

DEJAN VOLARAC*, NORBERT PAVLOVIĆ, MILIVOJE ILIĆ

PRIMENA QGIS SOFTVERA ZA OBRADU PODATAKA O PUTNO-PRUŽNIM PRELAZIMA

APPLICATION OF QGIS DATA PROCESSING SOFTWARE ON RAILWAY CROSSINGS

Datum prijema rada: 10.7.2024. god.

Datum prijema rada: 18.8.2024. god.

UDK: 656.2+004:625.1/.5

REZIME:

Rad se fokusira na analizu mogućnosti primene QGIS softvera za obradu podataka o putno-pružnim prelazima (PPP) na primeru pruga u Srbiji, koji predstavljaju ključne tačke interakcije između drumskog i železničkog saobraćaja sa značajnim rizikom od nesreća. Baze podataka o vanrednim događajima vode se preko eksel tabela putnih prelaza na prugama u Srbiji i tabela evidentiranih nesreća i nezgoda. QGIS sistem je predstavljen preko uvodnih razmatranja i istorijata, a zatim je predstavljena najnovija verzija sa mogućnostima primene uopšte i posebno u železničkom saobraćaju. Obrada podataka korišćenjem QGIS sistema prikazana je kroz načine kreiranja novog projekta u QGIS-u i grafički korisnički interfejs QGIS-a. Dati su procesi kreiranja Sloja (Layer) i ubacivanja Mape, kreiranja sloja i ubacivanja pruga i PPP, unosa geografskih tačaka putem koordinata i putem koda. Značajno mesto zauzima vizualizacija i analiza podataka, kao i mogućnost prikaza podataka putem *HTML map tips* -a u QGIS-u. Implementacija QGIS softvera u radu obuhvatila je prikaz PPP i analizu koncentracije u Srbiji. Korišćenjem baze podataka o PPP i nesrećama u periodu od pet godina identifikovane su zona sa najvećim brojem PPP, bezbednosni aspekti najopterećenijih pruga i izvršena je prostorna analiza cele železničke mreže.

Ključne reči: QGIS, železnica, putno-pružni prelazi, nesreće, baze podataka

SUMMARY:

The paper focuses on the analysis of the possibility of applying QGIS software for processing data on road-railway crossings on the example of railways in Serbia, which represent key points of interaction between road and rail traffic with a significant risk of accidents. Databases on extraordinary events are maintained through Excel tables of road crossings on railways in Serbia and tables of recorded accidents and incidents. The QGIS system is presented through introductory considerations and history, and then the latest version is presented with the possibilities of application in general and in railway traffic in particular. Data processing using the QGIS system is shown through the ways of creating a new project in QGIS and the graphical user interface of QGIS. The processes of creating a layer and inserting a map, creating a layer and inserting tracks and road-railway crossings, entering geographic points via coordinates and via code are given. A significant place is occupied by data visualization and analysis, as well as the ability to display data via *HTML map tips* in QGIS. The implementation of the QGIS software in the work included the display of road-railway crossings and the analysis of the highest concentrations of them in the entire territory of Serbia. By using the database on road-railway crossings and accidents over a period of five years, the zone with the largest number of crossings, the safety aspects of the busiest railways, and a spatial analysis of the entire railway network were identified.

Keywords: QGIS, Railway, Level Crossings, Accidents, Databases

*Dejan Volarac, Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, volarac.dejan99@gmail.com

1. UVOD

Rad se bavi analizom putno-pružnih prelaza (PPP), koji predstavljaju ključne tačke interakcije između drumskog i železničkog saobraćaja. Ove tačke su od izuzetnog značaja za bezbednost i efikasnost saobraćaja, jer predstavljaju kritična mesta interakcije dve različite vrste saobraćaja. To su mesta na kojima je najveći rizik od nesreća. Analiza i unapređenje bezbednosti na ovim prelazima može značajno doprineti smanjenju broja nesreća i unapređenju ukupne saobraćajne infrastrukture. Cilj rada je da se prikaže mogućnost primene QGIS sistema kao baze podataka o stanju PPP na železničkoj mreži u Srbiji. Prikazan je način obrade podataka korišćenjem QGIS sistema, tj. kroz način kreiranja novog projekta u QGIS-u i grafički korisnički interfejs QGIS-a. Dati su procesi kreiranja Sloja (Layer-a) i ubacivanja Mape, kreiranja sloja i ubacivanja pruga i PPP, unosa geografskih tačaka putem koordinata i putem koda. Značajno mesto zauzima vizualizacija i analiza podataka, kao i mogućnost prikaza podataka putem HTML map tips -a u QGIS-u. Implementacija QGIS softvera u radu obuhvata je prikaz PPP i analizu koncentracije u Srbiji.

Rad se bazira na detaljnoj analizi trenutnog stanja putno-pružnih prelaza, pregledima relevantne literature i regulativa, kao i na studijama slučajeva. Rad je organizovan u šest poglavlja. Nakon uvodnih razmatranja, u drugom poglavlju razmatraju se osnovni pojmovi u vezi sa puto-pružnim prelazima, načinima osiguranja i načinima prijavljivanja nesreća i nezgoda. U trećem poglavlju prikazana je baza podataka korišćena za izradu rada, kao i obrađeni karakteristični podaci o PPP koji su primenjeni i implementirani u softveru QGIS.

U četvrtom poglavlju nalaze se osnove rada u QGIS softveru, mogućnosti rada samog softvera, kao i mogućnosti njegove implementacije u železnici, dok je u petom poglavlju prikazana obrada podataka, primena softvera kao i vizuelni prikaz podataka o PPP putem HTML-a. Na kraju su izložena zaključna razmatranja.

2. PUTNO-PRUŽNI PRELAZI

Putno-pružni prelazi, denivelacija, signalizacija,

održavanje infrastrukture, edukacija učesnika u saobraćaju i tehnološka rešenja ključni su faktori koji obezbeđuju bezbedno i efikasno obavljanje drumskog i železničkog saobraćaja. Ove mere smanjuju rizik od nesreća i obezbeđuju zaštitu učesnika u saobraćaju, osiguravaju funkcionalnost infrastrukture i bezbednost učesnika u saobraćaju na svim nivoima.

Putno-pružni prelaz [1] je mesto ukrštanja železničke pruge, koja pripada javnoj železničkoj infrastrukturi, industrijskoj železnici ili industrijskom kolo- seku i puta u istom nivou, koji obuhvata i ukrštanje tih koloseka sa pešačkom ili biciklističkom stazom, u širini od 3 m mereno od ose koloseka, uključujući i prostor između koloseka kada se na putnom prelazu nalazi više koloseka.

Zona potrebne preglednosti je trodimenzionalni prostor preglednosti u kome se vrši bezbedno zaustavljanje drumskih vozila ispred saobraćajnog znaka koji označava mesto na kome put prelazi preko železničke pruge na putnom prelazu. Zona potrebne preglednosti mora biti obezbeđena učesnicima drumskog saobraćaja na svakoj tački puta ispred putnog prelaza, a određuje se na osnovu vrednosti računске brzine drumskih vozila i najveće dopuštene brzine železničkog vozila na pruzi [1].

Mesto ukrštanja železničke pruge i puta je [1] mesto u naseljenom ili van naseljenog područja grada ili opštine, na mestu gde se presecaju osa koloseka železničke pruge i osa kolovoza puta, u nivou koloseka (putni prelaz) ili van nivoa koloseka (denivelisanim putnim objektom), a koje je kao takvo planirano urbanističkim ili prostornim planom lokalne samouprave (grada ili opštine).

Signalno-sigurnosni uređaj na putno-pružnom prelazu je uređaj železničke infrastrukture koji aktivira putnu saobraćajnu signalizaciju na putnom prelazu, kojom se učesnicima u drumskom saobraćaju neposredno najavljuje nailazak železničkih vozila i upozoravaju da kretanje prilagode tako da se bezuslovno moraju zaustaviti ispred putnog prelaza jer neposredno predstoji prolazak železničkog vozila [1].

2.1. Način ukrštanja železničkog i drumskog saobraćaja i mere za osiguranje bezbednosti saobraćaja na PPP

Ukrštanje železničke pruge i puta, pešačke ili biciklističke staze vrši se na dva načina i to:

1. van nivoa koloseka, izgradnjom objekta drumske denivelacije, odnosno putnog podvožnjaka ili nadvožnjaka, pešačkog ili biciklističkog pothodnika ili nadvožnjaka ili pešačkih pasarela;
2. u nivou koloseka, izgradnjom putnih prelaza, sa odgovarajućom opremom ili uređajima za obezbeđenje saobraćaja, kao i na zajedničkom železničko-drumskom mostu sa kolovozom puta u nivou koloseka i po trasi koloseka.

Mere za osiguranje bezbednog saobraćaja na putnim prelazima zavise od gustine saobraćaja, preglednosti železničke pruge, brzine vožnje na pruzi i putu i od mesnih uslova u skladu sa zakonom kojim se uređuje bezbednost i interoperabilnost železnice. Saobraćaj na putnim prelazima obezbeđuje se:

1. saobraćajnim znakovima na putu i zonom potrebne preglednosti;
2. svetlosnim saobraćajnim znakovima i saobraćajnim znakovima na putu;
3. automatskim polubranicama sa svetlosnim saobraćajnim znakovima i saobraćajnim znakovima na putu;
4. branicima i saobraćajnim znakovima na putu;
5. neposrednim regulisanjem saobraćaja na putnom prelazu i posebnim merama;
6. zaštitnim ogradama i saobraćajnim znakovima ili mimoilaznicama i saobraćajnim znakovima na putnim prelazima za pešake i bicikliste.

Saobraćajni znakovi na putu ispred putno-pružnih prelaza su:

1. znak koji označava mesto na kome put prelazi preko železničke pruge u nivou koloseka,
2. znak za ograničenje brzine.

Na PPP prelazima opremljenim signalno-sigurnosnim uređajima mogu se instalirati video- kamere za vizuelni nadzor zone putnog prelaza, železničke imovine, zauzetosti kolovoza i izvršenja bezbed-

nosti saobraćaja, kao i nadzor svih učesnika saobraćaja na putnom prelazu [1].

2.2. Obezbeđenje saobraćaja na PPP

Putno-pružni prelazi mogu i moraju biti obezbeđeni na jedan od ova tri načina:

1. svetlosnim saobraćajnim znacima i saobraćajnim znacima na putu (slika 1),
2. automatskim polubranicama sa svetlosnim saobraćajnim znacima,
3. branicima i saobraćajnim znacima (slika 2).

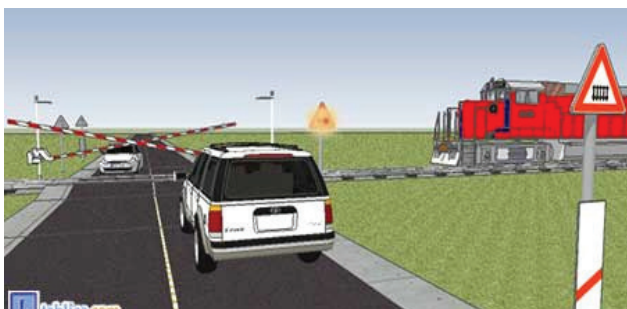


Slika 1. Putno-pružni prelaz u nivou bez branika ili polubranika (greška)

Svetlosnim saobraćajnim znacima i saobraćajnim znacima na putu obezbeđuje se saobraćaj samo na mestu ukrštanja jednokolosečne železničke pruge i puta. Svetlosni saobraćajni znak, kada je aktiviran, prema putu pokazuje crveno trepćuće svetlo usmereno tako da je jasno vidljivo sa puta. Ispravnost svetlosnih saobraćajnih znakova na putnom prelazu kontroliše se u posednutom železničkom službenom mestu ili kontrolnim pružnim signalima na železničkoj pruzi. Svetlosnim saobraćajnim znacima mogu se dodati zvučni signali, u skladu sa propisima kojima se uređuje saobraćajna signalizacija na putevima i tehnički uslovi za signalno-sigurnosne uređaje, radi podsticanja pažnje i opreznosti kod učesnika u drumskom saobraćaju. Zvučni signal se daje neprekidno, sve vreme dok svetlosni saobraćajni znak pokazuje crveno trepćuće svetlo [1].

