Tehnička sredstva osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza

Selanac, Tomislav

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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:119:064933

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Tomislav Selanac

TEHNIČKA SREDSTVA OSIGURANJA ŽELJEZNIČKO-CESTOVNIH PRIJELAZA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

TEHNIČKA SREDSTVA OSIGURANJA ŽELJEZNIČKO-CESTOVNIH PRIJELAZA

TECHNICAL SOLUTIONS FOR SECURING LEVEL CROSSINGS

Mentor: doc. dr. sc. Martin Starčević

Student: Tomislav Selanac, univ. bacc. ing. traff., 0035184315

Zagreb, 2018.

SAŽETAK

TEHNIČKA SREDSTVA OSIGURANJA ŽELJEZNIČKO-CESTOVNIH PRIJELAZA

Željezničko-cestovni prijelazi su mjesto direktnog sučeljavanja željezničkog i cestovnog prometa. Kao takvi predstavljaju točke visokog rizika na kojima često dolazi do ozbiljnih posljedica u obliku ljudskih žrtava i materijalne štete. U ovom radu definirani su željezničko-cestovni prijelazi i prikazana je povezana regulativa Republike Hrvatske. Također, analizirana je razina sigurnosti na željezničko-cestovnim prijelazima te je prikazana povezanost između stupnja osiguranja i izvanrednih događaja na njima. Napravljena je komparativna analiza sigurnosti i tehničkih sredstava sa željezničko-cestovnim prijelazima Europske Unije. Osim toga, prikazani su različiti primjeri dobre prakse osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza primjenom suvremene tehnologije i tehničkih sredstava. Kako bi se prikazali trenutni trendovi ugradnje uređaja za osiguranje željezničko-cestovnih prijelaza, detaljno je opisan uređaj RLC23, proizvod tvrtke Altpro d.o.o.

KLJUČNE RIJEČI: željezničko-cestovni prijelaz, željeznički promet, tehnička sredstva osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza, sigurnost željezničkog prometa, RLC23

SUMMARY

TECHNICAL SOLUTIONS FOR SECURING LEVEL CROSSINGS

Level crossings are the place of direct confrontation between rail and road traffic. They are high-risk points that often have serious consequences in the form of human casualties and material damage. This paper offers the definition of level crossings and shows the related regulation present in the Republic of Croatia. Detailed analysis of safety level on level crossings was made as well as the relationship between the safety level and the number of accidents. There is the comparative analysis of safety level and technical means of securing level crossings between the Republic of Croatia and European Union. In addition, different examples of good practice of securing level crossings are presented using state-of-the-art technology and technical resources. In order to show the current trends of level crossing safety device installation, RLC23, a product of Altpro d.o.o, is described in detail.

KEY WORDS: level crossing, railway safety, technical means of securing level crossings, RLC23

Sadržaj

1. UVOD 1
2. Regulativa i definicija željezničko-cestovnih prijelaza 3
2.1. Regulativa željezničko-cestovnih prijelaza 3
2.2. Definicija željezničko-cestovnih prijelaza 5
2.2.1. Pasivno osigurani željezničko-cestovni prijelazi 6
2.2.2. Aktivno osigurani željezničko-cestovni prijelazi 12
3. Analiza sigurnosti na željezničko-cestovnim prijelazima u Republici Hrvatskoj 17
4. Komparativna analiza sa željezničko-cestovnim prijelazima u EU 24
4.1. Analiza sigurnosti na željezničko-cestovnim prijelazima u EU 24
4.2. Analiza tehničkih sredstava za osiguranje željezničko-cestovnih prijelaza u EU 28
5. Aktualno rješenje osiguranja željezničko-cestovnog prijelaza pomoću uređaja RLC23 . 36
5.1. Unutarnja oprema uređaja RLC23 36
5.2. Vanjska oprema uređaja RLC23 42
5.3. Funkcionalnost uređaja RLC23 45
5.4. Ugradnja uređaja RLC23 49
6. Zaključak 55
LITERATURA 57
POPIS SLIKA 59
POPIS TABLICA 61
POPIS GRAFIKONA 62

1. UVOD

Iako današnje društvo stavlja veliki naglasak na povećanje sigurnosti u svim aspektima prometa, ali i ljudskog života, i dalje postoje točke visokog rizika. Jedan od takvih primjera su željezničko-cestovni prijelazi koji predstavljaju mjesto direktnog sučeljavanja željezničkog i cestovnog prometa. Dostupne analize i statistički podaci ukazuju na česte izvanredne događaje koji sa sobom nose posljedice u obliku ljudskih žrtava i materijalne štete. Uzroci takvim događajima najčešće su nesavjesni vozači motornih vozila, neoprezni pješaci i biciklisti. Kako bi izbjegli takve događaje, željezničko-cestovni prijelazi moraju biti osigurani adekvatnom razinom osiguranja, ne samo kako bi osigurali prijelaze od eventualne materijalne štete ili neželjenih posljedica po ljudsko zdravlje, već kako bi se onemogućilo kršenje prometnih propisa. Cilj ovog rada je utvrditi postojeće stanje tehničkih sredstava osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza u Republici Hrvatskoj, utvrditi vezu između razine osiguranja i broja izvanrednih događaja, analizirati nove mogućnosti i tehnička sredstva osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza te na temelju provedenog istraživanja predložiti nova rješenja za osiguranje željezničko-cestovnih prijelaza.

Diplomski rad podijeljen je na šest glavnih dijelova:

1. Uvod
2. Regulativa i definicija željezničko-cestovnih prijelaza
3. Analiza sigurnosti na željezničko-cestovnim prijelazima u Republici Hrvatskoj
4. Komparativna analiza sa željezničko-cestovnim prijelazima u EU
5. Aktualno rješenje osiguranja željezničko-cestovnog prijelaza pomoću uređaja RLC23
6. Zaključak

U drugom dijelu rada prikazana je regulativa Republike Hrvatske vezana uz željeznički promet i željezničko-cestovne prijelaze, definicija i podjela željezničko-cestovnih prijelaza prema vrsti osiguranja te su prikazana postojeća tehnička sredstva osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza.

U trećem dijelu rada napravljena je analiza sigurnosti željezničko-cestovnih prijelaza u kojoj je prikazano trenutno stanje razine sigurnosti i osiguranja u Republici Hrvatskoj. Prikazani su

detaljni statistički podaci i povezanost vrste osiguranja s izvanrednim događajima na željezničko-cestovnim prijelazima.

U četvrtom dijelu rada povučena je paralela sa željezničko-cestovnim prijelazima Europske Unije, odnosno napravljena je komparativna analiza razine sigurnosti popraćena statističkim podacima. Također, prikazani su primjeri korištenja efikasnih tehničkih sredstava za osiguranje željezničko-cestovnih prijelaza iliti primjeri dobre prakse.

U nastavku rada (u petom djelu) detaljno je opisan proizvod tvrtke Altpro d.o.o., uređaj RLC23, koji predstavlja primjer trenutnog trenda ugradnje aktivne vrste osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza. Temeljito su opisane sve komponente navedenog uređaja kao i njegova funkcionalnost. Isto tako, prikazani su stvarni primjeri ugradnje uređaja RLC23 u Republici Hrvatskoj i svijetu.

U posljednjem poglavlju opisana su zaključna razmatranja na temelju rezultata iz analiza, kao i preporuka u korištenju inovativnih tehnologija pri osiguranju željezničko-cestovnih prijelaza.

2. REGULATIVA I DEFINICIJA ŽELJEZNIČKO-CESTOVNIH PRIJELAZA

Željezničko-cestovni prijelaz je mjesto križanja željezničke pruge ili industrijskoga kolosijeka i ceste u istoj razini, može uključivati i križanje s pješačkom i biciklističkom stazom ili drugim putovima namijenjenim prolasku ljudi, životinja, vozila ili strojeva [1].

2.1. Regulativa željezničko-cestovnih prijelaza

Ovisno o vrsti prometnica, razvrstavanju željezničkih pruga i drugih prometnica, intenzitetu prometa na željezničkim prugama i drugim prometnicama, topografskim i urbanističkim uvjetima, križanje željezničke pruge s drugim prometnicama izvodi se kao:

- križanje izvan razine,
- križanje u istoj razini [1].

Križanje željezničke pruge i ceste mora biti izvan razine u sljedećim slučajevima:

- na križanju željezničke pruge i autoceste,
- na križanju željezničke pruge i brze ceste,
- na križanju željezničke pruge za međunarodni promet i državne ceste,
- na križanju glavne (koridorske) željezničke pruge za međunarodni promet i županijske ceste,
- na novosagrađenom križanju postojeće glavne (koridorske) željezničke pruge za međunarodni promet i ceste,
- na križanju željezničke pruge s dopuštenom brzinom vlakova većom od 160 km/h i ceste,
- na križanju željezničke pruge i ceste u kolodvorskom području na prostoru između ulaznih skretnica od kojih počinju kolodvorski kolosijeci,
- na križanju željezničke pruge i ceste s intenzivnim željezničkim i cestovnim prometom,
- na križanju željezničke pruge i ceste gdje uslijed specifičnih mjesnih prilika ili drugih razloga nije moguće uspostaviti propisanu sigurnost željezničkog sustava [1].

Intenzivnim cestovnim prometom smatra se prosječni godišnji dnevni promet s više od 7.500 cestovnih vozila u 24 sata, dok se intenzivnim željezničkim prometom smatra prosječni godišnji dnevni promet s više od 75 vlakova u 24 sata [1].

Također, pravilnikom su definirani uvjeti izvođenja križanja željezničke pruge i pješačke staze izvan razine. Križanje željezničke pruge i pješačke staze mora biti izvan razine u sljedećim slučajevima:

- na križanju gdje je dopuštena infrastrukturna brzina na željezničkoj pruzi veća od 160 km/h,
- na križanju u kolodvorskom području na prostoru između ulaznih skretnica od kojih počinju kolodvorski kolosijeci,
- na križanju željezničke pruge s intenzivnim željezničkim prometom i pješačke staze,
- na križanju željezničke pruge i pješačke staze gdje uslijed specifičnih mjesnih prilika ili drugih razloga nije moguće uspostaviti propisanu sigurnost željezničkog sustava [1].

Osim u navedenim slučajevima križanja željezničke pruge s cestovnim prometnicama i pješačkim prijelazima, križanje izvan razine izvodi se kod križanja željezničke pruge s drugom željezničkom prugom, industrijskim ili drugim kolosijekom koji nije javno dobro u općoj uporabi, prugom lake željeznice i tramvajskom prugom [1].

Željezničko-cestovni prijelazi u razini su kompleksni sustavi koji uključuju interakciju između više različitih vrsta korisnika kopnenog prijevoza, uključujući strojovođe, osoblje koje upravlja signalizacijom, pješake, bicikliste, motocikliste, vozače automobila i druge [2].

Što se tiče uvjeta izvođenja željezničko-cestovnih prijelaza u razini, oni su prema pravilniku sljedeći:

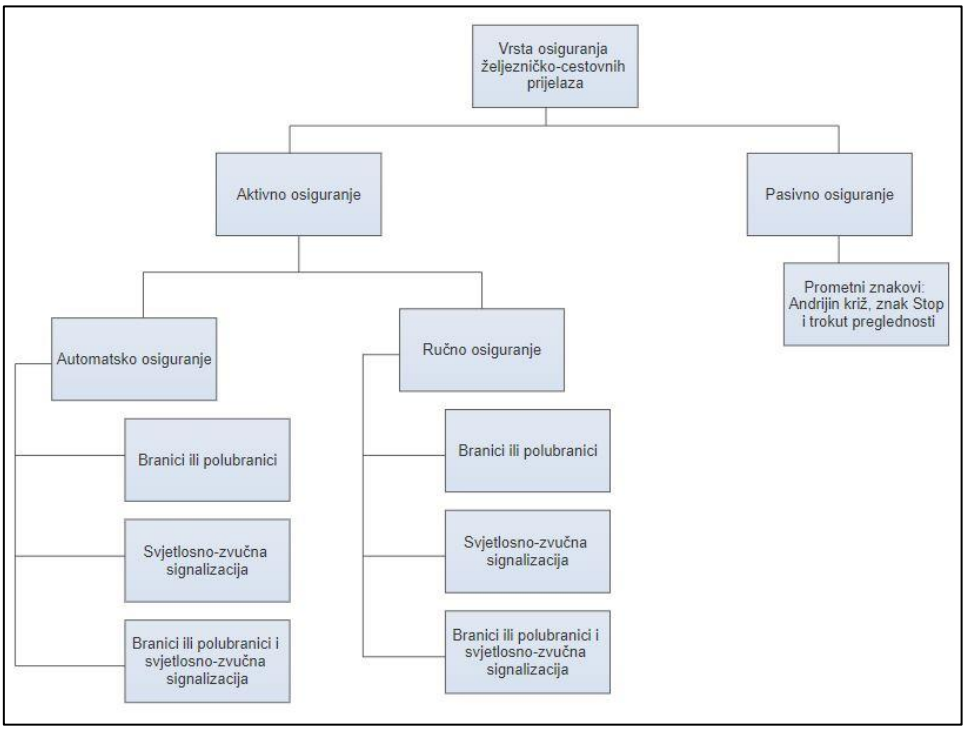
Mjesto križanja željezničke pruge i ceste u istoj razini određuje se ovisno o razvrstavanju željezničke pruge i ceste, dopuštenoj infrastrukturnoj brzini na željezničkoj pruzi, topografskim i urbanističkim uvjetima te mjesnim prilikama na mjestu križanja. Kolnik ceste na željezničko-cestovnom prijelazu mora biti u istoj razini s gornjim rubovima tračnica u kolosijeku na duljini od najmanje 3 m s obje strane željezničke pruge mjereno od osi kolosijeka, odnosno od osi krajnjega kolosijeka kada cesta prelazi preko dva ili više kolosijeka. Novosagrađeni željezničko-cestovni prijelaz mora biti izveden pod kutom od 90º u odnosu na željezničku prugu. Iznimno, kada to uvjetuju topografski i urbanistički uvjeti ili vodoravna geometrija ceste, željezničko-cestovni prijelaz iz smije biti izveden i pod kutom manjim od 90º

u odnosu na željezničku prugu, do najmanje 60º. S obje strane željezničke pruge, novosagrađena ili rekonstruirana cesta smije biti u nagibu do najviše 3% na duljini od najmanje 20 m [1].

Mjesto križanja željezničke pruge i pješačke staze u istoj razini određuje se ovisno o razvrstavanju željezničke pruge, dopuštenoj infrastrukturnoj brzini na željezničkoj pruzi, topografskim i urbanističkim uvjetima te mjesnim prilikama na mjestu križanja. Hodnik pješačke staze na pješačkom prijelazu preko pruge mora biti u istoj razini s gornjim rubovima tračnica u kolosijeku. Novosagrađeni pješački prijelaz preko pruge mora biti izveden pod kutom od 90º u odnosu na željezničku prugu. Iznimno, kada to uvjetuju topografski i urbanistički uvjeti, pješački prijelaz preko pruge smije biti izveden i pod kutom manjim od 90º u odnosu na željezničku prugu, do najmanje 60º [1].

2.2. Definicija željezničko-cestovnih prijelaza

Prema vrsti osiguranja, željezničko-cestovne prijelaze, dijelimo na prijelaze s aktivnim i pasivnim osiguranjem. Navedena podjela prikazana je na slici 1 [3].

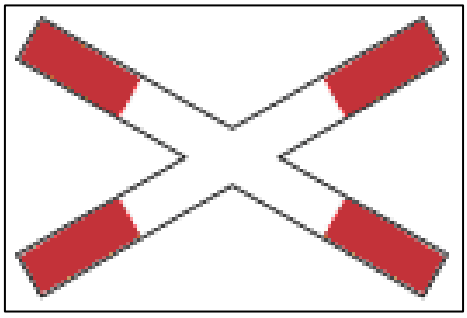


Slika 1. Podjela željezničko-cestovnih prijelaza prema vrsti osiguranja.

