

Analiza projekta Modernizacije tramvajske infrastrukture na području grada Osijeka

Lovrić, Ivana

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:286203>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-09**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Ivana Lovrić

**ANALIZA PROJEKTA MODERNIZACIJE
TRAMVAJSKE INFRASTRUKTURE NA
PODRUČJU GRADA OSIJEKA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Ivana Lovrić

**ANALIZA PROJEKTA MODERNIZACIJE
TRAMVAJSKE INFRASTRUKTURE NA
PODRUČJU GRADA OSIJEKA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Ivo Haladin

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Ivana Lovrić

**ANALYSIS OF THE PROJECT
„MODERNISATION OF THE TRAM
INFRASTRUCTURE IN OSIJEK“**

FINAL THESIS

Supervisor: Izv. prof. dr. sc. Ivo Haladin

Zagreb, 2024.



OBRAZAC 3

POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Student/ica :

(Ime i prezime)

(JMBAG)

zadovoljio/la je na pisanom dijelu završnog ispita pod naslovom:

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

(Naslov teme završnog ispita na engleskom jeziku)

i predlaže se provođenje daljnjeg postupka u skladu s Pravilnikom o završnom ispitu i diplomskom radu Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta.

Pisani dio završnog ispita izrađen je u sklopu znanstvenog projekta: (upisati ako je primjenjivo)

(Naziv projekta, šifra projekta, voditelj projekta)

Pisani dio završnog ispita izrađen je u sklopu stručne prakse na Fakultetu: (upisati ako je primjenjivo)

(Ime poslodavca, datum početka i kraja stručne prakse)

Datum:

Mentor:

Potpis mentora:

Komentor:



OBRAZAC 5

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja :

(Ime i prezime, JMBAG)

student/ica Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta ovim putem izjavljujem da je moj pisani dio završnog ispita pod naslovom:

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio/la drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Datum:

Potpis:

Jvana Lovrić



OBRAZAC 6

IZJAVA O ODOBRENJU ZA POHRANU I OBJAVU PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Ja :

(Ime i prezime, OIB)

ovom izjavom potvrđujem da sam autor/ica predanog pisanog dijela završnog ispita i da sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti odgovara sadržaju dovršenog i obranjenog pisanog dijela završnog ispita pod naslovom:

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

koji je izrađen na sveučilišnom prijediplomskom studiju Građevinarstvo Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta pod mentorstvom:

(Ime i prezime mentora)

i obranjen dana:

(Datum obrane)

Suglasan/suglasna sam da pisani dio završnog ispita bude javno dostupan, te da se trajno pohrani u digitalnom repozitoriju Građevinskog fakulteta, repozitoriju Sveučilišta u Zagrebu te nacionalnom repozitoriju.

Datum:

Potpis:

Jvana Lovrić

SAŽETAK

Cilj ovog rada je opisati i proanalizirati stanje tramvajskog kolosijeka u gradu Osijeku i njegovu predviđenu rekonstrukciju. Na kolosijeku su provedena mnoga mjerenja i analize kako bi dobili detaljnije stanje kolosijeka i zaključili što je potrebno rekonstruirati. Nakon mjerenja i analiza, dobiveni su podaci o geometriji kolosijeka, utjecaju prigušenja i istrošenja, tipovima tračnica, vizualnom pregledu, buci i poprečnim presjecima. Zbog dotrajalosti je bilo potrebno obaviti velik obim radova u rekonstrukciji. Kompletna tramvajska mreža iznosi otprilike 30 km, a modernizirati će se oko 9,5 km pruge. U ovom radu je opisana rekonstrukcija donjeg ustroja kolosijeka u Osijeku. Pri modernizaciji se koristila ERS tehnologija za pričvršćenja tračnica, koja je još uvijek nepoznata na ovom području. Proizvođač ove tehnologije je Edilon Sedra koji građenje kolosijeka bazira na čvrstoj podlozi sa elastičnim oblaganjem tračnice. Prednost čvrste podloge je ta što zahtjeva minimalno održavanja, a daje dobre rezultate pouzdanosti i udobnosti. Elastični materijal koji se koristi je Corkelast koji apsorbira buku i vibracije. Također, uvesti će se novi niskopodni tramvaji koji će znatno modernizirati gradski prijevoz u Osijeku. Rekonstrukcija je započela u srpnju 2022. godine, a trebalo biti gotovo do kraja 2024. godine. Zbog zahtjevnosti i prepreka pri gradnji, obavljanje radova se podijelilo u tri faze.

Ključne riječi: tramvajska kolosiječna konstrukcija, Osijek, projekt modernizacije, ERS, kontinuirano oslonjene tračnice

SUMMARY

The aim of this paper is to describe and analyze the condition of the tram track in the city of Osijek and its planned reconstruction. Many measurements and analyzes were carried out on the track in order to obtain a more detailed condition of the track and conclude what needs to be reconstructed. After measurement and analysis, data on track geometry, impact of damping and wear, rail types, visual inspection, noise and cross-sections were obtained. Due to dilapidation, it was necessary to carry out a large amount of reconstruction work. The complete tram network is approximately 30 km, and around 9.5 km of track will be modernized. This paper describes the reconstruction of the lower track structure in Osijek. During the modernization, the ERS technology was used to fasten the rails, which is still unknown in this area. The manufacturer of this technology is Edilon Sedra, which bases the track construction on a solid base with an elastic rail coating. The advantage of a solid surface is that it requires minimal maintenance, and gives good results in reliability and comfort. The elastic material used is Corkelast, which absorbs noise and damage. Also, new low-floor trams will be introduced, which will significantly modernize city transport in Osijek. The reconstruction began in July 2022, and should be completed by the end of 2024. Due to the demands and obstacles during construction, the work was divided into three phases .

Key words: tram track construction, Osijek, modernization project, ERS, continuously supported rails

SADRŽAJ

| | |
|---|-----|
| SAŽETAK | i |
| SUMMARY | ii |
| SADRŽAJ | iii |
| 1. UVOD | 1 |
| 2. POSTOJEĆE STANJE TRAMVAJSKE INFRASTRUKTURE U OSIJEKU..... | 3 |
| 2.1. Kolosijeci na čvrstoj podlozi..... | 3 |
| 2.2. Kontinuirano pridržani sustavi..... | 5 |
| 2.3. Mjerenja i analize tramvajskog kolosijeka..... | 10 |
| 3. Projekt modernizacije tramvajske infrastrukture na području grada Osijeka..... | 15 |
| 3.1. Nova kolosiječna konstrukcija..... | 16 |
| 3.2. Faze projekta i zahtjevnost..... | 24 |
| 4. ZAKLJUČAK..... | 26 |
| POPIS LITERATURE | 27 |
| POPIS SLIKA..... | 28 |
| POPIS TABLICA..... | 29 |

1. UVOD

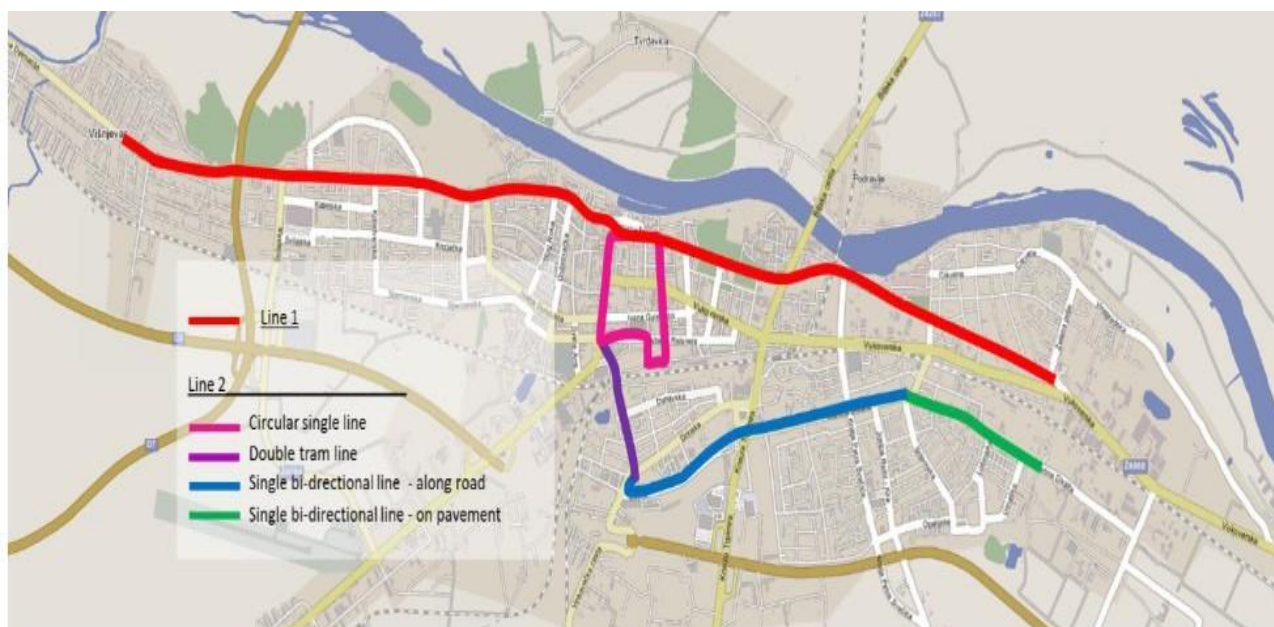
Danas tramvajski promet igra vrlo bitnu ulogu u povezanosti grada i urbanoj mobilnosti. Kada bi ga usporedili s drugim sredstvima javnog prijevoza, tramvajski promet pruža znatno veću udobnost, niže troškove i utjecaje emisije CO₂ u odnosu na autobusni prijevoz, dok s druge strane, ne zahtjeva velike infrastrukturne zahvate poput metro sustava. U gusto naseljenim gradovima osiguravaju lakšu povezanost i zbog prvenstva prolaska na cesti omogućuju brži transport. Mnogi veliki gradovi kao što su Amsterdam, Prag, Barcelona, Berlin, Budimpešta, Beč, imaju dugu povijest s tramvajskim prometom. Prva preteča tramvaja bio je tramvaj s konjskom vučom (1807. god.) u gradu Swansea. Početkom 1890. god došlo je do razvoja električnih tramvaja koji su zamijenili tramvaje s konjskom vučom. [1]

