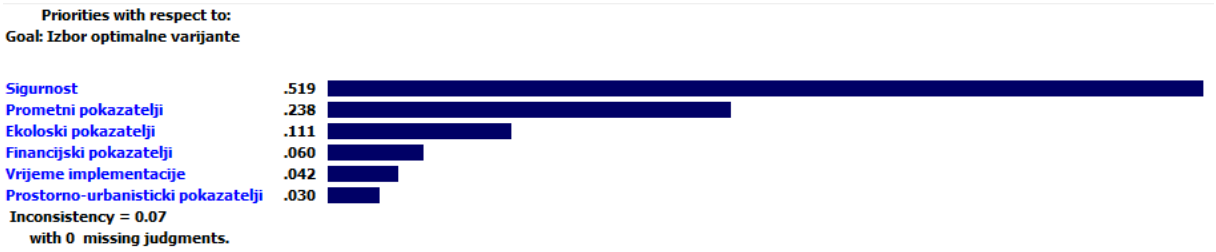
Kriterij 6: ***Vrijeme implementacije*** kriterij je kojim se varijanti s kraćim vremenom implementacije daje veća važnost u odnosu na varijantu kojoj je potreban duži period za implementaciju prometnog rješenja.

6.2. Rangiranje kriterija i potkriterija

Rangiranje kriterija vrši se međusobnom usporedbom prema omjernoj Saaty-jevoj skali važnosti principom koliko je pojedini kriterij važniji u odnosu na drugi za postizanje cilja, tj. odabir optimalne varijante prometnog rješenja. Rangiranje kriterija i potkriterija te vrednovanje predloženih varijanti AHP metodom obavlja se primjenom programskog alata Expert Choice, a vrijednosti ocjena kriterija subjektivan su prijedlog ocjena autora na temelju ocjenjivanja kriterija u sličnim projektima. U radu [33] autori vrednuju kriterije sigurnosti, društvene koristi, financijske pokazatelje, ekološke, prostorno-urbanističke itd. za povećanje sigurnosti na željezničko-cestovnom prijelazu Trnava. Sličnu problematiku analiziraju autori u radu [34] prilikom čega kriterije sigurnosti i prometnih pokazatelja vrednuju sa najvećim značajem dok su oni koji se odnose na financijske i ekološke pokazatelje na začelju po važnosti.

Primarni cilj kojem teži svaka od varijanta kao i svaki infrastrukturni objekt, osiguravanje je sigurnosti pješaka i biciklista. S obzirom na to kriteriju *Sigurnost* dodijeljena je najveća važnost u usporedbi sa ostalim kriterijima modela. Nakon sigurnosti drugi po važnosti je kriterij *Prometni pokazatelji* koji za cilj ima povećanje mobilnosti i kvalitete usluge korisnika kao i smanjeno vrijeme putovanja. Sljedeći kriterij prema važnosti, *Ekološki pokazatelji,* značajan je zbog sve većeg štetnog utjecaja prometa na okoliš. *Financijski pokazatelji* i *Vrijeme implementacije* kriteriji su koji slijede prema važnosti nakon *Ekoloških,* dok su posljednji prema važnosti *Prostorno-urbanistički pokazatelji*.

Težinske vrijednosti pojedinih kriterija dobivene unosom vrijednosti u programski alat Expert Choice prikazane su Slikom 61.



Slika 61 Prikaz rangiranih kriterija u programskom alatu Excpert Choice

Rangiranje potkriterija obavlja se prema istoj metodologiji u istom programskom alatu, a kod kriterija *Sigurnost* najvažniji kriterij je *Sigurnost pješaka i biciklista* s obzirom na velik broj prometnih nesreća u kojima su oni sudjelovali. Nakon *Sigurnosti pješaka i biciklista* kriterij

Mogućnost nastanka prometne nesreće važniji je u odnosu na kriterij *Broj konfliktnih točaka*. Dodjela ocjena po Saaty-jevoj skali za ovaj kriterij prikazana je Slikom 62.

Slika 62 Prikaz težinskih vrijednosti potkriterija, kriterija Sigurnost u programskom alatu Expert Choice

Unutar kriterija *Financijski pokazatelji* potkriterij *Trošak održavanja* od najveće je važnosti, dok ga slijede potkriteriji *Trošak izgradnje* i na posljetku *Trošak otkupa zemljišta*. Ovakvim rangiranjem skreće se pozornost na važnost održavanja infrastrukture kako bi ona svoju funkciju obavljala tijekom dugogodišnjeg perioda (Slika 63).

Slika 63 Prikaz težinskih vrijednosti potkriterija, kriterija Financijski pokazatelji u programskom alatu Expert Choice

Rangiranje potkriterija kriterija *Prometni pokazatelji* prikazano je Slikom 64, a najznačajniji potkriterij *Povećanje mobilnosti pješaka i biciklista* ima najveću ocjenu važnosti. Slijedi ga *Povećanje kvalitete,* a zatim *Smanjeno vrijeme putovanja.*

Slika 64 Prikaz težinskih vrijednosti potkriterija, kriterija Prometni pokazatelji u programskom alatu Expert Choice

Najveću važnost unutar kriterija *Prostorno-urbanistički pokazatelji* ima potkriterij *Zahtjevnost izvedbe*, nakon njega *Zauzimanje dodatne površine*, a najmanju važnost *Uklapanje u okolinu.* Međusobne ocjene potkriterija prikazane su Slikom 65.

Slika 65 Prikaz težinskih vrijednosti potkriterija, kriterija Prostorno-urbanistički pokazatelji u programskom alatu Expert Choice

Rangiranje potkriterija kriterija *Ekološki pokazatelji* prikazano je Slikom 66. Potkriterij s najvećom važnošću je *Poticanje ekoloških modova prijevoza,* slijedi ga *Razina ispušnih plinova* te *Razina buke*.

Slika 66 Prikaz težinskih vrijednosti potkriterija, kriterija Ekološki pokazatelji u programskom alatu Expert Choice

Kriterij *Vrijeme implementacije* ne sadrži dodatne potkriterije.

6.3. Vrednovanje varijanata

Nakon provedenog međusobnog rangiranja kriterija i potkriterija slijedi rangiranje varijanata u odnosu na kriterije tj. potkriterije. Kako za potrebe izrade diplomskog rada nije predviđen financijski budžet kojim bi bilo omogućeno prikupljanje svih podataka i mjerenja poput emisija štetnih plinova, razina buke, troškova izgradnje i održavanja i sl. vrednovanje varijanata ocijenjeno je prema subjektivnoj procjeni autora. Umjesto vrijednosti kojima bi se varijantna rješenja mogla vrednovati, za potrebe izrade diplomskog rada varijantama su dodijeljeni rangovi.

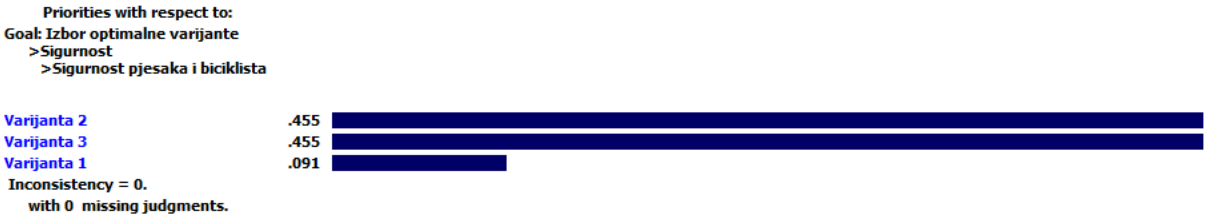
Zbog velikog broja prometnih nesreća sa smrtno stradalim osobama (poglavlje 2) koje su nastale na području kampusa Borongaj prilikom prelazaka preko željezničke infrastrukture potrebno je izabrati varijantno rješenje koje predstavlja najveći stupanj sigurnosti za pješake i bicikliste. Varijante ranga 1 predstavljaju najbolje rješenje dok se s povećanjem broja ranga smanjuje važnost te varijante u odnosu na navedeni potkriterij. Tablicom 7 prikazano je rangiranje varijanta u odnosu na potkriterij *Sigurnost pješaka i biciklista*, dok su Slikom 67 prikazane međusobno uspoređene vrijednosti varijanata u odnosu na navedeni potkriterij.

Samom izvedbom dodatnog pothodnika Varijantama 2 i 3 sigurnost pješaka i biciklista veća je u navedenim varijantama već u Varijanti 1.

Tablica 7 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Sigurnost pješaka i biciklista

KRITERIJ 1:	*Sigurnost*
Potkriterij 1:	Sigurnost pješaka i biciklista

VARIJANTE	RANG
Varijanta 1	2
Varijanta 2	1
Varijanta 3	1



Slika 67 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Sigurnost pješaka i biciklista

S obzirom da je izgradnjom pješačko-biciklističkih staza (Varijante 2 i 3) duž čitavog područja kampusa osigurana infrastruktura za kretanje isključivo tih skupina sudionika, broj konfliktnih točaka u odnosu na Varijantu 1 znatno je smanjen, međutim jednak je za Varijante 2 i 3. Također izgradnja pothodnika smanjuje mogućnost potencijalnih „divljih“ prelazaka preko željezničke pruge, čime se smanjuje i broj konfliktnih točaka (Tablica 8) (Slika 68).