Automatskim polubranicama sa svetlosnim saobraćajnim znacima i saobraćajnim znacima na putu, vrši se obezbeđenje saobraćaja na putnim prelazima, - i to [1]:

1. magistralne železničke pruge sa državnim putevima I reda, kao i II reda sa drumskim saobraćajem na prelazu preko železničke pruge sa prosečnim protokom većim od 2.500 drumskih vozila;
2. magistralne i regionalne železničke pruge i puta, ako je najveća dopuštena brzina na pruži veća od 120 km/h i
3. ostalih železničkih pruga sa putevima, ako je na putu prosečan protok veći od 5.000 drumskih vozila.



Slika 2. Putno-pružni prelaz u nivou sa branicima

Branicima i saobraćajnim znacima na putu vrši se obezbeđenje saobraćaja na putnom prelazu u naseljenom mestu i na drugim mestima gde je to saobraćajno-tehnički opravdano. Branikom se drumski saobraćaj zatvara preko cele širine puta kada se železničko vozilo približava putno-pružnom prelazu. Obezbeđenje saobraćaja uređajima sa branicima i saobraćajnim znacima na putu vrši se na mestima gde je to saobraćajno-tehnički opravdano. Drumski saobraćaj na celoj širini kolovoza puta ispred koloseka, sa obe strane železničke pruge, zatvara se branikom. Branici prema načinu pogona mogu da budu na električni i na mehanički pogon. Prema mestu upravljanja mogu da budu oni kojima se upravlja iz daljine i na licu mesta [1].

2.3. Prijavljivanje nesreća i nezgoda

Na puto-pružnim prelazima najčešći uzrok pojave vanrednih događaja jeste sudar drumskog i železničkog vozila. Pri takvim situacijama obavezno je da upravljač železničke infrastrukture i prevoznik, bez odlaganja, telefonom prijave nesreću i nezgodu Centru za istraživanje nesreća u saobraćaju (CINS) i republičkom inspektoratu za železnički saobraćaj. Prijava mora da sadrži

sledeće podatke:

1. opis nesreće ili nezgode;
2. datum i vreme (čas i minut) nastanka nesreće ili nezgode;
3. mesto nesreće ili nezgode (naziv službenog mesta, kilometarski položaj otvorene pruge, objekat i sl.);
4. podatke o usmrćenima, povređenima i materijalnoj šteti;
5. ako je nastalo ugrožavanje okoline, navesti kako (curenje opasnih materija i sl.);
6. aktivirane mere za spasavanje, angažovanje službi hitne pomoći, policije itd.;
7. podatke o vozovima ili manevarskim sastavima;
8. opis infrastrukturnih podsistema na mestu nesreće ili nezgode;
9. vremenske uslove i geografske karakteristike terena;
10. da li je nastalo zakrčenje susednih koloseka;
11. preuzete mere radi zaštite i osiguranja mesta nesreće ili nezgode;
12. podatke o železničkom osoblju i izvođačima radova koji su uključeni u nesreću ili nezgodu i prisutnim svedocima;
13. podatke o podnosiocu prijave;
14. druge relevantne podatke.

Pored toga upravljač železničke infrastrukture i prevoznik dostavljaju pisanu prijavu Centru za istraživanje nesreća u saobraćaju i republičkom inspektoratu za železnički saobraćaj elektronskim putem u roku od 24 sata od nastanka nesreće ili nezgode u železničkom saobraćaju. Pisana prijava, pored osnovnih (prethodno navedenih) podataka, mora da sadrži:

1. detaljan opis nesreće ili nezgode;
2. detaljne podatke o vozovima i njihovom sastavu (brojeve vozova, relaciju saobraćaja, individualne brojeve vučnih i vučenih vozila, tovareno/prazno, vrsta tovara);
3. detaljan opis infrastrukturnih podsistema na mestu nesreće ili nezgode;
4. broj usmrćenih i/ili povređenih lica, sa naznakom da li su železničko osoblje, putnici, izvođači radova ili treća lica;
5. podatke o materijalnoj šteti (na čemu je nastala i, po mogućnosti, procena štete);

6. podatke o prekidu saobraćaja, o zakašnjenju i otkazivanju vozova, da li je nastalo zakrčenje susednih koloseka;
7. upotrebljena sredstva za otklanjanje posledica i pružanje pomoći nastradalima;
8. podatke o ustanovama za pružanje medicinske pomoći, policiji i drugim organima i službama koji su izašli na mesto nesreće ili nezgode;
9. detaljan opis preduzetih mera za osiguranje mesta nesreće ili nezgode;
10. sve druge relevantne podatke kojima se raspoložuje u vezi sa nesrećom ili nezgodom.

Ovi podaci su od izuzetnog značaja za obradu i dokumentovanje događaja u slučaju nesreća ili nezgoda u železničkom saobraćaju [2].

3. OBRADA BAZE PODATAKA O SAOBRAĆAJNIM NESREĆAMA

3.1. Tabela PPP na prugama u Srbiji

Excel tabela svih putno-pružnih prelaza (tabela 1) na mreži pruga u Republici Srbiji sadrži sledeće podatke: šifru pruge, broj pruge na kojoj se posmatrani putno-pružni prelaz nalazi, naziv pruge, ZOP kome pripada, kolosečnost pruge, broj koloseka na putno-pružnom prelazu, širinu putno-pružnog prelaza, površinu putno-pružnog prelaza, kilometarski položaj, ime nadležne stanice za odgovarajuću putno-pružni prelaz, način osiguranja kao i ostale relevantne podatke, imala je ključnu ulogu u izradi ovog rada.

Tabela 1. Deo prikaza evidencije putno-pružnih prelaza u Srbiji

Red. br. PPP.	Šifra pruge	Broj pruge	Klasa pruge	Naziv pruge	ZOP	Kolosečnost	Broj koloseka na P.P.	Širina P.P.P. (m)	Površina P. P.P. (m ²)	Km položaj na osovini puta	Nadležna stanica	Način osiguranja	Vrsta kolovoza	Ugao ukrštanja pruge i puta (stepeni)	Trougao vidljivosti	Kategorija puta	Poseđutost PPP.	Nosilac prava koriscenja
1	108	1	MG	Bgd.-Resnik-Podgorica-Bar	Valjevo	J	1	6.0	36.0	0+431.00	Resnik	3	4	90	da	ulica	ne	1
2	108	1	MG	Bgd.-Resnik-Podgorica-Bar	Valjevo	J	1	3.0	18.0	8+012.00	B. Reka	1	4	90	da	poljski	ne	1
3	108	1	MG	Bgd.-Resnik-Podgorica-Bar	Valjevo	J	1	3.0	18.0	19+315.00	V. Borak	1	2	90	da	poljski	ne	1
4	108	1	MG	Bgd.-Resnik-Podgorica-Bar	Valjevo	J	1	9.0	54.0	20+497.00	V. Borak	3	2	60	da	lokalni	ne	1
5	108	1	MG	Bgd.-Resnik-Podgorica-Bar	Valjevo	J	1	3.0	18.0	21+942.00	V. Borak	1	4	90	da	poljski	ne	1
6	108	1	MG	Bgd.-Resnik-Podgorica-Bar	Valjevo	J	1	6.0	36.0	24+269.00	V. Borak	3	4	90	da	lokalni	ne	1
7	108	1	MG	Bgd.-Resnik-Podgorica-Bar	Valjevo	J	1	3.0	18.0	25+321.00	V. Borak	1	4	90	da	poljski	ne	1
8	108	1	MG	Bgd.-Resnik-Podgorica-Bar	Valjevo	J	1	4,5	30.0	27+708.00	Stepojevac	1	4	90	da	poljski	ne	1
9	108	1	MG	Bgd.-Resnik-Podgorica-Bar	Valjevo	J	1	3.0	18.0	28+547.00	Stepojevac	1	2	90	da	poljski	ne	1
10	108	1	MG	Bgd.-Resnik-Podgorica-Bar	Valjevo	J	1	4.0	24.0	29+952.00	Stepojevac	1	2	90	da	poljski	ne	1
11	108	1	MG	Bgd.-Resnik-Podgorica-Bar	Valjevo	J	1	4,5	27.0	31+198.00	Stepojevac	1	2	90	da	poljski	ne	1
13	108	1	MG	Bgd.-Resnik-Podgorica-Bar	Valjevo	J	1	4,5	30.0	33+484.00	Stepojevac	3	2	90	da	lokalni	ne	1
14	108	1	MG	Bgd.-Resnik-Podgorica-Bar	Valjevo	J	1	6.0	36.0	35+250.00	Vreoci	3	2	90	da	lokalni	ne	1
15	108	1	MG	Bgd.-Resnik-Podgorica-Bar	Valjevo	J	1	6.0	36.0	38+516.00	Vreoci	3	5, 2	90	da	lokalni	ne	1
16	108	1	MG	Bgd.-Resnik-Podgorica-Bar	Valjevo	J	1	6.0	36.0	42+656.00	Lazarevac	3	5, 2	60	da	lokalni	ne	1
17	108	1	MG	Bgd.-Resnik-Podgorica-Bar	Valjevo	J	1	6.0	36.0	46+822.00	Lazarevac	1	5, 2	90	da	lokalni	ne	1

3.2. Tabele evidentiranih nesreća i nezgoda

Eksel tabele o evidentiranim nesrećama i nezgodama (tabele 2. i 3.) koriste se kao glavni izvor

podataka, a od podataka poseduju datum, vreme, mesto nesreće, broj pruge, vrstu i uzrok nesreće, kao i kratak opis vanrednog događaja, broj usmrćenih i povređenih lica, kao i podatke o troškovima koji su

nastali pri nesrećama i nezgodama [3].

Pri izradi rada akcent je stavljen na korišćenje obe baze podataka, ali je preciznije proučavanje usmereno na analizu nesreća i incidenata koji su se desili na PPP. Primenom metoda i tehnika u QGIS softveru izvršena je detaljna obrada tih podataka o pojedinim relevantnim događajima, sa fokusom

na identifikaciju i analizu specifičnih slučajeva nesreća koje su se odigravale na prelazima u odbranom periodu od pet godina. Ova analiza je omogućila dublje razumevanje dinamike i uzroke incidenata na prelazima, što je od suštinskog značaja za dalje unapređenje bezbednosti i efikasnosti upravljanja saobraćajem na železničkim presečnim tačkama.

