

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Dokoza Marin

Furdić Martina

Mikulčić Matea

**PRIJEDLOG RJEŠENJA ŽELJEZNIČKOG USKOG GRLA  
MEDITERANSKOG KORIDORA TEN-T MREŽE U REPUBLICI  
HRVATSKOJ**

ZAGREB, 2016.

*Ovaj rad izrađen je na Zavodu za željeznički promet Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom doc. dr. sc. Borne Abramovića, i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade za akademsku godinu 2015./2016.*

## **POPIS KRATICA**

\*B - oznaka za ponoć kod simulacije

APB - automatski pružni blok

ATC - sustav automatskog upravljanja prometom (Automatic Train Control)

BOŽ - Stajalište Božjakovina

DG - državna granica

DS - Kolodvor Dugo Selo

EPR - European Performance Regime (Europski sustav pokazatelja kvalitete prijevoza)

ERTMS - European Rail Traffic Management System (Europski sustav upravljanja željezničkim prometom)

EU - Europska Unija

EVP - elektrovučna podstanica

GRT - gornji rub tračnica

HŽ - Hrvatske Željeznice

K - tip pričvrsnog pribor

KM - kilometarski položaj

MO - međukolodvorska ovisnost

MPPI - Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture

NN - Narodne Novine

OST- Stajalište Ostrna

PRE - Stajalište Prečec (križanje vlakova)

RFC - Rail Freight Corridor (teretni koridor)

RH - Republika Hrvatska

RID - Pravilnik o međunarodnom prijevozu opasnih tvari željeznicom

SES - Kolodvor Sesevete

SESKR - Stajalište Sesevetski Kraljevec

SKL - tip pričvrstnog pribora

TEN-T - Trans-European Transport Network – Transportna prometna mreža

TK - telekomanda

UIC - Međunarodna željeznička unija

VRB - Kolodvor Vrbovec

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. MEDITERANSKI KORIDOR TEN-T MREŽE</b> .....	<b>3</b>
2.1. TEN-T MREŽA .....	3
2.2. MEDITERANSKI KORIDOR .....	4
2.3. MIKROLOKACIJA KOLODVORA DUGO SELO .....	6
<b>3. STANJE ŽELJEZNIČKE MREŽE</b> .....	<b>7</b>
3.1. SESVETE .....	10
3.1.1. Kolosijeci kolodvora Sesvete.....	10
3.1.2. Industrijski kolosijeci kolodvora Sesvete .....	12
3.1.3. Površine za prijem i opremu putnika na kolodvoru Sesvete .....	13
3.1.4. Signalno sigurnosni uređaj na kolodvoru Sesvete .....	13
3.1.5. Stajalište Sesvetski Kraljevec .....	14
3.2. DUGO SELO .....	14
3.2.1. Kolosijeci kolodvora Dugo Selo .....	14
3.2.2. Industrijski kolosijeci kolodvora Dugo Selo .....	16
3.2.3. Druga stabilna postrojenja na kolodvoru Dugo Selo .....	16
3.2.4. Signalno sigurnosni uređaj na kolodvoru Dugo Selo .....	17
3.2.5. Stajalište Ostrna.....	17
3.3. PREČEC .....	17
3.4. VRBOVEC.....	18
3.4.1. Kolosijeci kolodvora Vrbovec.....	19
3.4.2. Stabilna postrojenja kolodvora Vrbovec .....	20
3.4.3. Signalno sigurnosni uređaj kolodvora Vrbovec .....	20
3.4.4. Stajališta podređena kolodvoru Vrbovec.....	21
<b>4. PRIMJENA PROGRAMSKOG PAKETA RAILSYS U ANALIZI ŽELJEZNIČKOG PROMETA</b> .....	<b>22</b>
4.1. RAČUNALNI MODELI U ŽELJEZNIČKOM PROMETU .....	22
4.2. PROGRAMSKI PAKET RAILSYS.....	23
4.2.1. Infrastrukturni menadžer .....	26
4.2.2. Menadžer za vozni red i simulacije.....	28
4.2.3. Menadžer vrednovanja.....	29
4.3. PRIMJENA REZULTATA RAČUNALNIH MODELA U ŽELJEZNIČKOM PROMETU .....	29
<b>5. SIMULACIJSKI MODEL ČVORA DUGO SELO</b> .....	<b>31</b>
5.1. IZRADA SIMULACIJSKOG MODELA POSTOJEĆEG STANJA.....	31
5.1.1. Izrada željezničke infrastrukture.....	31
5.1.2. Definiranje vučnih vozila i vrsta vlakova.....	37
5.1.3. Unos vlakova u vozni red.....	38
5.2. IZRADA SIMULACIJSKOG MODELA BUDUĆEG STANJA .....	40
5.2.1. Izmjena kolodvora Dugo Selo .....	40
5.2.2. Izrada drugog kolosijeka između kolodvora Dugo Selo i Vrbovec .....	40
5.2.3. Izmjena kolodvora Vrbovec .....	41
5.2.4. Izmjene u postojećem voznom redu.....	42
<b>6. USPOREDNA ANALIZA POSTOJEĆEG I BUDUĆEG STANJA</b> .....	<b>44</b>
6.1. IZRAČUN KAPACITETA PRUGE PO UIC 406 .....	44
6.2. ANALIZA SIMULACIJSKOG MODELA POSTOJEĆEG STANJA .....	44
6.2.1. Zaposlenost kolodvora i pruga.....	47
6.2.2. Utvrđivanje kapaciteta pruge.....	52
6.3. ANALIZA SIMULACIJSKOG MODELA BUDUĆEG STANJA .....	53
6.3.1. Zaposlenost dionice Sesvete – Dugo Selo .....	54
6.3.2. Zaposlenost dionice Dugo Selo – Vrbovec.....	55
6.3.3. Zaposlenost kolodvora Dugo Selo .....	56
6.3.4. Utvrđivanje kapaciteta novog infrastrukturnog modela.....	56
6.4. USPOREDBA BUDUĆEG I POSTOJEĆEG STANJA .....	57

6.5. PRIJEDLOG RJEŠENJA NASTALOG USKOG GRLA .....	59
<b>7. ZAKLJUČCI.....</b>	<b>61</b>
<b>POPIS LITERATURE .....</b>	<b>63</b>
<b>SAŽETAK.....</b>	<b>65</b>
<b>KLJUČNE RIJEČI.....</b>	<b>65</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>66</b>
<b>KEY WORDS.....</b>	<b>66</b>
<b>O AUTORIMA.....</b>	<b>67</b>
<b>POPIS SLIKA .....</b>	<b>68</b>
<b>POPIS TABLICA.....</b>	<b>70</b>
<b>POPIS GRAFIKONA.....</b>	<b>70</b>

# 1. UVOD

Mediteranski koridor transeuropske prometne mreže TEN-T povezuje jug Iberijskog poluotoka, preko španjolske i francuske mediteranske obale prolazi kroz Alpe na sjeveru Italije, zatim ulazi u Sloveniju i dalje prema mađarsko-ukrajinskoj granici. Za Republiku Hrvatsku ovaj koridor je od iznimne važnosti s obzirom da je njegov sastavni dio i pravac Rijeka - Zagreb - Budimpešta (željeznički i cestovni pravac u sklopu Paneuropskog koridora V grane b). Željeznički kolodvor Dugo Selo je službeno mjesto na Mediteranskom koridoru TEN-T mreže.

Međunarodna željeznička pruga iz Zagreba se u kolodvoru Dugo Selo razdvaja na prugu za Budimpeštu (Mađarska) i prugu za Beograd (Srbija). Pruga od Zagreba je dvokolosiječna, no od Dugog Sela oba smjera nastavljaju se jednokolosiječnom prugom.

Željeznički kolodvor Dugo Selo funkcionira u skladu sa vrijedećim voznim redom za razdoblje 2015/2016., no daljnjim razvojem Mediteranskog koridora sredinom 2016. godine planiran je početak izgradnje drugog kolosijeka od Dugog Sela do Križevaca. Povećanjem kapaciteta same pruge, predviđeno je i povećanje prometa teretnih vlakova na relaciji Rijeka - Zagreb – Budimpešta te povećanje prometa prigradskih putničkih vlakova na relaciji Zagreb – Vrbovec.