Izvor: Autor prilagodio prema [3]

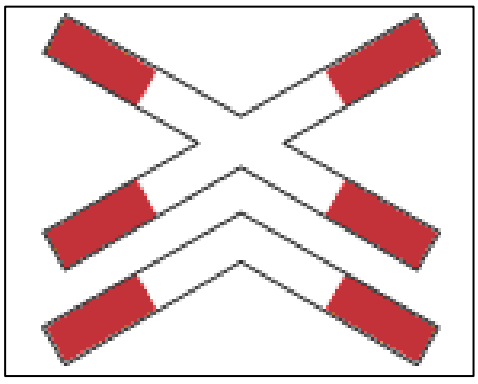
2.2.1. Pasivno osigurani željezničko-cestovni prijelazi

Svi ŽCP-i koji su osigurani bilo kakvim znakom upozorenja, uređajem ili opremom koja ima konstantno stanje bez obzira na promijene i utjecaj sudionika u prometu smatraju se pasivno osiguranim ŽCP-ima. U Republici Hrvatskoj pasivnim osiguranjem se smatraju znakovi „Andrijin križ“ i „STOP“, uz propisani trokut preglednosti. Na slici 2. prikazan je znak „Andrijin križ“ koji se koristi prilikom osiguranja prijelaza na jednokolosiječnoj pruzi. Također je važno za napomenuti kako u Republici Hrvatskoj ne postoji neosiguran željezničko-cestovni prijelaz [4].



Slika 2. Znak „Andrijin križ“ [5]

U slučaju osiguranja željezničko-cestovnog prijelaza s dva ili više kolosijeka, prema pravilniku, postavlja se znak „Andrijin križ“ prikazan na slici 3.

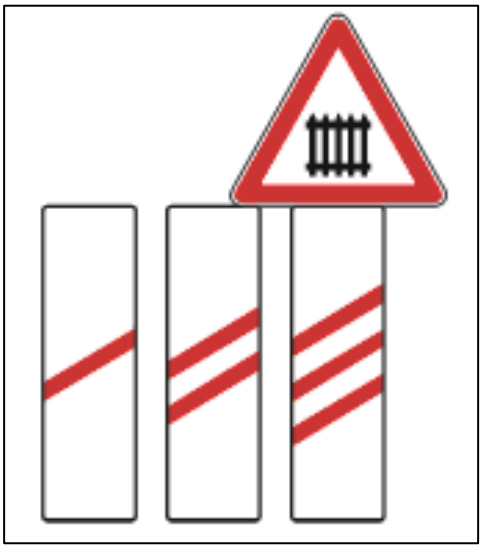


Slika 3. Znak „Andrijin križ“ za ŽCP-e s dva ili više kolosijeka [5]

Kod ŽCP-a s pasivnim osiguranjem, odgovornost za promatranje željezničke pruge i siguran prelazak snosi vozač cestovnog vozila. Znak „Andrijin križ“ i znak „STOP“ se postavljaju samo na prijelazima ceste preko željezničke pruge u razini koji su potpuno nezaštićeni ili koji su zaštićeni samo uređajima za davanje svjetlosno-zvučnih signala, bez branika ili polubranika, i to na udaljenosti 5 m od najbliže željezničke tračnice, a ako okolnosti to zahtijevaju, i na manjoj, odnosno većoj udaljenosti, ali ne bliže od 3 m, odnosno ne dalje od 10 m od željezničke tračnice. Ako je prijelaz ceste preko željezničke pruge u razini zaštićen uređajem za davanje svjetlosnih signala, znak se postavlja na istom stupu iznad svjetlosnih signala. Znak „Andrijin križ“ mora biti uočljiv s udaljenosti od najmanje 50 metara [5].

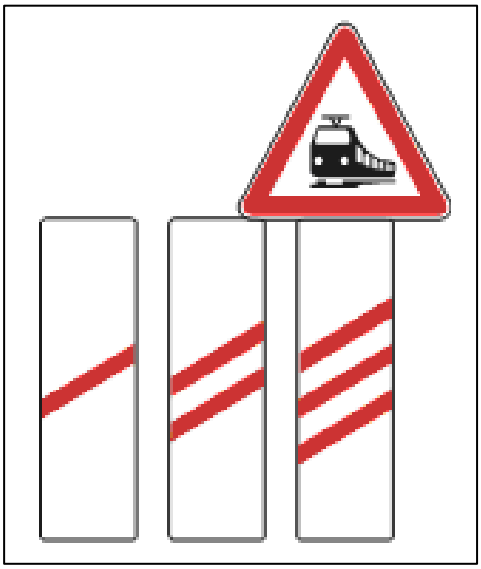
Nadalje, osim znakova „Andrijin križ“ i „STOP“, uz cestovnu prometnicu koja se približava željezničko-cestovnom prijelazu postavljaju se tri uzastopna znaka koja ukazuju na prisutnost ŽCP-a i omogućuju adekvatnu pripremu vozaču za dolazak na točku povećanog rizika u prometu. Znak ima oblik pravokutnika s tri kose pruge i postavlja se zajedno s odgovarajućim znakom opasnosti na 240 m ispred mjesta križanja ceste i željezničke pruge u razini, znak s dvije kose pruge na 160 m, a znak s jednom kosom prugom na 80 m ispred mjesta križanja ceste i željezničke pruge u razini tako da je niža strana kosih pruga bliža kolniku. Znak opasnosti se također može postaviti i iznad znaka s jednom kosom prugom [5].

Sukladno navedenom, postoje dvije inačice ovog znaka ovisno o načinu osiguranja ŽCP-a. Ako je ŽCP osiguran polubranicima ili branicima, postavlja se znak prikazan na slici 4.



Slika 4. Prometni znak „približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge s branicima ili polubranicima“ [5]

U slučaju približavanja željezničko-cestovnom prijelazu bez branika ili polubranika, postavlja se znak prikazan na slici 5.

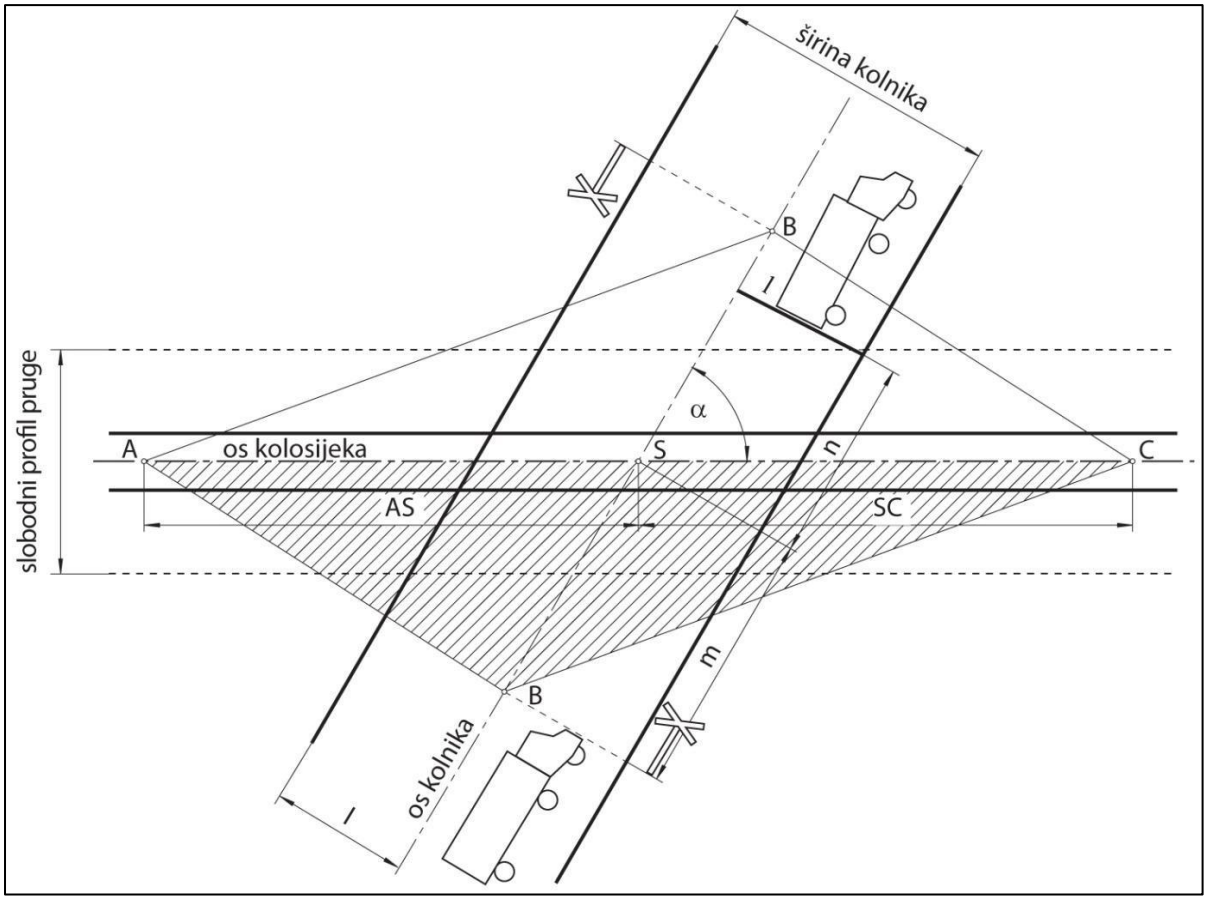


Slika 5.Prometni znak „približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge bez polubranika ili branika“ [5]

Neizbježna stavka pasivnog osiguranja svakog željezničko-cestovnog prijelaza je svakako trokut preglednosti. Propisana preglednost ostvarena je kada sudionici u cestovnom prometu ispred željezničko-cestovnog prijelaza ostvaruju neometan pregled iz vozila na obje strane željezničke pruge što im omogućuje pravovremeno uočavanje nadolazećeg željezničkog vozila, te samim time ostvaruju cilj, koji je siguran prelazak preko željezničke pruge [6].

U Republici Hrvatskoj propisana preglednost određena je geometrijskim elementima trokuta preglednosti koji se računaju na temelju sljedećih parametara:

- kutovi križanja željezničke pruge i ceste ne smiju biti manji od 20º,
- cestovno vozilo se mora zaustaviti prije prelaska željezničke pruge,
- nakon pokretanja mora se kretati jednoliko ubrzano sve dok ne postigne brzinu od 5 km/h uz ubrzanje od 1 m/s^2,
- točka zaustavljanja od koje se ostvaruje preglednost s ceste na željezničku prugu nalazi se u ravnini s prometnim znakom „Andrijin križ“,
- postoji mogućnost različitih dopuštenih brzina prolaska vlakova te različite duljine cestovnih vozila koje prelaze preko željezničko-cestovnog prijelaza [6].



Slika 6. Geometrijski prikaz trokuta preglednosti na željezničko-cestovnom prijelazu [6]

Trokut preglednosti čini prostor omeđen točkama *A, B* i *C* kao što je prikazano na slici 6. Točka *B* se nalazi ispred željezničko-cestovnog prijelaza u osi kolnika ceste i u ravnini s prometnim znakom „Andrijin križ“ odnosno znakom „STOP“. Točke *A* i *C* se nalaze na osi željezničke pruge te predstavljaju mjesta zapažanja željezničkih vozila iz točke *B* odnosno iz cestovnog vozila koje se sprema za prelazak preko željezničke pruge. Točka *S* je sjecište osi kolnika ceste i osi željezničke pruge. Crta *l* jest okomica na os cestovne prometnice koju vozilo mora proći da bi se našlo izvan željezničkog slobodnog profila, dok je duljina *n* minimalna udaljenost crte *l* od točke *S* odnosno od sjecišta dviju osi. Duljina *m* predstavlja udaljenost znaka „Andrijin križ“ od sjecišta *S* [6].

Najmanja vrijednost veličine *n* ovisi o kutu križanja pruge i ceste *α*, a iznosi kako slijedi:

- $\alpha = 80° - 90°$ n=3,5 m,
- $\alpha = 70° - 79°$ n=4,5 m,

- α = 60° − 69° n=5,5 m,
- α = 50° − 59° n=6,5 m,
- α = 40° − 49° n=8 m,
- α = 30° − 39° n=11 m,
- α = 20° − 29° n=17 m [6].

Propisana preglednost s ceste na željezničku prugu je ostvarena ako vozač cestovnog vozila u ravnini znaka „Andrijin križ“ ostvaruje neometan vidik prema željezničkoj prugi na duljini ne manje od one koja se određuje izrazom [2.1]:

$$\boldsymbol{L_{ppc} = AS = SC = t_{pcv} \times \frac{V_{dinf}}{3{,}6}\ [\mathrm{m}]} \qquad [2.1]$$

Pritom je:

- L_{ppc} - duljina propisane preglednosti s ceste na željezničku prugu,
- t_{pcv} - ukupno vrijeme potrebno da cestovno vozilo najveće dopuštene duljine krene od točke *B* i cijelom svojom dužinom prijeđe granicu dodira sa slobodnim profilom željezničke pruge s druge strane prijelaza [s],
- V_{dinf} - dopuštena infrastrukturna brzina na željezničkoj pruzi na području željezničko-cestovnog prijelaza [km/h] [6].

Veličina t_{pcv} iz izraza [2.1], određuje se pomoću formule [2.2]:

$$\boldsymbol{t_{pcv} = t_a + t_v\ [\mathrm{s}]} \qquad [2.2]$$

gdje je:

- t_a – vrijeme potrebno da nakon pokretanja cestovno vozilo postigne brzinu od V_c = 5 km/h uz jednoliko ubrzano gibanje [s],
- t_v – vrijeme vožnje cestovnog vozila od postizanja brzine V_c = 5 km/h do prelaska linije l zadnjim dijelom vozila odnosno cijelim obujmom vozila [s] [6].

Veličina t_v navedena u izrazu [2.2], se računa prema formuli [2.3]:

$$\boldsymbol{t_v = \frac{m+n+d-s}{V_c} \times 3{,}6\ [\mathrm{s}]} \qquad [2.3]$$

za izraz [2.3] vrijedi:

- m – udaljenost prometnog znaka „Andrijin križ“ odnosno prometnog znaka „STOP“ od osi željezničke pruge mjerena po osi cestovne prometnice [m],
- n – udaljenost crte l od osi željezničke pruge mjerena po osi cestovne prometnice [m],
- d – maksimalna dopuštena duljina cestovnog vozila [m],
- s – put koji cestovno vozilo prijeđe od mjesta pokretanja odnosno točke B do postizanja brzine od V_c = 5 km/h [6].

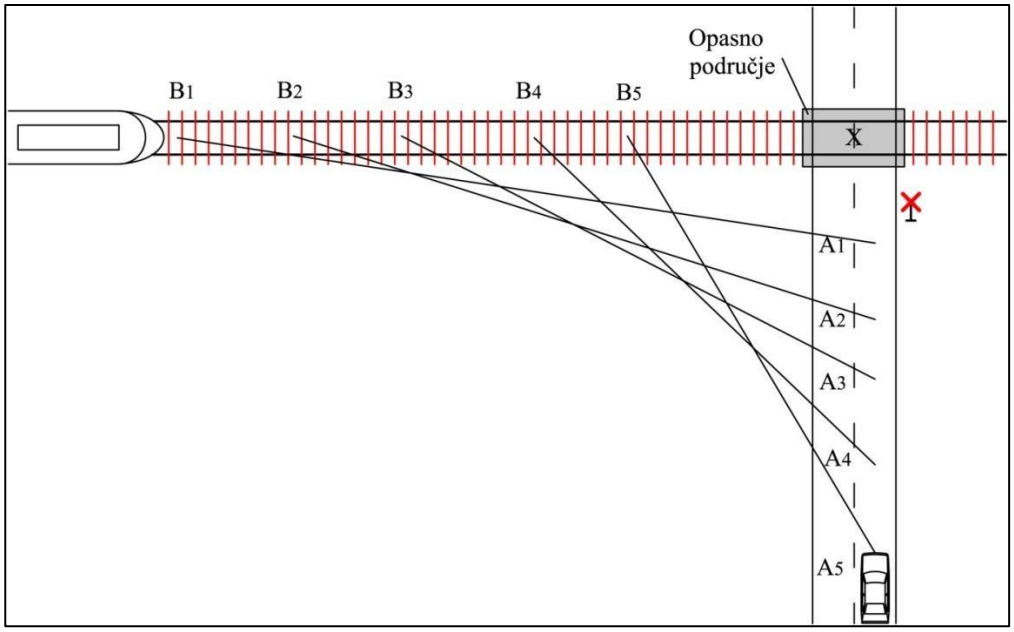
Najveća dopuštena brzina na željezničkoj pruzi na području ŽCP-a, ovisno o preglednosti s ceste na istu, određuje se prema izrazu [2.4]:

$$\boldsymbol{V_{žcpmax}} = \frac{\boldsymbol{L_{spc}}}{\boldsymbol{t_{pcv}}} \times \mathbf{3,6} \ [\frac{\boldsymbol{km}}{\boldsymbol{h}}] \qquad [2.4]$$

pritom je:

- $V_{žcpmax}$ – maksimalna dopuštena brzina prometovanja na željezničkoj pruzi na području željezničko-cestovnog prijelaza,
- L_{spc} – duljina preglednosti s ceste na željezničku prugu [m],
- T_{pvc} – ukupno vrijeme potrebno da cestovno vozilo s najvećom dopuštenom duljinom krene od točke B i cijelim svojim obujmom prijeđe granicu slobodnog profila željezničke pruge s druge strane željezničko-cestovnog prijelaza [s] [6].