Tabela 2. Deo prikaza evidentiranih Saobraćajnih nesreća u Srbiji

Datum	Vreme	Mesto	Vrsta	Uzrok	Kratak opis	Usmrćeno			Povređeno			Preglašeno vozila	Prekid saobraćaja (h)	Šteta (RSD)
						Putnika	Železničara	Trećih lica	Putnika	Železničara	Trećih lica			
1/1/2018	13:05	Požega	3	36	Pri manevri isklizla kola br. 31724775006-8 na skretnici br. 33									121,448.00
1/4/2018	3:30	Ruma	16	58	Na PP u km 62+008 pad drumskog vozila na prugu, prekid saobraćaja							2		188,137.00
1/4/2018	8:14	Palanka	16	48	Nestanak napona, izgoreo naponski trafo							1		
1/5/2018	6:35	Senta	16	31	U km 60+870 i 60+500 polomljena šina i na više mesta otkinuta glava šine							28		
1/5/2018	15:45	Beograd	3	36	Pri manevri isklizla lok 621-301 između skretnica br. 22 i 23									
1/5/2018	23:00	Beograd	16	13	Na 2. koloseku došlo do samopokretanja kola br. 50722076008-0									
1/6/2018	2:25	Brvenik	16	27	Pucanje man. sastava kod kola br. 8072-3924214-0 i 317239 24109-2									456,311.00
1/6/2018	10:08	Lapovo	5	58	U km 107+000 usmrćeno treće lice od strane voza br. 6731			1				2		
1/6/2018	17:35	Požarevac	6	60	Požar na gariranim kolima na 4. koloseku izazvan od strane trećih lica									12,022,605.00

Tabela 3. Deo prikaza obrađenih podataka službenih mesta sa najvećim brojem nesreća na putno-pružnim prelazima u periodu od 2016-2020.

Datum	Vreme	Službeno mesto	Kilometarski položaj i kratak opis	Pruga	Šteta (RSD)	Odgovornost
3-Jan	19:26	Ruma	U km 62+008 nalet drumskog vozila na postavnu spravu PP	101	153,189.00	Vozač drumskog vozila
5-Feb	19:03		U km 62+008, na PP PBK 2, pad drumskog vozila na prugu	101	77,473.80	Vozač drumskog vozila
29-Aug	6:44		U km 3+285 nalet voza br. 5223 na drumsko vozilo	211	123,000.00	Vozač drumskog vozila
27-Nov	22:00		U km 62+008, na PP PBK 2, pad drumskog vozila na prugu	101	10,933.00	Vozač drumskog vozila
27-Dec	3:50		U km 62+008, na PP PBK 2, pad drumskog vozila na prugu	101		S-79
31-Dec	3:50		U km 62+008, na PP PBK 2, pad drumskog vozila na prugu	101		S-79
9-Jan	12:39	Pančevo Varoš	Na PP u km 0+907 nalet voza br. 7009 na drumsko vozilo	309	0	Vozač drumskog vozila
11-Feb	8:36		Na PP u km 17+544 nalet voza br. 7005 na drumsko vozilo	107	0	Vozač drumskog vozila
17-Jan	14:05	Kula	Na PP u km 46+200 nalet voza br. 6422 na drumsko vozilo	307	260,075.30	Vozač drumskog vozila
16-Jul	19:40		Na PP u km 39+000 nalet voza br. 4627 na drumsko vozilo	307	49,000.00	Vozač drumskog vozila

Tabela 5. Prikaz broja saobraćajnih nesreća na putno-pružnim prelazima odgovarajućih pruga

Broj pruge	Broj nesreća
101	29
102	40
103	6
105	9
106	14
107	9
108	14
109	10
110	5
111	1
202	6
207	10
208	1
211	33
213	8
216	4
218	9
219	11
223	8
Ukupno	227

Uz pomoć ovako sortiranih podataka veoma je lako da se utvrdi najopterećenija pruga na području celokupne železničke infrastrukture, kao i opterećenje svih ostalih pruga ako se upoređuju sve pruge na železničkoj mreži jedne sa drugom (slika 3).



Slika 3. Službeno mesto sa najvećim brojem nesreća u periodu od 2016. do 2020. godine (Loznica) [6]

4. QGIS

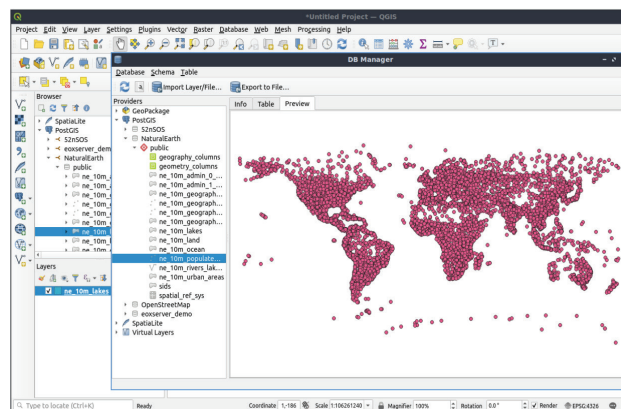
4.1. Uvod u QGIS

QGIS, poznat i kao Quantum GIS, geografski je informacioni sistem (GIS) otvorenog koda (stoga i besplatan), koji omogućava korisnicima da kreiraju, uređuju, vizualizuju, analiziraju i objavljuju prostorne informacije. QGIS podržava širok spektar vektorskih, raster i baznih formata podataka, uključujući format baze podataka PostGIS. Kao projekat otvorenog koda, QGIS je razvijala i održavala globalna zajednica programera i korisnika [4].

QGIS se koristi za različite svrhe, od osnovne kartografije do složenih prostorno-analitičkih zadataka. Njegova fleksibilnost i proširivanje ga čine pogodnim za širok spektar korisnika, uključujući istraživače, planere, inženjere, obrazovne institucije, vladine agencije i neprofitne organizacije.

4.2. Osnovne Funkcije QGIS-a

QGIS omogućava korisnicima da kreiraju i uređuju vektorske slojeve, podržavajući različite geometrije poput tačaka, linija i poligona (slika 4). Takođe, podržava direktno uređivanje podataka u bazama podataka poput PostGIS-a [4].

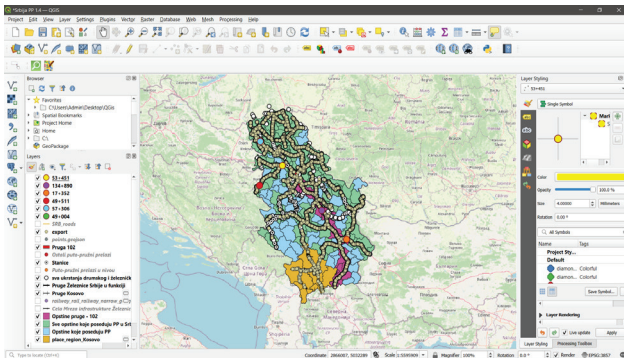


Slika 4. Prikaz naseljenih mesta na području cele planete u QGIS softveru

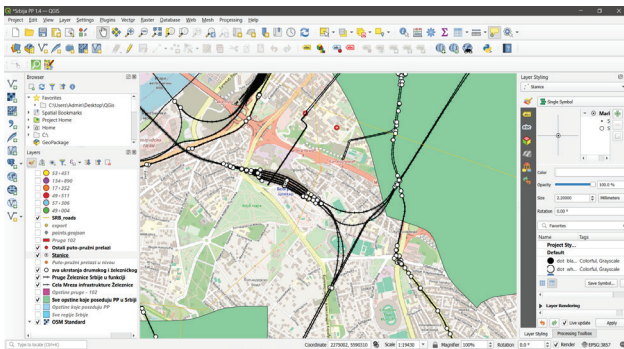
QGIS pruža veoma moćne alate za vizualizaciju podataka. Korisnici mogu da prilagode stilove slojeva, pritom da koriste različite simbole, boje, oznake i da kreiraju složene karte koje

Primena QGIS softvera za obradu podataka o putno-pružnim prelazima

prikazuju različite aspekte prostornih podataka (slike 5. i 6).



Slika 5. Vizuelni prikaz podataka na teritoriji Srbije u QGIS softveru



Slika 6. Vizuelni prikaz stanice Beograd Centar u QGIS softveru

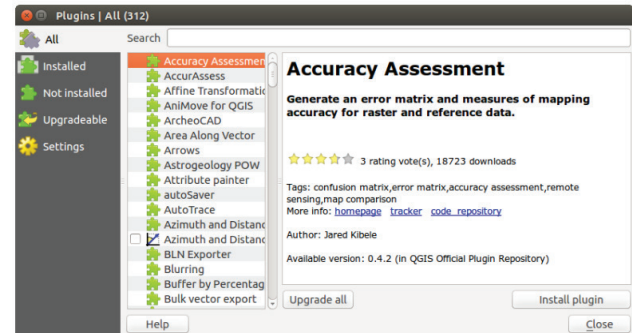
Analiza. QGIS uključuje alate za prostornu analizu, uključujući geo procesiranje, analizu mreža, raster analizu i analizu statističkih podataka. Integracija sa GDAL/OGR bibliotekom dodatno proširuje mogućnosti analize.

Proširenja i Pluginovi. Jedna od ključnih snaga QGIS-a je podrška za proširenja i pluginove (slika 7). Korisnici mogu instalirati dodatne module za specifične zadatke, kao što su analize vodnih tokova, prostorno modelovanje ili integracija sa drugim GIS platformama [4].

4.3. Istorijat QGIS-a

QGIS projekat je započeo 2002. godine Gary Sherman, koji je želeo stvoriti besplatan GIS alat koji bi mogao raditi na više platformi.

Prva verzija QGIS-a (v0.1) objavljena je u julu 2002. godine. Ova prva verzija je bila prilično osnovna, sa ograničenim funkcionalnostima, ali je postavila temelje za dalji razvoj [4].



Slika 7. Prozor sa pluginovima u QGIS softveru

Kroz godine, QGIS je prošao kroz značajan razvoj i evoluciju. Kako se zajednica korisnika i programera širila, tako su se širile i funkcionalnosti QGIS-a. Neki od ključnih momenata u razvoju QGIS-a uključuju:

- 2004. godina: QGIS postaje GIS aplikacija koja podržava više platformi, uključujući Windows, Linux i macOS.
- 2006. godina: Dodavanje podrške za pluginove, što omogućava korisnicima i programerima da prošire funkcionalnost QGIS-a prema potrebama.
- 2008. godina: Integracija sa GRASS GIS-om, što omogućava korisnicima pristup moćnim alatima za prostornu analizu i modeliranje.
- 2010. godina: Objavljena verzija 1.5 koja donosi značajna unapređenja u interfejsu i performansama.
- 2013. godina: Objavljena verzija 2.0, koja uvodi mnoge nove funkcionalnosti i poboljšanja u korisničkom interfejsu.
- 2018. godina: Objavljena verzija 3.0, koja donosi mnoge tehnološke inovacije, uključujući podršku za 3D vizualizacije i unapređeni alat za crtanje [4].

4.4. QGIS Danas

Danas, QGIS je jedan od najpopularnijih i najmoćnijih GIS alata na svetu, sa aktivnom i posvećenom zajednicom koja kontinuirano radi na njegovom unapređenju i razvoju. Ovaj softver se široko ko-

risti u raznim sektorima kao što su urbanizam, poljoprivreda, zaštita životne sredine, transport, telekomunikacije, hidrologija, istraživanje prirodnih resursa, planiranje infrastrukture i dr.

QGIS se ističe svojom integracijom sa brojnim drugim otvorenim GIS alatima i platformama, kao što su GRASS GIS, SAGA GIS i PostGIS, što omogućava korisnicima da iskoriste širok spektar funkcionalnosti i resursa za analizu i obradu prostornih podataka. Ova integracija čini QGIS veoma moćnim i fleksibilnim alatom, sposobnim da odgovori na različite potrebe i zahteve korisnika.

Jedna od najvećih prednosti QGIS-a je njegova pristupačnost. Kao besplatan softver otvorenog koda, QGIS omogućava svim korisnicima, bez obzira na njihove finansijske mogućnosti, pristup naprednim GIS alatima i resursima. Ovaj pristupačan model omogućava široku upotrebu u akademskim institucijama, istraživačkim organizacijama, nevladinim organizacijama i manjim preduzećima koja možda nemaju resurse za skupe komercijalne GIS softvere.