Hipoteza ovoga rada je da će kolodvor Dugo Selo prilikom povećanja prometa postati usko grlo na Mediteranskom koridoru na području Republike Hrvatske te da će unatoč povećanju kapaciteta pruga problem stvarati kapacitet samoga kolodvora. Usko grlo predstavlja problem u tehničkoj moći pruge, kako u prijevoznoj tako i u propusnoj moći.

Uočeni problem uskog grla simulirati će se u programskom paketu RailSys u kojem je moguće napraviti izračune kapaciteta propusne moći pruge. Usporediti će se današnje stanje kapaciteta propusne moći pruga na čvoru Dugo Selo (kolodvor Dugo Selo sa susjednim kolodvorima Sesvete, Vrbovec i Prečec i njima pridruženim stajalištima) sa budućim stanjem nakon dogradnje drugog kolosijeka na dionici Dugo Selo – Križevci.

Nakon uvoda, drugo poglavlje obuhvaća opis Mediteranskog koridora kao dijela TEN-T mreže te njegov položaj u Republici Hrvatskoj.

U trećem poglavlju prikazuje se stanje željezničke mreže na području koje se istražuje, odnosno širem područje kolodvora Dugo Selo.

Četvrto poglavlje prikazuje računalne modele u željezničkom prometu i primjenu programskog paketa RailSys.

U petom poglavlju opisuje se izrada simulacijskog modela postojećeg i budućeg stanja čvora Dugo Selo.

Šesto poglavlje je usporedna analiza rezultata dobivenih prilikom simulacije u RailSysu nakon koje će se predložiti rješenja definiranih problema.

Sedmo, ujedno i zadnje poglavlje, su zaključci.



## 2. MEDITERANSKI KORIDOR TEN-T MREŽE

### 2.1. TEN-T mreža

Transeuropska prometna mreža (*engl. Trans-European Transport Network (TEN-T)*) je projekt razvoja intermodalne prometne mreže zemalja Europske unije koji je Europski parlament prihvatio u lipnju 1996. godine.<sup>1</sup>

Povezivanje osnovne mreže prometne infrastrukture s transeuropskim mrežama i koridorima jedan je od osnovnih ciljeva i važan preduvjet za ravnomjeren razvoj svih članica EU. EU stoga kontinuirano ulaže napore da se, usporedno s povećanjem broja članica, omogući izgradnja potrebnih prometnica i integriraju nacionalne mreže prometnica u jedinstvenu Transeuropsku mrežu prometnica (TEN-T).

Osnovna mreža (*core network*) uključuje samo one dijelove sveobuhvatne mreže koji su strateški najznačajniji, a treba biti uspostavljena najkasnije do 31. prosinca 2030. Odlukom Europske komisije 18. listopada 2013. definirano je devet koridora Osnovne prometne mreže EU kao okosnica za spajanje 94 glavne europske luke i 38 ključnih zračnih luka sa željeznicom i cestama u glavnim gradovima europskih zemalja (Luka Rijeka i zagrebačka zračna luka su među njima), te razvoj 15 tisuća kilometara željezničke infrastrukture kapacitirane na postizanje zadovoljavajućih brzina za putničke i teretne vlakove, kao i 35 graničnih prijelaza.<sup>2</sup>

U 28 zemalja članica Europske unije TEN-T mreža obuhvaća:

- 89.511 km cesta
- 93.741 km željeznice
- 330 zračnih luka
- 270 međunarodnih morskih luka
- 210 riječnih luka
- sustave upravljanja prometom, navigacijski i informacijski sustav.<sup>3</sup>

Od siječnja 2014. godine, Europska unija ima novu politiku prometne infrastrukture koja povezuje kontinent između istoka i zapada te sjevera i juga. Cilj ove politike je zatvoriti

---

<sup>1</sup> Brnjac, N.: *Intermodalni transportni sustavi*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012., str.20

<sup>2</sup> <http://www.promet-eufondovi.hr/eu-prometni-koridori-i-ten-t> (pristupljeno 16.04.2016.)

<sup>3</sup> Brnjac, N.: *Intermodalni transportni sustavi*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012., str.8

praznine između prometne mreže zemalja članica, ukloniti uska grla koja još uvijek ugrožavaju neometano funkcioniranje unutarnjeg tržišta te prevladati tehničke prepreke, kao što su nekompatibilni standardi za željeznički promet. On promiče i jača neprekidne transportne lance za putnike i teret, prateći najnovije tehnološke trendove.<sup>4</sup>

U radu Europske Komisije željeznički promet usredotočen je na tri glavna područja koja su ključna za razvoj jake i konkurentne željezničke industrije: (1) otvorenost tržišta željezničkog prometa prema konkurenciji, (2) poboljšanje interoperabilnosti i sigurnosti nacionalnih mreža i (3) razvoj željezničke prijevozne infrastrukture.<sup>5</sup>

Devet koridora TEN-T mreže su: Baltičko-jadranski, Sjeverno more – Baltik, Mediteranski, Bliski istok – Istočni Mediteran, Skandinavsko-mediterranski, Rajnsko - alpski, Atlantski, Sjeverno more – Mediteran, Rajna – Dunav. Svaki od njih mora uključivati tri vrste prometne infrastrukture, prolaziti kroz tri države članice i dva granična prijelaza.

Hrvatska se nalazi na dva koridora Osnovne prometne mreže, na Mediteranskom koridoru i na Rajna-Dunav koridoru.<sup>6</sup>

## **2.2. Mediteranski koridor**

Mediteranski koridor TEN-T mreže povezuje luke Pirinejskog poluotoka Algeciras, Cartagenu, Valenciju, Tarragonu i Barcelonu preko južne Francuske, s poveznicom za Marseille, i Lyon prema sjevernoj Italiji, Sloveniji i ogrankom preko Hrvatske i Mađarske do ukrajinske granice. Pokriva željeznice, ceste, zračne luke, luke i željezničko-cestovne terminale, a u sjevernoj Italiji i unutarnje plovne putove rijeke Po.<sup>7</sup>

Mediteranski koridor proširen je nakon ulaska Republike Hrvatske u Europsku uniju i na tadašnji paneuropski koridor V grana b koji iz Mađarske preko Dugog Sela, Zagreba i Karlovca ide do Rijeke. Luka Rijeka je početna točka na Mediteranskom koridoru središnje transeuropske prometne mreže TEN-T, a ujedno je klasificirana kao jedina TEN-T osnovna morska luka Hrvatske. To je luka otvorena za javni promet od osobitog (međunarodnog) gospodarskog interesa za Republiku Hrvatsku.<sup>8</sup>

---

<sup>4</sup> [http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/index_en.htm) (pristupljeno 16.04.2016.)