Također, postoje situacije gdje nije propisano obavezno zaustavljanje cestovnih vozila prije željezničko-cestovnog prijelaza, odnosno ŽCP je osiguran znakom „Andrijin križ“ bez znaka „STOP“. U takvim slučajevima u obzir se uzimaju brzine prometovanja željezničkih i cestovnih vozila odnosno ograničenje brzine navedenih. Takvi slučajevi prikazani su na slici 7 s točkama A_1 i B_1 za cestovno vozilo koje prometuje najsporijom brzinom i točkama A_5 i B_5 kao točkama odlučivanja za najbrže cestovno vozilo [7].



Slika 7. Trokut preglednosti ovisno o brzini kretanja cestovnog vozila [7]

S obzirom na objekte koji onemogućavaju pogled na prugu:

- Kada se nalaze u trokutu X – A5 – B5 potrebno je ograničiti brzinu cestovnog vozila
- Kada se nalaze u trokutu X – A1 – B1 potrebno je ograničiti brzinu željezničkog vozila
- Kada se nalaze u raskrižju između dvaju prethodno navedenih trokuta, potrebno je ograničiti brzine željezničkog i cestovnog prometa [7].

2.2.2. Aktivno osigurani željezničko-cestovni prijelazi

Aktivno osiguranim ŽCP-ima se smatraju prijelazi koji su osigurani nekom vrstom svjetlosne, zvučne ili mehaničke signalizacije koja mijenja svoje stanje s obzirom na utjecaj prometa, odnosno koja mijenja svoje stanje s obzirom na približavanje vlaka samom prijelazu. U aktivna tehnička sredstva spadaju svjetlosni uređaji, zvučna signalizacija, polubranici i branici, odnosno bilo koja kombinacija navedenih.

Također, prema shemi prikazanoj na slici 1, aktivno osiguranje željezničko-cestovnih prijelaza može se dijeliti na sustave koji imaju automatsku promjenu stanja i na one sustave koji imaju ručnu promjenu stanja sustava. Automatski sustavi osiguranja željezničko cestovnih prijelaza

u Republici Hrvatskoj, osigurani su upotrebom svjetlosno-zvučne signalizacije samostalno (Slika 8.) ili s branicima odnosno polubranicima.



Slika 8. ŽCP „Horvati“ osiguran svjetlosno-zvučnom signalizacijom

Takvi sustavi izvedeni su na način da željezničko vozilo prelaskom kotača preko uključnih kontakata aktivira uređaj za osiguranje željezničko-cestovnih prijelaza. U trenutku prelaska kotača željezničkog vozila preko uključnih kontakata dolazi do uključenja svjetlosno-zvučne signalizacije, te se nakon adekvatnog vremena, sa zadrškom od 10 do 30 sekundi počinju spuštati motke polubranika ili branika. Spuštanje polubranika i branika traje između 7 i 15 sekundi, te nakon što se motke spuste do predviđenog mjesta, ostaje uključena samo svjetlosno-zvučna signalizacija. Nakon prelaska željezničkog vozila preko željezničko-cestovnog prijelaza, odnosno nakon što zadnja osovina željezničkog vozila prijeđe preko isključnog kontakta, sa zadrškom vremena od 5 sekundi, dolazi do gašenja svjetlosno-zvučne signalizacije i podizanja motki polubranika ili branika. Kretnje motki branika najčešće se pokreće putem elektromotora, međutim postoje i izvedbe na hidraulični pogon. Sustav koji upravlja osiguranjem željezničko-cestovnim prijelazima najčešće se nalazi u blizini prijelaza u posebno izrađenom samostojećem ormaru ili u kućici [6].

Vezano uz aktivno osigurane ŽCP-e, svi svjetlosni glavni signali, predsignali i kontrolni svjetlosni signali na željezničko-cestovnim prijelazima s automatskim uređajima za osiguranje prijelaza moraju biti opremljeni pružnim uređajem za automatsku zaštitu vlaka, odnosno autostop uređajem [8].

Auto stop uređaj je je sigurnosni uređaj koji automatski nadzire upravljanje vožnjom vlaka u određenim točkama na pruzi u skladu sa signalnim znacima [9].

Nadalje, kod ručno upravljanih sustava za zaštitu željezničko-cestovnih prijelaza, spuštanje branika obavlja djelatnik čije je radno mjesto odmah uz željezničko-cestovni prijelaz. Takvi prijelazi najčešće su osigurani punim branicima koji su postavljeni na udaljenosti od tri metra od najbliže tračnice. Branici su izvedeni na način da zatvaraju cjelokupni kolnik ili samo jedan prometni trak u smjeru kretanja cestovnih vozila. Takvi prijelazi također mogu sadržavati i svjetlosno-zvučnu signalizaciju. Ovaj način osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza uvelike ovisi o odgovornosti djelatnika zaduženog za prijelaz te je u prevelikoj mjeri izložen ljudskom faktoru pogreške. U oba slučaja, željezničko-cestovni prijelaz moguće je osigurati branicima ili polubranicima. Oba rješenja imaju svoje prednosti i mane. Prednost osiguranja željezničko-cestovnog prijelaza punim branicima je u potpunom fizičkom odvajanju željezničke infrastrukture od cestovne. Budući da branik u potpunosti prekrije cijeli profil cestovne prometnice, kako je prikazano na slici 9, vozači cestovnih vozila su u potpunosti onemogućeni u kršenju prometnih pravila odnosno nisu u mogućnosti obilaziti branike kako bi prešli preko prijelaza. Međutim, istovremeno postoji rizik od zarobljavanja cestovnog vozila između dvaju branika na samom željezničko-cestovnom prijelazu. Također, sama cijena izvedbe veća je nego u slučaju osiguranja s polubranicima [6].



Slika 9. Željezničko-cestovni prijelaz „Vodovodna ulica“ osiguran branicima

Kod načina osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza polubranicima, situacija je upravo suprotna, uz manje troškove same izvedbe osiguranja prijelaza, ne postoji mogućnost da cestovno vozilo ostane zarobljeno između dvaju polubranika jer u takvom slučaju cestovno vozilo može zaobići polubranik i maknuti se od potencijalno opasne situacije. Međutim, takva vrsta osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza omogućuje vozačima cestovnih vozila lakše kršenje prometnih pravila zaobilaženjem spuštenih polubranika [6].

Na slici 10. prikazan je željezničko-cestovni prijelaz Remetinec, osiguran polubranicima i svjetlosno-zvučnom signalizacijom.



Slika 10. Željezničko-cestovni prijelaz „Remetinec“ osiguran polubranicima

Također, iznimno je važno omogućiti pravovremeno zapažanje branika, odnosno branik je potrebno adekvatno obilježiti. Branici su se prije obilježavali na način da su bili obojeni crvenim i žutim crtama te su se označavali s tri crvena reflektirajuća stakla. Trenutno se branici i polubranici presvlače reflektirajućim slojem te se na njih postavlja trepćuće signalno svjetlo minimalnog promjera 210 milimetara. Svijetlo se u slučaju instalacije branika stavlja na sredinu branika, dok se u slučaju polubranika svjetlo stavlja na kraj letvice. Nadalje, polubranici kojima se zatvara promet samo do polovice širine cestovne prometnice moraju biti označeni s minimalno tri reflektirajuća stakla postavljena na odgovarajućim ravnomjernim razmacima po cijeloj dužini polubranika, od kojih je jedno smješteno na samom kraju polubranika [10].

Što se tiče svjetlosnog osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza, svjetlosni znakovi funkcioniraju na način da se naizmjenično pale dva okrugla crvena svijetla promjera 300 milimetara. Svjetla se nalaze jedno pored drugoga u vodoravnoj osi na ploči koja ima oblik jednostraničnog trokuta s vrhom okrenutim prema gore. Boje i dimenzije navedenog trokuta odgovaraju boji i dimenzijama znaka opasnosti duljine stranice trokuta 120 centimetara s brojem retrorefleksije klase III [10].

3. ANALIZA SIGURNOSTI NA ŽELJEZNIČKO-CESTOVNIM PRIJELAZIMA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Na željezničkoj mreži RH, građevinske dužine 2605 km, od kojih je 2351 km jednokolosiječne pruge, a 254 km dvokolosiječne pruge, nalazi se 1512 željezničkih prijelaza od kojih je 71 isključivo pješačkih prijelaza [11, 12].

Promatrajući odnos građevinske dužine željezničke mreže RH i ukupnog broja ŽCP-a, ŽCP se u prosjeku nalazi na svakih 1,72 km željezničke mreže.

Kao što je već navedeno, svi ŽCP-i su osigurani određenim stupnjem osiguranja te ne postoje neosigurani ŽCP-i u Republici Hrvatskoj. Većina ŽCP-a osigurana je pasivnim osiguranjem, njih 62,63%, dok je ostatak osiguran aktivnim osiguranjem, točnije njih 37,37%. Detaljnija podjela je navedena u Tablici 1 navedenoj ispod [12].

Tablica 1. Broj i način osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza [10]

Broj i način osiguranja ŽCP-a						
ŽCP-i osigurani PZ + trokut preglednosti	Pješački prijelazi osigurani MO + trokut preglednosti	Pješački prijelazi osigurani MO + SV + ZV	ŽCP-i osigurani automatskim ili mehaničkim uređajem			
			Mehanički branici s ručnim postavljanjem	SV + ZV + POL	SV + ZV	Ukupno ŽCP + PP
887	60	11	44	388	122	1512
58,66%	3,97%	0,73%	2,91%	25,66%	8,07%	100,00%

Što se tiče ŽCP-a osiguranih pasivnim osiguranjem, najveći postotak je osiguran prometnim znakovima i trokutom preglednosti, dok su svi pješački prijelazi osigurani mimoilaznom ogradom. Manji broj pješačkih prijelaza osiguran je i svjetlosno-zvučnom signalizacijom. Nadalje, najveći broj aktivno osiguranih ŽCP-a osiguran je polubranicima uz svjetlosno-zvučnu signalizaciju, slijede ih ŽCP-i osigurani svjetlosno-zvučnom signalizacijom, dok je najmanji broj osiguranih mehaničkim branicima s ručnim postavljanjem.

Željezničke pruge u Republici Hrvatskoj se dijele na:

- pruge za međunarodni promet,
- pruge za regionalni promet,
- pruge za lokalni promet [6].

Prema podacima u tablici 2, u Republici Hrvatskoj, najveći broj željezničko-cestovnih prijelaza nalazi se na međunarodnim prugama.

Tablica 2. Odnos kategorije pruge i broja željezničko-cestovnih prijelaza [6]

Kategorija pruge	Broj ŽCP-a
M - međunarodna	603
R - regionalna	399
L - lokalna	519

S obzirom na kategorizaciju cestovnih prometnica, prema podacima u tablici 3, primjećuje se kako se najveći broj željezničko-cestovnih prijelaza nalazi na nerazvrstanim i lokalnim cestama. Međutim, zabrinjavajući podatak je taj da se 37 od 106 željezničko-cestovnih prijelaza na državnim cestama nalazi na prugama za međunarodni promet [6].

Prema pravilniku navedenom u drugom poglavlju ovog rada, stoji kako križanje željezničke pruge i ceste mora biti izvedeno izvan razine u slučaju križanja željezničke pruge za međunarodni promet i državne ceste.

Tablica 3. Odnos kategorije cestovne prometnice i broja željezničko-cestovnih prijelaza [6]

Kategorija ceste	Broj ŽCP-a
Poljski put	72
Nerazvrstana cesta	936
Lokalna cesta	188
Županijska cesta	219
Državna cesta	106

U nastavku je napravljena analiza izvanrednih događaja kako bi se ustanovila razina sigurnosti željezničkog prometa u RH.

Izvanredni događaji se u željezničkom prometu dijela na ozbiljne nesreće i nesreće. Ozbiljne nesreće su izvanredni događaji u kojemu je poginula najmanje jedna osoba, i/ili je teško tjelesno ozlijeđeno pet ili više osoba, i/ili je materijalna šteta veća od dva milijuna eura [12].

U vremenskom periodu od 2012. godine do 2017. godine, dogodilo se ukupno 92 ozbiljne nesreće. Njih čak 34 odnosno 36,96% dogodilo se na ŽCP-ima, dok se ostatak dogodio na

ostalim mjestima na željezničkoj infrastrukturi. Prema analizi navedenoj u Tablici 2., najmanje ozbiljnih nesreća dogodilo se na pješačkim prijelazima. Nažalost, ne postoji bitna razlika u broju ozbiljnih nesreća između ŽCP-a osiguranih samo prometnim znakovima i trokutom preglednosti i ŽCP-a osiguranih SS uređajima. Iako su ŽCP-i osigurani signalno sigurnosnim uređajima najčešće prometniji od ŽCP-a osiguranih prometnim znakovima, može se ustanoviti kako je najveći uzrok nastanka ozbiljnih nesreća manjak pažnje i odgovornosti sudionika u prometu. Detaljna analiza navedena je u tablici 4. [12].

Tablica 4. Statistika ozbiljnih nesreća na željezničko-cestovnim prijelazima u Republici Hrvatskoj [12,13]

Ozbiljne nesreće		2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
Na ŽCP-u	**Promet osiguran SS uređajem**	3	5	1	4	0	5
	Promet osiguran prom. znakovima	5	3	2	2	2	1
	Pješački prijelaz	0	0	1	0	0	0
	Ukupno	8	8	4	6	2	6
Na ostalim mjestima na pruzi		9	7	11	7	11	13
Ukupno		17	15	15	13	13	19
Postotak na ŽCP-u		47,06%	53,33%	26,67%	46,15%	15,38%	31,58%

Nadalje, nesreće su izvanredni događaji sa štetnim posljedicama kao što su teške tjelesne ozljede do četiri osobe te materijalna šteta u vrijednosti do dva milijuna eura. U razdoblju od 2012. do 2017. godine dogodilo se ukupno 470 nesreća. Što se tiče prosjeka i postotka nesreća nastalih na ŽCP-ima, vrlo je sličan statistici ozbiljnih nesreća. Njih čak 179 iliti 38,09% dogodilo se na ŽCP-ima, dok se ostatak dogodio na ostalim mjestima na željezničkoj infrastrukturi. Također, najmanje ozbiljnih nesreća dogodilo se na pješačkim prijelazima. Međutim, u ovom slučaju postoji primjetna razlika u broju nesreća između ŽCP-a osiguranih samo prometnim znakovima i trokutom preglednosti i ŽCP-a osiguranih SS uređajima. Točnije, 36,31% nesreća se dogodilo na ŽCP-ima osiguranim SS uređajima, a 63,13% nesreća se odvilo na ŽCP-ima osiguranim prometnim znakovima i trokutom preglednosti. Detaljni pregled nesreća u periodu od 2012. do 2017. godine naveden je u Tablici 5 [12, 13].

Tablica 5. Statistika nesreća na željezničko-cestovnim prijelazima u Republici Hrvatskoj [13]

Nesreće		2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
Na ŽCP-u	**Promet osiguran SS uređajem**	17	11	11	9	8	9
	Promet osiguran prom. znakovima	20	18	22	14	17	22
	Pješački prijelaz	0	0	0	1	0	0
	Ukupno	37	29	33	24	25	31
Na ostalim mjestima		48	67	56	46	43	31
Ukupno		85	96	89	70	68	62
Postotak na ŽCP-u		43,53%	30,21%	37,08%	34,29%	36,76%	50,00%

Izvanredni događaji, odnosno ozbiljne nesreće i nesreće uz veliku materijalnu štetu, najčešće sa sobom nose smrtne posljedice ili teške tjelesne ozljede sudionika u njima. 41,74% nesreća sa smrtnim posljedicama dogodilo se na ŽCP-ima. Statistika izvanrednih događaja sa smrtnim posljedicama prikazana je u tablici 6 [12].

Tablica 6. Izvanredni događaji sa smrtnim posljedicama [13]

Izvanredni događaji sa smrtnim posljedicama		2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
Na ŽCP-u	**Promet osiguran SS uređajem**	3	6	1	6	0	6
	Promet osiguran prom. znakovima	5	5	5	2	2	1
	Pješački prijelaz	0	0	1	0	0	0
	Ukupno	8	11	7	8	2	7
Na ostalim mjestima		9	7	12	7	11	14
Ukupno		17	18	19	15	13	21
Postotak na ŽCP-u		47,06%	61,11%	36,84%	53,33%	15,38%	33,33%

U vremenskom periodu od 2012. do 2017. godine, 38,68% izvanrednih događaja od ukupnog broja izvanrednih događaja s težim ozljedama, odvilo se na ŽCP-ima.