Tablica 8 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Broj konfliktnih točaka

KRITERIJ 1:	*Sigurnost*
Potkriterij 2:	Broj konfliktnih točaka

VARIJANTE	RANG
Varijanta 1	2
Varijanta 2	1
Varijanta 3	1

Slika 68 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Broj konfliktnih točaka

Jednako kao i prethodna dva potkriterija, *Mogućnost nastanka prometne nesreće* smanjena je prometnim rješenjima predloženima Varijantama 2 i 3 u odnosu na Varijantu 1 što je prikazano Tablicom 9 i Slikom 69.

Tablica 9 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Mogućnost nastanka prometne nesreće

KRITERIJ 1:	*Sigurnost*
Potkriterij 3:	Mogućnost nastanka prometne nesreće

VARIJANTE	RANG
Varijanta 1	2
Varijanta 2	1
Varijanta 3	1

Slika 69 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Mogućnost nastanka prometne nesreće

Promatrajući financijske pokazatelje, financijski jeftinija varijanta povoljnija je te samim time skuplja varijantna rješenja slabije su rangirana u odnosu na jeftinija. Tablicom 10 prikazano je rangiranje varijanta u odnosu na potkriterij *Trošak izgradnje* dok su Slikom 70 prikazane težinske vrijednosti varijanata u odnosu na navedeni potkriterij.

Tablica 10 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Trošak izgradnje

KRITERIJ 2:	*Financijski pokazatelji*
Potkriterij 1:	Trošak izgradnje

VARIJANTE	RANG
Varijanta 1	1
Varijanta 2	2
Varijanta 3	3

Slika 70 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Trošak izgradnje

Troškovima održavanja smatraju se financijska sredstva potrebna za obnovu infrastrukturnih elemenata tijekom eksploatacije u svrhu održavanja funkcionalnosti i nesmetanog odvijanja prometa postignutog samom izgradnjom. Kompleksnija varijantna rješenja zahtijevaju i veću količinu financijskih sredstava za održavanja čime ona jeftinija dobivaju na važnosti prilikom ocjenjivanja (Tablica 11) (Slike 71).

Tablica 11 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Trošak održavanja

KRITERIJ 2:	*Financijski pokazatelji*
Potkriterij 2:	**Trošak održavanja**

VARIJANTE	RANG
Varijanta 1	1
Varijanta 2	2
Varijanta 3	3

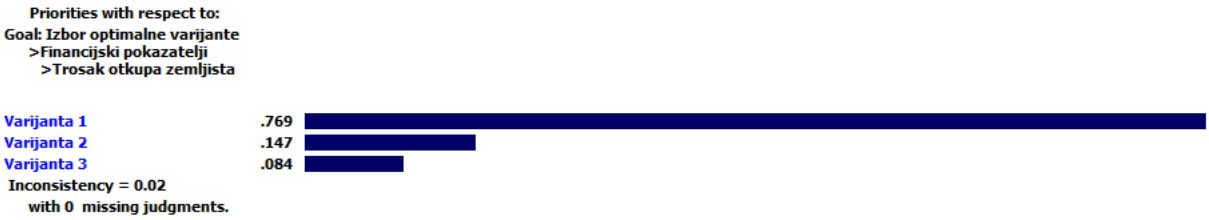
Slika 71 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Trošak održavanja

Potkriterij *Trošak otkupa zemljišta* također je vezan za kompleksnost varijantnih rješenja, pa tako Varijanta 1 zahtjeva najmanju količinu zemljišta za otkup, dok Varijanta 3 sa najvećom količinom sadržaja zahtjeva najveću količinu potrebnu za otkup. Rangiranje varijanata u odnosu na ovaj potkriterij prikazano je Tablicom 12 i Slikom 72.

Tablica 12 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Trošak otkupa zemljišta

KRITERIJ 2:	*Financijski pokazatelji*
Potkriterij 3:	**Trošak otkupa zemljišta**

VARIJANTE	RANG
Varijanta 1	1
Varijanta 2	2
Varijanta 3	3



Slika 72 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Trošak otkupa zemljišta

Važan čimbenik u prometu je kvaliteta prometne usluge. Osim prometne, za pješake i bicikliste na području kampusa Borongaj potrebno je sveukupnu kvalitetu podići na puno veći nivo od postojećega. Nepostojeća pješačko/biciklistička infrastruktura uzrok je ne postojanja rasvjete uz postojeće puteve, ne postojeća mjesta za odmor, klupe, nedostatak sadržaja vezanih uz biciklistički promet poput parkirališta za bicikle i prostora za odlaganje osobnih stvari. Svako od varijantnih rješenja kvalitetu usluge podiže za određeni nivo međutim varijanta 3 predstavlja najveću razinu usluge među navedenim prijedlozima (Tablica 13) (Slika73).

Tablica 13 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Povećanje kvalitete usluge

KRITERIJ 3:	***Prometni pokazatelji***
Potkriterij 1:	**Povećanje kvalitete usluge**

VARIJANTE	RANG
Varijanta 1	3
Varijanta 2	2
Varijanta 3	1

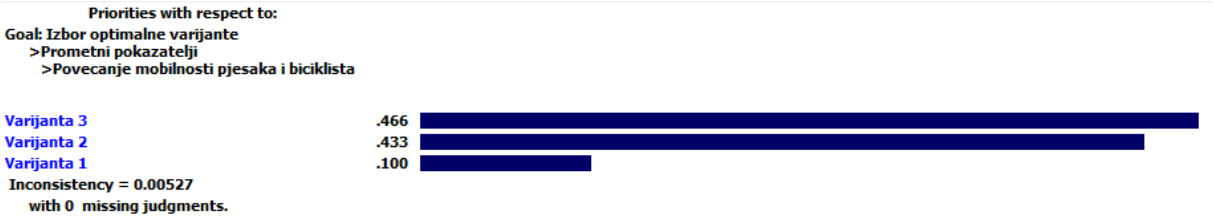
Slika 73 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Povećanje kvalitete usluge

Povećanje mobilnosti povezano je sa infrastrukturnim objektima u vidu pješačko-biciklističkih staza, izgradnje pothodnika ali i postavljanje punktova na kojima je moguće preuzimanje gradskih bicikala kao i njihovo odlaganje ali i postavljanje objekata na kojima je moguće parkirati i vlastite bicikle. Svaki od navedenih kriterija povećava mobilnost pješaka i biciklista, a Varijantom 3 mobilnost se povećava u najvećoj mjeri (Tablica 14) (Slika 74).

Tablica 14 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Povećanje mobilnosti pješaka i biciklista

KRITERIJ 3:	*Prometni pokazatelji*
Potkriterij 2:	Povećanje mobilnosti pješaka i biciklista

VARIJANTE	RANG
Varijanta 1	3
Varijanta 2	2
Varijanta 3	1



Slika 74 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Povećanje mobilnosti pješaka i biciklista

Jednako tako uvođenjem dodatnog pothodnika Varijantama 2 i 3 smanjuje se vrijeme putovanja mogućnošću prelaska ispod željezničke pruge na dva mjesta. U odnosu na postojeće stanje vrijeme potrebno za prelazak preko pruge na siguran i dozvoljen način smanjuje se za 50% s obzirom da je udaljenost do dozvoljenog prijelaza preko pruge upola smanjena. Razliku između Varijante 2 i 3 čine mogućnost korištenja gradskih bicikala kojima se vrijeme putovanja može još dodatno smanjiti (Tablica 15) (Slika 75).

Tablica 15 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Smanjeno vrijeme putovanja

KRITERIJ 3:	*Prometni pokazatelji*
Potkriterij 3:	Smanjeno vrijeme putovanja

VARIJANTE	RANG
Varijanta 1	3
Varijanta 2	2
Varijanta 3	1

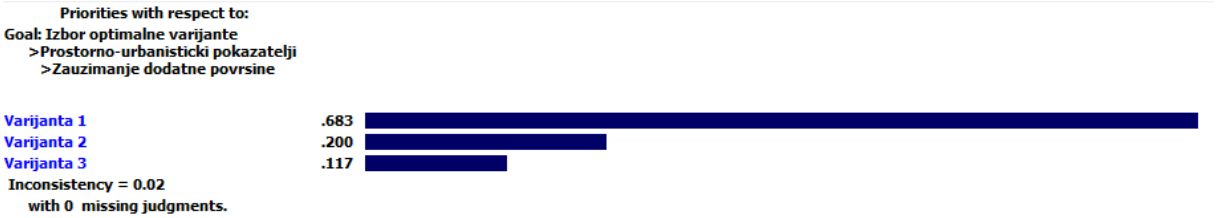
Slika 75 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Smanjeno vrijeme putovanja

Potkriterij *Zauzimanje dodatne površine* može se kvantitativno izraziti s obzirom da varijantna rješenja uključuju izgradnju novih infrastrukturnih objekata. Zauzimanje dodatne površine obuhvaća izgradnju pješačko-biciklističkih staza, pothodnika, objekata za parkiranje bicikala i odlaganje osobnih stvari, postavljanje pametne javne rasvjete kao i klupa neposredno uz pješačko-biciklističke staze. Varijanta 1 zauzima oko 9.600 m^2 dodatne površine potrebne za izgradnju pješačko-biciklističkih staza dok je kod Varijante 2 i 3 taj iznos oko 18.130 m^2. Zauzimanje dodatne površine vezano za izgradnju pothodnika u Varijanti 1 iznosi oko 520 m^2 dok kod varijanta 2 i 3 iznosi oko 745 m^2, međutim dodatna zauzetost površine u varijanti 3 očituje se u izgradnji već navedenih objekata vezanih uz biciklistički promet kao i javne rasvjete te je ona u iznosu od dodatnih 450 m^2. Slijedom toga Tablicom 16 i Slikom 76 prikazano je rangiranje varijanata prema navedenom potkriteriju.