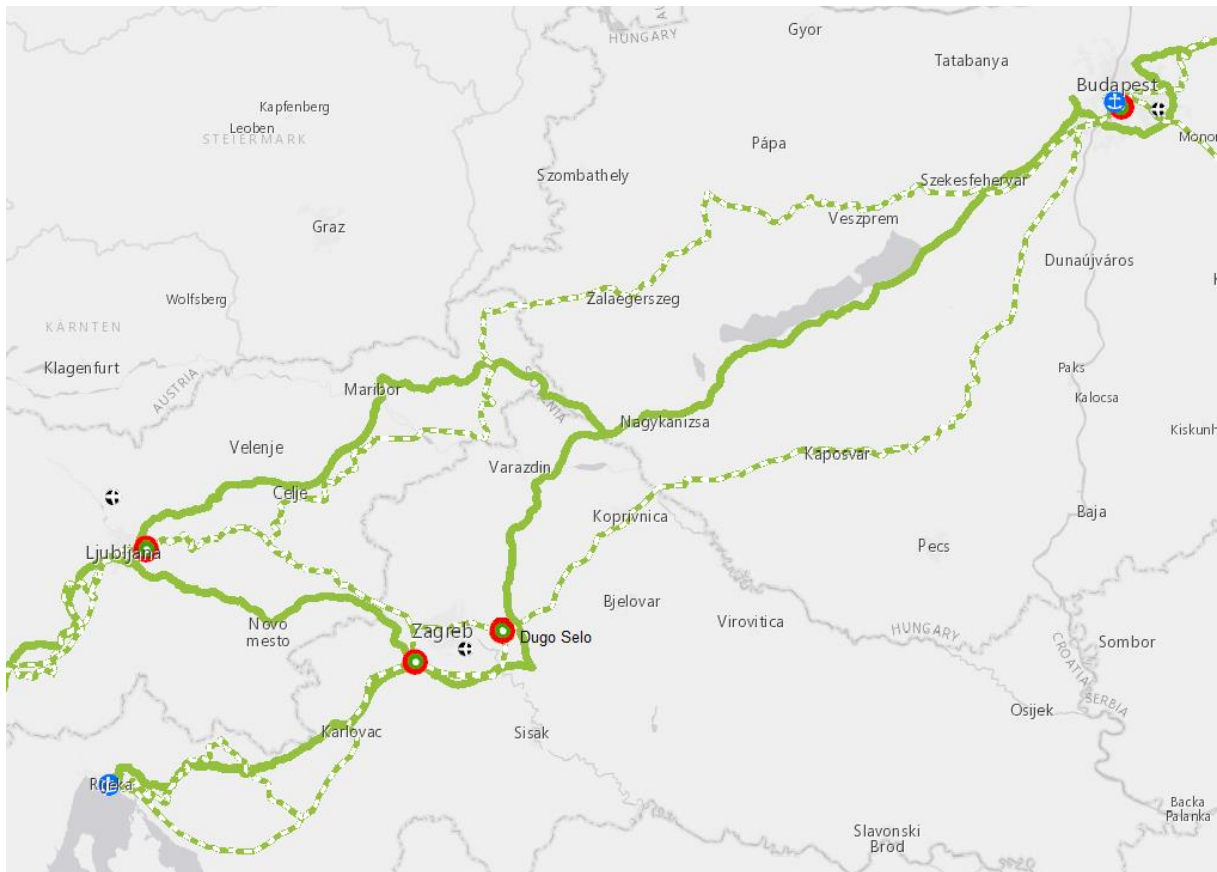
<sup>5</sup> [http://ec.europa.eu/transport/modes/rail/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/modes/rail/index_en.htm) (pristupljeno 16.04.2016.)

<sup>6</sup> <http://www.promet-eufondovi.hr/eu-prometni-koridori-i-ten-t> (pristupljeno 16.04.2016.)

<sup>7</sup> [http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/doc/ten-t-country-fiches/hr\\_hr.pdf](http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/doc/ten-t-country-fiches/hr_hr.pdf) (pristupljeno 26.04.2016.)

<sup>8</sup> Europska Unija -Operativni program Promet 2007.-2013: Strateška procjena utjecaja na okoliš Strategije prometnog razvoja Republike Hrvatske, lipanj 2014.

Dio Mediteranskog koridora koji prolazi kroz Republiku Hrvatsku nalazi se na slici 1. Puna zelena linija označava cestovnu infrastrukturu, a isprekidana zelena linija prikazuje željezničku infrastrukturu. Može se vidjeti da je glavni grad Hrvatske Zagreb cestovno i željeznički povezan sa lukom Rijeka koja je početna točka Mediteranskog koridora, sa glavnim gradom Slovenije Ljubljanom i sa glavnim gradom Mađarske Budimpeštom.



**Slika 1. Prikaz Mediteranskog koridora na području Republike Hrvatske i lokacija Dugog Sela**

Izvor: <http://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/map/maps.html> (pristupljeno 27.04.2016.)

Na željezničkom pravcu Rijeka - Karlovac - Zagreb - Koprivnica - Botovo - Budimpešta nalazi se željeznički kolodvor Dugo Selo (prikazano na slici 1.). Projekt rekonstrukcije i dogradnje drugog kolosijeka dionice Dugo Selo - Križevci prepoznat je kao jedan od prioriteta modernizacije željezničke mreže u Republici Hrvatskoj, a dio je velikog projekta uspostave dvokolosiječne željezničke pruge visoke učinkovitosti za mješoviti promet na cijelom Mediteranskom koridoru.

Dionica Dugo Selo - Križevci prva je dionica sjevernog dijela koridora, a s obzirom da je jednokolosječna podliježe mnogim ograničenjima brzine i jedno je od uskih grla u ovom dijelu koridora. Stoga je cilj kroz ovaj projekt prugu učiniti dvokolosiječnom s puno povoljnijim uporabnim svojstvima, čime će se zadovoljiti zahtjevi za koridorski promet i

prijam interoperabilnih teretnih vlakova te omogućiti povećanje kapaciteta pruge i kvalitete života ljudi uz prugu, uz značajno ulaganje u zaštitu od buke.

### **2.3. Mikrolokacija kolodvora Dugo Selo**

Grad Dugo Selo nalazi se u istočnom dijelu Zagrebačke županije, a udaljen je 20 km od centra grada Zagreba. Na sjeveru i zapadu graniči sa gradom Zagrebom, na istoku sa općinom Brckovljani, a na jugu sa općinom Rugvica. U neposrednoj blizini Dugog Sela nalaze se cestovna i željeznička infrastruktura koje povezuju Dugo Selo sa cijelom Hrvatskom.

Grad Dugo Selo nalazi se na križanju vrlo važnih željezničkih pravaca, Zagreb – Koprivnica i Zagreb – Slavonski Brod, što govori da većina vlakova koja polazi iz Zagreba za Europsku uniju ili Jugoistočnu Europu, mora proći kroz Dugo Selo. Susjedni kolodvor na pruzi M102 – Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo je kolodvor Sesvete, susjedni kolodvor na pruzi M201 - (Gyekenyes) – Državna granica – Botovo – Koprivnica – Dugo Selo je Vrbovec, a susjedni kolodvor na pruzi M103 – Dugo Selo – Novska je Prečec, koji je službeno mjesto sa funkcijom kolodvora.

Osim međunarodnih vlakova i vlakova u unutarnjem prijevozu, Dugo Selo je i početna točka prigradske zagrebačke željeznice. Gradsko - prigradska željeznica Zagreba uvedena je 1992. godine i to uvođenjem linije Savski Marof - Zagreb Glavni kolodvor - Dugo Selo. Gradsko - prigradskim željezničkim prijevozom koristi se radnim danom u prosjeku oko 70.000 putnika. Dionica Savski Marof - Dugo Selo najfrekventnija je željeznička pruga u Hrvatskoj, s najvišom prosječnom putnom brzinom i najvećim brojem prevezenih putnika. Sredinom 2016. godine planiran je početak izgradnje drugog kolosijeka od Dugog Sela do Križevaca čime bi se povećali kapaciteti pruge.

### 3. Stanje željezničke mreže

Prije 156 godina, točnije 1860. godine, otvorena je prva pruga u Republici Hrvatskoj na relaciji Nagykanizsa - Kotoriba - Čakovec - Macinec – Pragersko. Dvije godine poslije sagrađena je i druga dionica željezničke pruge u Hrvatskoj koja je povezala Zidani Most sa Siskom preko Zagreba. Bile su to prve dionice koje su se koristile za mješoviti željeznički promet. Danas željezničku mrežu Republike Hrvatske čini 2605 km željezničke pruge od čega je 2351 km jednokolosiječnih pruga te 254 km dvokolosiječnih pruga.<sup>9</sup>

Pruge u RH dijele se prema namjeni na pruge međunarodnog značaja (oznaka M), regionalnog značaja (oznaka R) te lokalnog značaja (oznaka L). Ukupno postoji 55 pruga od kojih je 31 međunarodnog, 8 regionalnog te 16 lokalnog značaja. Osim navedene kategorizacije, pojedine pruge dio su TEN-T mreže – Mediteranski koridor te RFC6 (Rail Freight Corridor 6) koridora.

Željezničke pruge djelomično su elektrificirane, 977 km elektrificirano je izmjeničnim sustavom električne vuče 25 kV 50 Hz te 3 km između Šapjana i državne granice sa Republikom Slovenijom sa 3kV istosmjernim sustavom. Širina kolosijeka na cijeloj mreži je 1435 mm što predstavlja normalnu širinu kolosijeka te na graničnim prijelazima sa drugim državama (Slovenija, Mađarska, Srbija te Bosna i Hercegovina) nema promjene širine kolosijeka. U pogledu promjene sustava električne vuče, Srbija te Bosna i Hercegovina koriste sustave 25 kV 50 Hz dok Slovenija koristi istosmjerni sustav 3 kV.