Tablica 7. Izvanredni događaji s težim ozljedama [13]

Izvanredni događaji s težim ozljedama		2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
Na ŽCP-u	Promet osiguran SS uređajem	9	7	0	7	2	2
	Promet osiguran prom. znakovima	6	5	5	4	3	3
	Pješački prijelaz	0	0	0	0	0	0
	Ukupno	15	12	5	11	5	5
Na ostalim mjestima na pruzi		23	14	13	10	13	11
Ukupno		38	26	18	21	18	16
Postotak na ŽCP-u		39,47%	46,15%	27,78%	52,38%	27,78%	31,25%

Prema podacima navedenim u Tablici 6. i Tablici 7., ne postoji bitna razlika u broju izvanrednih događaja sa smrtnim posljedicama i težim ozljedama između ŽCP-a osiguranih višom razinom sigurnosti i nižom razinom sigurnosti.

Osim tragičnih posljedica po ljudski život i zdravlje, jedna od bitnih posljedica izvanrednih događaja je materijalna šteta. Od ukupne materijalne štete u 2017. godini koja je iznosila 7.807.204,46 kn, čak 23,97% odnosno 1.871.337,87 kn su prouzročili korisnici ŽCP-a. Detaljna analiza odgovornosti za materijalnu štetu prikazana je u tablici 8 [13].

Tablica 8. Odgovornost za materijalnu štetu u 2017. godini [13]

Odgovornost za izvanredne događaje	Materijalna šteta (KN)
Željeznički prijevoznici	2.858.219,34
HŽ Infrastruktura d.o.o.	1.966.469,29
Korisnici ŽCP-a	1.871.337,87
Druge osobe	1.004.694,77
Vremenska nepogoda	106.483,19
Ukupno	7.807.204,46
Postotak korisnici ŽCP-a	23,97%

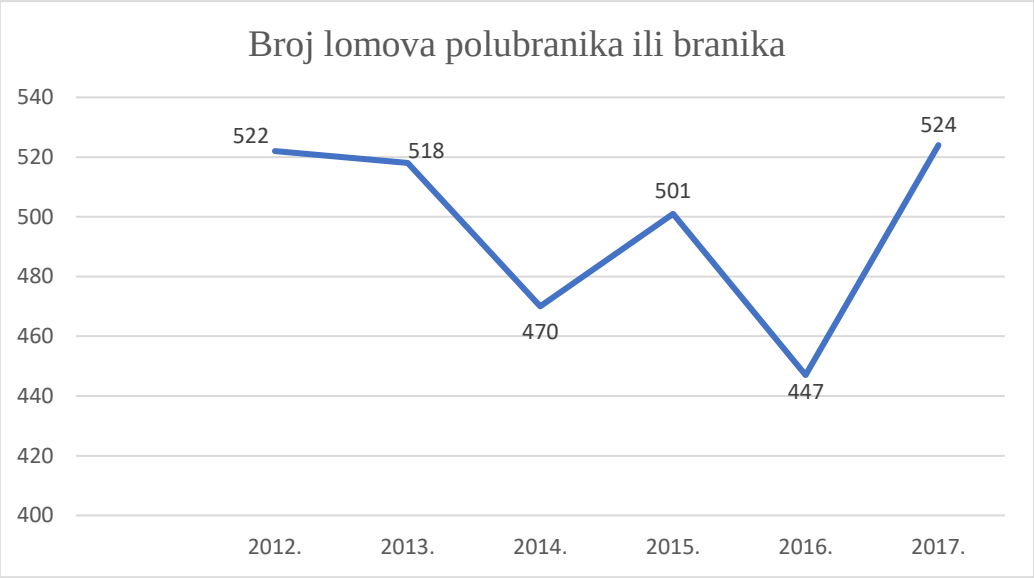
Velik dio prethodno navedene materijalne štete otpada na lomove polubranika i branika. Promatrajući period od 2012. do 2017. godine dolazimo do iznimno velike brojke od 2982 loma polubranika i branika u periodu od pet godina. Statistička analiza prikazana je u tablici 9 [13].

Tablica 9. Lomovi branika i polubranika u razdoblju od 2012. do 2017. godine [13]

Lomovi polubranika ili branika	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
Broj lomova	522	518	470	501	447	524

Prema grafikonu 1. postojao je lagani trend opadanja broja lomova polubranika i branika u periodu od 2012. do 2016. godine, dok se u 2017. godini dogodio najveći broj lomova polubranika i branika u periodu od šest godina [13].

Grafikon 1. Lomovi branika i polubranika u razdoblju od 2012. do 2017. godine [13]



Kako je navedeno u tablici 10., korisnici ŽCP-a snose odgovornost za 30% ozbiljnih nesreća te za malo više od 50% nesreća i incidenata od ukupnog broja izvanrednih događaja na željezničkoj infrastrukturi [13].

Tablica 10. Odgovornost za izvanredne događaje u 2017. godini [13]

	Ukupan broj izvanrednih događaja	Izvanredni događaji uzrokovani korisnicima ŽCP-a	
Ozbiljne nesreće	20	6	30,00%
Nesreće	62	31	50,00%
Incidenti	945	486	51,43%
Ukupno	1027	523	50,93%

S cestovnog gledišta, promatrajući statistiku prometnih nesreća s nastradalim osobama za 2016. i 2017. godinu prikazanu u tablici 11, ukupan broj prometnih nesreća porastao je za 1,6%. Ono što posebno zabrinjava jest da najveći porast, promatrajući postotak prometnih nesreća, imaju nesreće cestovnih vozila sa željezničkim vozilom. Porast vrste nesreća „Sudar s vlakom“ prema klasifikaciji MUP-a za 2017. godinu iznosi 100%. Isto tako, broj poginulih u takvoj vrsti nesreća ima porast od 500%, dok je ozlijeđenih 50% više nego u 2016. godini [14].

Tablica 11. Pregled prometnih nesreća s posljedicama s cestovnog gledišta [14]

Vrsta prometne nesreće	**Nesreće s nastradalim osobama**			**Poginuli**		**Ozlijeđeni**	
	2016.	**2017.**	**+/- %**	**2016.**	**2017.**	**2016.**	**2017.**
Sudari vozila u pokretu	5.138	5.267	2,5	117	127	8.000	8.070
Udar vozila u parkirano vozilo	132	108	-18,2	2	2	157	136
Slijetanje vozila s ceste	2.330	2.378	2,1	78	100	3.023	2.968
Nalet na bicikl	409	398	-2,7	20	16	397	394
Nalet na pješaka	1.409	1.438	2,1	61	53	1.443	1.482
Nalet na motocikl ili moped	141	155	9,9	6	7	156	169
Sudar s vlakom	7	14	100,0	1	5	10	15
Udar vozila u objekt na cesti	61	83	36,1	1	2	72	95
Udar vozila u objek kraj ceste	260	295	13,5	14	14	336	365
Nalet na životinju	24	41	70,8	0	0	27	45
Ostalo	825	733	-11,2	7	5	908	827
Ukupno	**10.736**	**10.910**	**1,6**	**307**	**331**	**14.529**	**14.566**

4. KOMPARATIVNA ANALIZA SA ŽELJEZNIČKO-CESTOVNIM PRIJELAZIMA U EU

Kako bi se stekao dojam o razini sigurnosti na željezničko-cestovnim prijelazima u Republici Hrvatskoj, u nastavku je napravljena komparativna analiza sigurnosti i tehničkih sredstava u odnosu na željezničko-cestovne prijelaze u Europskoj Uniji.

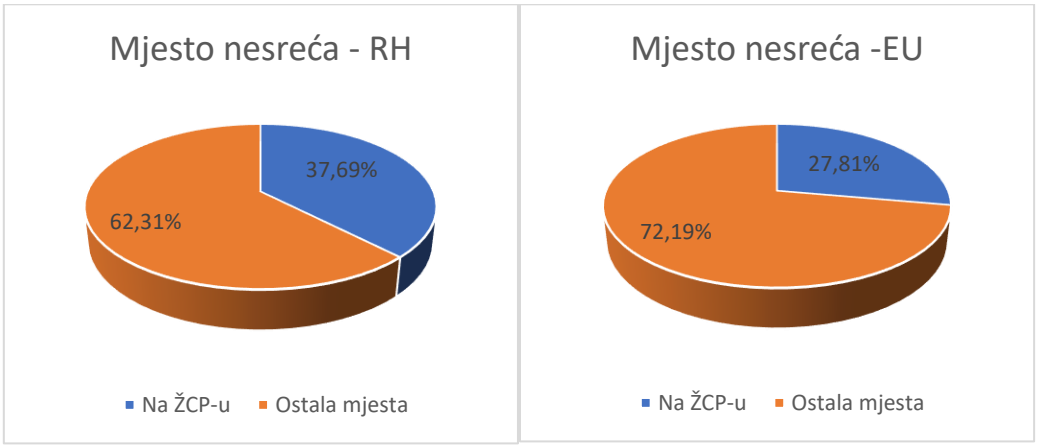
4.1. Analiza sigurnosti na željezničko-cestovnim prijelazima u EU

Željeznička mreža Europske Unije, isključujući Maltu i Cipar sastoji se od ukupno 218.104 kilometara pruge. Na navedenoj željezničkoj mreži, nalazi se 114.120 željezničko-cestovna prijelaza u razini. 51% željezničko-cestovnih prijelaza osigurano je pasivnim osiguranjem, tj. prometnim znakovima i trokutom preglednosti. Ostatak je osiguran sustavima aktivnog osiguranja [4].

Gledajući samo navedene brojke, lako se primjećuje kako Republika Hrvatska, sa svojih 37,37% aktivno osiguranih ŽCP-a, kaska za statistikom EU.

Republika Hrvatska, u razdoblju od 2010. do 2015. godine, ima nepovoljniju statistiku u odnosu broja nesreća nastalih na ŽCP-ima i nesreća nastalih na ostalim mjestima na željezničkoj infrastrukturi. Prosjek broja nesreća nastalih na ŽCP-ima u razdoblju od šest godina iznosi 37,69% u Republici Hrvatskoj, dok je prosjek Europske Unije 27,81%. Navedeni odnos prikazan je u grafikonu 2 [4, 13, 15].

Grafikon 2. Mjesto nesreća na željezničkoj infrastrukturi u periodu 2010.-2015. [4,13,15]



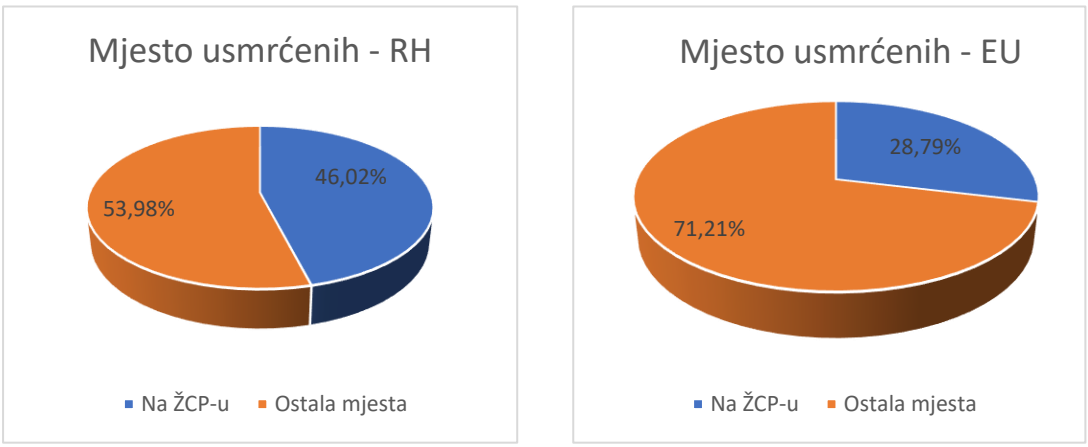
Statistički podaci Europske unije za 2016. i 2017. godinu nisu prikazani u Tablici 12, budući da na Eurostatovim stranicama još uvijek nisu dostupni. Prikaz željezničkih nesreća za Republiku Hrvatsku prikazan je do 2017. godine. 2017. godina je ujedno i godina s najvećim postotkom nesreća nastalih na željezničko-cestovnim prijelazima u periodu od 2010. do 2017. godine. Detaljan pregled izražen je u Tablici 12 [4, 13, 15].

Tablica 12. Nesreće na ŽCP-ima u RH i EU u razdoblju od 2010. do 2017. godine [4, 13, 15]

		2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
HR	Nesreće na ŽCP-ima	41	44	45	36	37	30	27	37
	Željezničke nesreće	118	99	105	110	105	83	81	82
	Postotak na ŽCP-ima	34,75%	44,44%	42,86%	32,73%	35,24%	36,14%	33,33%	45,12%
EU	Nesreće na ŽCP-ima	842	736	635	555	540	659	NA	NA
	Željezničke nesreće	2789	2684	2179	2103	2188	2269	NA	NA
	Postotak na ŽCP-ima	30,19%	27,42%	29,14%	26,39%	24,68%	29,04%	NA	NA

Isto tako, ako se promatra odnos između broja usmrćenih na ŽCP-ima i ukupnog broja usmrćenih na željezničkoj infrastrukturi u istom razdoblju prikazan u tablici 13., prosjek Europske Unije iznosi 28.79%, dok je prosjek RH veći za čak 17.24% i iznosi 46.02%. Navedeni odnos prikazan je na grafikonu 3 [4, 13, 15].

Grafikon 3. Mjesto usmrćenih osoba na željezničkoj infrastrukturi u periodu 2010.-2015.[4, 13, 15]



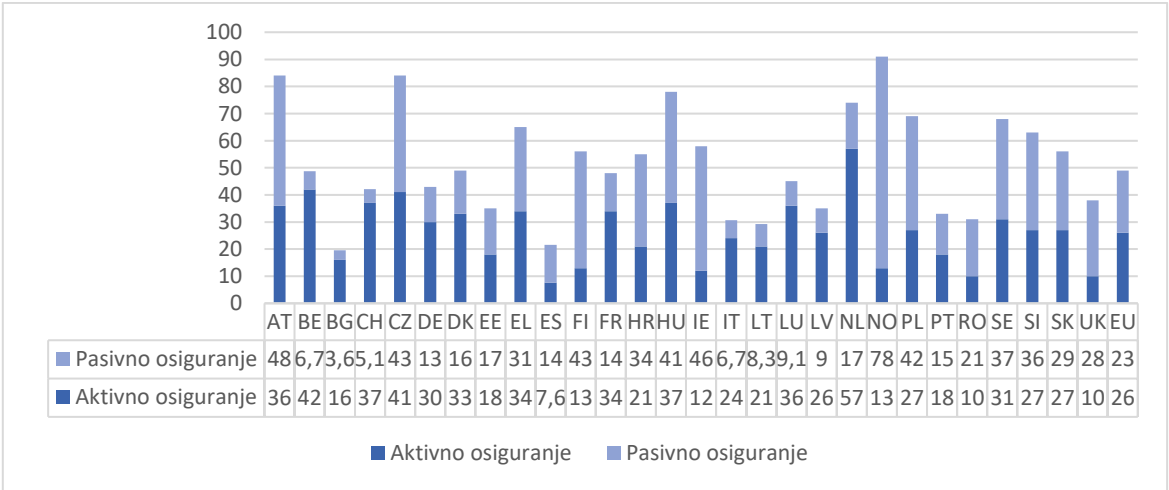
Tablica 13. Broj usmrćenih na ŽCP-ima u RH i EU u razdoblju 2010. – 2017. [4, 13, 15]

		2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
HR	**Usmrćeni na ŽCP-ima**	7	15	8	11	7	8	2	7
	Usmrćeni ukupno	27	26	18	19	19	15	13	21
	Postotak na ŽCP-ima	25,93%	57,69%	44,44%	57,89%	36,84%	53,33%	15,38%	33,33%
EU	**Usmrćeni na ŽCP-ima**	385	332	396	315	294	288	NA	NA
	Usmrćeni ukupno	1312	1263	1173	1168	1075	993	NA	NA
	Postotak na ŽCP-ima	29,34%	26,29%	33,76%	26,97%	27,35%	29,00%	NA	NA

U grafikonu 4. prikazan je odnos broja pasivno i aktivno osiguranih željezničko-cestovnih prijelaza na 100 km željezničke pruge. Navedene brojke prikazane su za svaku zemlju Europske Unije zasebno. Iz navedenih brojki moguće je ustanoviti kako prosječan broj aktivno osiguranih željezničko-cestovnih prijelaza iznosi 26, dok je pasivnih prijelaza 23. U slučaju Republike Hrvatske, 34 prijelaza je osigurano pasivnom vrstom osiguranja, dok je 21 prijelaz osiguran aktivnim osiguranjem [16].