Tablica 16 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Zauzimanje dodatne površine

KRITERIJ 4:	*Prostorno-urbanistički pokazatelji*
Potkriterij 1:	Zauzimanje dodatne površine

VARIJANTE	RANG
Varijanta 1	1
Varijanta 2	2
Varijanta 3	3



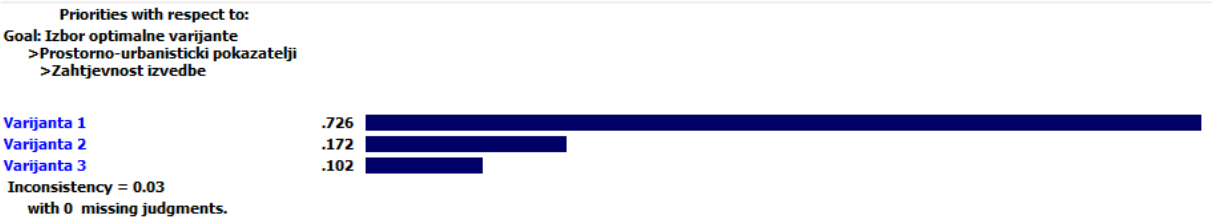
Slika 76 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Zauzimanje dodatne površine

Zahtjevnost izvedbe kao sljedeći potkriterij najveću važnost pridaje varijanti koja je najmanje zahtjevna za izvedbu. S obzirom da je Varijanta 1 najmanje sadržajna varijanta i njena je izvedba samim time najjednostavnija njoj je dodijeljena vrijednost ranga 1. Varijante 2 i 3 približno su jednako kompleksne u pogledu izvedbe pa su njima shodno tome dodijeljene ocjene s malom prednošću Varijante 2 (Tablica 17) (Slika 77).

Tablica 17 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Zahtjevnost izvedbe

KRITERIJ 4:	*Prostorno-urbanistički pokazatelji*
Potkriterij 2:	**Zahtjevnost izvedbe**

VARIJANTE	RANG
Varijanta 1	1
Varijanta 2	2
Varijanta 3	3



Slika 77 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Zahtjevnost izvedbe

Potkriterij *Uklapanje u okolinu* ne utječe na funkcionalnost već estetski dojam koji varijante ostavljaju svojom gradnjom u okolini. Bez obzira na to, odabirom varijantnog rješenja valja težiti ispunjenju ovog kriterija. S obzirom da Varijanta 1 ne sadrži previše zahvata na infrastrukturi, njena uklopljenost u okolinu je najbolja, dok su preostale dvije varijante podjednake važnosti prema ovom kriteriju (Tablica 18) (Slika 78).

Tablica 18 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Uklapanju u okolinu

KRITERIJ 4:	*Prostorno-urbanistički pokazatelji*
Potkriterij 3:	**Uklapanje u okolinu**

VARIJANTE	RANG
Varijanta 1	1
Varijanta 2	2
Varijanta 3	2

Slika 78 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Uklapanje u okolinu

Ekološkim potkriterijem *Razina buke* ocjenjuje se varijanta kojoj je razina buke najmanja u odnosu na preostale varijante. Najbolje rangirane varijante s podjednakim iznosima

su Varijante 2 i 3 koje osiguravaju najnižu razinu buke dok Varijanta 1 nižeg ranga s obzirom na veće brzine kretanja omogućene njenim prometnim rješenjem. Rangiranje prema ovom potkriteriju uključuje subjektivnu ocjenu autora i prikazano je Tablicom 19 i Slikom 79.

Tablica 19 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Razina buke

KRITERIJ 5:	***Ekološki pokazatelji***
Potkriterij 1:	**Razina buke**

VARIJANTE	RANG
Varijanta 1	2
Varijanta 2	1
Varijanta 3	1

Slika 79 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Razina buke

Jednakim kriterijem kao i prethodno rangiranje, ocjenjene su varijante s obzirom na potkriterij *Razina ispušnih plinova*, a prikazane su Tablicom 20 i Slikom 80.

Tablica 20 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Razina ispušnih plinova

KRITERIJ 5:	***Ekološki pokazatelji***
Potkriterij 2:	**Razina ispušnih plinova**

VARIJANTE	RANG
Varijanta 1	2
Varijanta 2	1
Varijanta 3	1

Slika 80 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Razina ispušnih plinova

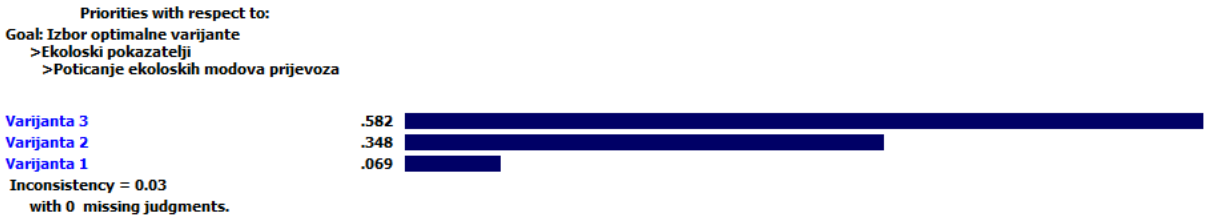
Posljednjim potkriterijem u sklopu *Ekoloških pokazatelja* ocjenjene su varijante s obzirom na njihov utjecaj u poticanju ekoloških oblika prijevoza. Varijanta 3 svojim

orijentiranjem na biciklistički promet rangirana je kao predvodnik u poticanju ovog ekološkog pokazatelja (Tablica 21) (Slika 81).

Tablica 21 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Poticanje ekoloških modova prijevoza

KRITERIJ 5:	*Ekološki pokazatelji*
Potkriterij 3:	Poticanje ekoloških modova prijevoza

VARIJANTE	RANG
Varijanta 1	3
Varijanta 2	2
Varijanta 3	1



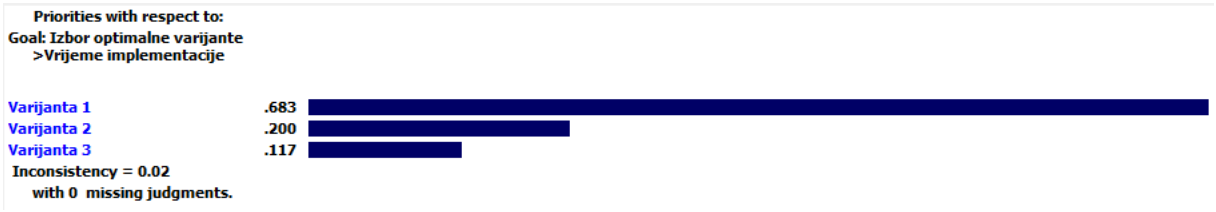
Slika 81 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Poticanje ekoloških modova prijevoza

Posljednji kriterij prema kojem su rangirana varijantna rješenja je *Vrijeme implementacije.* Prema subjektivnoj procjeni autora, s obzirom na kompleksnost izvedbe, najkompleksnije varijante ocijenjene su najmanjim rangom dok su varijante čija kompleksnost izvedbe ne zahtjeva puno vremena ocijenjene najvećim. Tako je Varijanta 3 najlošije rangirana jer je vrijeme implementacije njenih rješenja najduže u odnosu na Varijante 2 i 1, dok je Varijanta 1 najbolje rangirana (Tablica 22) (Slika 82).