Na mreži se nalazi 18 pograničnih kolodvora kojima upravlja nacionalni upravitelj željezničke infrastrukture – HŽ Infrastruktura. U skladu sa objavom UIC-a 506 na mreži se primjenjuju tri vrste slobodnih profila: GA, GB i GC. U skladu s objavom UIC-a 596-6 u primjeni je više vrsta slobodnih profila za prijevoz poluprikolica i kontejnera.

U pogledu maksimalnog osovinskog opterećenja u primjeni su različita osovinska opterećenja koja ovise o građevinskim karakteristikama pojedine pruge. Koristi se standardna kategorizacija u skladu s Objavom UIC-a 700 izražene u tonama po osovini i tonama po duljinskom metru.

Prometom vlakova, uključujući signalizaciju, regulaciju, prijem i otpremu vlakova, sporazumijevanje vezano uz promet vlakova na mreži željezničkih pruga upravlja se signalno-sigurnosnim uređajima i telekomunikacijskim sredstvima.

---

<sup>9</sup> Izvješće o mreži 2017., HŽ Infrastruktura, 2016.

U pogledu građevinskih karakteristika željezničkog kolosijeka u RH se koristi kolosijek sa zastornom prizmom od tucanika na kojemu se nalazi kolosiječna rešetka. Ona je sagrađena od dva tipa pragova – drveni ili betonski te dva tipa tračnica koji se najčešće koriste a to su UIC 60E1 te 49E1. Prilikom izrade remonta ugrađuju se tračnice tima UIC 60 te betonski pragovi zbog povoljnijih karakteristika. Tračnice su pričvršćene kolosiječnim pričvrsnim priborom tipa K i SKL. Pri upotrebi betonskih pragova koristi se SKL pričvrsni pribor. Na manjim dijelovima mreže moguće je korištenje i drugih tipova tračnica te pričvrsnog pribora (ovisi o starosti dionice).

U željezničke pruge u Republici Hrvatskoj dugo godina nije se ulagalo gotovo ništa, a postoji i manjak održavanja što za rezultat ima vrlo nepovoljno stanje kolosijeka. Takvo stanje za posljedicu ima redovito smanjenje maksimalne brzine te osovinskog opterećenja. 2013. godine HŽ Infrastruktura krenula je sa obnovom željezničkih pruga i kolodvora. Veći projekti su:

- Izmjena sustava signalno – sigurnosnog uređaja na Zagreb Glavnom kolodvoru (2013.)
- Remont dionice Velika Gorica – Turopolje (2013.)
- Remont pružne dionice Zagreb Glavni kolodvor – Zagreb Klara (2013.)
- Radovi na kolodvoru Bjelovar (2013.)
- Početak radova na kolodvoru Sisak (2013.)
- Završena izmjena sustava elektrovođe na dionici Moravice – Rijeka – Šapjane te Škrljevo - Bakar (2013.)
- Kapitalni remont dionice Zdenčina – Jastrebarsko (2013.)
- Remont Borongaj – Dugo Selo (2013.)
- Obnova pružne dionice Đurmanec – Državna Granica (2014.)
- Obnova pružne dionice Ogulin – Moravice (2014.)
- Početak radova na remontu Koprivnica – Botovo – državna granica (2014.)
- Početak radova na izgradnji pruge Gradec – Sv. Ivan Žabno (2015.)

Prilikom provođenja remonta izvedena je detaljna rekonstrukcija gornjeg i donjeg ustroja kolosijeka koja uključuje:

- Zamjenu kolosiječnog zastora i obradu planuma
- Zamjenu kolosiječne rešetke
- Zamjenu kontaktnih vodova i dijelova kontaktne mreže

- Zamjenu dotrajalih dijelova SS uređaja

Na svim dionicama na kojima je izvršen remont maksimalna brzina podignuta je na 140 km/h. Svi su kolosijeci sagrađeni u skladu sa kategorijom nosivosti D4 – 22,5 t/osovini i 8 t/m.

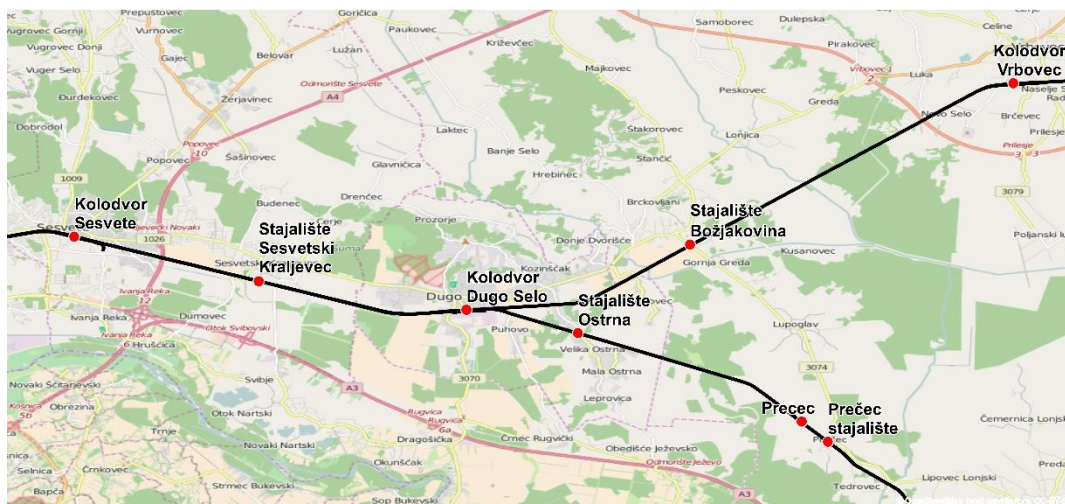
Osim pruga, mreža se sastoji i od službenih mjesta koja čine kolodvori, stajališta, odjavnice, rasputnice i ostalo, a na mreži ih ima ukupno 735. Na području obuhvata ovog rada nalaze se četiri kolodvora i tri stajališta. Kolodvori su:

- Sesvete
- Dugo Selo
- Vrbovec
- Prečec

Stajališta su:

- Sesevski Kraljevec
- Božjakovina
- Ostrna

Područje obuhvaća tri željezničke pruge, a to su: M102 – Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo, M201 - (Gyekenyes) – Državna granica – Botovo – Koprivnica – Dugo Selo te M103 – Dugo Selo – Novska. Sve pruge elektrificirane su sustavom 25 kV / 50 Hz. Pruga M102 je dvokolosiječna dok su M201 i M103 jednokolosiječne. Pruge počinju odnosno završavaju u kolodvoru Dugo Selo što je prikazano na slici 2.



**Slika 2. Pregled područja obuhvata**

*Izvor: Izradili autori*



Kao što je opisano u prethodnom tekstu na dionici M102 obavljen je remont tijekom kojeg je u potpunosti zamijenjen kolosiječni zastor, kolosiječna rešetka te kontaktna mreža. U sklopu remonta obnovljeno je i stajalište Sesevski Kraljevec. Kolodvori Sesevete i Dugo Selo nisu bili dio remonta te je njihovo stanje poprilično loše ponajviše zbog neodržavanog donjeg i gornjeg ustroja.

Pruge M201 i M103 nisu obnavljane te je stanje kolosijeka vrlo loše. Budućim projektima obnove kolosijeka prema Vrbovcu te Novskoj predviđeni su radovi na obnovi postojećih kolosijeka te izgradnji drugog kolosijeka. Za projekt Dugo Selo – Križevci izabrani su izvođači radova sa kojima su potpisani ugovori o izgradnji. Početak radova očekuje se tijekom ljeta ove godine. Projekt Dugo Selo – Novska u fazi je ishodaenja potrebnih dozvola.

### **3.1. Sesevete**

Kolodvor Sesevete je međukolodvor na pruzi M102 Zagreb Glavni kolodvor - Dugo Selo, te je ujedno i odvojni kolodvor na pruzi M401 Sesevete - Sava Rasputnica (Odvojnica). Kolodvoru Sesevete podređeno je stajalište Sesevski Kraljevac, koje se nalazi u KM 439+835. Sredina prihvatne zgrade kolodvora Sesevete nalazi se u kilometarskom položaju KM 435+004. U smislu obavljanja transportno-komercijalnih poslova, kolodvor Sesevete otvoren je za:

- prijem i otpremu putnika;
- prijem i otpremu vagonskih pošiljaka, izuzev pošiljaka eksplozivnih materija i ostalih pošiljaka RID-a.