Pored toga, otvorenost i transparentnost QGIS-a omogućavaju korisnicima da prilagode i prošire softver prema svojim specifičnim potrebama. Korisnici mogu razvijati sopstvene plagine i dodatke, što čini QGIS izuzetno fleksibilnim i prilagodljivim alatom za rad sa prostornim podacima. Zajednica korisnika i programera neprekidno doprinosi razvoju novih funkcionalnosti, popravci grešaka i poboljšanju performansi, što osigurava da QGIS ostane aktuelan i u skladu sa najnovijim tehnološkim trendovima i zahtevima.

Kroz razne obuke, radionice i onlajn resurse, QGIS zajednica promoviše edukaciju i obuku novih korisnika, što dodatno podstiče širenje i upotrebu ovog softvera širom sveta. QGIS je danas više od softvera – to je platforma za inovacije, saradnju i razmenu znanja u oblasti geoinformatike i prostornog planiranja.

Zahvaljujući svim ovim karakteristikama i prednostima, QGIS se pozicionirao kao ključni alat u savremenom upravljanju prostornim podacima i analizama jer omogućava korisnicima da efikas-

no i efektivno upravljaju svojim prostornim informacijama i donose informisane odluke [4].

4.5. Mogućnosti primene QGIS sistema

QGIS (Quantum GIS) moćan je geografski informacioni sistem otvorenog koda koji nudi širok spektar mogućnosti za rad sa prostornim podacima [5]. Ova aplikacija se često koristi u istraživanjima, planiranju, upravljanju resursima i drugim oblastima koje zahtevaju analizu i vizualizaciju geografskih informacija. Pregled nekih ključnih mogućnosti i sposobnosti koje QGIS nudi:

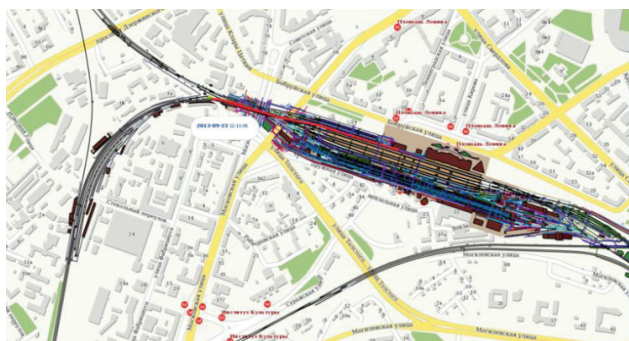
- **Geo prostorne analize.** QGIS omogućava izvođenje različitih geoprostornih analiza kao što su upiti za prostorne podatke, analiza prostorne distribucije, analiza udaljenosti, analiza rute i mnoge druge. Ove analize pomažu u razumevanju prostornih relacija i obrazaca.
- **Vizualizacija podataka.** Možete kreirati dinamičke i interaktivne karte koristeći različite slojeve podataka. QGIS podržava različite vrste podataka kao što su vektorski, raster i tabelarni podaci, omogućavajući vam da kombinujete različite izvore i vrste podataka u vašim mapama.
- **Uređivanje podataka.** QGIS omogućava uređivanje vektorskih podataka direktno u aplikaciji. Možete dodavati, izmenjivati i brisati geografske objekte, što je korisno za kreiranje i ažuriranje geografskih podataka.
- **Podrška za različite formate podataka.** QGIS podržava veliki broj formata podataka, uključujući Shapefile, GeoPackage, PostGIS, kao i mnoge druge formate vektorskih, raster i tabelarnih podataka. Ovo čini QGIS veoma fleksibilnim za rad sa različitim izvorima podataka.
- **Prostorne baze podataka.** QGIS ima podršku za povezivanje sa prostornim bazama podataka kao što su PostgreSQL/PostGIS, SQLite, Oracle Spatial, što omogućava efikasno upravljanje velikim količinama prostornih podataka.
- **Alati za analizu i obradu podataka.** QGIS dolazi sa širokim spektrom alata za analizu podataka kao što su alati za raster analizu, za interpolaciju, za površinsku analizu, za geo procesiranje i mnogi drugi, što omogućava napredne analize podataka direktno u aplikaciji.

- **Ekstenzije i dodaci.** QGIS ima veliku zajednicu koja razvija ekstenzije i dodatke koji dodaju dodatne funkcionalnosti aplikaciji. Ovi dodaci mogu da obuhvate sve, od specijalizovanih alata za analizu do dodatnih opcija za vizualizaciju i obradu podataka.
- **Otvoreni kod i zajednica.** Kao softver otvorenog koda, QGIS je besplatan za korišćenje i ima aktivnu zajednicu korisnika i razvojnih timova koji doprinose njegovom održavanju i razvoju. Ovo osigurava kontinuirano poboljšanje i podršku za korisnike širom sveta [9].

Ove mogućnosti čine QGIS svestranim alatom za sve korisnike koji rade sa prostornim podacima, bilo da su u pitanju naučno-istraživački projekti, planiranje, upravljanje resursima ili neke druge aplikacije koje zahtevaju upotrebu geografskih informacionih sistema.

4.6. Mogućnosti primene QGIS sistema u železničkom saobraćaju

U železničkom saobraćaju, efikasno upravljanje i planiranje infrastrukture su ključni za osiguravanje bezbednosti i ekonomske efikasnosti. Upravo u ovom kontekstu, Quantum GIS (QGIS) pokazao se kao moćan saveznik inženjera, planera i analitičara, omogućavajući im da detaljno analiziraju prostorne podatke i da donesu informisane odluke (slika 8).



Slika 8. Planiranje i optimizacija trase u QGIS softver-u

Planiranje i optimizacija trase: QGIS omogućava detaljno modeliranje i analizu terena duž potencijalnih železničkih trasa. Koristeći digitalne visinske modele (DEM) i alate za analizu terena, inženjeri mogu optimizovati trase kako bi minimizirali nagibe, smanjili troškove gradnje i smanjili uticaj na život-

nu sredinu. Ovo je od ključne važnosti pri planiranju novih pruga ili pri rekonstrukciji postojećih.

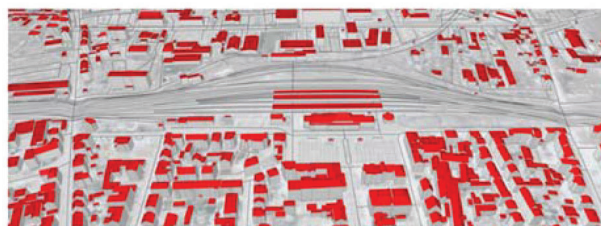
Analiza bezbednosti na prelazima: Bezbednost na putno-železničkim prelazima je jedan od najbitnijih aspekata železničke infrastrukture. QGIS omogućava analizu saobraćajnih tokova, gustine naseljenosti i karakteristike prelaza kako bi se identifikovala rizična mesta i predložila unapređenja koja bi povećala bezbednost korisnika i vozova.

Upravljanje imovinom i održavanje infrastrukture: Efikasno upravljanje železničkom infrastrukturom zahteva praćenje lokacija imovine, planiranje redovnog održavanja i brzu reakciju na potrebe održavanja. QGIS pruža alate za detaljno upravljanje imovinom, što omogućava efikasno planiranje resursa i produženje radnog veka infrastrukture.

Optimizacija operacija i analiza kapaciteta: Analiza kapaciteta železničkih pruga je ključna za optimizaciju rasporeda vozova i efikasnost operacija. QGIS omogućava analizu kapaciteta, što pomaže boljem razumevanju opterećenja mreže i identifikacija potencijalnih uskih grla ili problema sa kapacitetom.

Integracija sa drugim sistemima: QGIS se lako integriše sa drugim sistemima za upravljanje železničkim saobraćajem, kao što su informacioni sistemi o redu vožnje ili sistemi za praćenje vozova. Ova integracija omogućava praćenje vozova u realnom vremenu, bolju koordinaciju operacija i efikasniju razmenu informacija između različitih operativnih jedinica.

QGIS se stoga pokazao kao neophodan alat za modernizaciju i unapređenje železničkog saobraćaja (slika 9) jer omogućava stručnjacima da precizno modeliraju, analiziraju i optimizuju infrastrukturne projekte za stvaranje sigurnog, efikasnog i održivog železničkog sistema.

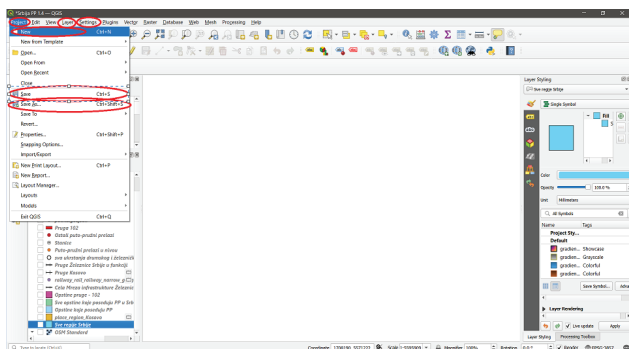


Slika 9. 3D prikaz železničke stanice u QGIS softveru

5. OBRADA PODATAKA KORIŠĆENJEM QGIS-A

5.1. Kreiranje novog projekta u QGIS-u

Kreiranje novog projekta u QGIS-u predstavlja osnovu za svaki geografski informatički rad i istraživanje. Ovaj proces započinje pokretanjem QGIS aplikacije na računaru (slika 10). Po otvaranju programa automatski se kreira novi prazan projekat, spreman za dodavanje podataka i početak rada. Ukoliko želimo da započnemo novi projekat tokom rada, jednostavno biramo opciju *Project > New* ili kliknemo na ikonu *New Project* na alatnoj traci.



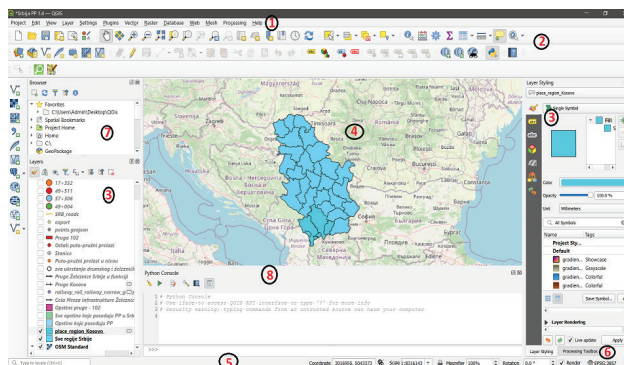
Slika 10. Kreiranje novog projekta u QGIS softveru

Da bi se izbegao gubitak podataka, QGIS nudi opciju automatskog čuvanja projekta, koja se može aktivirati kroz *Settings > Options > General*, gde se čekira opcija *Enable auto-save of project*. Takođe, preporučuje se da svi podaci povezani sa projektom budu organizovani u jednom direktorijumu, čime se izbegavaju problemi sa putanjama do datoteka.

Kreiranje i čuvanje projekata u QGIS-u je proces koji zahteva veliku pažnju, ali pri tom pruža veoma moćne alate koji služe za obradu i analizu različitih geografskih podataka. Redovnim čuvanjem i dobrom organizacijom podataka možemo osigurati da rad bude efikasan i da rezultati budu tačni i pouzdani.