Tablica 22 Rangiranje varijanta prema kriteriju Vrijeme implementacije

KRITERIJ 6:	*Vrijeme implementacije*

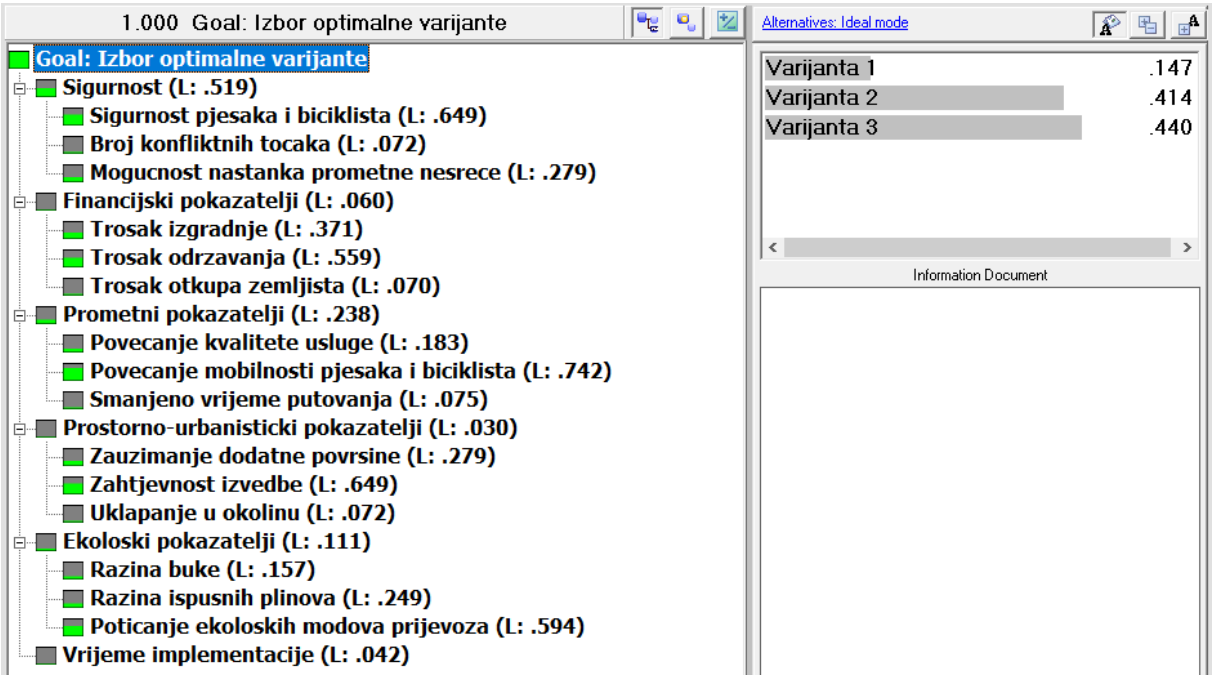
VARIJANTE	RANG
Varijanta 1	1
Varijanta 2	2
Varijanta 3	3



Slika 82 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na kriterij Vrijeme implementacije

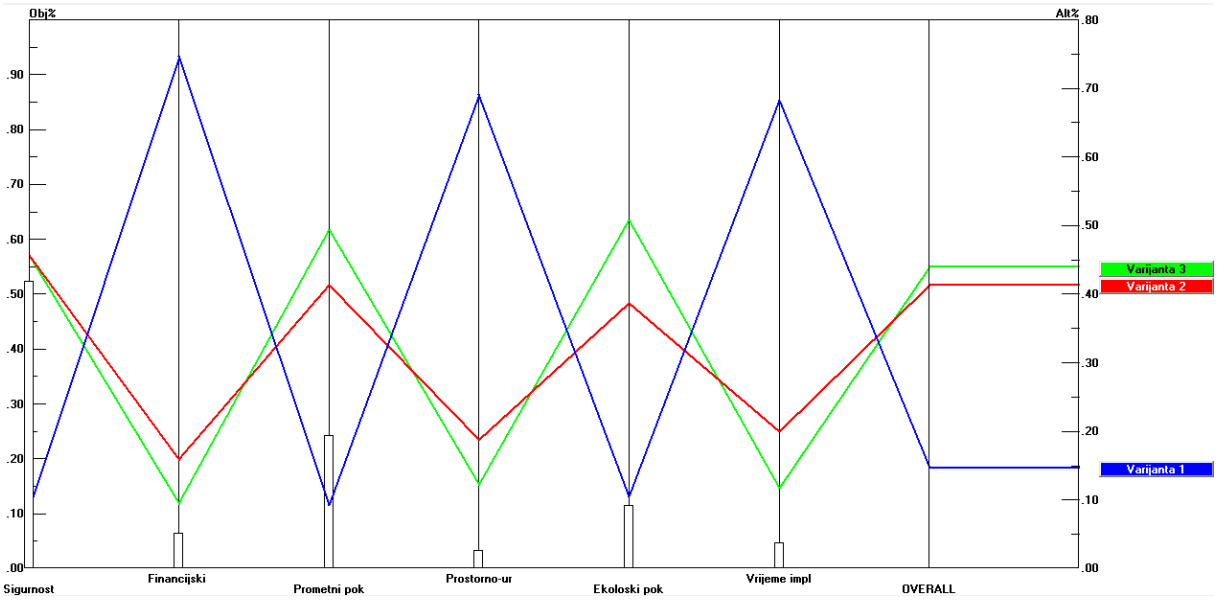
6.4. Izbor optimalne varijante

Unosom svih relevantnih podataka u programski alat Expert Choice dobiva se optimalna varijanta sa najboljim značajkama prema unesenim podacima. Dobiveni rezultati prikazani su Slikom 83, a govore kako je optimalna varijanta prema unesenim parametrima Varijanta 3, međutim samo za 2,6% lošija je Varijanta 2.



Slika 83 Prikaz izbora optimalne varijante u programskom alatu Expert Choice

Slikom 84 grafički je prikazano kako je kriteriji i potkriteriji utječu na izbor optimalne varijante te kako je Varijanta 1 po pojedinim kriterijima povoljnija od Varijante 3 kao što su *Financijski, Prostorno-urbanistički, Vrijeme implementacije*, međutim s obzirom na njihovu važnost u odnosu na *Sigurnost, Prometne i Ekološke pokazatelje* nedovoljno da bi predstavljala najoptimalnije rješenje. Varijanta 2 prema svim kriterijima slijedi Varijantu 3 te za njome u konačnici ne izostaje u velikoj mjeri.

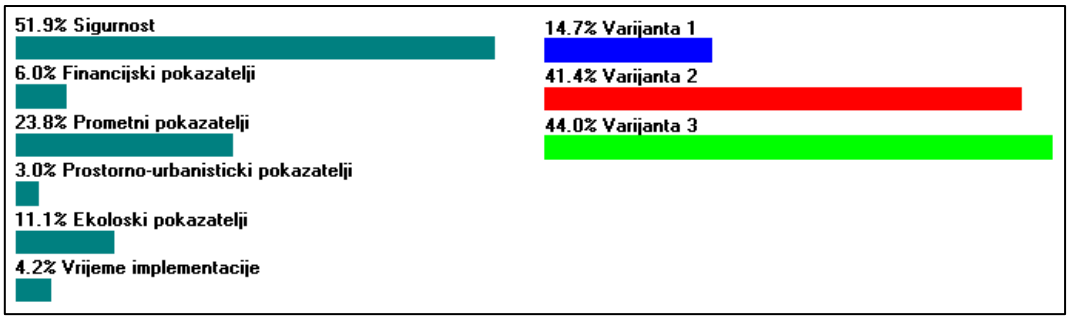


Slika 84 Grafički prikaz izbora optimalne varijante u programskom alatu Expert Choice

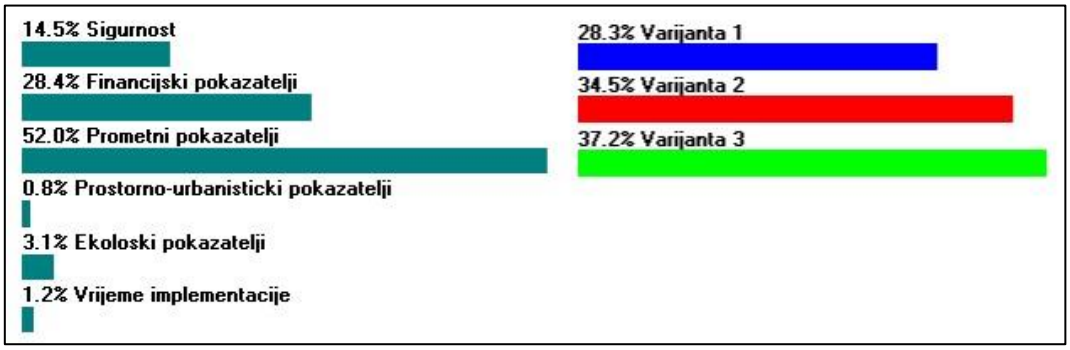
6.5. Analiza osjetljivosti

Analiza osjetljivosti provodi se u svrhu procijene prihvatljivosti projekta ukoliko se vrijednosti „kritičnih“ parametara promijene. Cilj analize osjetljivosti projekta je procjena prihvatljivosti projekta, ako se vrijednosti „kritičnih“ parametara budu razlikovale od planiranih u tijeku dosadašnje analize. Pod kritičnim parametrima podrazumijevaju se oni elementi koji značajno utječu na njegovu učinkovitost, ali koji su istovremeno i naglašeno neizvjesni. [35]