Osijek je bio prvi grad u Hrvatskoj, ali i jedan od prvih gradova u centralnoj Europi, koji je koristio tramvajski promet. Bio je to tramvaj s konjskom vučom 1884. godine. Konji su imali zvona na glavi, a njihova je zvonjava signalizirala približavanje tramvaja ljudima koji stoje na stajalištima. Brzina tramvaja je bila 7.5 km/h. Takav tip tramvaja se zadržao u Osijeku četrdeset dvije godine. Kao i u drugim urbanim sredinama, modernizacijom je u pogon došao električni tramvaj (slika 1.) 1926. god. Osim Osijeka, u Hrvatskoj je još jedino Zagreb s tramvajskim prometom. U prošlosti su tramvaji prometovali i gradovima: Rijekom, Dubrovnikom, Opatijom i Pulom no spletom okolnosti tramvajske linije su uklonjene. [1]



Slika 1.: Prvi električni tramvaj u Osijeku (Izvor: [1])

Danas su tramvajske pruge u gradu Osijeku duge 29.879 m, od čega 29.229 m kolosijeka u gradu, 550 m kolosijeka u radionice, te 100 m slijepe pruge za stare tramvaje. Tramvajske staze su široke 1 m, tračnice ove širine pripadaju skupini uskih kolosijeka i čine oko 9 % svjetskih širina kolosijeka. Mreža u gradu podijeljena je na dvije linije, jednu koja povezuje istočni i zapadni dio grada uzdužno (linija 1), te kraća linija u poprečnom smjeru (linija 2). [1]



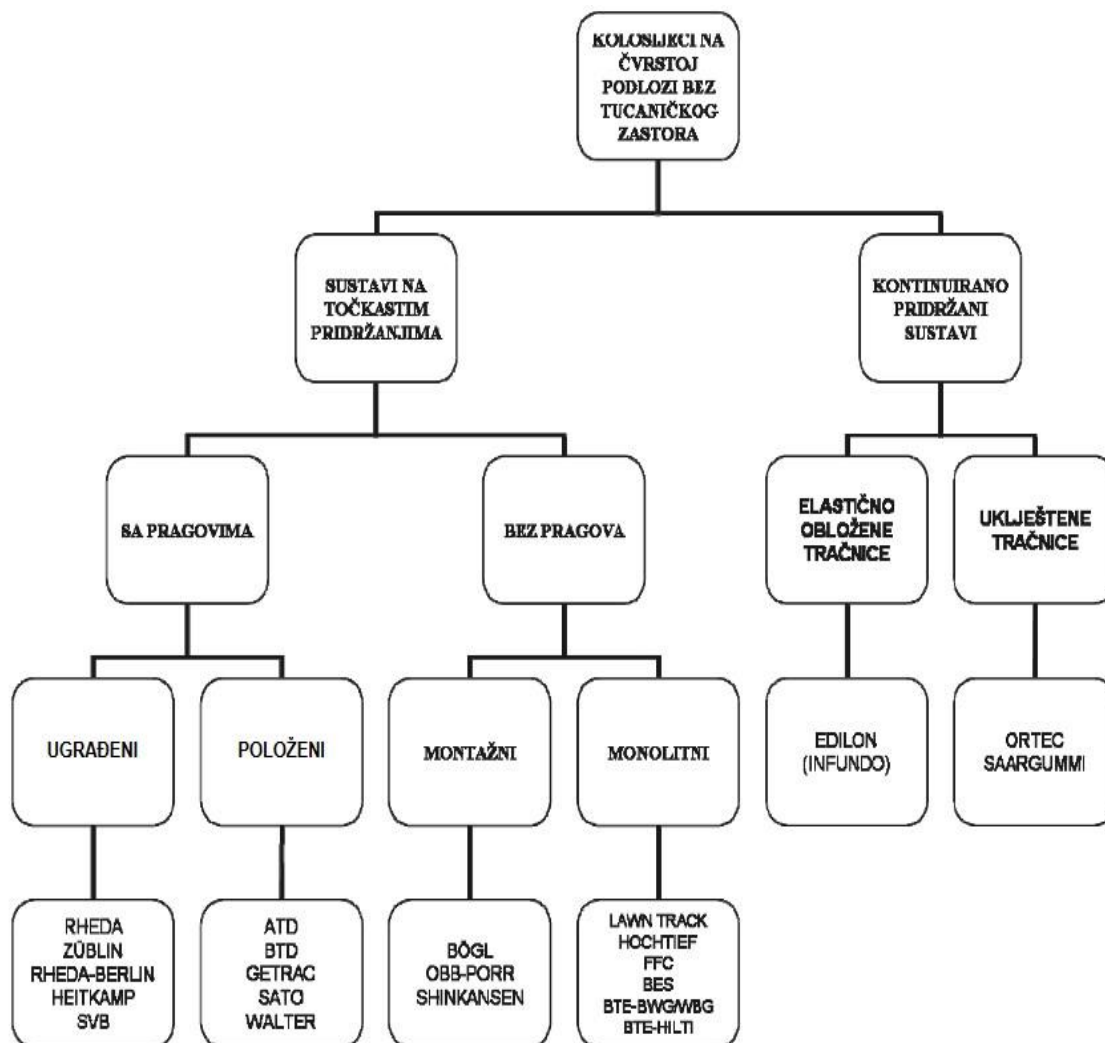
Slika 2.: Linije u Osijeku 2016. god. (Izvor: [1])

2. POSTOJEĆE STANJE TRAMVAJSKE INFRASTRUKTURE U OSIJEKU

GPP Osijek pod svojom upravom ima otprilike 30 kilometara tramvajskog kolosijeka gore širine 1 m (uključujući kolosijek unutar tramvajskog spremišta). Od toga je 15 kilometara tramvajskih pruga izgrađeno kao zatvorene tramvajske pruge i služe za kretanje cestovnih vozila budući da se kolosijeci nalaze unutar površine ceste. Na ostalim dijelovima pruga je u zasebnom pojasu. [2]

2.1. Kolosijeci na čvrstoj podlozi

Kolosijeci na čvrstoj podlozi započeli su razvojem u Njemačkoj. Njihov cilj je bio napraviti sustav takav da zahtjeva minimalno održavanja, a uz to da sadrži veliku pouzdanost. Prvih 60 metara kolosijeka na betonskoj podlozi izvedeno je 1972. godine na željezničkom kolodvoru Rheda. Prvi nastali sustav gradnje je dobio naziv "Rheda" upravo po kolodvoru na kojem je prvi put izveden. Na osnovu njega došlo je nastanka i mnogih drugih sustava (slika 3.) koji se koriste ovisno o tome jesu li sustavi na točkastim pridržajima ili su kontinuirano pridržani. [3]



Slika 3 .: Različiti tipovi kolosijeka na čvrstoj podlozi (Izvor: [3])

2.1.1. Prednosti kolosijeka na čvrstim podlogama

Kolosijeci na čvrstoj podlozi (slika 4.) pokazuju velike prednosti u odnosu na one sa zastorom. Ponajviše zbog toga što daju veću uzdužnu i poprečnu stabilnost i smanjene devijacije trase kolosijeka. Također, dolazi do smanjenja troškova u vidu održavanja i zatvora pruge. Životni vijek je znatno veći od klasičnih zastornih kolosijeka. Kolosijeci na čvrstoj podlozi mogu izdržati 50 do 60 godina, dok oni na zastorima 30 do 40 godina. Težina konstrukcije je manja, a konstruktivna visina niža. Prilikom velikih brzina bez problema može doći do uzdizanja zastornih čestica. [3]



Slika 4.: Kolosijek na čvrstoj podlozi (Izvor: [3])

2.1.2. Nedostatci kolosijeka na čvrstim podlogama

Jedan od glavnih nedostataka kolosijeka na čvrstim podlogama je to što se preferiraju zastorni kolosijeci zbog subvencioniranja i nižih troškova održavanja. Pojedine željezničke uprave dobivaju državne subvencije za ulaganje u infrastrukturu, dok se održavanje plaća kroz operativno djelovanje. Kolosijeci s betonskom podlogom koriste čvrste nosive elemente, ali mogu neočekivano otkazati kada dosegnu krajnju čvrstoću. Predviđeni životni vijek ovih kolosijeka je 50-60 godina, iako nema dugoročnih procjena. Kolosijeci bez zastora ne mogu biti izvedeni u velikim iskopima. U tom slučaju se ugrađuje tampon koji štiti od smrzavanja. Emisija buka kod kolosijeka na čvrstoj podlozi je znatno veća te je zbog tog potrebna provedba mnogih mjera koje iziskuju velike troškove. [3]

2.2. Kontinuirano pridržani sustavi

Kao što je veća navedeno, kolosijeci na čvrstoj podlozi mogu biti pridržani kontinuirano ili s točkastim pridržanjima. Kontinuirano pridržani sustavi su poduprti cijelom duljinom konstrukcije što omogućuje da kolosijeci mogu primiti znatno veća opterećenja. Opterećenja su ravnomjerno raspoređena i povećana je trajnost kolosijeka. Slijeganja kod ovakvog tipa su manje, a stabilnost je veća zbog manjih vibracija.