Dakle, zaključuje se kako je broj pasivno osiguranih željezničko-cestovnih prijelaza na 100 km značajno veći od prosjeka Europske unije, dok je broj aktivno osiguranih prijelaza manji od prosjeka.

Grafikon 4. Broj željezničko-cestovnih prijelaza na 100 km željezničke pruge [16]



Što se tiče ograničenja brzine kretanja cestovnih vozila, u Republici Hrvatskoj je ograničenje brzine povezano s kategorijom ceste i lokalnim prilikama te ne ovisi o načinu osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza. U zemljama Europske Unije, kako je prikazano u tablici 14., ograničenje brzine ovisi o načinu osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza. Tako je u nekim zemljama poput Ujedinjenog Kraljevstva maksimalno ograničenje brzine na cestama koji vode na željezničko cestovne prijelaze osigurane svjetlosno-zvučno signalizacijom 95 km/h, dok je na cestama koje vode na ŽCP-e osigurane branicima ili polubranicima zajedno sa svjetlosno-zvučno signalizacijom 110 km/h [6].

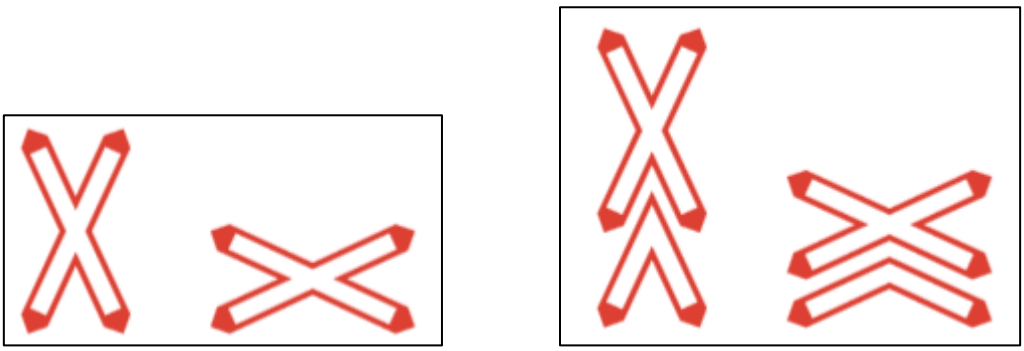
Tablica 14. Ograničenje brzine na automatsko osiguranim željezničko-cestovnim prijelazima u zemljama EU [6]

	Automatsko osiguranje željezničko-cestovnih prijelaza			
	Svjetlosno-zvučna signalizacija		**Branici/polubranici + SV/ZV signalizacija**	
Država	**Udio u ukupnom broju prijelaza**	**Ograničenje brzine (km/h)**	**Udio u ukupnom broju prijelaza**	**Ograničenje brzine (km/h)**
Austrija	8%	100	22%	100
Belgija	17%	90	67%	90
Bugarska	35%	90	52%	90
Finska	2%	80	17%	80
Francuska	1%	90	76%	90
Italija	2%	NA	72%	NA
Mađarska	31%	40	20%	40
Nizozemska	0%	50	73%	80
Njemačka	7%	70	46%	70
Slovačka	19%	30	28%	30
Španjolska	9%	NA	34%	50
Švicarska	7%	80	35%	80
UK	3%	95	17%	110

4.2. Analiza tehničkih sredstava za osiguranje željezničko-cestovnih prijelaza u EU

Unatoč visokoj razini standardizacije prometnih znakova s cestovnog gledišta, željeznički promet i dalje kaska u tom pogledu. Relativno kruti sustav nesklon promjenama i težnji standardizaciji signalnih uređaja, oznaka i prometnih znakova rezultira time da su željeznički sustavi pojedinih zemalja izričito razvijeni za željezničku mrežu te zemlje i ne koriste se u drugim zemljama EU [17].

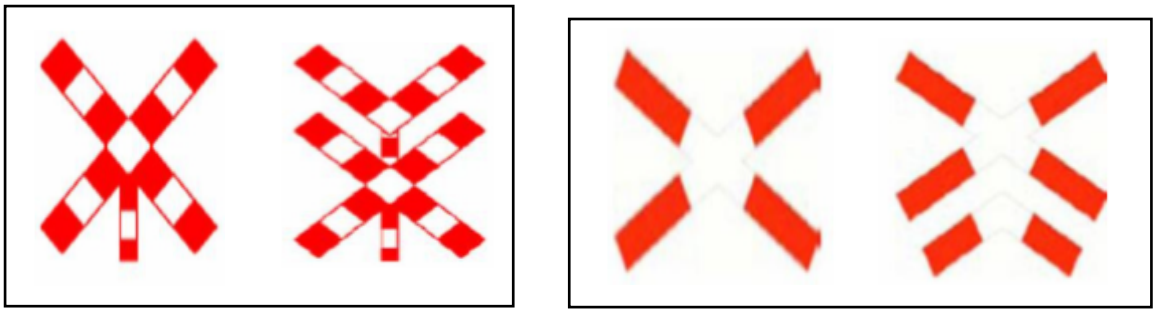
Gledajući način osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza, iako je generalni koncept zapravo isti, različite države Europske Unije imaju drugačija rješenja automatskog i pasivnog osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza. Prema Bečkoj konvenciji o cestovnim prometnim znakovima i signalima, znak „Andrijin križ“ bi trebao izgledati prema varijantama a) i b) prikazanim na slici 11 [18].



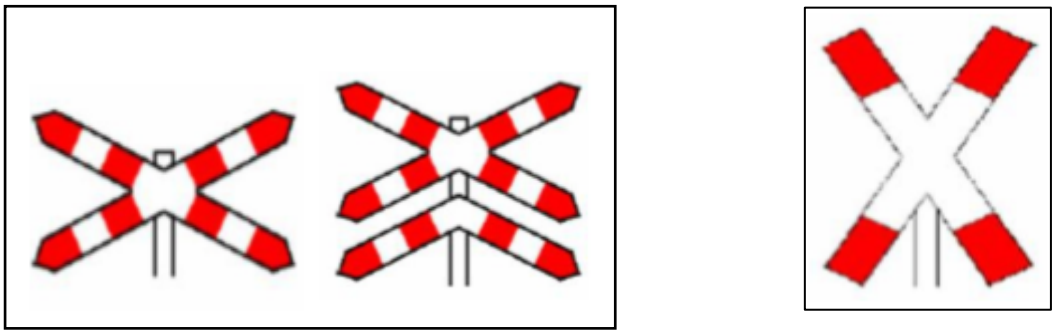
a) jednokolosiječna pruga b) pruga s dva ili više kolosijeka

Slika 11. Znak „Andrijin križ“ prema Bečkoj konvenciji [18]

Neke od zemalja potpisnica Bečke konvencije koriste izvedbe znaka „Andrijin križ“ prikazane na slici 12.



a) Belgija b) Nizozemska i Hrvatska



c) Norveška d) Njemačka

Slika 12. Izvedbe znaka „Andrijin križ“ u različitim zemljama Europe [18]

Također, prema Bečkoj konvenciji vizualna automatska upozorenja bi se trebala sastojati od jednog ili dvaju treptavih crvenih svjetala koja se aktiviraju s približavanjem željezničkog vozila. Dopušteno je korištenje svjetlosnih sustava upozorenja s tima bojama: crvenom, žutom i zelenom. Također se dopušta i korištenje samo jednog bijelog treptavog svijetla koje ukazuje na ispravan rad sustava osiguranja kada željezničko vozilo nije u blizini željezničko-cestovnog prijelaza [18].

Na slici 13. prikazane su različite varijante korištenja svjetlosne signalizacije u zemljama Europske Unije.



a) Belgija



e) Francuska



b) Češka i Slovačka



f) Velika Britanija i Irska



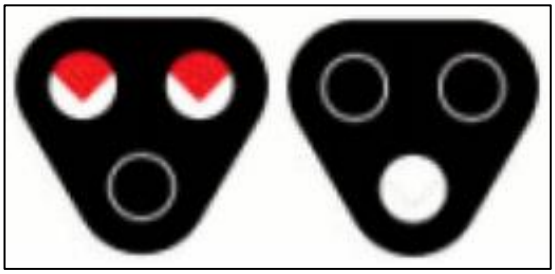
c) Danska



g) Rumunjska



d) Njemačka i Austrija



h) Finska i Švedska

Slika 13. Izvedbe svjetlosne signalizacije u pojedinim zemljama Europe [18, 19, 20]

Kao što je već ranije navedeno, postoje različiti načini automatskog osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza koji koriste različita tehnička sredstva i tehnologije. U nastavku će biti prikazani primjeri dobre prakse.

Zanimljivi primjer automatskog osiguranja željezničko-cestovnog prijelaza pronađen je u Velikoj Britaniji, točnije u Škotskoj na ulicama „Station road“ i „Ruthven road“.



Slika 14. Osiguranje željezničko-cestovnog prijelaza u Ujedinjenom Kraljevstvu [21]

Na slici 14. prikazan je ŽCP na se kojem prelaskom vlaka preko uključnog kontakta aktivira svjetlosno-zvučno osiguranja paljenjem donjeg žutog svijetla. Nakon 5 do 10 sekundi dolazi do promjene svjetlosne signalizacije gašenjem žutog svijetla i naizmjeničnim paljenjem dvaju crvenih svjetala. Zatim se uz zadršku od 5 do 10 sekundi kreću spuštati motke polubranika te se prvo zatvara pola profila cestovne prometnice, odnosno zatvaraju se smjerovi kretanja cestovnih vozila. Spuštanje polubranika traje također između 5 do 10 sekundi. Odmah nakon spuštanja polubranika koji su onemogućili kretanje cestovnih vozila, kreće spuštanje branika koji zatvaraju drugu polovicu cestovnog profila i u potpunosti se fizički odvaja cestovna prometnica od željezničke pruge. U tom trenutku prestaje raditi zvučna signalizacija. Ono po

čemu je ovaj željezničko-cestovni prijelaz specifičan, osim u postojanju četiri polubranika, jest postojanje zaštitne ograde koja se razvlači spuštanjem polubranika. i onemogućuje pješake i bicikliste u prelasku željezničko-cestovnog prijelaza provlačenjem ispod polubranika. Nakon što zadnja osovina željezničkog vozila prijeđe preko isključnog kontakta, dolazi do simultanog podizanja sva četiri polubranika, uvlačenja zaštitne ograde u polubranike i gašenja svjetlosne signalizacije [21].

Iako nije dio Europske Unije, zbog izrazite važnosti ruskih željeznica, uzet je primjer osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza iz Rusije prikazan na slici 15.

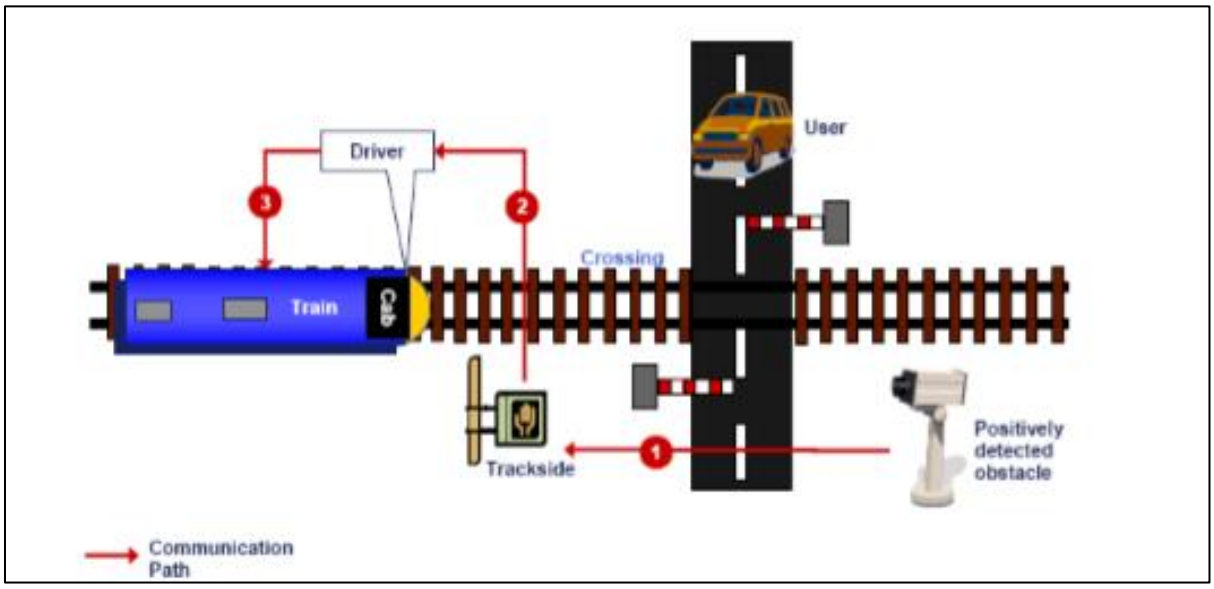


Slika 15. Željezničko-cestovni prijelaz u Rusiji osiguran izlazećim rampama [22]

Ovaj primjer željezničko-cestovnog prijelaza osiguran je aktivnim osiguranjem, odnosno svjetlosno-zvučnom signalizacijom i polubranicima. Ono što ovaj prijelaz čini izuzetno zanimljivim jest to što se nakon zatvaranja željezničko-cestovnog prijelaza polubranicima podižu rampe koje se nalaze u samoj cestovnoj prometnici. Rampu je moguće podići do visine od 0,45 m iznad razine ceste. S obzirom na oblik rampe prikazan na slici 15., u slučaju da se

vozilo zatekne u prostoru željezničko-cestovnog prijelaza nakon što se rampa podigne, vozilo je u mogućnosti izaći van tog prostora. Taj isti oblik onemogućuje ulazak cestovnih vozila u prostor željezničko-cestovnog prijelaza nakon podizanja rampe [23].

Također, postoje sustavi koji koriste tehnologiju detekcije zapreke prilikom osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza. Sustav funkcionira na način da se na željezničko-cestovni prijelaz postavi kamera kojoj je cilj detektirati eventualnu zapreku na željezničkoj pruzi. Komunikacijom sa strojovođom se omogućuje zaustavljanje željezničkog vozila prije dolaska na željezničko-cestovni prijelaz. Ukoliko se nakon paljenja svjetlosno-zvučne signalizacije i spuštanja polubranika i branika, na željezničko-cestovnom prijelazu i dalje nalazi cestovno vozilo, kamera povezana s uređajem pričvršćenom uz željezničku prugu daje informaciju strojovođi o postojanju zapreke i daje uputu za kočenje. Udaljenost između pozicije na kojoj strojovođa zaprima informaciju i željezničkog prijelaza mora biti veća od zaustavnog puta vlaka. S obzirom na kršenje prometnih pravila i utjecaj cestovnog vozila na željeznički promet, vozača cestovnog vozila moguće je prekršajno kazniti na temelju snimke s kamere. Također, ova vrsta osiguranja željezničko-cestovnog prijelaza može biti od velike koristi pri osiguranju željezničkog-prijelaza branicima koji zatvaraju cijeli profil cestovne prometnice. Na takvim prijelazima, događali su se slučajevi zarobljavanja cestovnog vozila unutar željezničko-cestovnog prijelaza pogotovo kod neiskusnijih vozača. Shema sustava prikazana je na slici 16 [23].



Slika 16. Shema sustava detekcije zapreke na željezničko-cestovnom prijelazu [23]

Tehnologija koja počiva na istom principu jest korištenje radarskih detektora. Postoje dvije metode korištenja radarske tehnologije u detekciji objekata na željezničko-cestovnim prijelazima. Prva metoda podrazumijeva emitiranje radio valova preko zone detekcije. Ako se objekt nalazi na željezničko-cestovnom prijelazu doći će do odbijanja radio valova i aktivacije sustava zaštite. U slučaju da nema odbijenih radio valova u zoni detekcije, nema nedozvoljenih objekata u području željezničko-cestovnog prijelaza. Analizom odbijenih radio valova, može se doći do informacija poput brzine, udaljenosti i lokacije objekta [24].

Na slikama 17. i 18. prikazana su dva primjera korištenja radarske tehnologije na željezničko-cestovnim prijelazima.