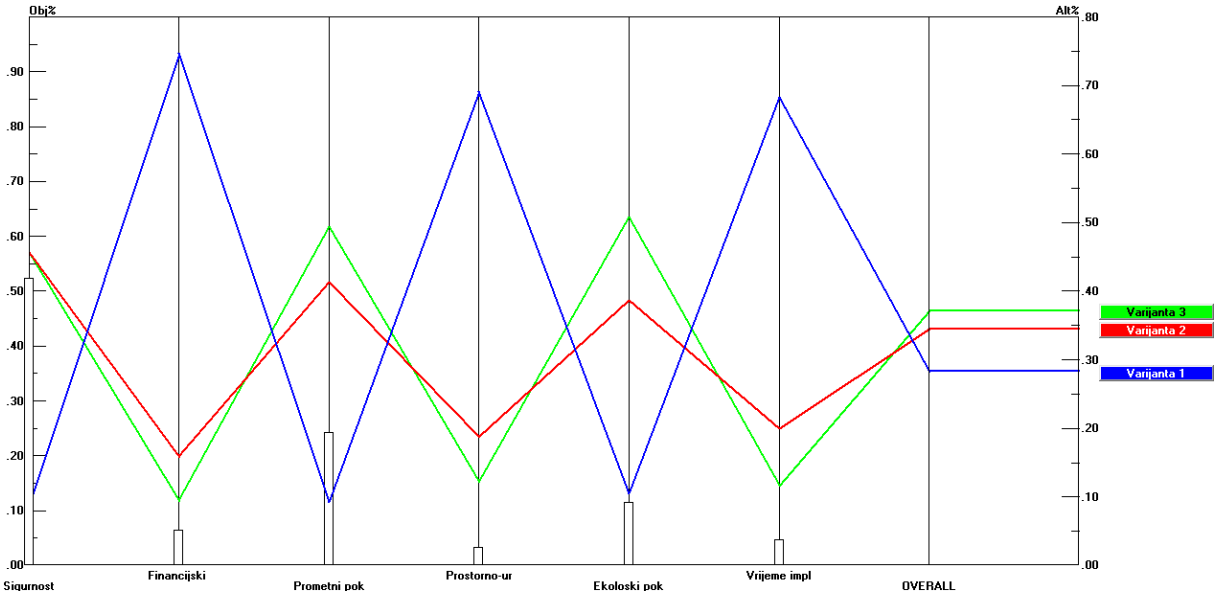
Slikom 85 u nastavku vidljivo je kako je kriterij *Sigurnost* najviše rangirani kriterij s obzirom na veliku učestalost prometnih nesreća te kako je Varijanta 3 najbolje rješenje između predloženih. Promjenom kriterija *Prometni pokazatelji* na razinu kriterija *Sigurnost* tj. na oko 52,0%, na Slici 86 vidljivo je kako se kriterij *Sigurnost* smanjio na 14,5%, a *Financijski pokazatelji* povećao na čak 28,4%. Mobilnost u sklopu *Prometnih pokazatelja* glavni je kriterij za odabir optimalne varijante uz *Sigurnost*, međutim uzevši u obzir i znatno povećanje *Financijskih pokazatelja* Varijanta 1 znatno se približila vrijednostima preostalih dviju varijanata. Tako valja napomenuti kako čak i uz dvadeset postotno povećanje troškova koji bi se potencijalno mogli pojaviti, Varijanta 3 ostaje optimalno rješenje ovog projekta. Slikom 87 grafički je prikazano stanje kriterija pojedinih varijanata uslijed provođenja analize osjetljivosti.



Slika 85 Iznosi rangiranja kriterija prije promjene analizom osjetljivosti



Slika 86 Iznosi rangiranja kriterija nakon promjene analizom osjetljivosti



Slika 87 Grafički prikaz promijenjenih kriterija za potrebe analize osjetljivosti

7. ZAKLJUČAK

Ne postojeća pješačka i biciklistička prometna infrastruktura, ne poštivanje prometnih propisa i zabrana, barijera koju predstavlja željeznička infrastruktura na području kampusa, sve su to sigurnosni propusti i problemi kojima bi trebalo pristupiti u cilju zaštite najranjivijih sudionika u prometu. Izgubljeni ljudski životi predstavljaju najveće gubitke kako društvene tako i financijske po čitavu ekonomiju jedne zemlje, a kada je riječ dvoznamenkastim brojevima smrtno stradalih valja na to posebno skrenuti pažnju.

Za potrebe predočavanja problematike dana je teorijska osnovna vezana za metodologije kojima su podaci prikupljeni i analizirani, a na temelju čega je na posljetku iznesen prijedlog varijanata u cilju odabira optimalne varijante. Analizom postojećeg stanja nakon prikupljanja podataka prikupljene su ključne informacije na temelju kojih su kreirana varijantna rješenja. Provedbom anketnog upitnika, brojanjem i promatranjem prometnih tokova na području kampusa Borongaj analizirane su stvarne potrebe korisnika koji se svakodnevno služe željezničko-cestovnim prijelazom Trava i pothodnikom Maksimir. Promatranjem je uočeno kako je razlog kršenja prometnih propisa u velikoj većini vezan za nedostatke na prometnoj infrastrukturi, što vidu dislociranosti prijelaza, što u vidu ne prilagođenosti uvjeta na postojećim prijelazima.

Anketnim upitnikom prikupljeni su odgovori 380 ispitanika od kojih se za lokaciju prijelaza preko željezničke pruge, predloženu svima trima varijantama, opredijelilo 56,6 % ispitanika. Promatranjem prometnih tokova na željezničko-cestovnom prijelazu Trnava koji predstavlja prijelaz preko željezničke pruge u istoj razini sa cestovnom prometnom infrastrukturom, uočeno je kako zbog izuzetne frekventnosti vlakova na tom području, rješenje prijelaza u istoj razini ne predstavlja siguran način. Tome u prilog govori u činjenica kako je u pojedinom satu 48 od 60 minuta položaj polubranika bio u spuštenom položaju. Najdulje izmjereno kontinuirano vrijeme trajanja u kojem je položaj polubranika bio u spuštenom položaju iznosilo je 15 minuta. U tom periodu na navedenoj su lokaciji prošla tri vlaka sa svojim kompozicijama, što ostavlja gotovo 90% vremena tijekom kojih su polubranici bili u spuštenom položaju, a nailaska vlaka nije bilo. Svi navedeni parametri kod korisnika koji učestalo koriste navedeni i slične prijelaze izazivaju netrpeljivost i nedostatak strpljenja kada je u pitanju poštivanje propisa koji govori o zabrani prelaska u trenutku spuštenih branika. Imajući u vidu sigurnost kao najvažniju polazišnu točku prilikom izrade varijantnih rješenja, svaka od varijanta

sadrži jedan ili više novih prijelaza izvan razine u obliku pothodnika ispod željezničke infrastrukture.

Varijantnim rješenjima predložena su prometna rješenja koja se odnose kako na povećanje sigurnosti i mobilnosti na sveobuhvatnom području, tako i na povećanje kvalitete usluge dodavanjem pametne javne rasvjete, klupa uz pješačko-biciklističku infrastrukturu, postavljanje lokacija sa gradskim biciklima na mjestima ključnima za korisnike ostalih modova prijevoza koji nisu direktno integrirani sa infrastrukturom kampusa, postavljanje parkirališta za bicikle i ormarića za osobne stvari biciklista itd. Osim toga varijante su kreirane i sa strane ekološke prihvatljivost i promicanja ekoloških oblika prijevoza u svrhu očuvanja i zaštite okoliša. Predložene varijante ocijenjene su prema 6 kriterija sa svojih 15 potkriterija od kojih su ključni kriteriji *Sigurnost* i *Prometnih pokazatelji*. Unosom ocjena prema kriterijima i potkriterijima u programski alat Expert Choice, metodom Analitičkog hijerarhijskog procesa odabrano je optimalno varijantno rješenje. Varijanta 3 čija je kompleksnost najzahtjevnija, ali su jednako tako dobrobiti koje iz nje proizlaze iznad preostalih varijanata. Osiguravanjem pješačko-biciklističke staze duž čitavog područja kampusa, izgradnjom dvaju pothodnika na potezu dugačkom 2 kilometra između željezničkih stajališta Maksimir i Trnava, postavljanjem rasvjete, klupa i objekata za unaprjeđenje biciklističkog prometa, postavljanje „anti-trespass“ panela i zaštitnih ograda duž čitave željezničke infrastrukture, Varijanta 3 predstavlja cjelovito prometno rješenje za unaprjeđenje sigurnosti i mobilnosti. Analizom osjetljivosti provjerena je i osjetljivost varijante na promjene ključnih parametara kako *Prometnih pokazatelja* tako i *Financijskih,* međutim rješenje predstavljeno Varijantom 3 proizlazi i dalje kao najoptimalnije.

Intervencije na području kampusa Borongaj nužne su s obzirom na broj ljudi koji tim područjem svakodnevno gravitira u svojstvu pješaka i biciklista sa uvjetima potpuno ne prilagođenim za njihovo kretanje.