5.2. Grafički korisnički interfejs QGIS-a

Početni interfejs QGIS-a je sastavljen od nekoliko ključnih elemenata, koji omogućavaju korisnicima da efikasno rade sa geografskim podacima (slika 11). Glavne komponente početnog interfejsa QGIS-a su:



Slika 11. Početni interfejs QGIS softvera i ključni elementi koji ga sačinjavaju

Meni Bar (Menu Bar)

Ovaj deo se nalazi na vrhu interfejsa i sadrži osnovne menije kao što su *File*, *Edit*, *View*, *Layer*, *Settings*, *Plugins*, *Vector*, *Raster*, *Database*, *Web*, *Processing* i *Help*. Svaki meni sadrži različite opcije za upravljanje projektom, uređivanje slojeva, podešavanje interfejsa i druge funkcije.

Alatna Traka (Toolbars)

Alatne trake su smeštene ispod menija i sadrže ikone za brzi pristup često korišćenim alatima i opcijama. Postoji više alatnih traka, uključujući alatne trake za upravljanje projektom, navigaciju mapom, alatke za uređivanje i druge specifične funkcije.

Panel za Slojeve (Layers Panel)

Ovaj panel se obično nalazi sa leve strane i prikazuje listu svih slojeva koji su dodati u projekat. Omogućava korisnicima da uključe/isključe vidljivost slojeva, menjaju redosled slojeva i pristupaju opcijama za uređivanje slojeva.

Mapa (Map Canvas)

Glavni deo interfejsa gde se prikazuju svi slojevi i podaci. Korisnici mogu da zumiraju, pomeraju i sprežu sa mapom u ovom prostoru. Mapa je centralno mesto za vizualizaciju geografskih podataka.

Statusna Traka (Status Bar)

Smeštena na dnu interfejsa, statusna traka prikazuje informacije kao što su trenutne koordinate pokazivača miša, skala mape i status zadatka koji su u toku.

Panel Alatki (Processing Toolbox)

Ovaj panel sadrži širok spektar alata za prostorne

analize i geoproceniranje. Omogućava pristup alatima za obradu vektorskih i rasterskih podataka, kao i dodatnim funkcijama koje se mogu instalirati kroz pluginove.

Browser Panel

Panel koji omogućava pretragu i pregled podataka na lokalnom disku, kao i podataka sa udaljenih izvora. Ovo olakšava dodavanje novih slojeva u projekat.

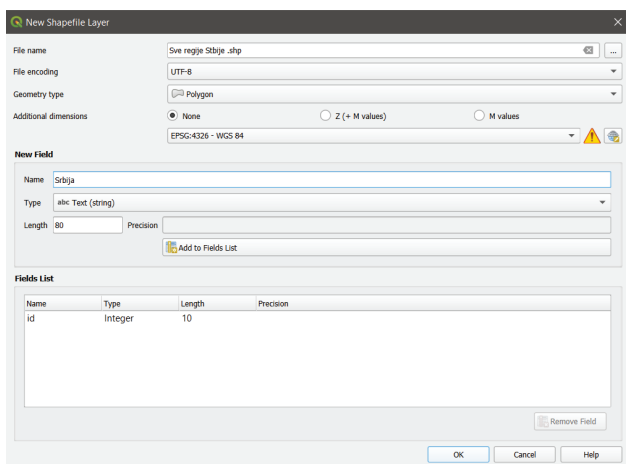
Konzola (Python Console)

Ovaj panel omogućava korisnicima da pišu i izvršavaju Python skripte direktno u QGIS-u. Koristan je za automatizaciju zadataka i napredne analize.

Ovi elementi zajedno čine fleksibilan i moćan interfejs QGIS-a, omogućavajući korisnicima da efikasno rade sa svojim geografskim podacima [4].

5.3. Proces Kreiranja Sloja (lejera) i Mape u QGIS-u

Rad sa geografskim podacima u QGIS-u počinje kreiranjem novih slojeva i učitavanjem mapa iz različitih izvora. Ovi koraci su osnova za sve buduće analize i vizualizacije koje se mogu izvršiti u ovom alatu (slika 12). Evo kako se to radi, korak po korak [4].



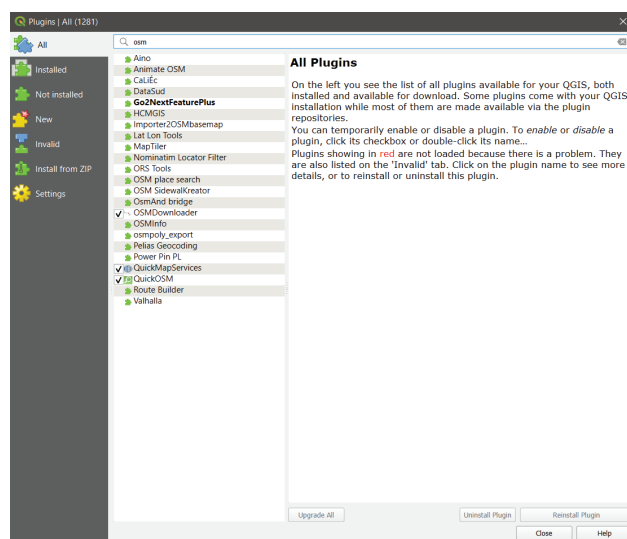
Slika 12. Kreiranje novog sloja (lejera) u QGIS softver-u

Kada pokrenemo QGIS, kreiranje novog vektorskog sloja je prvi korak, to se postiže izborom opcije *Layer > Create Layer > New Shapefile Layer...* ili *New Geopackage Layer...* iz glavnog menija. U

dijalogu koji se otvori, biramo tip geometrije koju želimo da koristimo, bilo da su to tačke, linije ili poligoni. Ovde takođe možemo dodati atribute koji će biti povezani sa ovim geometrijama, kao što su naziv, tip ili bilo koji drugi podatak koji je relevantan za naš projekat.

Nakon definisanja atributa i izbora lokacije za snimanje sloja, klikom na OK naš novi sloj će se pojaviti u Layers panelu i biti spreman za uređivanje. Da bismo dodali podatke u ovaj sloj, aktiviramo alatku za uređivanje klikom na ikonicu olovke na alatnoj traci. Korišćenjem alatki za crtanje, možemo dodati nove geometrije u sloj i uneti attribute za svaki novi element.

Instaliranje OSM plugina predstavlja sledeći korak ako ranije nije instaliran (slika 13). Ova instalacije postiže se izborom komande *Plugins > Manage and Install Plugins...* i pretraživanjem opcije *OpenStreetMap* ili *QuickMapServices*. Nakon instalacije, možemo dodati OSM mapu izborom komande *Web > QuickMapServices > OSM > OSM Standard* iz menija.



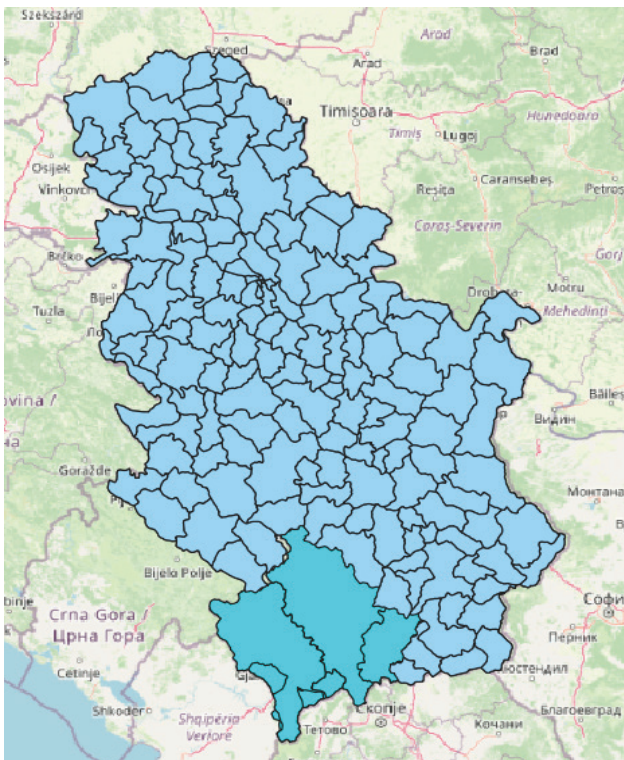
Slika 13. Instaliranje OSM plugina u QGIS softveru

Ako želimo ručno da dodamo OSM mapu, možemo koristiti WMS ili XYZ Tile. Za ovaj proces idemo na *Layer > Add Layer > Add WMS/WMTS Layer...* ili *Add XYZ Layer...* i unosimo URL: <https://tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png>, koji nazivamo "OSM". Klikom na OK, ovaj sloj se pojavljuje u Layers panelu.

Dodavanje drugih izvora mapa je takođe moguće korišćenjem istih koraka kao i za OSM, ali sa različitim URL-ovima za druge WMS/WMTS ili XYZ Tile usluge. Na primer, mnogi provajderi, kao što su Google i Bing, nude javne mape koje mogu biti dodate na ovaj način.

Učitavanje mape u QGIS kroz OpenStreetMap (OSM) pruža korisnicima mogućnost da brzo pri-stupe globalnim geografskim podacima. Ovaj proces je jednostavan i omogućava korisnicima različitih nivoa iskustva da efikasno rade sa prostornim podacima.

Mapa se ubacuje tako što nakon instalacije plagina, QGIS aplikacija otvara mogućnost za dodavanje OSM Mape preko QuickMapServices. U meni baru nalazi se opcija Web, gde izabiranjem *QuickMapServices > OSM > OSM Standard* dodajemo željene podatke. U QGIS-u će se automatski učitati OSM mapa u interaktivnom okruženju (slika 14). Kada se OSM mapa pojavi u QGIS-u, mapu je moguće prilagoditi svojim potrebama, uključujući zumiranje na određene oblasti, promenu stilova prikaza ili dodavanje dodatnih slojeva. Za istraživanje i prilagođavanje mape, mogu se koristiti alatke za navigaciju i uređivanje u QGIS-u.



Slika 14. Prikaz mape Srbije putem OSM-a u QGIS softver-u

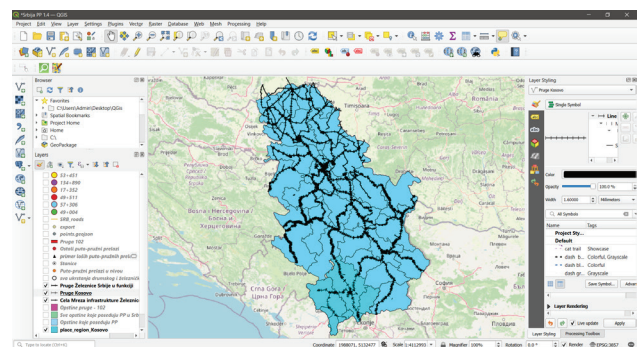
5.4. Proces kreiranja sloja i dodavanja pruga i putno-pružnih prelaza u QGIS-u

Prikupljanje podataka o prugama i putno-pružnim prelazima predstavljalo je ključni korak u ovom istraživanju. Koristeći podatke iz OpenStreetMap (OSM) baze, obezbeđene su geografske koordinate i atributne informacije koje omogućavaju detaljnu analizu i vizualizaciju. Ovi podaci su zatim integrisani u QGIS, što omogućava sveobuhvatno istraživanje prostornih odnosa na teritoriji Srbije. Iako je OSM veoma koristan plugin, pri dodavanju PPP pokazao se još uvek nedovoljno unapređenim i zato su korišćene druge metode dodavanja vektorskih informacija u QGIS [8].

Nakon dodavanja sloja mape Srbije, prethodno preuzete sa OSM-a, dodavanjem vektorskih slojeva za pruge i putno-pružne prelaze, započet je proces vizualizacije i analize prostornih odnosa na teritoriji Srbije u QGIS-u.