Slika 17. Radarska tehnologija na željezničko-cestovnom prijelazu u Velikoj Britaniji [24]

Druga metoda podrazumijeva korištenje radarske zrake, odnosno njene neprekinutosti. Točnije, radar emitira zraku do uređaja za primanje zrake na drugoj strani željezničko-cestovnog prijelaza. Ako se objekt nalazi u prostoru željezničko-cestovnog prijelaza, dolazi do prekidanja zrake i aktivacije mjera zaštite željezničko-cestovnog prijelaza. U slučaju neprekinutosti zrake, željezničko-cestovni prijelaz je siguran za prolazak željezničkog vozila. U ovakvom načinu detekcije zapreka na željezničko-cestovnom prijelazu potrebno je koristiti veći broj radarskih zraka kako bi se pokrio cijeli prostor željezničko-cestovnog prijelaza. Sami broj zraka ovisi o veličini željezničko-cestovnog prijelaza.



Slika 18. Radarska tehnologija na željezničko-cestovnom prijelazu u Njemačkoj [24]

Njemačka je jedna od prvih zemalja EU koja je krenula s korištenjem radarskih detektora zapreka na 70 različitih željezničko-cestovnih prijelaza. Od ugradnje detektora do sada nije poznat niti jedan slučaj da radar nije detektirao objekt na željezničko-cestovnom prijelazu. Radari su kalibrirani na način da zapaze cestovna vozila, bicikliste i odrasle ljude, dok nisu u mogućnosti registrirati malu djecu i životinje. Na ovakvu vrstu kalibracije odlučili su se iz razloga što do trenutka ugradnje radarskih uređaja nije bilo djece koja su samostalno prelazila preko željezničko-cestovnog prijelaza i pritom nastradala. Isto tako, zbog takve vrste kalibracije sustava, dobivao se manji broj lažnih očitanja objekata na željezničko-cestovnim prijelazima [24].

5. AKTUALNO RJEŠENJE OSIGURANJA ŽELJEZNIČKO-CESTOVNOG PRIJELAZA POMOĆU UREĐAJA RLC23

Kako bi se detaljnije objasnio način funkcioniranja tehničkih sredstava za osiguranje željezničko-cestovnih prijelaza za primjer je uzet proizvod Hrvatske tvrtke Altpro d.o.o., uređaj za osiguranje željezničko-cestovnog prijelaza RLC23.

5.1. Unutarnja oprema uređaja RLC23

Jedna od osnovnih stavki uređaja RLC23 jest upravljački ormar željezničko-cestovnog prijelaza. U njemu se nalaze svi elementi potrebni za upravljanje vanjskim jedinicama, sklopovi za napajanje, elementi za indikaciju uređaja i ostali pomoćni dijelovi poput osigurača. Upravljački ormar uređaja RLC23 prikazan je na slici 19. [25].



Slika 19. Upravljački ormar željezničko-cestovnog prijelaza

Upravljački ormar sastoji se od sljedećih komponenti:

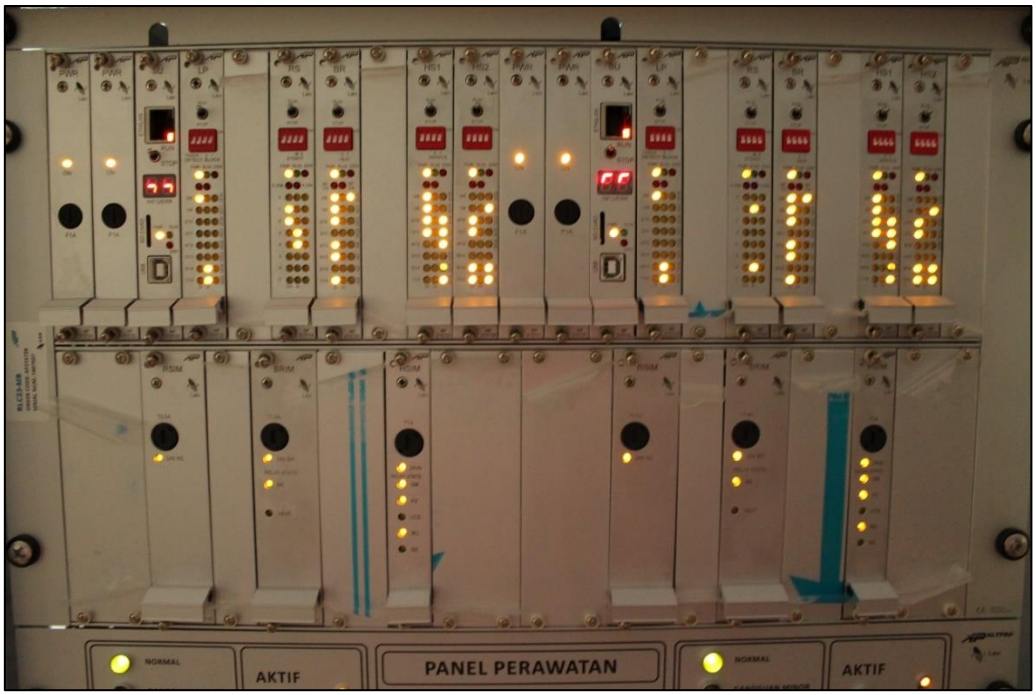
- upravljačka platforma APIS-RLC – glavna mikroprocesorska upravljačka jedinica koja se sastoji od dva upravljačka sustava s raspodijeljenim modulima za upravljanje pojedinom skupinom vanjskih jedinica,
- blok sučelja – skupina modula s perifernim pogonskim i kontrolnim elementima,
- kontrolno – indikacijski panel – ploča s LED diodama koje služe za indikaciju stanja ŽCP-a s određenim tipkama za ručne komande poput ispitivanja kvara ili smetnje, uključenja uređaja i sl.,
- blok prenaponskih zaštita - moduli s osiguračima i elementima zaštite od grmljavine i ostalih elektromagnetskih smetnji,
- BO23 – UNUR – unutarnji uređaj brojača osovina za kontrolu do 8 brojačkih točkaka, odnosno senzora kotača s priključnom jedinicom raspoređenih na do 6 odsjeka,
- napojni blok – punjači baterija 220 V izmjenične struje odnosno 24 V istosmjerne struje,
- ulazno – izlazni konektori – glavni konektori preko kojih se signali spajaju na ormar, uključujući i napajanje [25].

Kao što je ranije navedeno u tekstu, upravljački ormar najčešće se nalazi u zasebnoj kućici u neposrednoj blizini željezničko-cestovnog prijelaza. U kućici poput one na slici 20., najčešće se uz neizbježno ožičenje, nalaze i četiri baterije koje služe za održavanje konstantnog izvora električne energije na upravljačkom ormaru ŽCP-a i omogućuju neometan rad u slučaju nestanka električne energije.



Slika 20. Kućica za smještaj upravljačkog ormara željezničko-cestovnog prijelaza

Upravljačka platforma APIS – RLC prikazana na slici 21., modularna je platforma koja se bazira na tehnologiji mikrokontrolera. Služi za upravljanje sigurnosnim sustavima najviše razine sigurnosti [25].



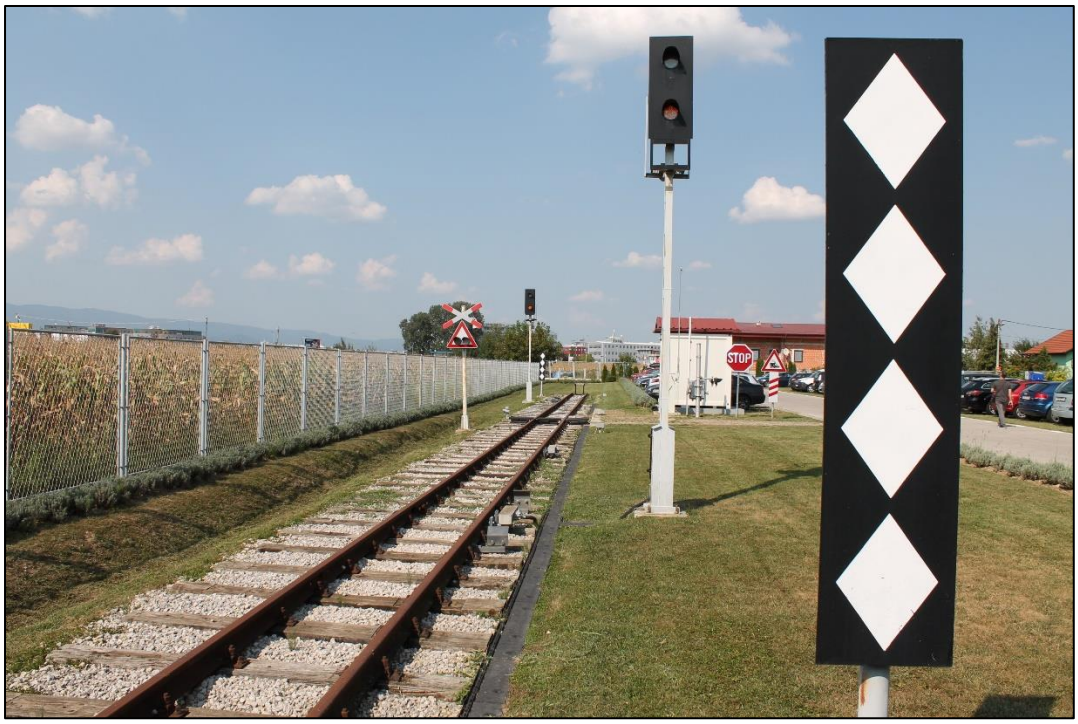
Slika 21. Upravljačka platforma APIS – RLC i blok sučelja

Svi moduli su spojeni na matičnu ploču kako bi se jednostavnom izmjenom kartice (modula) omogućio brz popravak eventualnog kvara uređaja [25].

Postoje sljedeći moduli:

- PWR – napojni modul koji osigurava napajanje upravljačke platforme,
- SU – nadzorni modul koji nadzire rad svih modula te po potrebi proglašava stanje kvara,
- SUC – nadzorni i komunikacijski modul koji nadzire rad svih modula te po potrebi proglašava stanje kvara i dio je bloka daljinske kontrole,
- TD – modul detekcije vlaka koji prima signale slobode ili zauzeća odsjeka i prolaska kotača preko brojačke točke brojača osovina BO23,
- RS – modul cestovnih signala koji upravlja žaruljama i zvonima (zvučnicima) cestovnih signala uz kontrolu ispravnosti,
- BR – modul branika koji upravlja cjelokupnim radom branika,
- DS – modul kontrolnih signala koji kontrolira ispravnost kontrolnih i pomoćnih kontrolnih signala te upravlja žaruljama,
- HS1 – modul 1 ostalih signala u kućici koji upravlja relejima za indikaciju smetnje i kvara te kontrolira njihovu ispravnost,
- HS2 – modul 2 ostalih signala u kućici koji upravlja relejima za indikaciju uključenja cestovnih signala i položaja branika te kontrolira njihovu ispravnost,
- DK1 – osnovni DK modul – koji upravlja izlazima redovnog stanja, smetnje, kvara, alarmom, indikacijom položaja branika i brojača smetnje,
- DK2 – dodatni DK modul koji upravlja izlazima za odgodu pokazivanja signala za dopuštenu vožnju vlaka, za indikaciju zauzeća odsjeka, blokadu određenih uključnih jedinica i otvorenosti vrata kućice ili ormara [25].

Uređaj RLC23 može djelovati s ili bez daljinske kontrole u najbližoj stanici. Ako uređaj djeluje bez daljinske kontrole u najbližoj stanici, željezničko-cestovni prijelaz treba sadržavati kontrolne signale na zaustavnoj udaljenosti od točke križanja željezničkog i cestovnog prometa. Ako uređaj djeluje s daljinskom kontrolom u najbližoj stanici, kontrolni signali nisu potrebni i ŽCP može djelovati bez njih [25].



Slika 22. Signal uključne točke i kontrolni signal na poligonu tvrtke Altpro d.o.o.

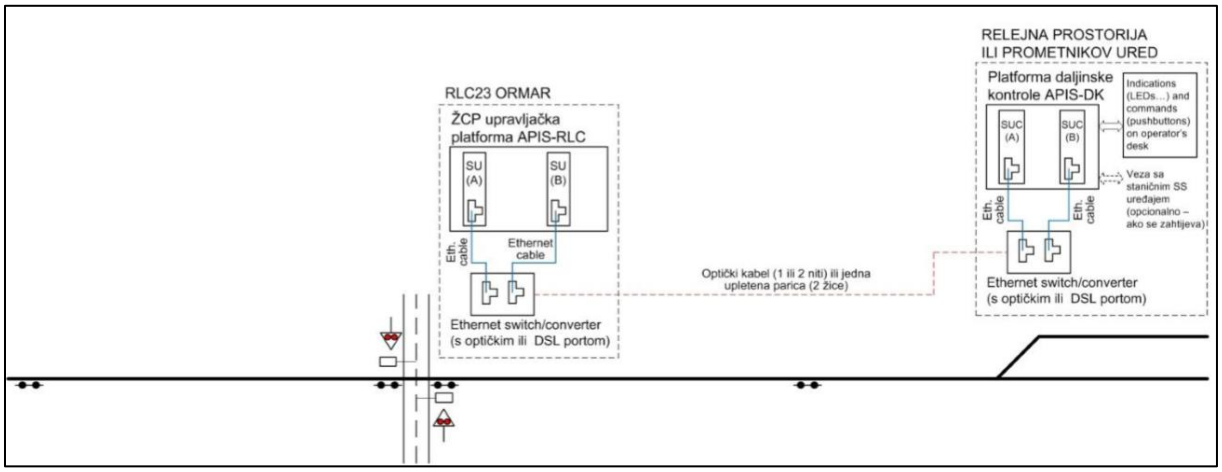
Kada je promet na prijelazima osiguran kontrolnim svjetlosnim signalima ugrađenim pokraj kolosijeka, kako je prikazano na slici 22., ispred prijelaza ugrađuje se kontrolni svjetlosni signal i signal uključne točke. Signalni znak „Uređaj na željezničko-cestovnom prijelazu ispravan“ predstavlja jedna bijela trepćuća svijetlost i ispod nje jedna žuta mirna svjetlost. Kontrolni signali ugrađuju se ispred prijelaza na udaljenosti zaustavnog puta. Iznimno, kontrolni svjetlosni signali se mogu ugraditi na udaljenosti do 5% manjoj od zaustavnog puta ili na većoj udaljenosti, ali najviše do 2,5 duljine zaustavnog puta [26].

Signalni znak „Uključna točka, očekuj kontrolni signal“ nalaže da se motri signalizira li kontrolni svjetlosni signal signalni znak „Uređaj na željezničko-cestovnom prijelazu ispravan“ ili signalni znak „Uređaj na željezničko-cestovnom prijelazu neispravan“ [26].

Kada je uređaj za osiguranje ŽCP-a ispravan, nakon što prva osovina vlaka prijeđe preko uključne točke, u ovom slučaju preko senzora brojača osovine, pojavljuje se signalni znak o ispravnosti ili neispravnosti ŽCP-a [26].