LITERATURA

[1] HŽ Infrastruktura. *Informacije HŽ Infrastrukture*. 2022.

[2] Petrušić Ž. Detalji neshvatljivog stradavanja dvojice studenata na željezničkom kolosijeku: Otkriveno što je bilo kobno. *Jutarnji list*. 2022. Preuzeto s: https://www.jutarnji.hr/vijesti/crna-kronika/detalji-neshvatljivog-stradavanja-dvojice-studenata-na-zeljeznickom-kolosijeku-otkriveno-sto-je-bilo-kobno-15172592 [Pristupljeno: 30. svibanj 2022.].

[3] Zhang Y, Gawade M, Lin PS, McPherson T. Educational Campaign for Improving Pedestrian Safety: A University Campus Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences.* 2013;96:2756–66. Preuzeto s: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281302435X?via%3Dihub [Pristupljeno: 05. svibanj 2022.]

[4] Silla A. *Improving safety on Finnish railways by prevention of trespassing*. Doktorska disertacija. Aalto University, Espoo, Finska; 2013.

[5] Barić D, Starčević M, Pilko H. Analiza ponašanja sudionika u prometu na prijelazima. *Stručni i znanstveni radovi.* 2016. Preuzeto s: https://hrcak.srce.hr/file/248457 [Pristupljeno: 05. svibanj 2022.]

[6] Barić D, Starčević M, Pilko H. Safety at Level Crossings: Comparative Analysis. *Road and Rail Infrastructure IV*. 2018;861–8. Preuzeto s: https://www.researchgate.net/publication/303842642_Safety_at_Level_Crossings_Comparative_Analysis [Pristupljeno: 05. svibanj 2022.]

[7] Vlada Republike Hrvatske. *Strategija prometnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje od 2014. do 2030. godine*. Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture; 2014. Preuzeto s: https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/Strategija_prometnog_razvoja_VRH%201-studeni.pdf [Pristupljeno: 05. svibanj 2022.]

[8] Vlada Republike Hrvatske. *Program rješavanja željezničko-cestovnih i pješačkih prijelaza preko pruge za razdoblje od 2018. do 2022. godine.* Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture; 2018. Preuzeto s:

https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/PROG%20RJESAVANJA%20ZCP-PP%202018-2022%203-5_18.pdf [Pristupljeno: 5. svibanj 2022.]

[9] Agarwal PK, Patil PK, Mehar R. A Methodology for Ranking Road Safety Hazardous Locations Using Analytical Hierarchy Process. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2013;104:1030–7. Preuzeto s: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042813045898?via%3Dihub [Pristupljeno: 5. svibanj 2022.]

[10] Pižeta F. *Vrednovanje varijanata projektnih rješenja željezničko-cestovnog prijelaza Trnava primjenom Analitičkog hijerarhijskog procesa*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2016 Preuzeto s: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:511603 [Pristupljeno: 5. svibanj 2022.]

[11] Lovrić L. *Analiza prometne integracije Znanstveno - učilišnog kampusa Borongaj u prometni sustav Grada Zagreba uz prijedloge unaprjeđenja*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2019. Preuzeto s: https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz:723 [Pristupljeno: 5. svibanj 2022.]

[12] Zelenika R. *Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog djela.* Izdanje 4. Rijeka: Ekonomski fakultet u Rijeci; 2000.

[13] Šoštarić M, Ščukanec A, Jakovljević M. *Prometno tehnološko projektiranje*. Zagreb; 2011 Preuzeto s: https://moodle.srce.hr/2021-2022/pluginfile.php/5641763/mod_resource/content/1/Prometno_tehnolosko_projektiranje_-_SKRIPTA.pdf [Pristupljeno: 5. svibanj 2022.]

[14] Barić D. *Metode višekriterijskog odlučivanja*. Autorizirana predavanja. Zagreb; Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2021. Preuzeto s: https://moodle.srce.hr/2021-2022/pluginfile.php/5482936/mod_resource/content/5/VKO-AHP_1.dio.pdf [Pristupljeno: 5. svibanj 2022.]

[15] Saaty TL. Decision making with the analytic hierarchy process. *Int J Services Sciences.* 2008;1(1):83–98. Preuzeto s: https://www.rafikulislam.com/uploads/resourses/197245512559a37aadea6d.pdf [Pristupljeno: 6. svibanj 2022.]

[16] Deluka-Tibljaš A, Karleuša B, Dragičević N. Pregled primjene metoda višekriterijske analize pri donošenju odluka o prometnoj infrastrukturi. *Građevinar*. 2013;7. Preuzeto s: https://hrcak.srce.hr/106195 [Pristupljeno: 6. svibanj 2022.]

[17] Geoportal DGU. Kartografske podloge. Preuzeto s: https://geoportal.dgu.hr/ [Pristupljeno: 6. svibanj 2022.]

[18] Zavod za prostorno uređenje grada Zagreba. *Urbanistički plan uređenja Studentski kampus Borongaj - izmjene i dopune 2019.* Zagreb; 2019 Preuzeto s: https://www.zagreb.hr/userdocsimages/arhiva/prostorni_planovi/izid%20upu%20studentski%20kampus%20borongaj/PP_UPU%20Studenski%20kampus%20Borongaj.pdf [Pristupljeno: 7. svibanj 2022.]

[19] Dadić I. *Idejno prometno-urbanističko rješenje intermodalnih terminala Borongaj i znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj*. Privremeno izvješće broj 01. Zagreb; 2016.

[20] HŽ Infrastruktura. Projekt podizanja pruga u središnjem dijelu željezničkog čvora Zagreb. Preuzeto s: https://www.zagreb.hr/userdocsimages/arhiva/HZ%20infra_za%20web_small.pdf [Pristupljeno: 7. svibanj 2022.]

[21] Dadić I. *Prometni elaborat kao podloga za raspisivanje međunarodnog javnog natječaja za sveučilišni Kampus Borongaj*. Zagreb; 2008.

[22] ZET. Vozni red autobusne linije 236 (Kampus-Čavićeva). Preuzeto s: https://www.zet.hr/UserDocsImages/Autobusne linije - korona/236.pdf?vel=44169 [Pristupljeno: 7. svibanj 2022.]

[23] ZET. Vozni red autobusne linije 215 (Kvaternikov trg-Trnava) Preuzeto s: https://www.zet.hr/UserDocsImages/Autobusne linije - korona/215.pdf?vel=53849 [Pristupljeno: 7. svibanj 2022.]

[24] Autorske fotografije. svibanj i lipanj 2022.

[25] Zlodi L. Ispitivanje mišljenja o kretanjima i prometno-rizičnom ponašanju sudionika u prometu na području Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj u Zagrebu. *Anketni upitnik.* Preuzeto s: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc98734-4mPMIw0d3Xu0WOuVY-wCzYz2of3JH-rpA0r77TcdA/formResponse [Pristupljeno: svibanj 2022.]

[26] Cycling underpass at Bilthoven Station – Bicycle Dutch. Preuzeto s: https://bicycledutch.wordpress.com/2020/12/09/cycling-underpass-at-bilthoven-station/ [Pristupljeno: 14. svibanj 2022.]

[27] Commercial Shared Street - National Association of City Transportation Officials. Preuzeto s: https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/streets/commercial-shared-street/ [Pristupljeno: 7. lipanj 2022.]

[28] Prikaz pothodnika na lokaciji Cherry Street, Werribee, Australija. Preuzeto s: https://media-exp1.licdn.com/dms/image/C5622AQE-rb69XxxAFg/feedshare-shrink_2048_1536/0/1643669745102?e=1657756800&v=beta&t=hhBzaU8TOqsBoGLTB8rsga0p9jE5AM1GA47qIWw_FAk [Pristupljeno: 8. lipanj 2022.]

[29] Prikaz pothodnika na lokaciji Kotor, Crna Gora. Preuzeto s: http://salon2020.sacg.me/pothodnik-na-rivi-u-kotoru/ [Pristupljeno: 8. lipanj 2022.]

[30] Public Bicycle Rental system – London. Preuzeto s: https://www.eltis.org/hr/node/10151 [Pristupljeno: 9. lipanj 2022.]

[31] Avanta Hammersmith Offices - Bike Parking Project. Preuzeto s: https://archello.com/de/project/office-bicycle-parking [Pristupljeno: 9. lipanj 2022.]

[32] Rosehill Security, Anti-Trespass Panels. Preuzeto s: https://www.rosehillsecurity.com/security-products/anti-trepass-panels/ [Pristupljeno: 23. lipanj 2022.]

[33] Barić D, Džambo A. An Application of the AHP Method for Evaluation of Level Crossing Design in a Congested Urban Area: Case Study LC Sokolska in Zagreb, Croatia. *Transport Problems*; 16(4):95–106. Preuzeto s: https://doi.org/10.21307/tp-2021-063 [Pristupljeno: 4. srpanj 2022.]