Granicu kolodvorskog područja sa susjednim kolodvorima Resnik, Borongaj i Dugo Selo čini:

- od strane Dugog Sela KM 441+000
- od strane Zagreb Borongaja KM 432+000
- od strane Zagreb Resnika KM 2+000<sup>10</sup>

#### **3.1.1. Kolosijeci kolodvora Sesevete**

Kolosiječna mreža kolodvora Sesevete sastoji se od:

- pet glavnih prijemno-otpremnh kolosijeka i to 2, 3, 4, 5 i 6
- glavni prolazni kolosijeci 3, 4, 5 i 6

---

<sup>10</sup> Poslovni red kolodvora Sesevete, I. Dio, 2010.



- sporedni kolosijeci 1, 7 i 8
- ostali kolosijeci 9 i 10
- industrijski kolosijeci

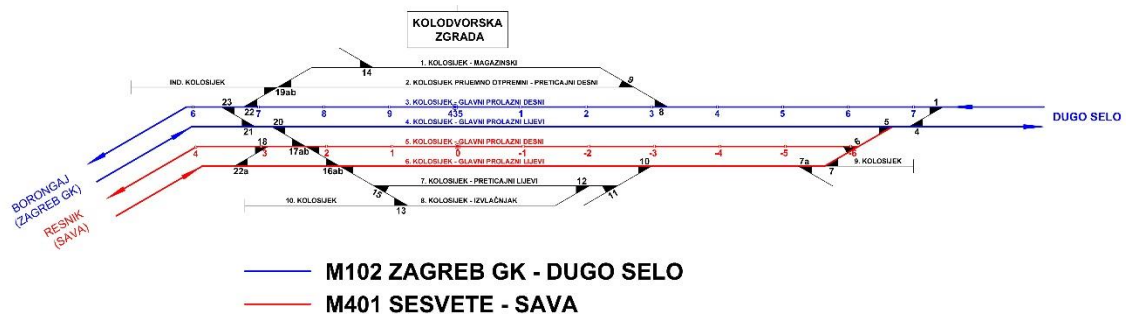
Prvi kolosijek je u fazi uređenja - rekonstrukcije, te će postati po završetku radova glavni prijemno - otpremni kolosijek. Drugi kolosijek služi za pretjecanje vlakova iz smjera Dugo Selo, treći kolosijek služi za prolaz vlakova pravca Dugo Selo - Zagreb, četvrti kolosijek za prolaz vlakova Zagreb - Dugo Selo, peti kolosijek za prolaz vlakova Dugo Selo - Zagreb Ranžirni kolodvor, šesti kolosijek za prolaz vlakova između Zagreb Ranžirni kolodvor i kolodvora Dugo Selo, sedmi i osmi kolosijek su sporedni kolosijeci i služe za smještanje tereta za otpremu, kao i prijem istoga u dolasku. Osmi kolosijek izuzetno može poslužiti za utovar i istovar vagonskih pošiljaka. Deveti kolosijek je produžetak šestog kolosijeka od skretnice broj 7 do km 435+710, a služi za smještanje vagonskih radiona i TMD. Deseti kolosijek odvaja se u produžetku osmog kolosijeka od skretnice broj 13, a služi za smještaj vagonskih radiona i TMD.

Kolosijeci su označeni arapskim brojevima i to od 1 do 10.

Korisna duljina kolosijeka u metrima iznosi:

- |               |       |
|---------------|-------|
| 1. kolosijek  | 471 m |
| 2. kolosijek  | 449 m |
| 3. kolosijek  | 967 m |
| 4. kolosijek  | 843 m |
| 5. kolosijek  | 755 m |
| 6. kolosijek  | 675 m |
| 7. kolosijek  | 288 m |
| 8. kolosijek  | 237 m |
| 9. kolosijek  | 40 m  |
| 10. kolosijek | 71 m  |

Kolosiječna shema kolodvora Sesvete prikazana je na slici 3.



**Slika 3. Kolosiječna shema kolodvora Sesvete**

*Izvor: Poslovni red Kolodvora Sesvete*

### 3.1.2. Industrijski kolosijeci kolodvora Sesvete

Industrijski kolosijeci koji se odvajaju iz kolodvora su “Vojni“, “Badel“, “Sljeme“, “Silos TSH“ i “PP Maksimir“. “Vojni“ kolosijek je dio kolosijeka od skretnice broj 14 (skretanje desno) do KM 434+742 i služi za postavu vagonskih pošiljaka (istovar/utovar). Korisna duljina iznosi 94 m. Industrijski kolosijek “Badel“ odvaja se sa prvog i drugog kolosijeka skretnicom 19 a/b. Duljine je 535,30 m. Industrijski kolosijek sastoji se od tri kolosijeka:

1. kolosijek 61,65 m
2. kolosijek 62,15 m
3. kolosijek 97,01m

te okretnice duljine 9,90 m i nosivosti 60 t. Zaštićeni su iskliznicom 4/I, kojom rukuje prometnik vlakova centralno. Služi za dostavu tovarenih i praznih vagona korisnika “Badel“. Industrijski kolosijek “Sljeme“ odvaja se sa sedmog kolosijeka skretnicom broj 11 (u pravac) u KM 435+257, duljine je 505 m, a korisne duljine 386 m. Industrijski kolosijek sastoji se od dva kolosijeka duljine:

1. kolosijek 119 m
2. kolosijek 80 m

Služi za dostavu tovarenih i praznih vagona korisnika “Sljeme“. Zaštićen je iskliznicom 3/I, kojom rukuje prometnik vlakova centralno. Industrijski kolosijek “Silos TSH“ odvaja se sa industrijskog kolosijeka “Sljeme“ skretnicom broj 1a u KM 0+148,30, duljine je 735,20 m, a korisne duljine 539,20 m. Industrijski kolosijek sastoji se od dva kolosijeka duljine:

1. kolosijek 221,40 m
2. kolosijek 221,40 m

Kolosijeci se nalazi u padu od 10 ‰ i krivine radijusa  $R = 200\text{m}$ . Služi za dostavu tovarenih i praznih vagona korisnika "Silos TSH". Industrijski kolosijek "PP Maksimir" odvaja se sa šestog kolosijeka skretnicom 7a u KM 435+527,80 (skretanje u desno), duljine je 470,50 m. Industrijski kolosijek sastoji se od dva kolosijeka duljine:

1. kolosijek 257,50 m
2. kolosijek 257,50 m

Isti kolosijeci nalaze se u padu od 10 ‰ i radijusa krivine  $R = 144\text{ m}$ . Zaštićen je iskliznicom I/5, kojom centralno rukuje prometnik vlakova. Služi za dostavu tovarenih i praznih vagona korisnika "PP Maksimir".

### **3.1.3. Površine za prijem i opremu putnika na kolodvoru Sesvete**

Kolodvor Sesvete ima izgrađene betonske površine za ulazak/izlazak putnika širine 1,50 m koji se nalaze između kolosijeka:

- prvog i drugog kolosijeka od KM 435+000 do KM 435+080 duljine 80 m
- drugog i trećeg kolosijeka od KM 434+950 do KM 435+100 duljine 150 m
- trećeg i četvrtog kolosijeka od KM 434+900 do KM 435+050 duljine 150 m.

Isti površine služe isključivo za smještaj putnika neposredno prije nailaska vlaka, te nisu namijenjeni za zadržavanje putnika.

### **3.1.4. Signalno sigurnosni uređaj na kolodvoru Sesvete**

Kolodvor je osiguran elektrotelegrafnim signalno sigurnosnim uređajem tipa "Integra – domino", sa blok postavnicom u prometnom uredu iz koje se centralno rukuje signalima, skretnicama, iskliznicama, uređajima za zaštitu cestovnih prijelaza na području kolodvora (B1 i B2 ), te cestovnim prijelazom "Sesvetska Selnica" i uređajem za daljinsku kontrolu cestovnih prijelaza "Sesvetska Selnica" i "Sopnička".

Kolodvor Sesvete osiguran je svjetlosnim signalima , koji pokazuju dvoznačne signalne znakove. Međukolodvorski odsjeci prema kolodvorima Dugo Selo i Zagreb Borongaj, opremljeni su uređajima APB-a tipa "Integra - domino", dok je međukolodvorski odsjek Sesvete - Zagreb Resnik opremljen uređajem APB-a tipa "Lorenz".