Nadalje, u slučaju daljinske kontrole, dolazi do instalacije indikacijskih elemenata za daljinsku kontrolu na prometnikovom pultu s odvojenom mikroprocesorskom platformom APIS-DK. APIS-DK je vrlo sličan platformi APIS-RLC međutim, ipak se radi o puno manjim

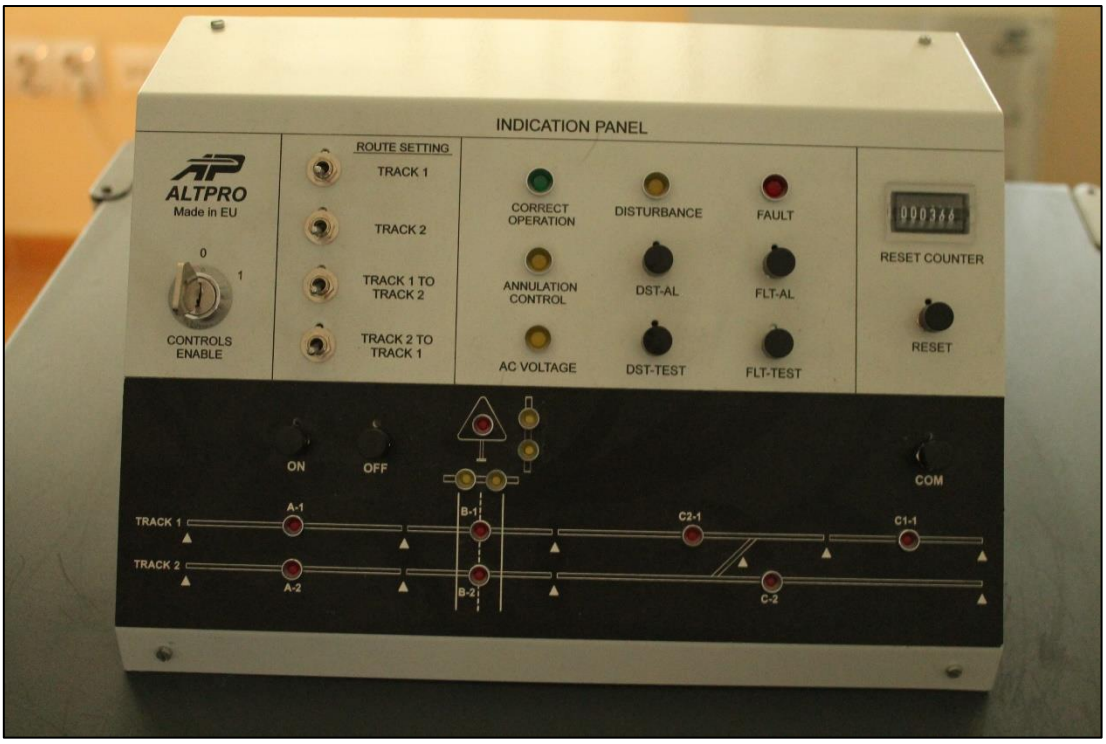
dimenzijama. Navedena platforma prima komande za daljinsku kontrolu od prometnika putem tipkala. Komunikacija između dvaju platformi izvedena je pomoću zatvorene Ethernet mreže koja se proteže putem SHDSL linka putem postojećeg bakrenog kabla (bakrene parice) koristeći Ethernet s optičkim ulazima. Takva vrsta komunikacije prikazana je na slici 23 [25].



Slika 23. Komunikacija između platformi APIS-RLC i APIS-DK[25]

Postoje 3 varijante ugradnje indikacija i ručnih komandi u kontrolnoj stanici:

- ugradnja indikacija i komandi u već postojeći prometnikov pult,
- povezivanje kontrole APIS-DK pomoću digitalnih ulaza i izlaza za praćenje indikacija na monitoru,
- zasebni upravljački pult za daljinsku kontrolu napravljen u tvrtci Altpro d.o.o. [25].



Slika 24. Upravljački pult daljinske kontrole tvrtke Altpro d.o.o.[25]

Upravljački pult, prikazan na slici 24, sastoji se od indikatora kvara, smetnje, ispravnog rada, zvučnih alarma, brojača kvarova i smetnji, led dioda koje signaliziraju položaj motke i stanje cestovnih signala, brojača komande ručnog uključenja i isključenja, indikatora kvara komunikacije ili tipkala, indikatora ispravnog napajanja željezničko-cestovnog prijelaza, zauzetosti odsjeka i brojača osovina, otvorenosti vrata na kućici u kojoj se nalazi prijelaz, brojača ručnog poluautomatskog uključenja i isključenja ŽCP-a i ostalih indikatora [25].

5.2. Vanjska oprema uređaja RLC23

Vanjska oprema sastoji se od senzora željezničkog kotača ZK24-2 koji se montira na unutarnju stranu tračnice na posebnom nosaču pričvršćenom za tračnicu (Slika 25.) i kontrolnog elektroničkog sklopa VUR koji se nalazi u kutiji neposredno uz senzor i kolosijek (Slika 26) [25].



Slika 25. Senzor željezničkog kotača ZK24-2

VUR je kontrolni elektronički sklop koji napaja i kontrolira senzor te modulira i šalje signale sa senzorskog sustava po dvožičnom telekomunikacijskom vodu do upravljačkog ormara. Istim vodom uređaj dobiva istosmjerno napajanje. Osim svoje primarne funkcije, VUR služi i za zaštitu opreme od strujnog udara, odnosno grmljavine [25].



Slika 26. Kontrolni elektronički sklop VUR

Uređaj za osiguranje željezničko-cestovnih prijelaza RLC23 prilagodljiv je različitim potrebama klijenata i spreman za spajanje različitih vrsta signalizacije na unutarnju jedinicu uređaja. Sukladno navedenom, na slici 27. su prikazana dva različita primjera mehanizma polubranika kojima je moguće upravljati putem upravljačkog sučelja [25].



Slika 27. Polubranici i cestovni znakovi na poligonu tvrke Altpro d.o.o.

Cestovnoj, svjetlosno-zvučnoj signalizaciji, kontrolnim signalima i ostalim mehanizmima se prilikom ugradnje testira kompatibilnost i utjecaj na uređaj RLC23 [25].

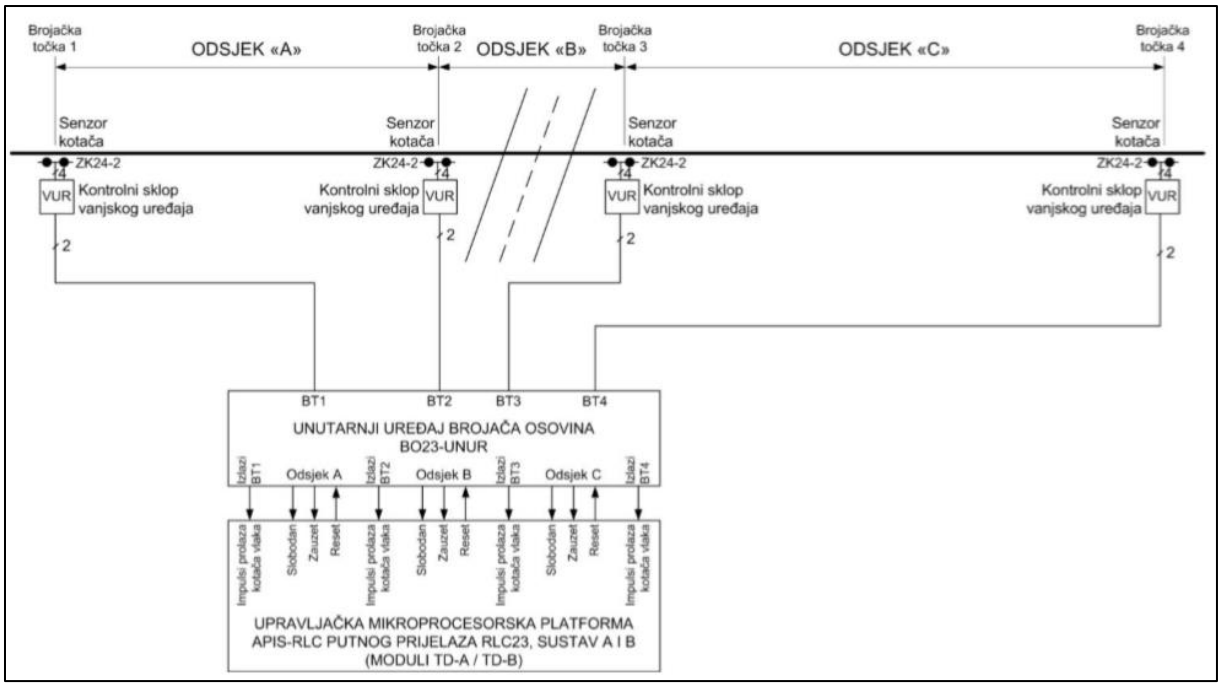
5.3. Funkcionalnost uređaja RLC23

Kako bi uređaj RLC23 detektirao vlak i pokrenuo automatsko uključivanje i isključivanje željezničko-cestovnog prijelaza, koristi se brojač osovina (Slika 28). Uređaj BO23 sastoji se od vanjskih uređaja ranije opisanih u tekstu i unutarnjeg dijela uređaja odnosno mikroprocesorskih jedinica obrade signala. [25]



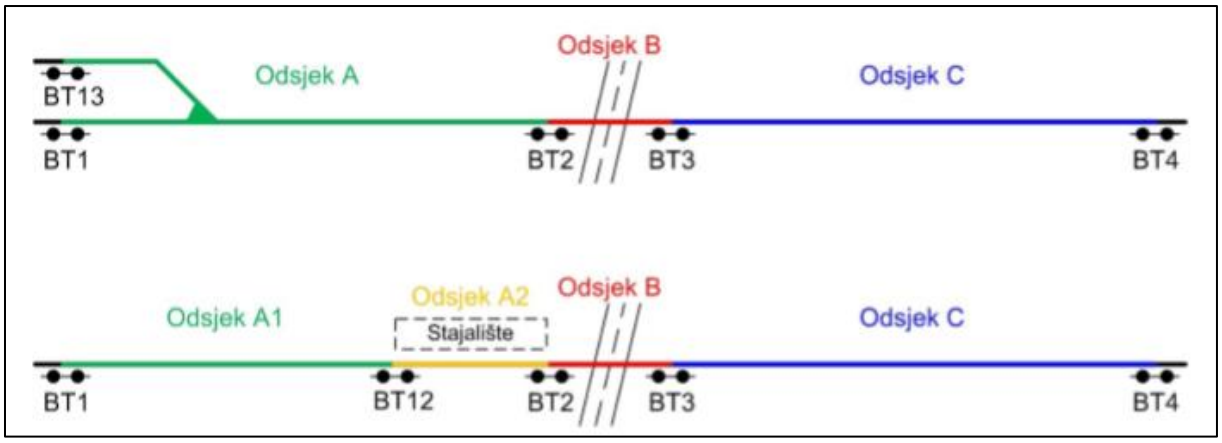
Slika 28. Brojač osovina BO-23 tvrtke Altpro d.o.o.

Za jednokolosiječni željezničko-cestovni prijelaz najčešće se koriste četiri brojačke točke, koje formiraju tri brojačka odsjeka kako je prikazano na slici 29 [25].



Slika 29. Raspored opreme brojača osovine za jednokolosiječni ŽCP[25]

Brojač osovina za daje informaciju mikroprocesorskoj platformi APIS-RLC sustava o slobodi ili zauzeću svakog odsjeka. Točnije, koristeći impuls kotača predaje podatak upravljačkoj platformi sustava A i B o prolasku vlaka preko brojačke točke u zadanom smjeru. Istovremeno od upravljačke platforme zaprima naredbu za razrješenje odsjeka. Na navedeni način upravljačka platforma na cijelom području željezničko-cestovnog prijelaza registrira na kojem se dijelu nalazi vlak i točan smjer njegova kretanja. Moduli upravljačke platforme APIS-RLC na koje se signali s brojača osovina priključuju su moduli TD sustava A i sustava B, odnosno Train Detection moduli. Na temelju dobivenih informacija, upravljačka platforma upravlja uključenjem i isključenjem osiguranja željezničko-cestovnog prijelaza. U slučaju lažne zauzetosti pojedinog odsjeka, isti je moguće ručno razriješiti pomoću tipkala na kontrolno-indikacijskom panelu. Prema potrebi i situaciji na terenu, moguće je dodati više brojačkih točki. Na slici 30. prikazana su dva primjera gdje je u jednom slučaju dodana brojačka točka radi skretnice, dok je u drugom primjeru dodana točka radi stajališta [25].



Slika 30. Brojač osovina s pet brojačkih točki [25]

Kako je ranije već napomenuto, sustav je izrazito prilagodljiv i pogodan za spajanje više vrsta signalizacije ovisno o nacionalnim zahtjevima osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza. Sukladno navedenom, postoji mogućnost spajanja kamera za detekciju objekata na željezničko-cestovnim prijelazima (Slika 31.). Tvrtka Altpro d.o.o. ne proizvodi kamere za detekciju objekata već postojeće uređaje integrira u rad APIS-RLC sustava.



Slika 31. Kamere za detekciju objekata na poligonu tvrtke Altpro d.o.o.

Ovisno o željama i potrebama klijenata, ali i o trenutku uočavanja objekta na željezničko-cestovnom prijelazu, moguće je konfigurirati sustav da u različitim situacijama daje različitu izlaznu informaciju, odnosno moguće je regulirati ponašanje uređaja RLC23.

Iako nije dio standardne opreme uređaja za osiguranje željezničko-cestovnog prijelaza RLC23, važno je napomenuti mogućnost korištenja autostop uređaja u povećanju razine sigurnosti na željezničko-cestovnim prijelazima.

RAS 8385 IS je autostop uređaj koji se sastoji od centralne jedinice i dvije lokomotivske balize. Kontrolni signal se spaja na pružni dio uređaja te se sukladno stanju kontrolnog signala aktivira pružna baliza, kako bi se prenijela informacija o stanju signala s pruge na lokomotivski uređaj. Na slici 32. prikazana je pružna baliza uređaja RAS 8385 s pripadajućim sučeljem spojena na kontrolni signal [27].



Slika 32. Pružna baliza autostop uređaja RAS 8385 na poligonu tvrtke Altpro d.o.o.

U slučaju da je željezničko-cestovni prijelaz neispravan, aktivira se 1000 Hz na pružnoj balizi, čime strojovođa ima 4 s vremena da potvrdi da je zamijetio signal. U isto vrijeme, aktivira se

vremenski član za koje vrijeme strojovođa mora smanjiti brzinu tako da nakon isteka tog vremena, brzina kretanja bude ista ili manja od gornje granične brzine [27].

5.4. Ugradnja uređaja RLC23

Tvrtka Altpro d.o.o. prisutna je na tržištu od 1994. godine. Njezini proizvodi se nalaze u više od 47 država na šest kontinenata [28].

Prema informacijama dobivenim od djelatnika tvrtke Altpro d.o.o, cijena ugradnje uređaja ovisna je o konfiguraciji samog uređaja i iznosi između 50 000 do 150 000 eura. Baš poput cijene, vrijeme ugradnje također ovisi o zahtjevima klijenata. Nakon što se odrade sve građevinske predradnje, sama instalacija elektroničkog dijela uređaja može biti odrađena u svega nekoliko dana [29].

U nastavku su prikazane neke od radnji koje se izvode prilikom ugradnje uređaja RLC23. U ovom konkretnom primjeru prikaza ugradnje, radi se željezničko-cestovnom prijelazu u Turskoj. Na slici 33. prikazane su radnje ugradnje i spajanja kontrolno upravljačkog ormara uređaja RLC23.



Slika 33. Ugradnja upravljačkog ormara uređaja RLC23 u Turskoj [29]

S obzirom na to da se upravljački ormar postavlja u za to posebno namijenjenu kućicu ili kontejner, potrebno je da visina kućice bude veća od dijagonale upravljačkog ormara kako bi se ormar mogao uspraviti unutar kućice. Standardna visina ormara iznosi 1826 mm sa širinom ormara od 570 mm. Minimalna širina upravljačkog ormara iznosi 502 mm, tako da je važno obratiti pažnju i na širinu vrata kućice koja mora biti veća od tog iznosa, kako bi se upravljački ormar mogao smjestiti u prostor [25].

Prilikom ugradnje upravljačkog ormara, s obzirom na kompleksnost i odgovornu zadaću uređaja, vrše se brojna kontrolna ispitivanja poput prikazanog na slici 34.



Slika 34. Proces ugradnje upravljačkog ormara uređaja RLC23 u Turskoj [29]

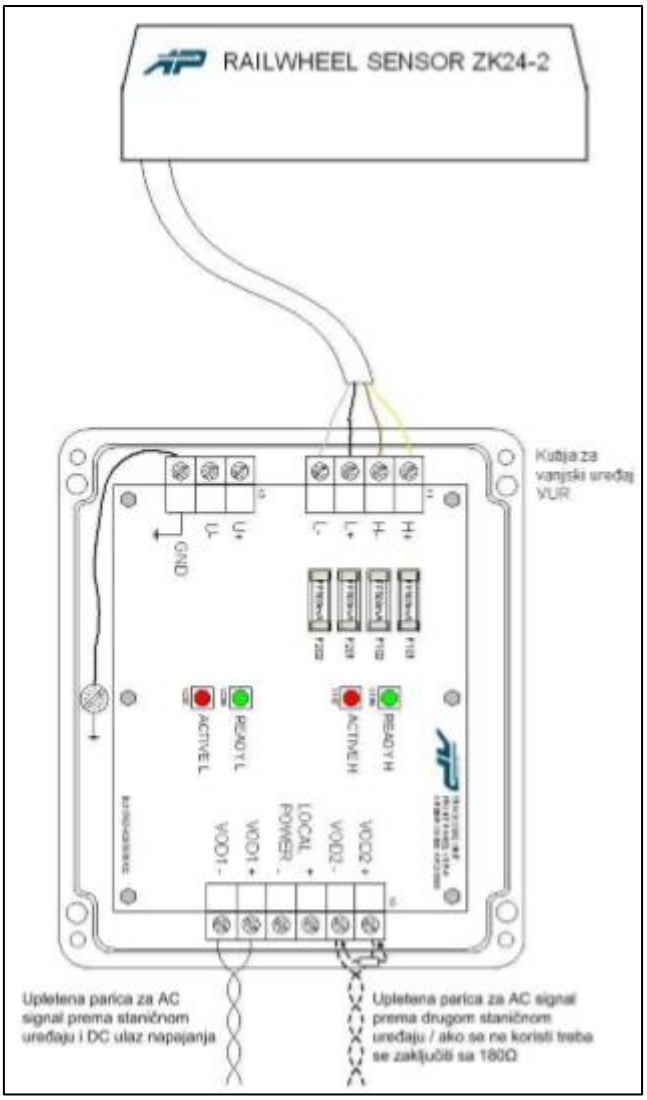
Što se tiče montaže vanjskog djela uređaja, senzor ZK24-2 se uvijek montira na unutarnjoj strani tračnice. Na ravnom dijelu pruge senzor se može montirati na bilo koju tračnicu, dok se na zavojitom dijelu pruge senzor montira isključivo na unutarnju tračnicu u luku zavoja. Ako je pak tračnica bočno istrošena, na nju se ne smije montirati senzor. Montaža senzora pomoću šablone na željezničko-cestovnom prijelazu u Turskoj prikazana je na slici 35 [25].