[34] Barić D, Pižeta F. An AHP model for level crossing design. *International Journal of Safety and Security Engineering*; 8(1):65–76. Preuzeto s: http://www.witpress.com/elibrary/SSE-volumes/8/1/2108 [Pristupljeno: 4. srpanj 2022.]

[35] Barić D. *Model planiranja prometno-tehnoloških projekata u funkciji razvoja željeznice*. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti. Zagreb; 2010.

POPIS KRATICA

AHP	Analitički hijerarhijski proces (eng. Analytic Hierarchy Process)
HŽ	Hrvatske željeznice
PP	pješački prijelaz
ZET	Zagrebački električni tramvaj
ZUK	Znanstveno-učilišni kampus
ŽCP	željezničko-cestovni prijelaz

POPIS SLIKA

Slika 1 Prikaz podjele višekriterijskog odlučivanja 7
Slika 2 Prikaz hijerarhijske strukture AHP modela 9
Slika 3 Prikaz makrolokacije obuhvatnog područja na karti grada Zagreba..... 11
Slika 4 Prikaz mikrolokacije obuhvatnog područja na karti grada Zagreba 11
Slika 5 Korištenje i namjena površina..... 13
Slika 6 Prikaz budućeg stanja željezničkog čvora Zagreb 14
Slika 7 Prijedlog prometnog rješenja za povezivanje kampusa Borongaj u prometnu mrežu grada Zagreba 15
Slika 8 Vozni red autobusne linije 236 (Kampus - Čavićeva) 16
Slika 9 Prikaz kretanja autobusne linije 236 na području kampusa Borongaj 17
Slika 10 Prikaz prometovanja linije 215 u blizini kampusa Borongaj 17
Slika 11 Vozni red autobusne linije 215 (Kvaternikov trg - Trnava) 18
Slika 12 Željeznička stajališta Maksimir i Trnava 19
Slika 13 Prikaz udaljenosti željezničkih stajališta od središta kampusa 20
Slika 14 Lokacije na kojima su fotografirani putevi do željezničkog stajališta Maksimir 20
Slika 15 Lokacija 1 – „divlji“ put na području kampusa Borongaj 21
Slika 16 Lokacija 2 – „divlji“ prijelaz Slika 17 Lokacija 3 – „divlji“ put na području kampusa 22
Slika 18 Lokacija 4 – „divlji“ put na području kampusa Borongaj 22
Slika 19 Lokacija 5 – „divlji“ put na području kampusa Borongaj 23
Slika 20 Lokacija 6 – „divlji“ put na području kampusa Borongaj 23
Slika 21 Lokacija 7 – „divlji“ put na području kampusa Borongaj 24
Slika 22 Lokacija 8 – „divlji“ put na području kampusa Borongaj 24
Slika 23 Lokacija 9 – „divlji“ uz pothodnik Maksimir 25
Slika 24 Lokacija 10 – „divlji“ uz pothodnik Maksimir 26
Slika 25 Lokacija 11 - „divlji“ put prema željezničkom stajalištu Maksimir 26
Slika 26 Lokacije fotografija uz željezničku prugu i Branimirovu ulicu u Zagrebu 27
Slika 27 Lokacija 12 - „divlji“ put uz stajalište Slika 28 Lokacija 13 - „divlji“ prijelaz preko pruge 28
Slika 29 Lokacija 14 - „divlji“ prijelaz preko željezničke pruge 28
Slika 30 Lokacija 15 - „divlji“ prijelaz [24] Slika 31 Lokacija 16 - „divlji“ prijelaz 29
Slika 32 Lokacija 17 - „divlji“ prijelaz preko željezničke pruge 29

Slika 33 Primjer nepropisnog prelaska preko željezničke pruge na lokaciji 18 30
Slika 34 Improvizirane staze u blizini kampusa Borongaj 31
Slika 35 Kretanje uz mimoilaznu zaštitnu ogradu na prijelazu preko pruge - primjer 1 31
Slika 36 Kretanje uz mimoilaznu zaštitnu ogradu na prijelazu preko pruge - primjer 2 32
Slika 37 Kretanje uz mimoilaznu zaštitnu ogradu na prijelazu preko pruge - primjer 3 32
Slika 38 Prikaz strukture anketnog upitnika 34
Slika 39 Uvodni odjeljak (1) anketnog upitnika 34
Slika 40 Odjeljak (2) sa osobnim podacima 35
Slika 41 Odjeljak (3) prilagođen korisnicima službenih ulaza u kampus 36
Slika 42 Odjeljak (4) prilagođen korisnicima neslužbenih ulaza u kampus 37
Slika 43 Odjeljak (5) zaključna pitanja 38
Slika 44 Podloga pitanju o mjestu prelaske preko željezničke pruge 45
Slika 45 Prijedlog lokacija za smještaj prijelaza preko željezničke pruge 47
Slika 46 Primjer pješačko-biciklističkog pothodnika izgrađenog u Nizozemskoj 50
Slika 47 Prikaz distribucije pješačkih tokova prema smjeru i načinu prelaska preko željezničko-cestovnog prijelaza Trnava..... 54
Slika 48 Prikaz distribucije biciklističkih tokova prema smjeru i načinu prelaska preko željezničko-cestovnog prijelaza Trnava 55
Slika 49 Primjer Shared Street koncepta 58
Slika 50 Prikaz rješenja sjevernog izlaza izlaza iz pothodnika - lokacija Cherry Street, Werribee, Australija 59
Slika 51 Prikaz Varijante 1..... 60
Slika 52 Prikaz pješačkog pothodnika u Kotoru, Crna Gora 61
Slika 53 Prikaz unutrašnjosti pješačkog pothodnika u Kotoru, Crna Gora 62
Slika 54 Prikaz Varijante 2..... 63
Slika 55 Primjer lokacije za preuzimanje gradskih bicikala u Londonu 64
Slika 56 Prikaz primjera parkirališta za bicikle sa ormarićem za odlaganje osobnih stvari ... 65
Slika 57 Prikaz lokacija za postavljanje gradskih bicikala i objekata za parkiranje 65
Slika 58 Prikaz potencijalnih lokacija za postavljanje pametne javne rasvjete 66
Slika 59 Primjer "anti-trespass" panela u kombinaciji sa zaštitnom ogradom 67
Slika 60 Hijerarhijska struktura AHP modela..... 68
Slika 61 Prikaz rangiranih kriterija u programskom alatu Excpert Choice..... 71
Slika 62 Prikaz težinskih vrijednosti potkriterija, kriterija Sigurnost u programskom alatu Expert Choice..... 72

Slika 63 Prikaz težinskih vrijednosti potkriterija, kriterija Financijski pokazatelji u programskom alatu Expert Choice 72
Slika 64 Prikaz težinskih vrijednosti potkriterija, kriterija Prometni pokazatelji u programskom alatu Expert Choice 72
Slika 65 Prikaz težinskih vrijednosti potkriterija, kriterija Prostorno-urbanistički pokazatelji u programskom alatu Expert Choice 73
Slika 66 Prikaz težinskih vrijednosti potkriterija, kriterija Ekološki pokazatelji u programskom alatu Expert Choice 73
Slika 67 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Sigurnost pješaka i biciklista 74
Slika 68 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Broj konfliktnih točaka 74
Slika 69 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Mogućnost nastanka prometne nesreće 75
Slika 70 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Trošak izgradnje 75
Slika 71 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Trošak održavanja 76
Slika 72 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Trošak otkupa zemljišta 77
Slika 73 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Povećanje kvalitete usluge 77
Slika 74 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Povećanje mobilnosti pješaka i biciklista 78
Slika 75 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Smanjeno vrijeme putovanja 78
Slika 76 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Zauzimanje dodatne površine 79
Slika 77 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Zahtjevnost izvedbe 80
Slika 78 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Uklapanje u okolinu 80
Slika 79 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Razina buke 81
Slika 80 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Razina ispušnih plinova 81
Slika 81 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na potkriterij Poticanje ekoloških modova prijevoza 82
Slika 82 Prikaz težinskih vrijednosti varijanta u odnosu na kriterij Vrijeme implementacije 82

Slika 83 Prikaz izbora optimalne varijante u programskom alatu Expert Choice 83
Slika 84 Grafički prikaz izbora optimalne varijante u programskom alatu Expert Choice 84
Slika 85 Iznosi rangiranja kriterija prije promjene analizom osjetljivosti 85
Slika 86 Iznosi rangiranja kriterija nakon promjene analizom osjetljivosti 85
Slika 87 Grafički prikaz promijenjenih kriterija za potrebe analize osjetljivosti 85