2.2.1. Sustav elastično obložene tračnice (ERS)

Sustav elastično obložene i kontinuirano pridržane tračnice (eng. Embedded Rail System) je kontinuirani sustav visoke kvalitete za pričvršćenje kolosijeka. Može se koristiti za:

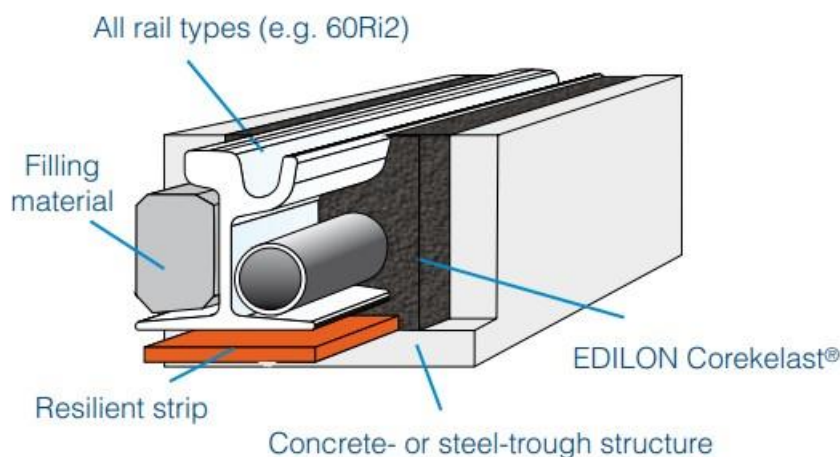
- Teške željeznice
- Lake željeznice i tramvaje
- Metroe
- Industrijske i kranske željeznice

ERMS (Edilon Rail Mounting System) inovativna je metoda ugradnje tračnica bez željeza koja učvršćuje tračnice unutar betonskog ili čeličnog korita s pomoću vrlo izdržljivog dvokomponentnog elastomera poznatog kao CorkElast. Proces počinje pjeskarenjem tračnice i betonskog korita, sušenjem korita te nanošenjem zaštitnog premaza (kao što je Edilon U90 WB) koji se nanosi na stranice tračnice i korita.

Potom se postavljaju elastični nosači za nožice tračnica, s podmetačima koji se koriste za podešavanje visine i nagiba tračnice. Tračnica se zatim pažljivo postavlja u korito, a PVC cijevi se postavljaju duž tračnice kako bi se omogućilo jednostavno postavljanje kablova i smanjili volumen kao i troškovi potrebnog Edilon CorkElasta.

Prije izlivanja CorkElasta, tračnica se provjerava i učvršćuje klinovima. Cijeli sustav se čisti, a krajnji graničnici se postavljaju na oba kraja korita. Nakon što se provjere i potvrde uvjeti, poput temperature i vlažnosti zraka te temperature tračnica, počinje posljednja faza.

Prvo se nanosi aktivacijski temeljni premaz, nakon čega slijedi pažljivo miješanje i izlivanje CorkElasta u dvije faze do potrebne razine. Nakon stvrdnjavanja elastomera, testira se njegova tvrdoća. Krajnji graničnici se zatim uklanjaju, a proces se završava nanošenjem ljepila za brtvljenje ispod glave tračnice kako bi se spriječila korozija uzrokovana prljavštinom i vlagom. Ova završna obrada osigurava dugoročnu zaštitu i izdržljivost sustava tračnica.



Slika 5.: Pričvršćenje ERMS metodom (Izvor: [4])

Edilon sustav ugradnje tračnica (ERMS) nudi nekoliko prednosti, uključujući smanjeno održavanje, smanjenje buke i vibracija te zaštitu od korozije, zahvaljujući upotrebi izdržljivog elastomera (CorkElast) i premaza Adiseal. Sustav također ima visoku otpornost na sile udarca na tračnice, čak i kod ekstremnih kutova ceste, te pruža vrlo visoku zaštitu od lutajućih struja. Fleksibilan je i prikladan za sve vrste usmjerenja pruge, uključujući nagnute i kose tračnice. Sve te karakteristike pojednostavljuju ugradnju i smanjuju dugoročne troškove, posebno kroz smanjenu potrošnju materijala i manje potrebe za održavanjem.

Međutim, ERMS dolazi s izazovima poput visokih početnih troškova, složenog i preciznog procesa ugradnje, ovisnosti o vremenskim uvjetima te vremena potrebnog za očvršćivanje. Iako je koristan u smanjenju trošenja, njegovi specijalizirani materijali i oprema možda neće biti lako dostupni u svim regijama, a sustav možda nije prikladan za sve vrste željeznica.

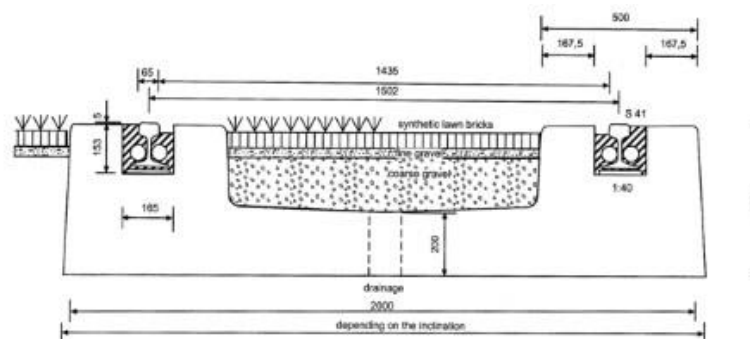
Edilon sustav za pričvršćenje tračnice brzo se i jednostavno prilagođavaju u urbanim sredinama. Veliki gradovi gdje se koristio EDILON sustav pri gradnji su: Oslo, Stockholm, Canberra i Zürich. Primjer kolosijeka u Stockholmu dan je na slici 5. Povećan je transport s minimalnim djelovanjem na prirodu.



Slika 6.: Stari i novi tramvaj u Stockholmu (Izvor: [5])

2.2.2. Sustav "INFUNDO"

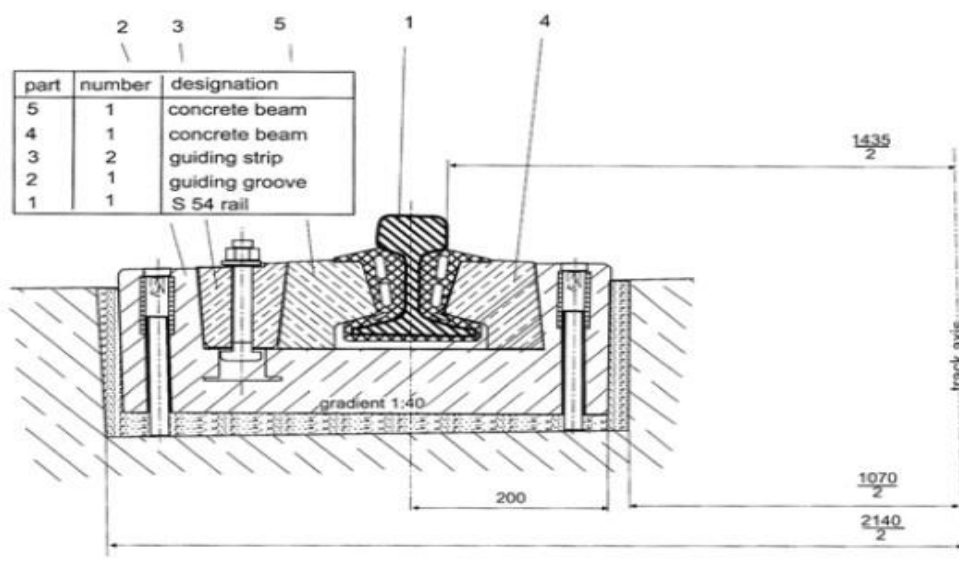
Naziv sustava "INFUNDO" dolazi od latinske riječi infundere što znači izlivanje. Kod takvog sustava, tračnice se ugrađuju u utore koje se nakon namještanja kolosijeka ispunjavaju elastičnim materijalom. Također, tračnice su zabrtvljene sintetičkim materijalom i ovakav sustav ima sedam puta veći otpor klizanja. [3]



Slika 7.: Poprečni presjek kolosiječnog sustava "INFUNDO" (Izvor: [3])