Dodavanje sloja za pruge

Dodavanje sloja za pruge počinje izborom opcije Layer iz glavnog menija QGIS-a, zatim Add Layer, i na kraju Add Vector Layer (slika 15). Nakon toga, u dijalogu za dodavanje slojeva, izabrana je opcija Browse, kojom su pretraženi lokalni fajlovi kako bi se pronašao odgovarajući vektorski fajl sa podacima o prugama. Ovi podaci su bili preuzeti u formatu Shapefile (.shp) iz OSM baze. Klikom na Add, sloj pruga je dodat na mapu i odmah postao vidljiv u Layers panelu.

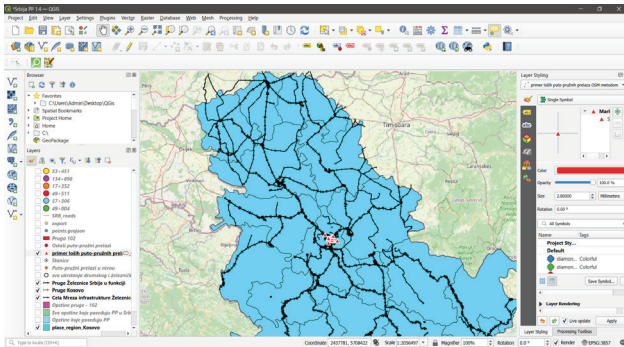


Slika 15. Dodavanje pruga u QGIS softveru

Dodavanje sloja za putno-pružne prelaze

Sličan postupak primenjen je za dodavanje sloja putno-pružnih prelaza (slika 16). Pri tom pono-

vo se koristi opcija Add Vector Layer... iz menija Layer, a zatim treba de se izabere opcija Browse za pronalaženje vektorskog fajla sa odgovarajućim podacima o prelazima. Ovi podaci su takođe bili preuzeti iz OSM baze i sačuvani u formatu GeoJSON (.geojson). Klikom na Add, sloj prelaza je dodan na mapu i pojavio se u Layers panelu.



Slika 16. Dodavanje putno-pružnih prelaza OSM pluginom u QGIS softveru

Pri dodavanju putno-pružnih prelaza nailazimo na loše unesene podatke u samom OSM-u, na prikazanoj slici vidimo da su podaci o PPP uneseni samo za područje Beograda, tako da unošenje putno-pružnih prelaza obavljamo drugom metodom.

5.5. Proces unosa geografskih tačaka putem koordinata i putem koda u QGIS

Korišćenje QGIS-a za unos tačaka pomoću koordinata omogućava korisnicima da detaljno mapiraju prostorne podatke u skladu sa njihovim potrebama i zahtevima projekta. Ovaj proces je ključan u geografskom informacionom sistemu za precizno lociranje, kao i detaljnu analizu prostornih podataka.

Ovaj proces unošenja obavlja se tako što se prvenstveno pronađu i definišu odgovarajuće koordinate tačke koju treba da se unese, u ovom slučaju to su koordinate putno-pružnog prelaza, što je moguće uraditi primenom Google Map-a. Zatim se piše kratak kod (slika 17) koji omogućava projektantu da napravi odgovarajući Query koji treba da se implementira u rad (projekat). Kod za dodavanje pointa (tačke) putem koordinate glasi:

```
/*
Ovaj query daje nam point specifičnih koordinata.
*/

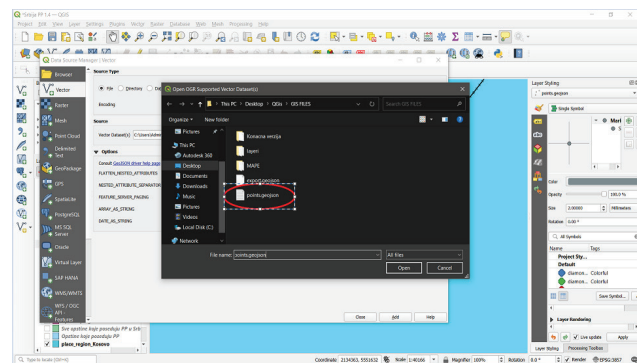
[out:json];
(
  node(44.279839,19.926429);
);
out body;
>;
out skel qt;

/*
Puto-Pružni prelaz u Loznici
*/
```

Slika 17. Kod Query-a za dodavanje tačke putno-pružnog prelaza korišćenjem koordinata

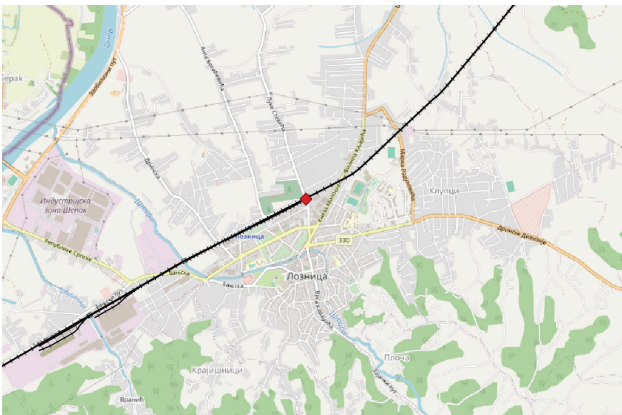
Nakon kreiranja prethodnog koda (slika 18) veoma je važno da se kod sačuva u odgovarajućem formatu, odnosno da se sačuva sa odgovarajućom ekstenzijom za naziv datoteke tipa "gojson", koja projektantu omogućava da se novonastala datoteka pozove u funkciju tako što će projektant da doda jedan novi sloj (lejer) pritiskom na opciju Layer > Add Layer > Add Vector Layer...

Izborom odgovarajuće point.gojson datoteke, QGIS će je automatski da učita sve odgovarajuće podatke o putno-pružnom prelazu.



Slika 18. Kreiranje fajla u kojem se nalazi Query

Nakon unošenja odgovarajućeg Query-a u QGIS-u se pojavljuje novi lejer sa unesenom funkcijom koju projektant zadao. U studiji slučaja urađenoj u ovom radu prezentovan je putno-pružni prelaz u Loznici koji se nalazi u km km:49+511 pruge 211 (slika 19).



Slika 19. Prikaz putno-pružnog prelaza primenom kreiranog Query-a u QGIS softveru

Ovim načinom unošenja putno-pružnih prelaza dobijamo precizne i jasno vidljive podatke o putno-pružnom prelazu na teritoriji Srbije, ali nailazimo na problem same efikasnosti primene kreiranja većeg broja putnih prelaza. Shodno tome kreiramo novi kod i novi Query koji će nam omogućiti da mapiramo sve putno-pružne prelaze u nivou na teritoriji cele Srbije (slika 20).

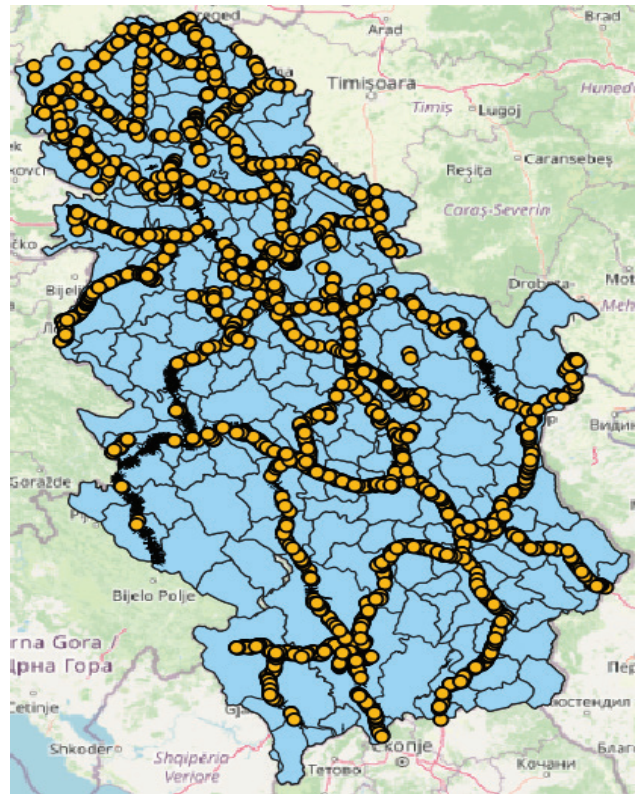
```
[out:json][timeout:300];
// Fetch area "Serbia" to search in
{{geocodeArea:Serbia}}->.searchArea;

node["traffic_sign"~"railway_crossing|crossing"](area.searchArea);
node["railway"="crossing"](area.searchArea);
node["railway"="level_crossing"](area.searchArea);
out body;
>;
out skel qt;
```

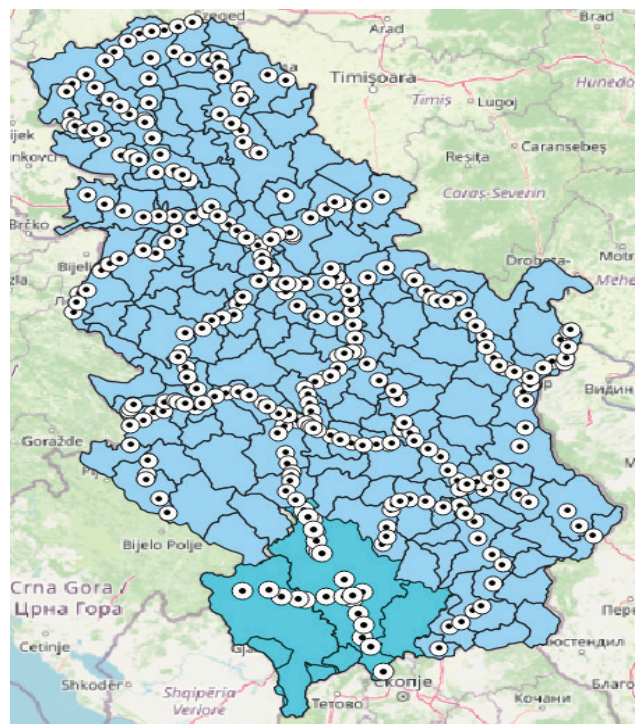
Slika 20. Kod Query-a koji prikazuje sve putno-pružne prelaze u nivou

Kreiranjem ovog Query-a i njegovom implementacijom dobijamo pozicije svih putno-pružnih prelaza u nivou na mreži pruga na teritoriji cele Srbije (slika 21).

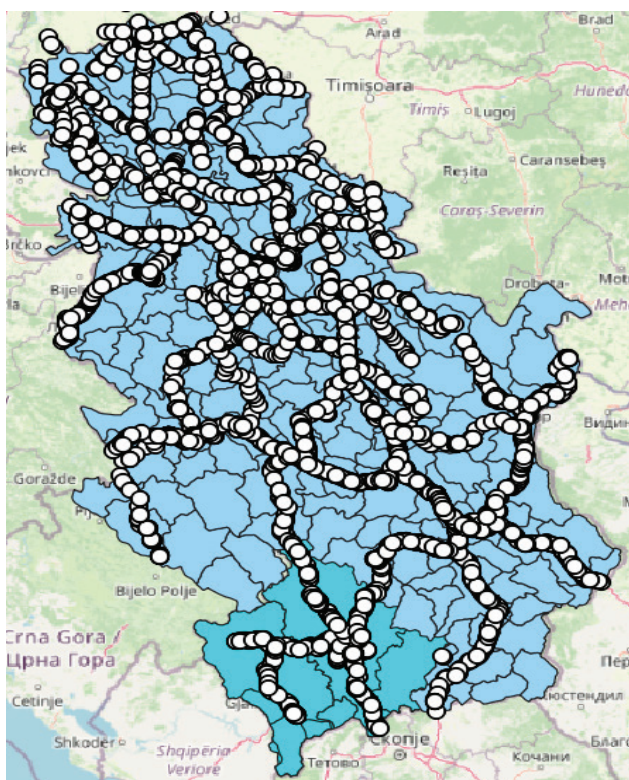
Korišćenje ove metode u QGIS-u je jedan od načina za efikasno upravljanje i manipulaciju podacima, posebno kada se radi sa velikim količinama geoprostornih informacija ili kada želimo izvršiti specifične operacije koje nisu direktno podržane standardnim alatima za obradu podataka u QGIS-u. Pored putno-pružnih prelaza moguće je dodati i ostale podatke kao što su položaji stanica, presek svih drumskih i železničkih puteva i mnoge druge (slike 22. i 23).