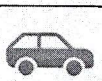
POPIS TABLICA

Tablica 1 Saatyjeva skala važnosti 10
Tablica 2 Prijedlozi za unaprjeđenje mobilnosti i sigurnosti na području kampusa 50
Tablica 3 Prijedlozi za dodatne sadržaje u sklopu prometne infrastrukture 51
Tablica 4 Prikaz broja motornih vozila na željezničko-cestovnom prijelazu Trnava 52
Tablica 5 Prikaz broja pješaka i biciklista na željezničko-cestovnom prijelazu Trnava..... 53
Tablica 6 Vremenski period u kojem su polubranici na željezničko-cestovnom prijelazu bili spušteni..... 56
Tablica 7 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Sigurnost pješaka i biciklista 74
Tablica 8 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Broj konfliktnih točaka 74
Tablica 9 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Mogućnost nastanka prometne nesreće 75
Tablica 10 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Trošak izgradnje 75
Tablica 11 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Trošak održavanja..... 76
Tablica 12 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Trošak otkupa zemljišta 76
Tablica 13 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Povećanje kvalitete usluge..... 77
Tablica 14 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Povećanje mobilnosti pješaka i biciklista 78
Tablica 15 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Smanjeno vrijeme putovanja 78
Tablica 16 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Zauzimanje dodatne površine 79
Tablica 17 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Zahtjevnost izvedbe 80
Tablica 18 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Uklapanju u okolinu..... 80
Tablica 19 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Razina buke..... 81
Tablica 20 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Razina ispušnih plinova 81
Tablica 21 Rangiranje varijanta prema potkriteriju Poticanje ekoloških modova prijevoza ... 82
Tablica 22 Rangiranje varijanta prema kriteriju Vrijeme implementacije..... 82

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1 Struktura ispitanika prema spolu 39
Grafikon 2 Struktura ispitanika s obzirom na dob 39
Grafikon 3 Završen stupanj obrazovanja ispitanika 40
Grafikon 4 Razlozi dolazaka na kampus Borongaj 40
Grafikon 5 Ustanova za koju se veže dolazak ispitanika na područje kampusa Borongaj 41
Grafikon 6 Raspodjela ispitanika s obzirom na mjesto ulaska u kampus 41
Grafikon 7 Prikaz načina dolazaka korisnika službenih ulaza u kampus Borongaj 42
Grafikon 8 Prikaz načina dolazaka korisnika neslužbenih ulaza u kampus Borongaj 42
Grafikon 9 Prikaz udjela prelazaka preko željezničke pruge kod službenih ulaza 43
Grafikon 10 Prikaz udjela prelazaka preko željezničke pruge kod neslužbenih ulaza 43
Grafikon 11 Način prelaska preko željezničke pruge 44
Grafikon 12 Mjesto prelaska preko željezničke pruge 45
Grafikon 13 Odgovori na pitanje o udaljenosti lokacija službenih prijelaza preko pruge i kampusa 46
Grafikon 14 Mišljenje o svrsi infrastrukture do službenih prijelaza preko pruge 46
Grafikon 15 Lokacija za postavljanje službenog prijelaza preko pruge 47
Grafikon 16 Ocjena postojeće pješačke infrastrukture 48
Grafikon 17 Ocjena postojeće biciklističke infrastrukture 48
Grafikon 18 Mišljenje o pothodniku kao adekvatnom rješenju za odvajanje dvaju prometnih tokova 49
Grafikon 19 Odnos vremena spuštenih i podignutih polubranika na željezničko-cestovnom prijelazu Trnava..... 57

PRILOZI

Vrijeme [h]		7:00-8:00			
15' -int		0-15'	15'-30'	30'-45'	45'-60'
Broj pješaka (legalno)	S-J	4,1,1,3,1 = 10	6	2	5,3 = 8
	J-S	4	14	3	5,5,5,5 = 20
Broj biciklista (legalno)	S-J	2	2	0	9
	J-S	3	5	6	3
Osobni automobili		0	0	0	1 (S-J)
Motociklisti		1 (J-S)	0	0	0
Broj pješaka (u prekršaju)	S-J	1	2	14	4
	J-S	5,1,7 = 13	5,5,5,4 = 19	5,5,5,5,1 = 26	5,5,5,1 = 16
Broj biciklista (u prekršaju)	S-J	1	5,2 = 7	5,5,2 = 12	3,1,1,2 = 8
	J-S	2	5	5,5 = 10	1,2,1 = 4
Osobni automobili, prekršitelji 		0	0	0	0
Motociklisti u prekršaju		0	0	1 (J-S) = 1	1 (J-S) 1 (J-S) = 2
Σ					

ČETVRTAK 02.06.2022. LUKA ZLODI

Vrijeme [h]		8:00-9:00			
15' -int		0-15'	15'-30'	30'-45'	45'-60'
Broj pješaka (legalno)	S-J	8	6	13	10
	J-S	9	18	7	6
Broj biciklista (legalno)	S-J	3	7	7	3
	J-S	3	8	4	3
Osobni automobili		1 (J-S)	1 (S-J), 1 (S-J), 1 (J-S)	1 (S-J)	2 (J-S)
Motociklisti		1 (J-S)	1 (S-J)	1 (J-S)	1 (J-S)
Broj pješaka (u prekršaju)	S-J	2	1	2	4
	J-S	10	5	2	8
Broj biciklista (u prekršaju)	S-J	4	0	0	2
	J-S	1	1	1	2
Osobni automobili, prekršitelji		0	0	0	0
Motociklisti u prekršaju		0	0	0	0
Σ					

ČETVRTAK 02.06.2022. LUKA ZLODI

Vrijeme [h]		11:00-12:00			
15' -int		0-15'	15'-30'	30'-45'	45'-60'
Broj pješaka (legalno)	S-J	13	12	7	3
	J-S	10	8	9	1
Broj biciklista (legalno)	S-J	3	9	6	2
	J-S	5	9	3	0
Osobni automobili		0	0	1 (J-S)	0
Motociklisti		1 (J-S)	2 (S-J)	2 (J-S)	0
Broj pješaka (u prekršaju)	S-J	NITI JEDNO SPUŠTANJE RAMPE 0	2	13	16
	J-S	- NITI JEDAN PROLAZAK VLAKA 0	4	15	16
Broj biciklista (u prekršaju)	S-J	0	2	1	6
	J-S	0	2	1	6
Osobni automobili, prekršitelji		0	0	0	0
Motociklisti u prekršaju		0	0	1 (S-J)	0
Σ			VLAK U 11:26 -	11:31	

ČETVRTAK 02.06.2022. LUKA ZLODI

Vrijeme [h]		12:00-13:00			
15' -int		0-15'	15'-30'	30'-45'	45'-60'
Broj pješaka (legalno)	S-J	5	18	18	7
	J-S	8	11	11	5
Broj biciklista (legalno)	S-J	5	4	2	9
	J-S	7	4	4	5
Osobni automobili		0	0	1 (S-J)	0
Motociklisti		0	1 (J-S)	1 (S-J)	0
Broj pješaka (u prekršaju)	S-J	3	0	2	2
	J-S	5	0	8	2
Broj biciklista (u prekršaju)	S-J	0	2	7	4
	J-S	0	3	0	1
Osobni automobili, prekršitelji		0	0	0	0
Motociklisti u prekršaju		0	0	0	0
Σ			VLAK 12:27		

ČETVRTAK 02.06.2022. LUKA ZLODI

Vrijeme [h]		15:00-16:00			
15' -int		0-15'	15'-30'	30'-45'	45'-60'
Broj pješaka (legalno)	S-J	1	4	7	5
	J-S	1	5	7	8
Broj biciklista (legalno)	S-J	0	4	1	2
	J-S	1	4	2	5
Osobni automobili		1 (S-J) 1	0	0	0
Motociklisti		2 (J-S)	1 (S-J)	1 (S-J)	3 (J-S) (S-J)
Broj pješaka (u prekršaju)	S-J	11	9	10	16
	J-S	20	7	24	14
Broj biciklista (u prekršaju)	S-J	5	8	5	5
	J-S	6	9	7	4
Osobni automobili, prekršitelji		1 (J-S)	0	0	0
Motociklisti u prekršaju		4 (S-J) (J-S)	1 (J-S)	0	0
Σ					

ČETVRTAK 02.06.2022. LUKA ZLODI

Vrijeme [h]		16:00-17:00			
15' -int		0-15'	15'-30'	30'-45'	45'-60'
Broj pješaka (legalno)	S-J	3	10	4	6
	J-S	4	6	3	5
Broj biciklista (legalno)	S-J	4	1	2	2
	J-S	6	8	0	4
Osobni automobili		1 (S-J)	0	0	0
Motociklisti		1 (J-S) 1 (S-J) 2	0	0	1 (J-S) 1
Broj pješaka (u prekršaju)	S-J	13	6	13	13
	J-S	13	6	19	21
Broj biciklista (u prekršaju)	S-J	10	6	4	2
	J-S	9	9	9	4
Osobni automobili, prekršitelji		0	0	0	0
Motociklisti u prekršaju		3 (S-J)	0	1 (S-J)	0
Σ					

ČETVRTAK 02.06.2022. LUKA ZLODI

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 diplomskog rada pod naslovom **Višekriterijska analiza prometnih rješenja u funkciji povećanja sigurnosti i mobilnosti pješaka i biciklista u gravitacijskom području Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj**, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student:

U Zagrebu, **06. srpnja 2022.** **Luka Zlodi**
(ime i prezime, *potpis*)