2.2.3. Sustav "SFF"

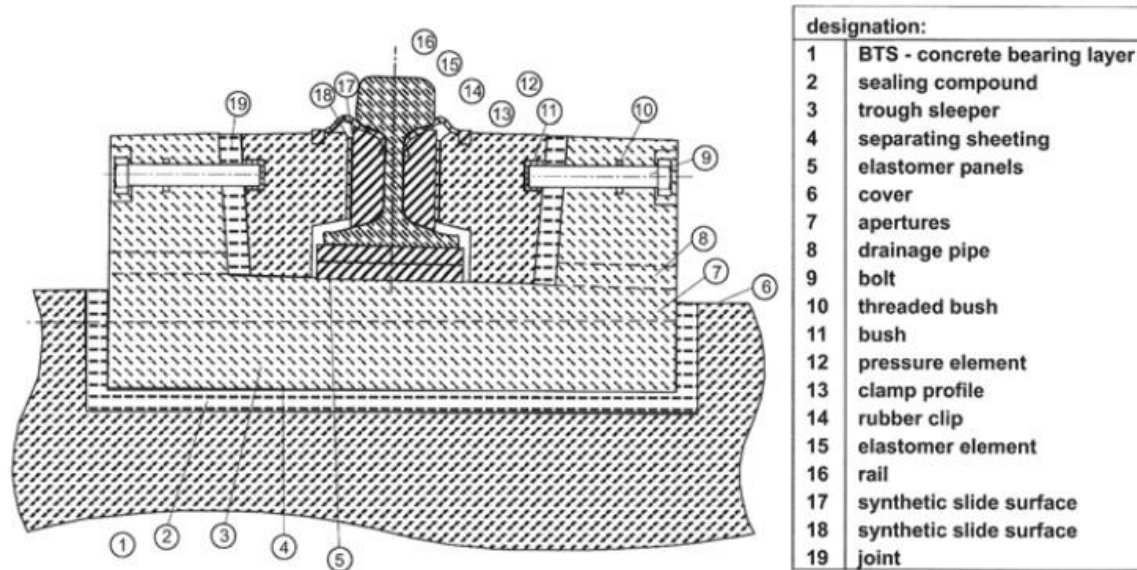
Prošireni naziv "SFF" sustava je Schwingungsgedämpfte Feste Fahrbahn što označava krute kolosijek sa prigušenim vibracijama. Pragovi su profilirani i koritasti i ugrađuje se u betonski nosivi sloj. Oblaganje tračnica se vrši pomoću gumenih brtvila. Oni su za tračnicu spojeni sa betonskim montažnim elementom koji je pomoću vijka spojen na betonsko korito. Preko vrata tračnice se vrši pridržanje. Nožica tračnice slobodno vise, a ispod nje se skuplja voda koja se pomoću otvora ispušta u okoliš. [3]



Slika 8.: Poprečni presjek kolosiječnog sustava "SFF" (Izvor: [3])

2.2.4. Sustav "SAARGUMMI"

Ovaj sustav koristi uzdužne betonske pragove koritastog oblika. Pragovi mogu biti ugrađeni su betonsku podlogu ili postavljeni na nju. Zatezna tijela sadrže vijke pomoću kojih se pridržava vrat. [3]



Slika 9.: Poprečni presjek kolosiječnog sustava "SAARGUMMI" (Izvor: [3])

2.3. Mjerenja i analize tramvajskog kolosijeka

Analiza kolosijeka u Osijeku provedena je kako bi se objektivno sagledalo trenutno stanje cjelokupne tramvajske infrastrukture. Glavni cilj analize je identificirati sve potrebe za modernizacijom i poboljšanjima infrastrukture, što će omogućiti planiranje daljnjih radova na temelju mogućnosti sufinanciranja iz EU fondova. Analizu je naručio grad Osijek, vodeći računa o potrebi poboljšanja i prilagodbe postojećeg tramvajskog sustava suvremenim standardima kako bi se osigurala bolja usluga i veća energetska učinkovitost. Zavod za prometnice GRAĐEVINSKOG FAKULTETA Sveučilišta u Zagrebu, preuzeo je obvezu izrade elaborata "Analize stanja tramvajskog kolosijeka na mreži GPP-Osijek".

Mjerenja i analize koje su proveden na tramvajskom kolosijeku u Osijeku su:

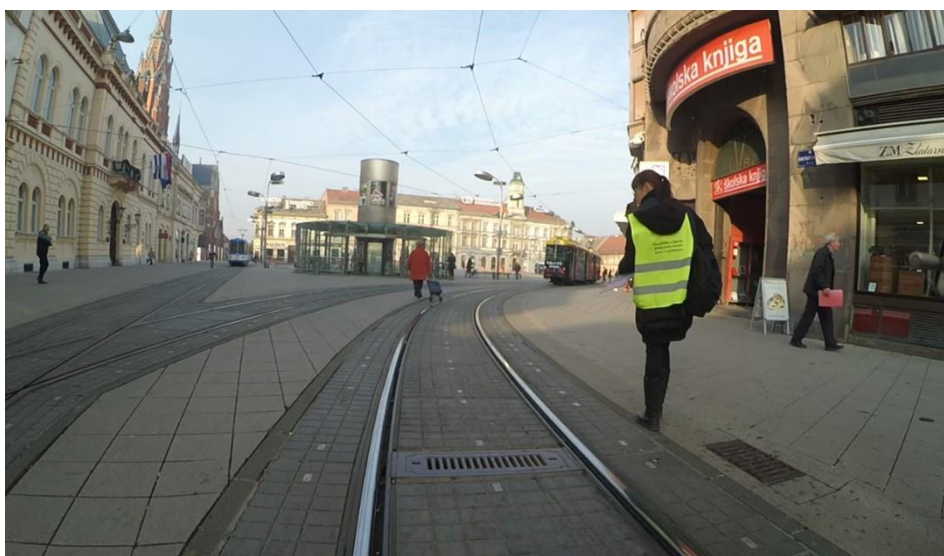
- Izrada segmentirane baze podataka o parametrima kolosijeka.
- Vizualni pregled tramvajske pruge
- Mjerenja i analiza geometrije kolosijeka
- Mjerenja i analiza brzine poprečnih profila tračnica, skretnica i križališta
- Mjerenje vibracija
- Mjerenja buke na terminalu i tijekom prolaska tramvaja

2.3.1. Baza podataka

Digitalna baza podataka o segmentima tračnice bazirana je na horizontalnom poravnanju trase. Tram-GIS, kojeg je razvio Građevinski fakultet, predstavlja specijalizirani sustav namijenjen prikupljanju, obradi, analizi i prikazivanju prostornih podataka o tramvajskoj mreži infrastrukture. Ovaj sustav sadrži tri glavna modula: Tram-GIS MDC (modul za prikupljanje podataka), Tram-GIS Editor (modul za obradu podataka) i Tram-GIS Viewer (modul za pregledavanje podataka).

2.3.2. Vizualni pregled tramvajske pruge

Vizualni pregled je izvršen na dužini od 27,5 km. On se provodi kako bi se ustanovile pojave, nepravilnosti i opažanja koja se ne mogu mjeriti mjernim uređajima. Snimano je pomoću kamere visoke razlučivosti (FullHD) postavljene na mjerni uređaj TET-1000. Nakon snimanja uočeni su lomovi tračnica, dilatacije i nabori. Prikaz snimanja od početka do kraja sa svojim podacima prikazan je na slici 9. [2]



Slika 10.: Prikaz vizualnog pregleda (Izvor: [6])

2.3.3. Mjerenja i analiza geometrije kolosijeka

Sljedećih pet parametara je promatrano je prilikom ocjenjivanja geometrije tramvajskog kolosijeka: širina kolosijeka, visinski odnos tračnica u pravcu ili nadvišenje u krivini, vitoperenje kolosijeka, smjer kolosijeka i razina tračnice. Mjerenja se provode pomoću elektroničkih mjernih kolica TEC-1000 proizvođača P.U.T. Grau sp. z o.o., slika 10. [2]

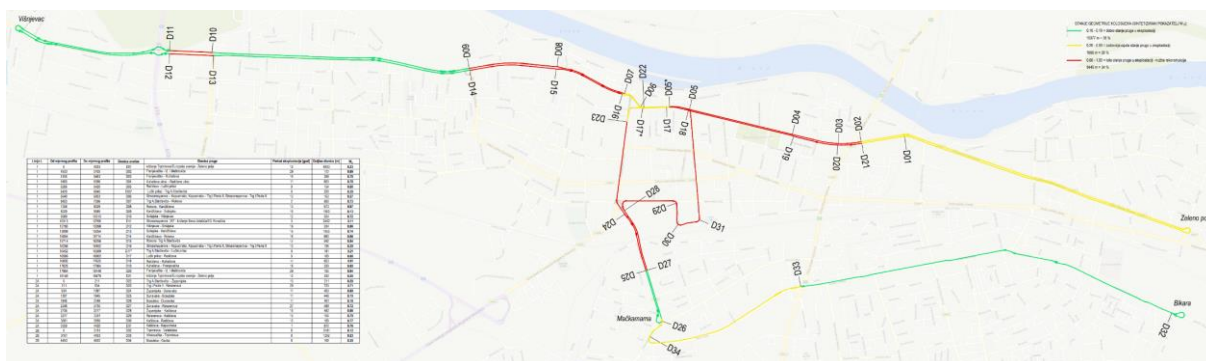


Slika 11.: Mjerna kolica za mjerenje geometrije kolosijeka (Izvor: [2])

Prilikom ocjene prethodno navedeni parametara dobili smo tablicu 1.