### **3.1.5. Stajalište Sesevetski Kraljevec**

Kolodvoru Sesevete podređeno je stajalište Sesevetski Kraljevec. Stajalište je obnovljeno tijekom nedavnog remonta te su izgrađeni novi bočni peroni. Karakteristike perona sada iznose: duljina 160 m, širina 2m, visina 0,38 m. Peroni su izgrađeni od betonskih elemenata te su popločeni betonskim pločama.

## **3.2. Dugo Selo**

Kolodvor Dugo Selo je međukolodvor na magistralnoj pruzi M201/M102/M202 Botovo državna granica Koprivnica -Zagreb Glavni kolodvor – Rijeka, odvojni kolodvor za magistralnu prugu M103 Dugo Selo – Novska, a nastavno za prugu M105 Novska – Tovarnik. Kolodvorska prihvatna zgrada nalazi se u KM 445+200. Kolodvoru Dugo Selo podređeno je stajalište Ostrna, koje je nezaposjednuto. Kolodvor je otvoren za prijam i otpremu putnika u unutarnjem i međunarodnom pograničnom prometu, te prijem i otpremu vagnskih pošiljaka u unutarnjem i međunarodnom prometu. Granice kolodvorskog područja u odnosu na otvorenu prugu jesu ulazni signali i to:

- ulazni signal «A» (prema kolodvoru Prečec) u KM 82+330
- ulazni signal «B» (prema kolodvoru Vrbovec) u KM 445+997
- ulazni signal «C» (prema kolodvoru Sesevete) u KM 444+183.<sup>11</sup>

### **3.2.1. Kolosijeci kolodvora Dugo Selo**

Kolodvorski kolosijeci, kojih ukupno ima 16, dijele se na glavne (2., 3., 4., 5., 6., 7., 10. i 13.), dok su ostali sporedni i manipulativni kolosijeci (1., 8., 9., 11., 12., 14., 15. i 16.). Za prijem otpremu vlakova su 2., 3., 4., 5., 6. i 7. kolosijek, dok kolosijeci 10 (produžetak trećeg kolosijeka od strane Koprivnice) i 13 (produžetak četvrtog kolosijeka u smjeru Zagreba) služe za prolaz vlakova kod ulaza i izlaza, a kod manevriranja mogu poslužiti za obilazak lokomotive oko vagona. Kolosijeci namijenjeni za utovar i istovar vagnskih pošiljaka prvenstveno su 1. i 8. kolosijek. Osim ovih postoji još i manipulativni krnji kolosijeci, koji također služe za manipulaciju vagnskih pošiljaka i smještaj vozila, a to su:

- 9. kolosijek “Ložiona“ - predstavlja produžetak 8. kolosijeka prema Zagrebu, od skretnice broj 11, a služi za manipulaciju vagnskih pošiljaka i smještaj vagona u operativnoj pričuvi,
- 11. kolosijek “ZOP-sredina“, predstavlja produžetak 8. kolosijeka prema Novskoj, od skretnice broj 9 do iskliznice “Dalekovod d.o.o.“

---

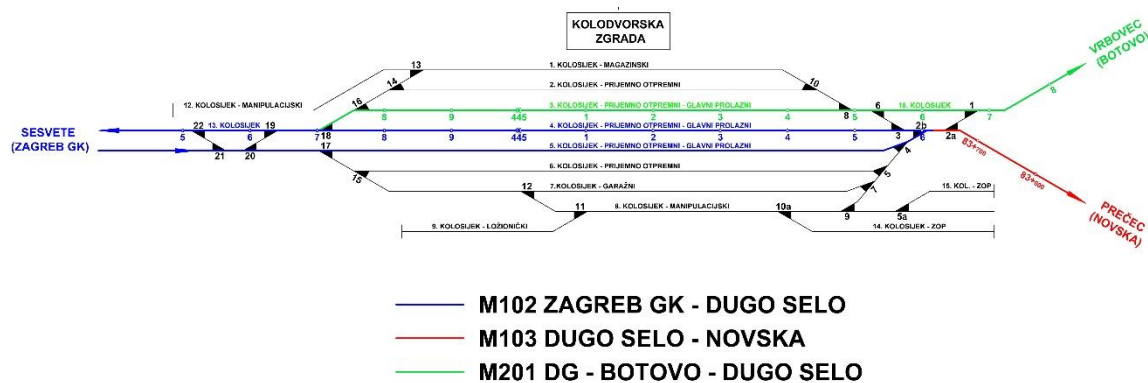
<sup>11</sup> Poslovni red kolodvora Dugo Selo, I. Dio, 2010.

- 12. kolosijeka “Pilana“, predstavlja produžetak 1. kolosijeka u pravcu Zagreba od skretnice broj 13, a služi uglavnom za manipulaciju vagonskih pošiljaka,
- 14. kolosijek “Iskra“, odvaja se od 8. kolosijeka skretnicom broj 10a, a privremeno služi za smještaj vagona HŽ – Pogona za remont pruga. Uz ovaj kolosijek izgrađena ja utovarno – istovarna bočna rampa u dužini od 28 metara. Ovaj kolosijek je bivši industrijski kolosijek “Ina“, te su uz njega ostali ugrađeni uređaji za utovar sirove nafte, koji sad nisu aktivni, ali je zabranjen pristup otvorenim plamenom u krugu 30 metara oko crpki, što je kao takvo obilježeno na terenu,
- 15. kolosijek “ZOP-lijevi“, odvaja se od 11. kolosijeka skretnicom broj 5a,
- 16. kolosijek “ZOP-desni“, odvaja se od 11. kolosijeka skretnicom 7a.
- 11., 15. i 16. kolosijek služe uglavnom za potrebe pružnog odsjeka Dugo Selo.

Korisne duljine kolosijeka su:

- |  |   |
|--|---|
| 1. kolosijek - 524 m   | (sporedni kolosijek)                        |
| 2. kolosijek - 543/567 m   | (glavni prijemno otpremni kolosijek)        |
| 3. kolosijek - 639/637m  | (nepravilni glavni prolazni kolosijek)      |
| 4. kolosijek - 778/718m  | (glavni prolazni kolosijek)                 |
| 5. kolosijek - 783/704 m   | (nepravilni glavni prolazni kolosijek)      |
| 6. kolosijek - 692/669 m   | (glavni prijemno otpremni kolosijek)        |
| 7. kolosijek - 668/657 m   | (glavni prijemno otpremni kolosijek)        |
| Od skretnice broj 12 do izlaznog signala E-7 korisna duljina iznosi 168m |   |
| 8. kolosijek - 311 m   | (sporedni manipulacijski kolosijek)         |
| 9. kolosijek - 235 m   | (manipulacijski krnji kolosijek)            |
| 10. kolosijek - 76 m,  | “Trokut I“ od skretnice 1 do skretnice 6    |
| 11. kolosijek - 111 m  | (sporedni manipulacijski kolosijek)         |
| 12. kolosijek - 328 m  | (manipulacijski krnji kolosijek)            |
| 13. kolosijek - 42 m,  | “Trokut II“ od skretnice 19 do skretnice 22 |
| 14. kolosijek - 280 m  | (manipulacijski krnji kolosijek)            |
| 15. kolosijek - 69 m   | (manipulacijski krnji kolosijek)            |
| 16. kolosijek - 70 m   | (manipulacijski krnji kolosijek)            |

Kolosiječna shema kolodvora Dugo Selo prikazana je na slici 4.



Slika 4. Kolosiječna shema kolodvora Dugo Selo

Izvor: Poslovni red kolodvora Dugo Selo

### 3.2.2. Industrijski kolosijeci kolodvora Dugo Selo

Industrijski kolosijek “Dalekovod d.o.o.“ jedini je industrijski kolosijek. Odvaja se od kolodvora na 11. kolosijeku («ZOP-sredina») u KM 445+676 kao produžetak istog, dakle bez odvojne skretnice. Duljina kolosijeka iznosi 652 metra. Vlasnik industrijskog kolosijeka je “Dalekovod d.o.o.“. Namjena kolosijeka je istovar i utovar vagona za potrebe cinčaone “Dalekovod d.o.o.“.