Slika 21. Grafički prikaz svih putno-pružnih prelaza u nivou u QGIS softveru



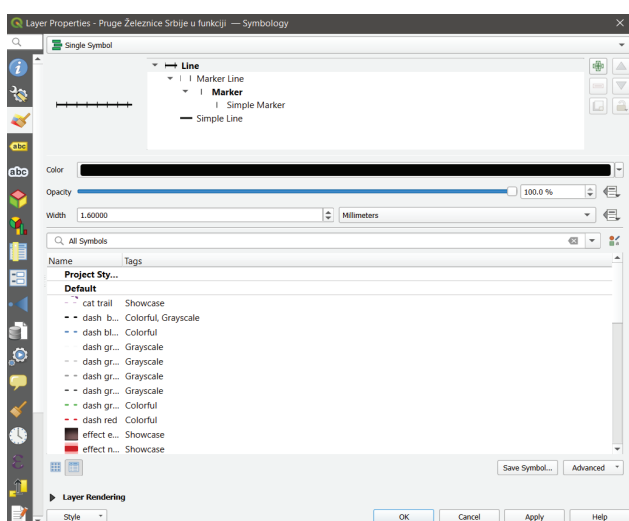
Slika 22. Grafički prikaz stanica u Srbiji u QGIS softveru



Slika 23. Grafički prikaz svih tačaka preseka drum-ske i železničke infrastrukture u QGIS softveru

5.6. Vizualizacija podataka

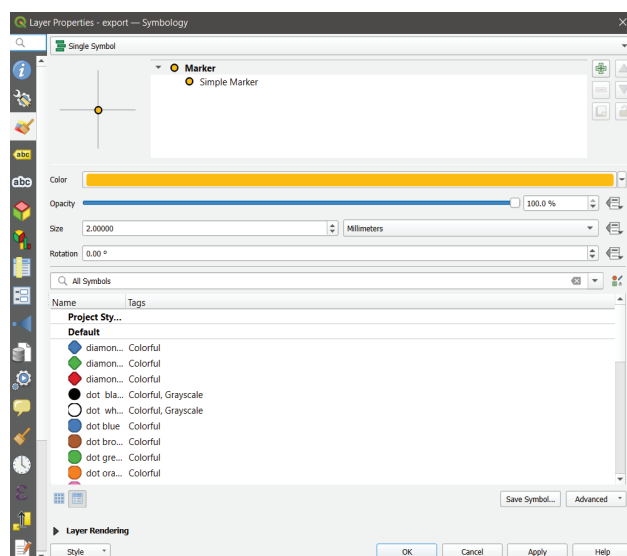
Nakon uspešnog dodavanja slojeva, pristupilo se njihovoj vizualizaciji. Prvi korak bio je prilagođavanje stilova slojeva kako bi se obezbedila jasna i pregledna prezentacija podataka (slika 24).



Slika 24. Kartica koja se koristi za uređivanje izgleda pruga QGIS softvera

Za prilagođavanje stilova sloja pruge, desnim klikom na sloj u Layers panelu izabrana bira se opcija Properties, a zatim kartica Symbology. Ovde je podešen stil pruge, uključujući boju (crna) i debljinu linije (1.6 mm), kako bi pruge bile jasno vidljive na mapi [4].

Za sloj putno-pružnih prelaza, takođe je otvorena kartica Symbology iz prozora Layer Properties. Prelazi su prikazani kao tačke sa narandžastim krugovima, što omogućava lako razlikovanje prelaza od ostalih objekata na mapi (slika 25).



Slika 25. Kartica za uređivanje izgleda putno-pružnih prelaza QGIS softvera

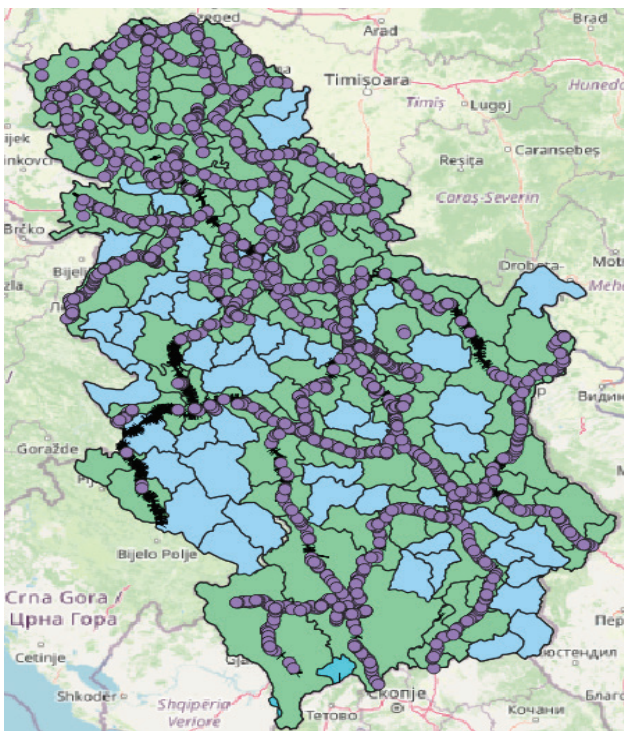
5.7. Analiza podataka

Sa dodatim i vizuelno prilagođenim slojevima, naredni korak bio je sprovođenje prostorne analize. Prva analiza fokusirala se na identifikaciju gustine putno-pružnih prelaza. Korišćenjem Heatmap alata generisana je toplotna mapa koja prikazuje koncentraciju prelaza, što je omogućilo identifikaciju područja sa najgušćom mrežom prelaza (slika 26). Na osnovu te analize dobijamo podatak na osnovu kojeg možemo prikazati sve opštine u Srbiji koje poseduju putno-pružne prelaze, kao i prugu koja poseduje najveći broj PPP (slika 27).

Rezultati primene prikaza toplotne mape prikazani su kroz boje i intenzitete na mapi i jasno su označena područja sa najvećom gustinom PPP.

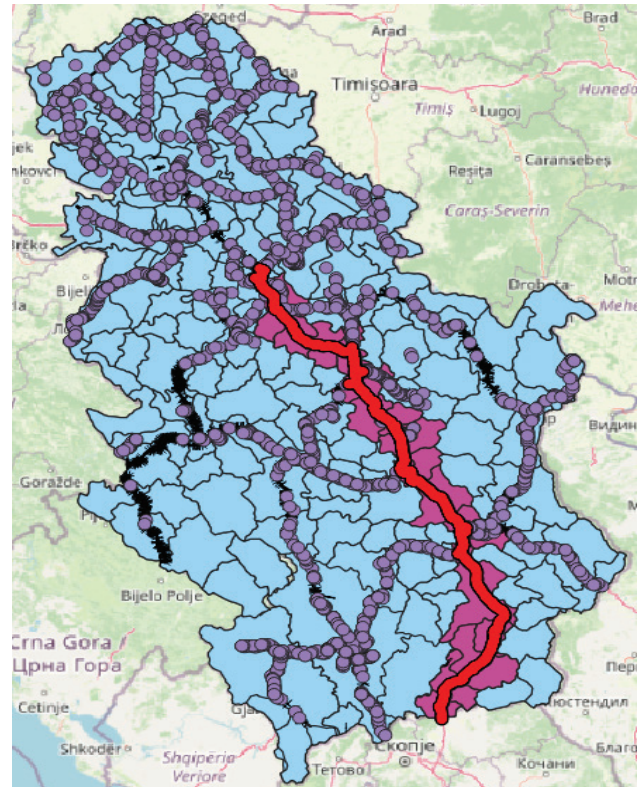


Slika 26. Grafički prikaz najveće koncentracije PPP na prugama Srbije, u QGIS softveru (pruga 102)



Slika 27. Grafički prikaz opština koje poseduju putno-pružni prelaz u QGIS softveru

Analizom toplotne mape zaključujemo da je pruga Beograd – Niš – Preševo (oznaka 102) pruga sa najvećim brojem PPP u Srbiji (slika 28). Ovaj podatak je potvrđen podacima koje je pružila vizualizacija podataka, kao i sama činjenica da smo taj podatak za prugu 102 obradili u gore navedenim excel tabelama.



Slika 28. Grafički prikaz pruge 102 i opština kroz koje prolazi pruga u QGIS softveru

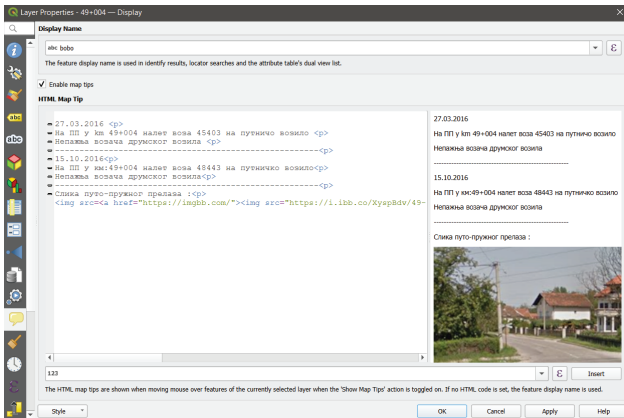
Korišćenje heatmap-e u QGIS-u se pokazalo kao efikasan metod za istraživanje i interpretaciju prostornih podataka, pružajući dublji uvid u raspodelu i zastupljenost PPP na prugama. Ovaj rad je naglasio značaj analitičkih alata i vizuelnih tehnika u razumevanju prostornih obrazaca i donošenju informisanih zaključaka na osnovu geoprostornih podataka [10].

5.8. Mogućnost prikaza podataka putem HTML map tips -a u QGIS-u

U QGIS-u, jedan od načina za interaktivno prikazivanje podataka na karti je kroz korišćenje HTML map tips-a. Ova funkcionalnost omogućava korisnicima da prilikom pomeranja miša preko tačke na karti dobiju dodatne informacije ili vizuelne sadržaje u obliku HTML formatiranih prozora [9].