Tablica 1 Ocjena stanja kolosijeka s obzirom na parametre (Izvor: [2])

| Ocjena stanja kolosijeka | Duljina kolosijeka[m] | Udio kolosijeka [%] |
|--|-----------------------|---------------------|
| Loše stanje kolosijeka u eksploataciji nužna rekonstrukcija kolosijeka | 9449 | 34 |
| Zadovoljavajuće stanje kolosijeka u eksploataciji | 7695 | 28 |
| Dobro stanje kolosijeka u eksploataciji | 10377 | 38.4 |
| Stanje kolosijeka neposredno nakon izgradnje ili rekonstrukcije | 0 | 0 |



Slika 12.: Prikaz stanja geometrije kolosijeka na tramvajskoj mreži u Osijeku (zeleno – dobro stanje pruge, narančasto – zadovoljavajuće, crveno – nezadovoljavajuće – nužna rekonstrukcija) (Izvor: [2])

2.3.4. Mjerenja i analiza brzine poprečnih profila tračnica, skretnica i križališta

Do gubitka materijala tračnica dolazi pri dinamičkom kretanju kotača po tračnici. Mjerenje poprečnih presjeka je obavljeno na 62 mjesta jer je bilo potrebno obuhvatiti poprečne presjeka u pravcu, krivini, skretnicama i križalištima. Kod svih profila izmjerena je istrošenost lijeve i desne tračnice. Podatci su dokumentirani u GIS bazi podataka. Analizirano je prema visini istrošenosti i površini istrošenosti, Slika 13. Na tramvajskoj mreži GPP izvedeno je pet različitih tipova žljebastih tračnica: 60R1 (Ri60), 59R1 (Ri59), 62R2 (NP4aM), TW60 te blok tračnica LK1 (57K2).



Slika 13.: Prikaz izmjenjenog profila istrošenja para tračnica u desnoj krivini (Izvor: [2])

2.3.5. Mjerenje vibracija

Mjerenje stupnja prigušenja vibracija se mjerilo horizontalnim i vertikalnim akcelometrima. Mjerilo se na tri lokacije :

- Lokacija 1 - Strossmayerova ulica, Rokova – Kanižličeva(slika)
- Lokacija 2 - Strossmayerova ulica, Kanižličeva – Svilajska (slika)
- Lokacija 3 - Ulica Bana Jelačića (slika)

Mjerenjima je pokazano da Lokacija 1 ima najlošija svojstva i odstupa od druge dvije lokacije u vertikalnom smjeru i u nižim frekventnim pojasevima. [2]

2.3.6. Mjerenja buke na terminalu i tijekom prolaska tramvaja

Mjerenja buke provedena su pri prolasku vozila (brzinom 30 km/h) cijelom dužinom tramvajskog kolosijeka. Mjerilo se pomoću zvukomjer Bruel&Kjaer 2270. Buka u putničkom prostoru vrlo je dobar pokazatelj udobnosti vožnje putnika, a razlika u izmjerenim razinama buke ovisi samo o kvaliteti kolosiječne konstrukcije. [2]

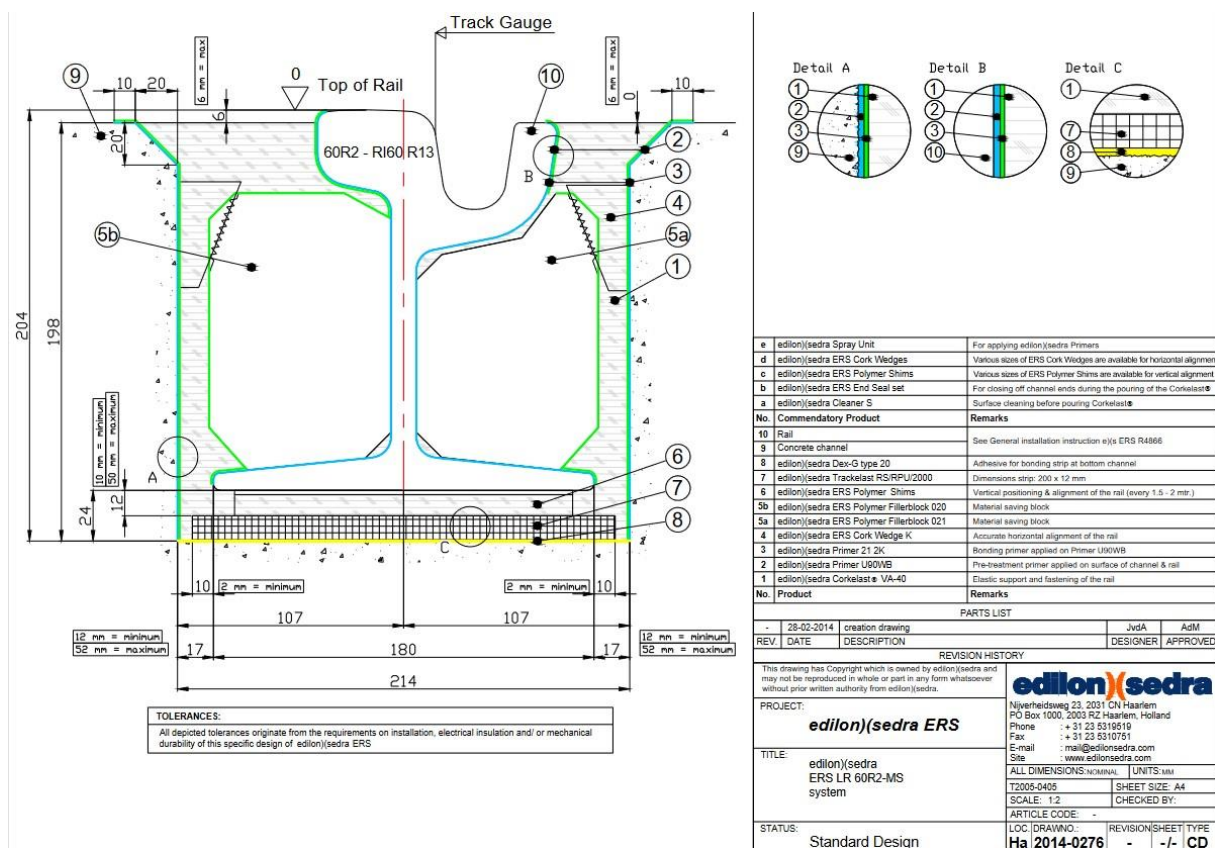
2.3.7. Zaključci studije

Mjerenjem i analizama tramvajskog kolosijeka, zaključeno je da je kolosijek uvelike zastario i da joj je potrebna hitna modernizacija. Od ukupne 15 km tramvajskog kolosijeka, oko 9 kilometara je ocijenjeno kao kritično i potrebno ga je zamijeniti zbog lošeg stanja kolosijeka. Također, potrebna je i modernizacija tramvajske mreže, povećanje energetske učinkovitosti i prilagoditi pristup za osobe sa invaliditetom.

3. Projekt modernizacije tramvajske infrastrukture na području grada Osijeka

Ovaj projekt je izrađen na temelju Projektnog zadatka natječajne dokumentacije i u skladu s važećim zakonima i propisima

Projekt obuhvaća modernizaciju tramvajske pruge na dionicama D07, D08, D15, D16, D17, D18, D19, D20 i D21, definirane u prethodnoj studiji, ukupne duljine oko 3863,54 metra. Na navedenim dionicama predviđa se demontaža postojećeg kolosijeka i na istoj poziciji planira izgradnja novog kolosijeka. Nakon demontaže na dubini od cca 65 cm od GRT, izvodi se nova posteljica, tampon te se na novoj armirano-betonskoj podlozi formira novi kolosijek. Tračnice će biti postavljena u kontinuirane betonske ili čelične kanalice i ugrađene u sustav za pričvršćenje tračnica baziran na ERS (Embedded Rail System) tehnologiji ugrađenih tračnica. [7]



Slika 14.: Pričvršćenje tračnice ERS tehnologijom (Izvor: [7])

Ove dionice ne zadovoljavaju kriterijima analiziranih parametara stanja tramvajskih kolosijeka, uključujući indeks mirnoće hoda, indeks geometrije, indeks udobnosti vožnje, buku u vozilu za urbana tračnička vozila i stanje zavora/po km tračnica.

Glavni projekt predlaže rješenja za smanjenje buke i vibracija koje stvara postojeći tramvajski kolosijek. Predviđa se zatvaranje kolosijeka u zajedničkom sloju s cestom kako bi se prenijela opterećenja od cestovnih vozila. Također, projektom su definirane aktivnosti za smanjenje emisije lutajućih struja koje tramvajski kolosijek emitira u okoliš.