### 3.2.3. Druga stabilna postrojenja na kolodvoru Dugo Selo

Skladišna bočna utovarno-istovarna rampa nalazi se uz desnu stranu 1. manipulativnog kolosijeka u KM 444+982 do KM 445+040. Podešena je za utovar i istovar i to od strane 1. kolosijeka i iz željezničkih vozila (vagona), a od strane ceste i iz cestovnih vozila. Korisna duljina rampe iznosi 27 metara, a širina 9,60 metara tako da površina iznosi 260 m<sup>2</sup>. Rampa je izgrađena od armiranog betona. U dužini od 60 metara uz 1. kolosijek rampa nije u slobodnom profilu u odnosu na označeni kolosijek. Dimenzije i vrste podloge na kolodvorskim peronima prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Kolodvorski peroni

Lokacija perona	Dimenzije (m)	Vrsta podloge
	d / š / v	
Između 1. i 2. kolosijeka	163,15x1,56x0,20	asfaltirana
Između 2. i 3. kolosijeka	217,30x1,78x0,24	asfaltirana
Između 3. i 4. kolosijeka	162,80x1,64x0,20	asfaltirana
Između 4. i 5. kolosijeka	250,00x1,54x0,25	asfaltirana

Izvor: Poslovni red kolodvora Dugo Selo

U produžetku skladišne rampe nalazi se robno skladište, a korisnog je prostora 140m<sup>2</sup>. Skladište je uređeno za utovar i istovar od strane 1. kolosijeka iz željezničkih vagona, a od strane pristupnog puta iz cestovnih vozila. Željeznička vagona vaga nalazi se na 8. manipulativnom kolosijeku, u KM 445+290. Sistema TTC "Libela" Celje, nosivosti 100 tona i dužine 20 metara.

Prsobrani se nalaze na kraju sljedećih kolosijeka:

- 9. kolosijek - "Ložiona"
- 12. kolosijek - "Pilana"
- 14. kolosijek - "Iskra"
- 15. kolosijek - "ZOP-lijevi"
- 16. kolosijek - "ZOP-desni"

#### **3.2.4. Signalno sigurnosni uređaj na kolodvoru Dugo Selo**

Kolodvor je osiguran relejnim signalno-sigurnosnim uređajem tipa "Integra - Domino" sa prilagodbom na "Lorentz" (pruga Dugo Selo - Vrbovec), te svjetlosnim glavnim signalima sa dvoznačnom signalizacijom. Međukolodvorski odsjeci prema kolodvoru Sesvete i ukrižju Prečec, opremljeni su uređajem APB-a tipa "INTEGRA-DOMINO"; dok je međukolodvorski odsjek Dugo Selo - Vrbovec opremljen uređajem APB-a tipa "Iskra - Lorentz".

#### **3.2.5. Stajalište Ostrna**

Kao što je spomenuto, stajalište Ostrna podređeno je kolodvoru Dugo Selo. Stajalište je opremljeno bočnim peronom duljine 63m, širine 2m i visine 0,30 m. Peron je sagrađen od betonskih elemenata sa asfaltnim slojem.

### **3.3. Prečec**

Kolodvor Prečec je međukolodvor u KM 74+755 pruge M103 Novska – Dugo Selo. Kolodvoru Prečec nije podređeno niti jedno službeno mjesto. Kolodvor Prečec nije otvoreno za prijevoz putnika i robe. Granicu kolodvorskog područja čine ulazni signali i to:

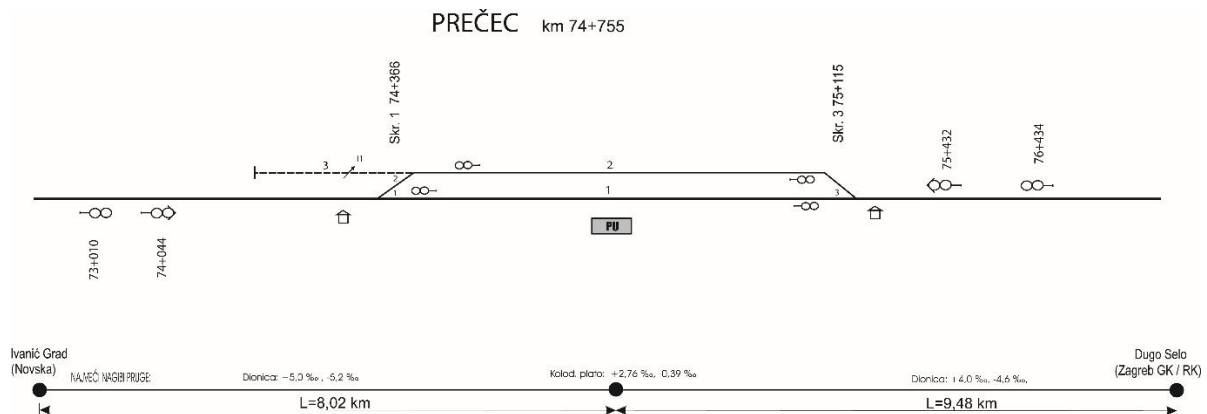
- od strane Ivanić Grada ulazni signal "A" u KM 74+044
- od strane Dugog Sela ulazni signal "B" u KM 75+432

U kolodvoru Prečec postoje dva glavna kolosijeka, koji služe za prijem i otpremu vlakova, te krnji kolosijek koji služi za ostavljanje bruta (oštećena kola i slično). Prvi kolosijek gledajući od kolodvorske zgrade, ujedno je i glavni prolazni kolosijek, koji ima korisnu dužinu od 617 m od strane Ivanić Grada i od strane Dugog Sela. Sljedeći, 2. kolosijek, sa korisnom dužinom od strane Ivanić Grada 582 m, a od strane Dugog Sela 583 m. U produžetku 2. kolosijeka od strane Dugog Sela je krnji kolosijek korisne dužine 115 m.

Na stajalištu Prečec postoji peron za ulazak i silazak putnika. Peron je dužine 50 m u KM 73+799 do KM 73+859. Sagrađen je od betonskih elemenata, tucanikom te završnim asfaltnim slojem.

Kolodvor je osiguran elektrotelegrafnim sigurnosnim uređajem "Integra", koji čini sastavni dio automatskog pružnog bloka (APB) sa susjednim kolodvorima.

Signali su svjetlosni i dvoznačni. Kolosiječna shema kolodvora prikazana je na slici 5.



**Slika 5. Kolosiječna shema kolodvora Prečec**

*Izvor: Poslovni red kolodvora Prečec*

### 3.4. Vrbovec

Kolodvorska zgrada kolodvora Vrbovec nalazi se u KM 461+401, pruge M201 - državna granica – Botovo - Dugo Selo. Prema zadaći u reguliranju prometa kolodvor Vrbovec je međukolodvor i prema obavljanju zadaće u prijevozu putnika i stvari kolodvor je otvoren za prijem i otpremu putnika u unutarnjem prometu. U teretnom prijevozu kolodvor je otvoren za prijem i otpremu vagonskih pošiljaka u unutarnjem i međunarodnom prometu.

Službena mjesta podređena kolodvoru su:

- stajalište Božjakovina, ne zaposjednuto,
- stajalište Gradec, ne zaposjednuto,
- stajalište Repinec, ne zaposjednuto.



Granicu kolodvorskog područja u odnosu na otvorenu prugu čini ulazni signal "A" od strane kolodvora Dugo Selo u KM 460+557 i ulazni signal "B" od strane kolodvora Križevci u KM 462+668.<sup>12</sup>

### 3.4.1. Kolosijeci kolodvora Vrbovec

Kolodvor Vrbovec raspolaže s devet kolosijeka i to:

- 1. kolosijek je manipulativni i služi za utovar i istovar vagonskih pošiljaka,
- 2., 3., 4. i 5. kolosijeci su glavni kolosijeci namijenjeni za prihvatanje i otpremu vlakova. Glavni prolazni kolosijek je treći koji čini izravno produljenje pružnog kolosijeka.
- 6. kolosijek ("Prvi krnji Zagrebački") je produžetak prvog kolosijeka koji završava prsobranom. Služi za obavljanje manevarskog rada i za smještaj vozila, a po potrebi i za utovar i istovar vagona.
- 7. kolosijek ("Drugi krnji Zagrebački") je produžetak drugog kolosijeka i završava prsobranom. U funkciji je puta proklizavanja za vožnje vlakova na drugi kolosijek, služi za smještaj vozila i obavljanje manevarskog rada.
- 8. kolosijek ("Prvi krnji Koprivnički") je produžetak prvog kolosijeka a završava prsobranom. Služi za obavljanje manevarskog rada, za smještaj vozila i za utovar i istovar vagona
- 9. kolosijek ("Drugi krnji Koprivnički") je produžetak drugog kolosijeka, a završava prsobranom. Kolosijek je u funkciji puta proklizavanja za vožnje vlakova na drugi kolosijek, služi za obavljanje manevarskog rada i za smještaj vozila.