Primena QGIS softvera za obradu podataka o putno-pružnim prelazima

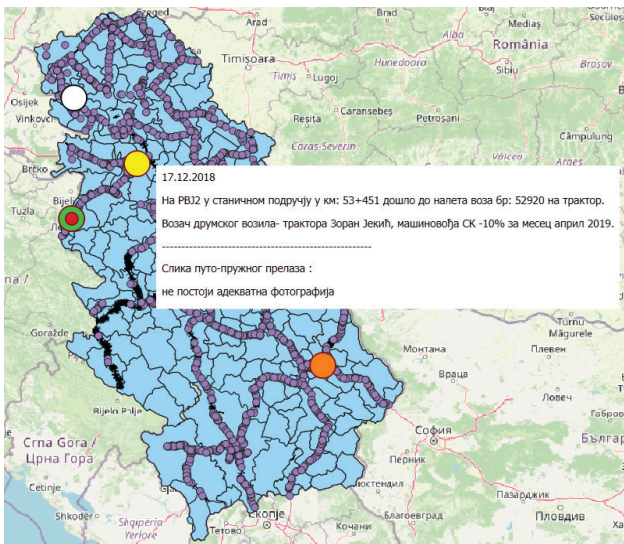
Proces unošenja podataka u HTML map tips se ostvaruje tako što kliknemo desnim klikom na odgovarajući lejer u panelu Layers (Slojevi) i izaberemo Properties (Svojstva), zatim u prozoru svojstava, pritiskom na karticu Display (Prikaz) otvaramo prozor u koji unosimo željene podatke u vidu teksta, slike itd. HTML map tips poseduje posebnu gramatiku unošenja podataka koja je prikazana na slici 29.



Slika 29. Proces unošenja podataka primenom HTML-a u QGIS softveru

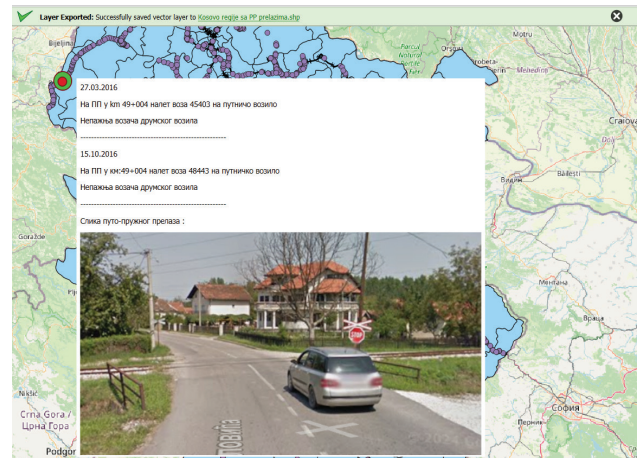
Prikazivanje preko HTML map tips-a olakšava razumevanje prostornih podataka na više načina:

1. Omogućava detaljnije informacije o karakterističnim tačkama na karti. Na primer, korisnici mogu da vide atributne informacije kao što su naziv, opis ili numeričke vrednosti, što može biti ključno za analizu ili istraživanje (slika 30).



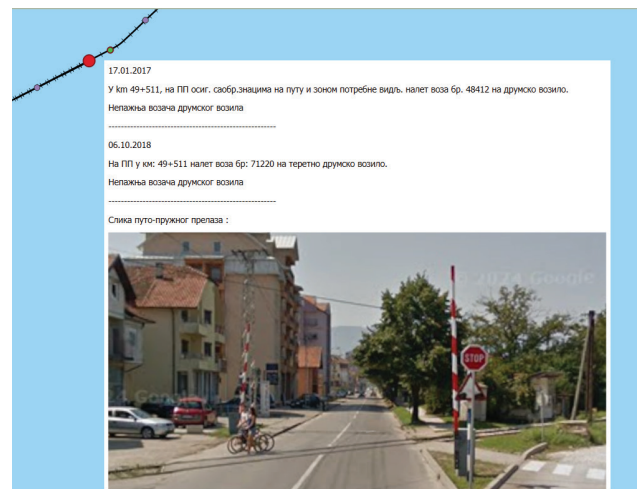
Slika 30. Vizuelni prikaz podataka o saobraćajnoj nesreći na putno-pružnom prelazu u km 53+451 pruge 101

2. HTML map tips može da uključi i grafičke elemente kao što su slike, dijagrami ili čak interaktivni grafici, čime se dodatno poboljšava vizualizacija podataka (slika 31).



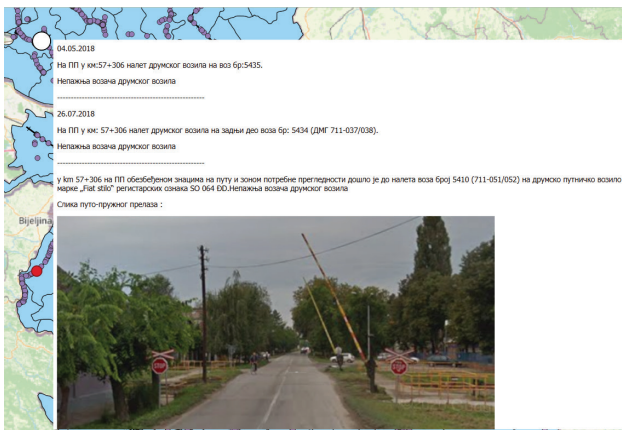
Slika 31. Vizuelni prikaz podataka o vanrednim događajima na putno-pružnom prelazu u km 49+004 pruge 211

3. Ova funkcionalnost je posebno korisna za prezentacije ili deljenje prostornih podataka sa drugima jer omogućava intuitivan pristup detaljnim informacijama bez potrebe za ulaskom u kompleksne tabele ili grafikone (slika 32).

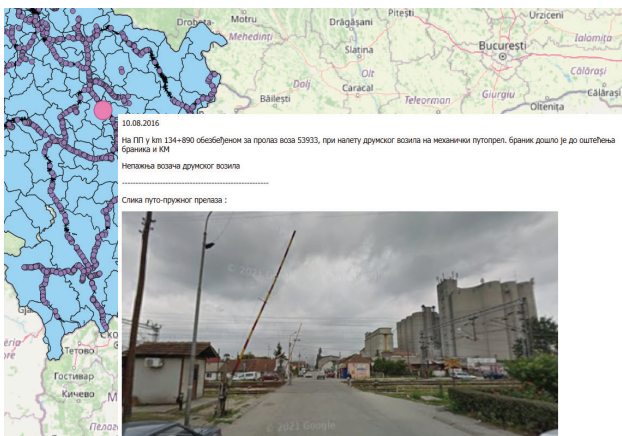


Slika 32. Vizuelni prikaz podataka o saobraćajnim nesrećama na putno-pružnom prelazu u km 49+511 pruge 211

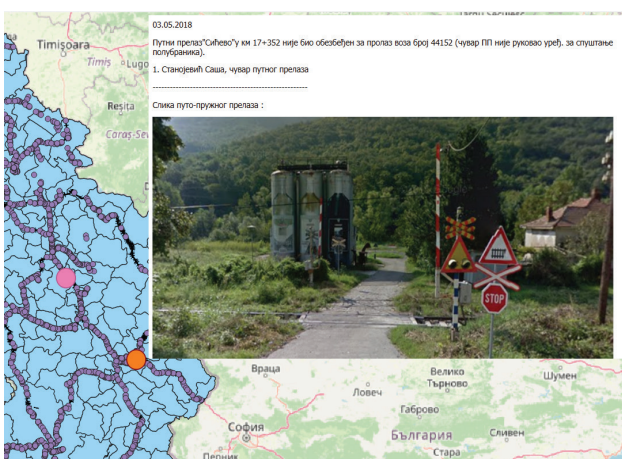
QGIS pruža mogućnost prilagođavanja HTML map tips-a putem HTML i CSS kodiranja, što korisnicima omogućava da prilagode izgled i sadržaj prema svojim potrebama ili korporativnom identitetu (slike 33, 34. i 35).



Slika 33. Vizuelni prikaz podataka o saobraćajnim nesrećama na putno-pružnom prelazu u km 57+306 pruge 207



Slika 34. Vizuelni prikaz podataka o saobraćajnim nesrećama na putno-pružnom prelazu u km 134+890 pruge 102



Slika 35. Vizuelni prikaz podataka o saobraćajnim nesrećama na putno-pružnom prelazu u km 17+352 pruge 106

6. ZAKLJUČAK

Geografskim informacionim sistemom QGIS predstavljen je značaj primene softvera u analizi putno-pružnih prelaza u Srbiji. Kroz detaljnu obradu i vizualizaciju podataka, identifikovane su ključne tačke interakcije između železničkog i drumskog saobraćaja, kao i oblasti sa najvećim rizikom od nesreća. Implementacija QGIS-a omogućila je ne samo efikasno mapiranje i analizu postojećih putno-pružnih prelaza, već i identifikaciju i potencijalne predloge mera za unapređenje sigurnosti na ovim kritičnim tačkama.

Jedan od zaključaka ovog istraživanja je da su najčešći uzroci nesreća na putno-pružnim prelazima nepoštovanje saobraćajnih propisa od strane vozača i nepovoljni tehnički uslovi infrastrukture. QGIS je omogućio da se ovi problemi vizualizuju i analiziraju na sistematičan način, što je olakšalo identifikaciju kritičnih tačaka i planiranje potrebnih intervencija.

Dalji razvoj i unapređenje QGIS softvera mogli bi dodatno da povećaju njegovu upotrebljivost, efikasnost i pouzdanostu ovakvim analizama. Integracija sa drugim bazama podataka i alatima za analizu saobraćajnih nesreća može pružiti još bolje i detaljnijih uvida u stanje bezbednosti saobraćaja i da na taj način pomognu u formiranju sveobuhvatnijih strategija za unapređenje sigurnosti i bezbednosti na putno-pružnim prelazima. Takođe, razvoj dodatnih funkcionalnih alata za simulaciju i predikciju saobraćajnih tokova može značajno da doprinese prevenciji nesreća i planiranju razvoja i unapređenja saobraćajne infrastrukture.

Važnost korišćenja naprednih GIS alata u analizi saobraćajne infrastrukture, a naročito pruga predstavlja značajan faktor u istraživanju, planiranju i projektovanju na železnici [11]. Samim razvojem novih tehnologija, kao i njihovom praktičnom primenom dolazi do potencijalnih unapređenja i iznalaženja novih načina za povećanje bezbednosti i značajno smanjenje rizika od nesreća na putno-pružnim prelazima. QGIS se pokazao kao veoma moćan alat koji predstavlja podršku donosiocima odluka u funkciji poboljšanja efikasnosti i bezbednosti saobraćaja. na taj način direktnose poboljšava ukupna saobraćajna infrastruktura,

a istovremeno smanjuju rizici od dešavanja saobraćajnih nesreća na putno-pružnim prelazima, ali isto tako i ukupno.

LITERATURA

- [1] Pravilnik o načinu ukrštanja železničke pruge i puta, pešačke ili biciklističke staze, mestu na kojem se može izvesti ukrštanje i merama za osiguranje bezbednog saobraćaja,
- [2] Pravilnik o prijavljivanju, istraživanju, evidentiranju, statističkom praćenju i objavljivanju podataka o nesrećama i nezgodama,
- [3] Republički zavod za statistiku Srbije (2019), Saobraćajna statistika,
- [4] QGIS Development Team (2021). QGIS User Guide. Preuzeto sa QGIS Documentation,
- [5] Marina M. Jovanović (2020). Mogućnost primene geografskih informacionih sistema u oblasti železničke infrastrukture sa osvrtom na osnove QGIS softvera,
- [6] Železnice Srbije (2017), Statistika nesreća na putno-pružnim prelazima,
- [7] Kovačević, D. (2019). Primena GIS tehnologija u saobraćaju. Beograd: Saobraćajni fakultet,
- [8] OpenStreetMap Contributors (2020). OpenStreetMap Data. Preuzeto sa OpenStreetMap,
- [9] QGIS Development Team (2021). QGIS Training Manual. Preuzeto sa QGIS Documentation,
- [10] Pavlović, P., Jovanović, B. (2018). Primena QGIS-a u analizi saobraćajnih podataka. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka,
- [11] Esri (2020). GIS for Transportation. Preuzeto sa Esri.