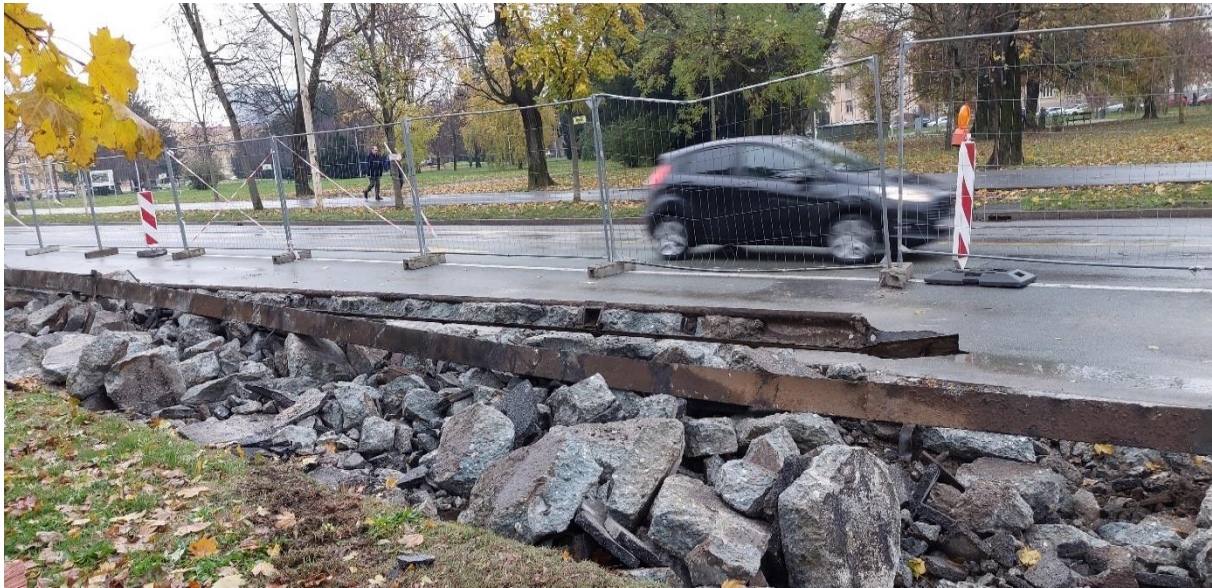
U upotrebi će biti novi tramvaji snage do maksimalno 630 kW i maksimalne struje 1070 A. Zbog toga će doći do rekonstrukcije mreže napajanja postojećih stanica Gornji grad i Donji grad. Rekonstruirati će se ispravljačke stanice Gornji grad i Donji grad te izgraditi nova ispravljačka stanica između Podgrađa i Višnjevca.

3.1. Nova kolosiječna konstrukcija

3.1.1. Demontaža

Na dionicama D07, D08, D15, D16, D17, D18, D19, D20 i D21 se planira provesti demontaža kolosijeka te nakon toga izgradnja novog kolosijeka. Donji ustroj se uklanja do donje kote oko 0,65 m ispod GRT-a. Dijelovi koji se uklanjaju razlikuju se na različitim tipovima dionice što otežava rad. Na dionicama D16 i D17 tramvajski kolosijek je dio cestovne konstrukcije i u uporabi je "BVM-BKV" sustav koji je još poznat kao i mađarski sustav. Na kolničkim prelazima potrebno je izvršiti strojno rezanje asfalta

Osim demontaže kolosijeka predviđeno je i demontiranje poprečnih spojnica. Tračnice se potrebno izrezati na dimenzije 15 – 18 m i odvesti ih na deponije. Posljednja stvar koju je potrebno uraditi prije postavljanja novih dijelova je kopanje iskope. Mora biti dovoljnih dimenzija kako bi se mogle postaviti nove temeljne armiranobetonske ploče dimenzija 1980*250 cm. [7]



Slika 15.: Demontaža kolosijeka u Osijeku

3.1.2. Posteljica

Posteljica je gornja površina donjeg ustroja. Ona mora osigurati dovoljnu nosivost kako bi mogla preuzeti stalna i promjenjiva djelovanja sa gornjeg ustroja. Izvodi se pod određenim nagibom kako bi mogla omogućiti sigurnu odvodnju. Zbog loših klimatski uvjeta ponekad je potrebna prvo sanacija. Sanaciju predlaže izvođač, a odobrava nadzorni inženjer. Odmah nakon demontaže i iskopa izvodi se posteljica. Izvodi se tako što se prvo zbija temeljno tlo ili zamjenjuje postojeće tlo. Zatim se zbija posteljica pomoću vibracionog valjka s 4 do 6 prijelaza. Povoljno stanje je kad se postigne minimalno propisana zbijenost. Gornji sloj posteljice se mora nalaziti minimalno 0.85 m ispod gornjeg ruba AB ploče. Pri izgradnji posteljice bitno je osigurati da tamponski sloj dobije dovoljan modul stišljivosti do $E_{v2}=80$ MPa. Pritom, modul stišljivosti na posteljici treba iznositi minimalno $E_{v2}=20$ MPa.



Slika 16.: Postavljanje posteljice u Osijeku

Ako se dogodi to da se ne može dobiti traženi modul stišljivosti od $E_{v2}=80$ MPa, potrebno je izvesti jedan od postupaka. Postupci mogu biti tipa 1, tipa 2 i tipa 3. Pretpostavlja se da će se pri rekonstrukciji GPP Osijek većinom koristiti tip 1.

Tip 1 se koristi kada je posteljica ima modul stišljivosti $E_{v2} \geq 20$ MPa. Iskop mora biti na nivou posteljice i formirati padove. Posteljica mora osigurati modu stišljivosti $E_{v2}=80$ MPa. Geotekstil se postavlja po cijeloj širini, a radi odvodnje potrebno je ugraditi sustav drenaže. Tamponski sloj mora biti debljine 35–40 cm. Na kraju se izvode podložni beton i armiranobetonska ploča.

Tip 2 se koristi kada je posteljica ima modul stišljivosti $E_{v2} \geq 10-20$ MPa. Kao i kod tipa 1, iskop mora biti na nivou posteljice i formirati padove. Modul stišljivosti posteljice je $E_{v2} < 20$ MPa. Iskop se mora produbiti za 40 cm. Geotekstil se polaže u dva sloja te nakon toga se radi zasipavanje materijalom granulacije 0-125 mm i zbijanje do kote nivoa posteljice. Poslije polaganja geosintetičkog tepiha izvršava se priprema i kontrola posteljice koja mora zadovoljiti $E_{v2} \text{ min}=20$ MPa. Po takvoj posteljici se polaže geotekstil cijelom dužinom. Radi odvodnje potrebno je ugraditi sustav drenaže. Tamponski sloj mora biti debljine 35–40 cm. Na kraju se izvode podložni beton i armiranobetonska ploča.

Tip 3 se koristi kada je posteljica ima modul stišljivosti $E_{v2} < 10$ MPa ili nemjerljiv. Može se izvesti tako da se prvo uklanja loši materijal, pa se postavlja geotekstil i izvodi nasip i izvodi nasip u slojevima (koristi se ojačanje tipa 2). Također moguće je produbljenje 40 –

60 cm u koje se postavlja lomljeni kameni (ojačanje tipa 2). U dubini se izvode geomreže uz slojeve geotekstila, ali samo u uzdužnom smjeru. [7]

3.1.3. Tamponski sloj

Tamponski sloj ima dobru nosivost te na siguran način prenosi opterećenja. Postavlja se nakon sloja geotekstila na posteljici. Minimalna debljina je 30 cm i zasipa se drobljenim kamenim materijalom. Upravo zbog drobljenog kamenog materijala, tamponski sloj ima dobru nosivost. Također zbog svoje granulacije omogućuje sigurno protjecanje i odvodnju vode.

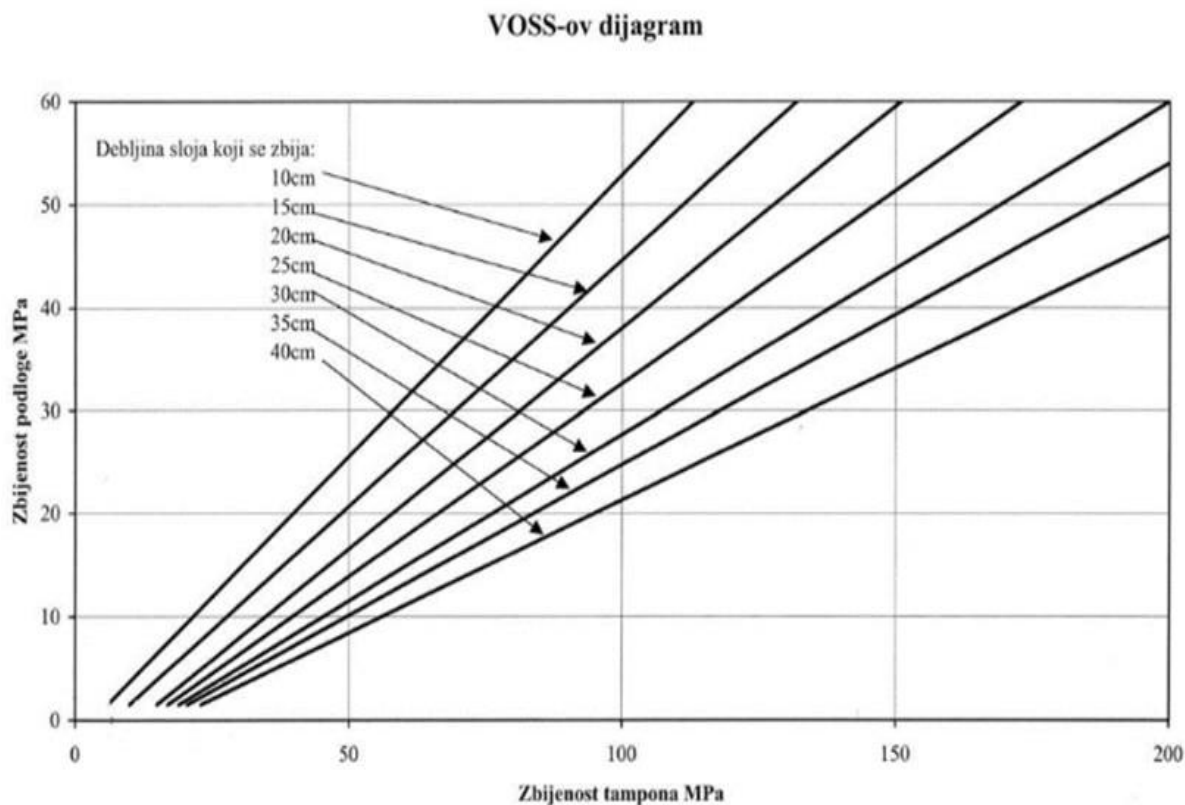
Materijal je potrebno ravnomjerno zbijati cijelom površinom. Zbija se vibropločama, kompaktorima i vibracijskim valjcima do postizanja dovoljne zbijenosti. Radi se s do 6 prelaza. Pri ugradnji ne smije doći do oštećenja već gotove posteljice. Gornja kota tamponskog sloja mora biti izjednačena s donjom kotom sloja podložnog betona. Nakon pravilnog postavljanja i testiranja zbijenosti tamponskog sloja, te uz odobrenje Nadzornog organa, izvodi se iskolčenje pruge na svakih 10 metara u pravcu. U krivinama u kojima su lukovi $R < 250\text{m}$, iskolčenje se izvodi svakih 5 m. Postojeća trasa je na jednom dijelu izvedena na dubini od 65 cm i nova trasa se treba poklapati s njom. Ako se na dubini od 65 cm osigura dobra nosivost posteljice i tamponskog sloja, iskop se smanjuje na 65 cm. [7]