Slika 35. Ugradnja senzora ZK24-2 na željezničko-cestovnom prijelazu u Turskoj [29]

Senzor željezničkog kotača povezan je s kontrolnim elektroničkim sklopom VUR. VUR je učvršćen na stupić te se ukapa na način da minimalno 200 mm stupa ostane iznad zemlje. Udaljenost postolja VUR-a od bliže tračnice treba iznositi od 1 do 3,5 metara, ovisno o položaju i u skladu sa željezničkim propisima. Također je bitno obratiti pažnju da kućište VUR-a ne bude ispod nivoa tračnica ukoliko to teren dozvoljava. [25]

Konkretan način spajanja i ožičenja između senzora ZK24-2 i VUR-a, prikazan je na slici 36.



Slika 36. Spajanje senzora ZK24-2 i VUR-a [25]

Senzor se isporučuje s fiksno spojenim četverožilnim senzorskim kablom duljine 6 m. Senzorski kabel se spaja na priključke vura na način da se po dvije žice spajaju za svaki pol senzorskog uređaja. VUR se zatim povezuje s unutarnjim uređajima putem upletene parice kojom VUR predaje informaciju na unutarnji uređaj. Preko istog kabla VUR dobiva napajanje. Postoji i izlaz kojim je moguće spojiti VUR da prenosi informaciju za drugi uređaj odnosno za susjedni odsjek. Ako se drugi izlaz ne koristi, potrebno ga je zatvoriti otpornikom [25].

Kao što je već navedeno, uređaj RLC23 može udovoljiti različitim potrebama korisnika s različitim mjerama osiguranja u vidu signalizacije, polubranika i branika. Na slici 37. prikazan je željezničko-cestovni prijelaz „Tuhobić“ osiguran polubranicima i svjetlosno-zvučnom signalizacijom.



Slika 37. Željezničko-cestovni prijelaz „Tuhobić“ [29]

Također, postoje mnogobrojni primjeri ugradnje uređaja RLC23 u svijetu. Na slici 38. prikazan je željezničko-cestovni prijelaz osiguran svjetlosno-zvučnom signalizacijom na privatnoj željeznici Zillertalbahn u Austriji.



Slika 38. Željezničko-cestovni prijelaz na privatnoj željeznici u Austriji [29]

Nadalje, na slici 39. prikazan je željezničko-cestovni prijelaz u Indoneziji osiguran branicima i svjetlosno-zvučnom signalizacijom.



Slika 39. Željezničko-cestovni prijelaz u Indoneziji [29]

6. ZAKLJUČAK

Željezničko-cestovni prijelazi su točke najviše razine rizika gledajući iz aspekta željezničkog prometa. Statistički podaci Republike Hrvatske koji govore o udjelu nesreća na ŽCP-ima i udjelu usmrćenih osoba u odnosu na ostatak željezničke infrastrukture su značajno nepovoljniji u odnosu na statistiku Europske Unije. Također, direktna poveznica s navedenom statistikom je i udio aktivno osiguranih u ukupnom broju ŽCP-ova gdje se također kaska za statistikom Europske Unije.

Veliki problem predstavlja činjenica da postoji velik broj željezničko-cestovnih prijelaza koji bi prema Pravilniku o uvjetima za određivanje križanja željezničke pruge i drugih prometnica trebali biti izvedeni izvan razine s cestovnom prometnicom. Zbog visokih troškova ovakve vrste rješenja, najčešće se pribjegava drugim načinima osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza.

Za veliku većinu nesreća odgovorni su korisnici željezničko-cestovnih prijelaza koji neodgovornim ponašanjem i kršenjem prometnih propisa ugrožavaju svoj i život ostalih sudionika u prometu. Kako bi se broj neželjenih događaja smanjio, potrebno je podići razinu svijesti svih korisnika ŽCP-a i pružiti im adekvatnu edukaciju o sigurnom ponašanju u prometu. Međutim, bez obzira na činjenicu o odgovornosti za nastale nesreće, postoji niz mjera koje je moguće poduzeti i korisnike željezničko-cestovnih prijelaza onemogućiti u kršenju prometnih propisa.

Jedan od zanimljivih načina prevencije pješaka i biciklista u nepropisnom prelasku željezničko-cestovnog prijelaza naveden u ovom radu, jest korištenje zaštitne ograde koja zatvara prostor ispod spuštenih polubranika. Osim što se radi o efikasnom rješenju, ako se uzme u obzir samo zaštitna ograda, radi se o „low cost“ investiciji s visokom razinom koristi.

Nadalje, ono čemu je svakako potrebno težiti jest, povećanje udjela aktivno osiguranih željezničko-cestovnih prijelaza i osuvremenjivanje postojećih aktivno osiguranih prijelaza sustavima poput uređaja za osiguranje željezničko-cestovnih prijelaza RLC23. Takav cjeloviti sustav automatske zaštite, osim što povećava razinu sigurnosti i pouzdanosti željezničko-cestovnih prijelaza, dugoročno gledajući nosi financijske uštede u pogledu korištenja radne snage i smanjenja nastanka materijalne štete uzrokovane prometnim nesrećama. S obzirom na to da je uređaj RLC23 komplementaran s kamerama za detekciju objekata u području željezničko-cestovnog prijelaza, svakako se preporučuje njihovo korištenje. Osim što se kamere mogu koristiti za detekciju objekata i regulaciju ponašanja željezničko-cestovnog prijelaza,

moguće ih je iskoristiti i u kažnjavanju vozača koji s namjerom nepropisno prelaze preko željezničko-cestovnog prijelaza. Smatra se kako bi i sama prisutnost kamere imala određene pozitivne učinke na prevenciju prometnih prekršaja. Isto tako, važno je za napomenuti kako je cijeli sustav moguće uskladiti s autostop uređajem RAS 8385 koji služi kao dodatna zaštita u slučaju da je željezničko-cestovni prijelaz neispravan ili neadekvatno osiguran.

LITERATURA

1. Pravilnik o uvjetima za određivanje križanja željezničke pruge i drugih prometnica; NN 111/2015
2. Barić, D., Pilko, H., Starčević M.: Introducing experiment in pedestrian behaviour and risk perception study at urban level crossing, International Journal of Injury Control and Safety Promotion, 2017.
3. Barić, D., Starčević, M., Hrvoje, P.: Analiza ponašanja sudionika u prometu na željezničko-cestovnim prijelazima, Željeznice 21, vol. 15, no. 3, p. 7-17, 2016.
4. Starčević, M., Barić, D., Pilko, H.: Safety at level crossings: comparative analysis, Road and Rail Infrastructure IV, Proceedings of the Conference CETRA 2016, Zagreb, 2016.
5. Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama, NN 33/05, 64/05-ispravak, 155/05 i 14/11
6. Starčević, M.: Model procjene rizika na željezničko-cestovnim prijelazima, doktorska disertacija, Fakultet prometnih znanosti, 2014.
7. Toš, Z.: Signalizacija u željezničkom prometu, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2013.
8. Zakon o sigurnosti i interoperabilnosti željezničkog sustava, NN 110/15
9. Pravilnik o tehničkim uvjetima za sigurnost željezničkog prometa kojima moraju udovoljavati željeznička vozila, NN 147/08
10. https://www.prometna-signalizacija.com/oprema-ceste/zeljeznicko-cestovni-prijelazi-zcpr/, pristupljeno 1. rujna 2018.
11. Izvješće o mreži, HŽ Infrastruktura d.o.o., Zagreb, 2018.
12. Godišnje izvješće o sigurnosti u 2017. godini, HŽ Infrastruktura d.o.o., Zagreb, 2018.
13. Analiza izvanrednih događaja u 2017. godini, HŽ Infrastruktura d.o.o., Zagreb 2018.
14. Statistički pregled temeljnih sigurnosnih pokazatelja i rezultata rada u 2017. godini, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, siječanj 2018..
15. http://ec.europa.eu/eurostat/data/database , pristupljeno 2. rujna 2018.
16. https://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/Safety%20Interim%20Report%202017.pdf , pristupljeno 2. rujna 2018.
17. D1 - Report about Statistics, Database Analysis and Regulations for Level Crossing, SELCAT, International Union of Railways (UIC), Paris, France, September 2008.
18. D9 - Dissemination Campaign for Car Drivers, SELCAT, The German Automobile Club (ADAC), Munich, Germany, September 2008

19. http://www.rasunetul.ro/trecerea-la-nivel-cu-cale-ferata-de-pe-str-lucian-blaga-din-bistrita-va-fi-semaforizata-restrictii , pristupljeno 2. rujna 2018.
20. http://www.wn.de/Muenster/Stadtteile/Mecklenbeck/3235700-Bahnuebergang-Weseler-Strasse-Riesen-Stau-im-Berufsverkehr , pristupljeno 2. rujna 2018.
21. https://www.youtube.com/watch?v=7dHzttWUhhs , pristupljeno 2. rujna 2018.
22. http://www.rmweb.co.uk/community/uploads/monthly_10_2014/post-9897-0-90392900-1413615846.png , pristupljeno 2. rujna 2018.
23. D2 - Report about Examination of actual and potential Technologies for Level Crossings, SELCAT, The French National Institute for Transport and Safety Research (INRETS), Paris, France, September 2018
24. Dent, M., Marinov, M., Introducing Automated Obstacle Detection to British Level Crossings, Newcastle University, RailExchang conference 2017, 2017.
25. Uređaj za osiguranje željezničko-cestovnog prijelaza RLC23, Korisnička dokumentacija, Altpro d.o.o., 2014.
26. Pravilnik o signalima, signalnim znakovima i signalnim oznakama u željezničkom prometu, NN 94/15
27. Tehnički opis sustava RAS 8385 IS, Altpro d.o.o., 2017.
28. https://altpro.hr/hr/ , pristupljeno 2. rujna 2018.
29. Interni podaci tvrtke Altpro d.o.o., Zagreb, 2018

POPIS SLIKA

Slika 1. Podjela željezničko-cestovnih prijelaza prema vrsti osiguranja. 5
Slika 2. Znak „Andrijin križ“ 6
Slika 3. Znak „Andrijin križ“ za ŽCP-e s dva ili više kolosijeka 6
Slika 4. Prometni znak „približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge s branicima ili polubranicima“ 7
Slika 5. Prometni znak „približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge bez polubranika ili branika“ 8
Slika 6. Geometrijski prikaz trokuta preglednosti na željezničko-cestovnom prijelazu 9
Slika 7. Trokut preglednosti ovisno o brzini kretanja cestovnog vozila 12
Slika 8. ŽCP „Horvati“ osiguran svjetlosno-zvučnom signalizacijom 13
Slika 9. Željezničko-cestovni prijelaz „Vodovodna ulica“ osiguran branicima 15
Slika 10. Željezničko-cestovni prijelaz „Remetinec“ osiguran polubranicima 16
Slika 11. Znak „Andrijin križ“ prema Bečkoj konvenciji 28
Slika 12. Izvedbe znaka „Andrijin križ“ u različitim zemljama Europe 29
Slika 13. Izvedbe svjetlosne signalizacije u pojedinim zemljama Europe 30
Slika 14. Osiguranje željezničko-cestovnog prijelaza u Ujedinjenom Kraljevstvu 31
Slika 15. Željezničko-cestovni prijelaz u Rusiji osiguran izlazećim rampama 32
Slika 16. Shema sustava detekcije zapreke na željezničko-cestovnom prijelazu 33
Slika 17. Radarska tehnologija na željezničko-cestovnom prijelazu u Velikoj Britaniji 34
Slika 18. Radarska tehnologija na željezničko-cestovnom prijelazu u Njemačkoj 35
Slika 19. Upravljački ormar željezničko-cestovnog prijelaza 36
Slika 20. Kućica za smještaj upravljačkog ormara željezničko-cestovnog prijelaza 38
Slika 21. Upravljačka platforma APIS – RLC i blok sučelja 38
Slika 22. Signal uključne točke i kontrolni signal na poligonu tvrtke Altpro d.o.o. 40
Slika 23. Komunikacija između platformi APIS-RLC i APIS-DK 41
Slika 24. Upravljački pult daljinske kontrole tvrtke Altpro d.o.o. 42
Slika 25. Senzor željezničkog kotača ZK24-2 43
Slika 26. Kontrolni elektronički sklop VUR 43
Slika 27. Polubranici i cestovni znakovi na poligonu tvrke Altpro d.o.o. 44
Slika 28. Brojač osovina BO-23 tvrtke Altpro d.o.o. 45
Slika 29. Raspored opreme brojača osovine za jednokolosiječni ŽCP 46

Slika 30. Brojač osovina s pet brojačkih točki 47
Slika 31. Kamere za detekciju objekata na poligonu tvrke Altpro d.o.o. 47
Slika 32. Pružna baliza autostop uređaja RAS 8385 na poligonu tvrtke Altpro d.o.o. 48
Slika 33. Ugradnja upravljačkog ormara uređaja RLC23 u Turskoj 49
Slika 34. Proces ugradnje upravljačkog ormara uređaja RLC23 u Turskoj 50
Slika 35. Ugradnja senzora ZK24-2 na željezničko-cestovnom prijelazu u Turskoj 51
Slika 36. Spajanje senzora ZK24-2 i VUR-a 52
Slika 37. Željezničko-cestovni prijelaz „Tuhobić“ 53
Slika 38. Željezničko-cestovni prijelaz na privatnoj željeznici u Austriji 53
Slika 39. Željezničko-cestovni prijelaz u Indoneziji 54

POPIS TABLICA

Tablica 1. Broj i način osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza 17
Tablica 2. Odnos kategorije pruge i broja željezničko-cestovnih prijelaza 18
Tablica 3. Odnos kategorije cestovne prometnice i broja željezničko-cestovnih prijelaza..... 18
Tablica 4. Statistika ozbiljnih nesreća na željezničko-cestovnim prijelazima u Republici Hrvatskoj 19
Tablica 5. Statistika nesreća na željezničko-cestovnim prijelazima u Republici Hrvatskoj 20
Tablica 6. Izvanredni događaji sa smrtnim posljedicama 20
Tablica 7. Izvanredni događaji s težim ozljedama 21
Tablica 8. Odgovornost za materijalnu štetu u 2017. godini 21
Tablica 9. Lomovi branika i polubranika u razdoblju od 2012. do 2017. godine 22
Tablica 10. Odgovornost za izvanredne događaje u 2017. godini 22
Tablica 11. Pregled prometnih nesreća s posljedicama s cestovnog gledišta 23
Tablica 12. Nesreće na ŽCP-ima u RH i EU u razdoblju od 2010. do 2017. godine..... 25
Tablica 13. Broj usmrćenih na ŽCP-ima u RH i EU u razdoblju 2010. – 2017..... 26
Tablica 14. Ograničenje brzine na automatsko osiguranim željezničko-cestovnim prijelazima u zemljama EU 27

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Lomovi branika i polubranika u razdoblju od 2012. do 2017. godine..... 22
Grafikon 2. Mjesto nesreća na željezničkoj infrastrukturi u periodu 2010.-2015. 24
Grafikon 3. Mjesto usmrćenih osoba na željezničkoj infrastrukturi u periodu 2010.-2015..... 25
Grafikon 4. Broj željezničko-cestovnih prijelaza na 100 km željezničke pruge..... 26