Kao što je već navedeno, treba težiti da minimalni modul stišljivosti tamponskog sloja bude $E_{v2} = 80 \text{ MPa}$. Povezano s modulom stišljivosti, za krupnozrno tlo se koristi korelacija na modul stišljivosti iskazano formulom:

$$M_s = 1.2 \times E_{v1} = 43 - 48 \text{ MPa}$$

Formula 1. Vrijednost M_s (Izvor: [7])

Na probnoj dionici se određuje korelacija traženog E_{v2} u odnosu na dinamički modul stišljivosti E_{vd} . Trenutno se ne može odrediti kolika je duljina probne dionice i koliko je točno potrebno ispitivanja. Odredit će se tek na terenu ovisno o lokalnim uvjetima. Na rezultat još i utječu i mikroklimatski uvjeti u trenutku ispitivanja. Ovisnost E_{v2}/E_{vd} se kontrolira te ako dođe do odstupanja potrebno je ponovno izraditi probne dionice.



Slika 17.: Očekivana zbijenost tamponskog sloj (Izvor: [7])

3.1.4. Armirano betonska podloga

Nakon završetka postavljanja tamponskog sloja, izvodi se sloj podložnog betona. Koristit će se beton C 16/20, debljine 5 cm, s prepustima 10 cm s obje strane AB ploče. Bočna ploča se postavlja sa obje strane kolosijeka na razmacima 90 cm desno i lijevo od osi kolosijeka. Betonska ploča će se moći izvesti na dva načina kako bi se mogao osigurati kontinuitet. Visina oplata se prilagođava betoniranju gornje i donje dijela AB ploče i odstupanje može biti 4 mm. [7]

Način prve izvedbe započinje betoniranjem dijelova duljine od po 6 m i visine 45 cm. Na svakih 6 m se nalaze prostorne spojnice. Armiranobetonske ploče se izvode u širini od 198 cm i debljine 45 cm. Koristiti će se beton klase C30/37 koji se smatra vrlo kvalitetnim. Armatura je šipkasti armirano čelik B500B.

Za razliku od prve izvedbe, drugom izvedbom se betoniraju segmenti od po 12 m. Betoniranje se provodi u dvije faze i prostorne spojnice se postavlja na svakih 12 m. Koristi se na dijelovima gdje je zatvaranje s asfaltom. Armiranobetonske ploče se izvode u širini od 198 cm. Debljina ploča je manje nego kod prvog tipa izvedbe i iznosi 25 cm. Kao i u prvom

izvedbi koristit će se beton klase C30/37 i šipkasta čelična armatura B500B. Nakon što se izbetoniralo postavlja se oplata i betonira se s debljinom 15 cm i iste širine 198 cm. Mora proći bar pet dan od betoniranja donje ploče kako bi se mogla betonirati gornja ploča.



Slika 18.: Postavljanje AB ploče u Osijeku

Prostorne spojnice se u betonsku ploču postavljaju na svakih 6 ili 12 m ovisno o načinu izvedbe. Pri izvedbi svakih 6 m armatura se u gornjoj prekida na mjestu svake spojnice, a u donjoj zoni nema prekida na duljini 12.1 m. Prostorne spojnice služe kako bi razdvojili Ab ploče i omogućile istezanje. Dubina žlijeba je 35 mm, a širina 20 mm. Prije nego što se žlijeb ispuni potrebno ga je očistiti od nečistoća. Za čišćenje se koriste posebne četke ili pak komprimirani zrak. [7]

3.1.5. Ugradnja ERS sustava

Svu ugradnju potrebno je izvesti prema uputama proizvođača opisanog u ERS LR 60R1-MS. U pravcima i u lukovima zakrivljenosti $R > 250$ m će se koristiti žljebaste tračnice tipa 60R1 / 200, a u lukovima zakrivljenosti $R < 250$ m i ispred tramvajskih stajališta tračnice 60R1 / 260. Tračnice se prvo postavljaju na betonsku ploču i zatvaraju aluminotermijskim postupkom. Prije nego što se ugrade u kanalice, potrebno je očistiti betonski ili čelični kanal. Pomoću elastomernih traka koje se postavljaju ispod tračnice, kolosijek se postavlja na

projektiranu niveletu. Betonske kanalice se vrši pomoću oplata od čeličnog lima. Montažno demontažna oplata se postavlja u gornjem dijelu AB ploče (zaštitna ploča). [7]



Slika 19.: Ugradnja tračnica ERS sustavom u Osijeku

Zavarivanje novih tračnica se provodi pomoću AT postupka dok se zavarivanje stare i nove tračnice izvodi elektrolučnim PPŽ ili REL postupkom. Zavarivanje se vrši izvan kanala te se spušta u kanalice.

Bitno je naglasiti da je ugradnja veziva Corkelast rađena u specijalno izrađenom šatoru (slika. 18) zbog kontrole temperature i smanjenja prašine koja može utjecati na prionjivost vezivnog materijala



Slika 20.: Zaštita kolosijeka šatorima

3.1.6. Zatvaranje kolosijeka

Zatvaranje kolosijeka može se izvesti zatvaranjem asfaltom, umjetnom travom ili metalnim betonom. Zatvaranje asfaltom se izvodi gdje pruga prolazi kolnikom i pri većim kolnim ulazima. Zatvaranje se obavlja pažljivo tako da se na beton postavlja asfalt AC 11 surf 50/70 AG1 M3, debljine 5 cm. Na mjestu spoju starog i novog asfalta se uprska bitumenska emulzija kako bi povezala slojeve. Zatvaranje travom se izvodi mjestima koja su u zasebnom zelenom pojasu. Postavlja se na završni betonski sloj lijepljenjem. Zatvaranje metalnim betonom se koristi na mjestima ulaza i izlaza iz dvorišta. [7]

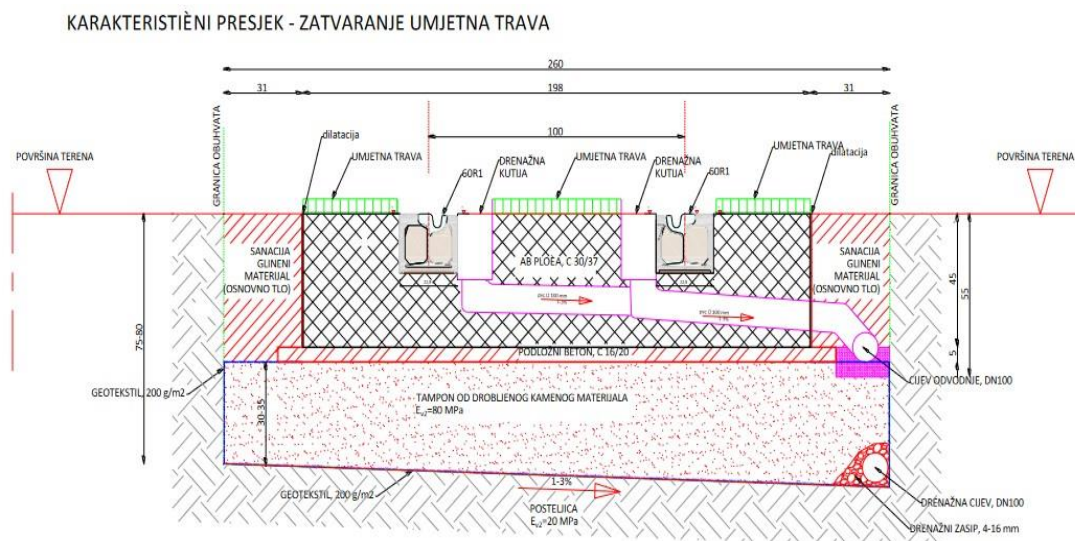


Slika 21.: Primjeri zatvaranja kolosijeka s umjetnom travom ili asfaltom u Osijeku

3.1.7. Odvodnja kolosijeka

Nova drenažna cijevi promjera 100 mm će se spojiti u cestovne slivnike koji su paralelni s tramvajskim kolosijekom. U cestovne slivnike će se spojiti odvodnja iz drenažnih ormarića tramvajskog kolosijeka. Površinska odvodnja tramvajskog kolosijeka vrši se kroz žlijeb tračnice i drenažne ormariće postavljene uz tračnice. Svi slivnici izvan cestovne trake, koji ulaze u zonu iskopa, zamijenit će se novima. Drenažni ormarići dimenzija 130 x 150 mm

povezani su s PVC cijevima promjera 110 ili 160 mm, ovisno o potrebi montaže. Ako je odvodna cijev bliža od 50 cm napojnom kabelu kontaktne mreže, cijev se prebacuje na suprotnu stranu kolosijeka, prolazeći okomito i na udaljenosti većoj od 30 cm od kabela. [7]



Slika 22.: Karakteristični presjek s prikazom odvodnje i drenaže – umjetna trava (Izvor: [7])

3.2. Faze projekta i zahtjevnost

3.2.1. Faze građenja

Sve navedene radove neće biti moguće obavljati u isto vrijeme i u kratkom razdoblju. Radovi su dosta složeni i tramvajske linije se nalaze u dijelu grada gdje je vrlo gust cestovni i pješački promet. Zbog toga svega, i kako bi se modernizacija riješila što učinkovitije i bolje, potrebno je radove podijeliti u tri faze.

U prvoj fazi rekonstruirat će se sjeverni i južni kolosijek u Strossmayerovoj ulici i Okretište na križanju ulice J.J. Strossmayera i Ulice Antuna Kanižlića. Južni kolosijek Strossmayerove ulice obuhvaća dionicu od Trga Ante Starčevića do Višnjevaca. Od Višnjevca do Trga Ante Starčevića se prostire druga dionica. U ovoj fazi je planirana izvedba novog kontaktnog voda, podzemne kabela mreže te stupova kontaktne mreže. Također, gradit će se i jedna nova ispravljačka stanica „Retfal“.

U drugoj fazi rekonstruirat će se ulice: Županijska ulica/Reisnerova ulica/Kačićeva/Kašičeva ulica/ Radićeva ulica/Kapucinska ulica. Ta dionica onda obuhvaća prostor između Županijske ulice do Šamačke ulice. To uključuje i križanje Ulice Stjepana Radića i Europske avenije. Radovi predviđeni na ovoj dionici su: novi kontaktni vod, stupovi

kontaktne mreže i nova ispravljačka stanica. Ispravljačka stanica „Gornji Grad“ sadržavat će novu ekološki i energetske efikasniju opremu.

Treća faza obuhvaća radove na Ulici Europske avenije i Ulici cara Hadrijana. Dionica se prostire od Radićeve ulice do Ulice Josipa Huttlera (sjeverni i južni kolosijek). Izvesti će se radovi za novi kontaktni vod, podzemnu kabelsku mrežu, stupove kontaktne mreže i novi napojni i povratni kabeli ispravljačke stanice „Donji Grad“. Nova ispravljačka stanica „Donji Grad“, kao i stanica „Gornji Grad“, imat će novu ekološki i energetske efikasniju opremu.

Nakon izdavanja uporabne dozvola, korišteno zemljište se mora urediti u roku od mjesec dana. Prema Programu sanacije okoliša potrebno je provesti sanacije i uređenja kako bi objekt se što više uklopio u postojeće okruženje. Za sanaciju i uređenje je potrebno:

- Ukloniti stabla i panjeve, rupe ispuniti materijalom
- Urediti puteve i sanirati od oštećenja
- Isplanirati i urediti deponije
- Ukloniti privremene građevine

3.2.2. Odlaganje nastalog otpada pri rekonstrukciji

Poslije izvedbe svih radova, svu postojeću opremu i sav nastali otpad potrebno je zbrinuti. Otpad se zbrinjava po suglasnosti Naručitelja. Sav trošak zbrinjavanja podnosi Izvođač i on mora urediti sve površine i dovesti ih u prvobitno stanje. Pri izvođenju radova, svi izvođači radova trebaju nastojati da se proizvede što manja otpada, iskoriste njegova vrijedna svojstva i ne onečisti okoliš.

Građevinski otpad je potrebno usitniti kako bi se mogao što lakše transportirati. On većinom u sebi ne sadrži nikakve opasne tvari. Ponekad tijekom radova nastaju materijali koji predstavljaju mineralnu sirovinu. Ukoliko se oni slažu sa odredbama PKOK-a, moguće ih je ponovno upotrijebiti. Otpada koje nije moguće ponovno iskoristiti sporazumijeva materijale koji nisu opasni. Odlaganje materijala potrebno je izvesti transportiranjem na gradsko odlagalište ili na mjesto koje nadležne službe odrede. Pri prikupljanju otpada od betonskih i armirano-betonskih konstrukcija treba biti pažljiv jer takav materijal kasnije može dobro služiti u druge svrhe.

4. ZAKLJUČAK

Zaključno, modernizacija kolosijeka u gradu Osijeku predstavlja velik korak u unapređenju gradskog javnog prometa. Mnogim mjerenjima i analizama je zaključeno da je potrebno rekonstruirati oko 15 km pruge od ukupno 30 km. Osim toga uvesti će se nova tramvajska vozila i izgraditi nova mreže napajanja.

U rekonstrukciji se koristi nova tehnologija građenja ERMS proizvođača Edilon)(Sedra. Takvom tehnologijom se omogućuje siguran, pouzdan i ekološki prihvatljiv prijevoz za građane. Zasniva se na gradnji na čvrstoj podlozi, a tračnice su elastično obložene. Čvrsta podloga zahtjeva minimalno održavanje, a daje dobre rezultate pouzdanosti i udobnosti. Elastična obloga apsorbira vibracije i smanjuje buku te daje veću stabilnost voznom sustavu.

Modernizacija je započela 2022. godine, a obavlja se u tri faze. EU fondovi djelomično financiraju projekt, što olakšava cijeli proces. Trud svih sudionika (lokalne vlasti, investitor i građani) igra bitnu ulogu u izgradnji uspješne i održive tramvajske infrastrukture koja će dugoročno koristiti cijeloj zajednici. Potpun završetak radova i puštanje tramvaja u pogon bi se trebao ostvariti u travnju 2025. godine.

POPIS LITERATURE

- [1] Dimter, A., Tanasić, Z., Zagvozda, M., Ruška, F.: *Development of tram traffic in the city of Osijek*, 2016.
- [2] Lakušić, S., Haladin, I., Ahac, M., Grgić, V., Vranešić, K., Koščak, J., Bogut, M.: *Analiza stanja tramvajskog kolosijeka na mreži GPP-a Osijek*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, 2016.
- [3] Lakušić, S.: *Kolosijeci na čvrstoj podlozi*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, 2014.
- [4] *Embedded Rail System*, Dostupno na:
<https://www.edilonsedra.com/system/embedded-rail-system/>
- [5] *Trams in Stockholm*, Dostupno na:
https://en.wikipedia.org/wiki/Trams_in_Stockholm
- [6] *Evaluation of tram track condition on GPP tram network in Osijek*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, 2016.
- [7] *Modernizacija tramvajске infrastrukture na području grada Osijeka*, ANTEMATING d.o.o., Zagreb, 2022.

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1.: Prvi električni tramvaj u Osijeku (Izvor: [1])..... | 2 |
| Slika 2.: Linije u Osijeku 2016. god. (Izvor: [1])..... | 2 |
| Slika 3.: Različiti tipovi kolosijeka na čvrstoj podlozi (Izvor: [3])..... | 4 |
| Slika 4.: Kolosijek na čvrstoj podlozi (Izvor: [3])..... | 5 |
| Slika 5.: Pričvršćenje ERMS metodom (Izvor: [4])..... | 7 |
| Slika 6.: Stari i novi tramvaj u Stockholmu (Izvor: [5]) | 8 |
| Slika 7.: Poprečni presjek kolosiječnog sustava "INFUNDO" (Izvor: [3])..... | 8 |
| Slika 8.: Poprečni presjek kolosiječnog sustava "SFF" (Izvor: [3])..... | 9 |
| Slika 9.: Poprečni presjek kolosiječnog sustava "SAARGUMMI" (Izvor: [3]) | 10 |
| Slika 10.: Prikaz vizualnog pregleda (Izvor: [6])..... | 11 |
| Slika 11.: Mjerna kolica za mjerenje geometrije kolosijeka (Izvor: [2])..... | 12 |
| Slika 12.: Prikaz stanja geometrije kolosijeka na tramvajskoj mreži u Osijeku (zeleno – dobro stanje pruge, narančasto – zadovoljavajuće, crveno – nezadovoljavajuće – nužna rekonstrukcija) (Izvor: [2]) | 13 |
| Slika 13.: Prikaz izmjenjenog profila istrošenja para tračnica u desnoj krivini (Izvor: [2]).... | 13 |
| Slika 14.: Pričvršćenje tračnice ERS tehnologijom (Izvor: [7]) | 15 |
| Slika 15.: Demontaža kolosijeka u Osijeku | 17 |
| Slika 16.: Postavljanje posteljice u Osijeku..... | 18 |
| Slika 17.: Očekivana zbijenost tamponskog sloj (Izvor: [7])..... | 20 |
| Slika 18.: Postavljanje AB ploče u Osijeku | 21 |
| Slika 19.: Ugradnja tračnica ERS sustavom u Osijeku | 22 |
| Slika 20.: Zaštita kolosijeka šatorima..... | 22 |
| Slika 21.: Primjeri zatvaranja kolosijeka s umjetnom travom ili asfaltom u Osijeku..... | 23 |
| Slika 22.: Karakteristični presjek s prikazom odvodnje i drenaže – umjetna trava (Izvor: [7]) | 24 |

POPIS TABLICA

Tablica 1 Ocjena stanja kolosijeka s obzirom na parametre (Izvor: [2])..... 12