Korisne duljine kolosijeka su slijedeće:

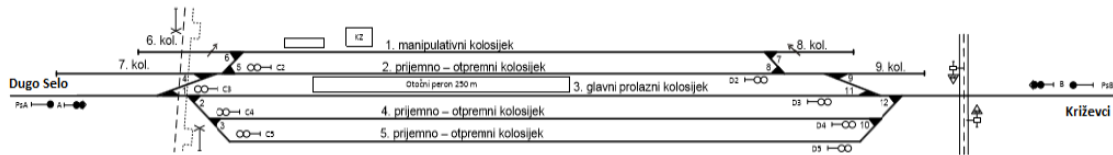
- |              |             |
|--------------|-------------|
| 1. kolosijek | 554 / 537 m |
| 2. kolosijek | 542 / 535 m |
| 3. kolosijek | 805 / 796 m |
| 4. kolosijek | 703 / 723 m |
| 5. kolosijek | 725 / 706 m |
| 6. kolosijek | 135 / 135 m |
| 7. kolosijek | 513 / 513 m |
| 8. kolosijek | 87 / 87 m   |
| 9. kolosijek | 137 / 137 m |

---

<sup>12</sup> Poslovni red kolodvora Vrbovec, I. Dio, 2011.

Kolosiječna shema kolodvora prikazana je na slici 6.

## KOLODVOR VRBOVEC



**Slika 6. Kolosiječna shema kolodvora Vrbovec**

*Izvor: Poslovni red kolodvora Vrbovec*

### 3.4.2. Stabilna postrojenja kolodvora Vrbovec

Stabilna postrojenja kolodvora Vrbovec su:

- Bočna rampa nalazi se pored prvog kolosijeka, izgrađena je od betona s površinom pokrivenom kamenim kockama. Početak joj je u KM 461+324 i završetak u KM 461+373. Dimenzije bočne rampe: dužina 49,20 m, širina 10,85 m i visine 1.1 m, površine 414 m<sup>2</sup>.
- Skladište stvari, lijevom bočnom stranom nastavlja se bočnom rampom i počinje u KM 461+373 do KM 461+350, površine 118 m<sup>2</sup>.
- Peron za putnike, nalazi se između drugog i trećeg kolosijeka i služi za ulaz i izlaz putnika u vlak, početak mu je u KM 461+292, a kraj u KM 461+542. Dimenzije perona za putnike: dužina 250 m, širina 6,30 m i visina 0,40 metara.
- Skretničarska kućica - blok 1, nalazi se uz skretnicu broj 1, u KM 461+090, površine 4 m<sup>2</sup>
- Skretničarska kućica - blok 2 površine 4 m<sup>2</sup>, nalazi se iz skretnice broj 12 u KM 462+140, a u blizini prsobrana devetog kolosijeka.

### 3.4.3. Signalno sigurnosni uređaj kolodvora Vrbovec

Kolodvor je osiguran elektrotelegrafnim signalno - sigurnosnim uređajem tipa SpDrL tvrtke "Standard elektronik Lorenz". Signali su svjetlosni s dvoznačnim signalnim znacima.

#### 3.4.4. Stajališta podređena kolodoru Vrbovec

Kolodvoru Vrbovec podređena su tri stajališta koja su opremljena sljedećim stabilnim postrojenjima:

- Peron za putnike stajališta Božjakovina, izgrađen od betonskih elemenata sa asfaltnim slojem. Dimenzije: dužine 80 m, širine 2 m i visine 0,35 m.
- Peron za putnike, stajalište Gradec, izgrađen od betonskih elemenata s asfaltnim slojem. Dimenzije: dužine 90 m, širine 1,50 m i visine 0,40 m.
- Peron za putnike, stajalište Repinec, izgrađen od betonskih elemenata s asfaltnim slojem. Dimenzije: dužine 75 m, širine 2 m i visine 0,40 m.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Izvješće o mreži 2017., HŽ Infrastruktura

## 4. PRIMJENA PROGRAMSKOG PAKETA RAILSYS U ANALIZI ŽELJEZNIČKOG PROMETA

### 4.1. Računalni modeli u željezničkom prometu

Od samog početka željezničkog prometa javljala se potreba da se organizacija i tehnologija optimiziraju kako bi se smanjili troškovi, povećao kapacitet i učinkovitost. To za posljedicu ima povećanje konkurentnosti gospodarstva jer mu nudi jeftin, brz i masovan prijevoz sirovina i proizvoda. Od nastanka željezničkog prometa do prije 20-ak godina optimizacija se radila bez prethodnih simulacija što je ponekad za posljedicu imalo velike financijske gubitke, zagušenje mreže pa čak i željezničke nesreće. Željeznički promet sustav je velikih brojeva što znači da male promjene mogu donijeti velike financijske dobitke, ali i gubitke. Zbog obrazloženih potencijalnih problema i važnosti željezničkog prometa kao sustava u zadnjih nekoliko desetljeća dolazi do razvoja raznih računalnih programa čija je svrha olakšati planiranje i optimizaciju prometa. Osim toga računalni modeli upravitelju infrastrukture daju nevjerovatnu mogućnost simulacija događaja, promjena ili sličnih radnji prije nego se isti neplanirano dogode ili planirano primjene na sustav u cjelini. Računalni modeli nude mogućnost simulacije voznih redova, izvanrednih događaja, radova, planiranje voznih redova, optimizaciju voznih redova i organizacije prometa, identificiranje uskih grla mreže, simuliranje potencijalnih rješenja problema bez da se dolazi u kontakt sa stvarnim sustavom što uvelike smanjuje mogućnost pogreške i cijenu cijelog sustava.

Danas postoji nekoliko proizvođača računalnih programa za izradu računalnih modela. Neki proizvođači nude i paralelno upravljanje prometom, programe za organizaciju rada željezničkog osoblja, programe za planiranje međunarodnih voznih redova, programe za planiranje i provođenje održavanja voznog parka i infrastrukture i dr. i svi navedeni programi često su međusobno integrirani pružajući optimalno rješenje nedostataka i koji se od početka željeznice nastoje optimizirati.

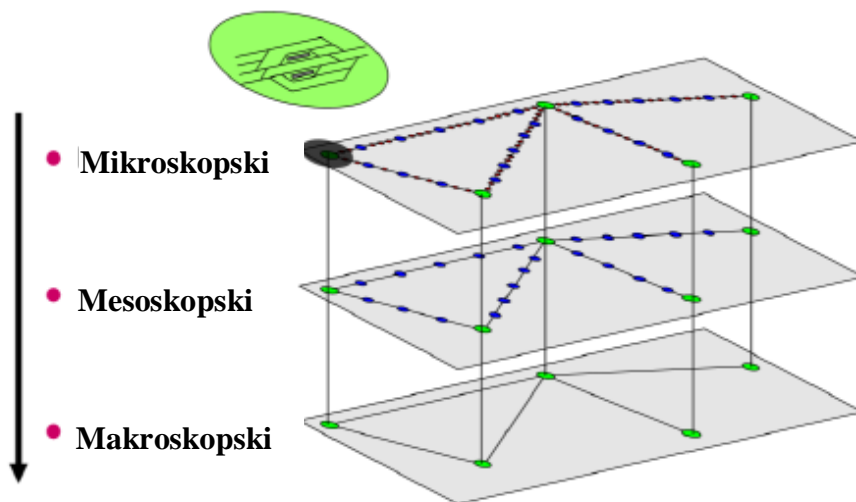
Postupak modeliranja sastoji se od:

- Analize sustava kojeg je potrebno modelirati
- Utvrđivanja ključnih veza i odnosa unutar sustava koji su bitni za njegovo pravilno funkcioniranje
- Izrade modela
- Uspoređivanja modela sa specifikacijama
- Vjerodostojnosti modela u odnosu na stvarnost

Prilikom izrade veoma je bitno da podaci koji se unose budu točni i na pravilan način uneseni. Potrebno je voditi računa i o količini podataka i da ta količina bude optimalna što je određeno opsegom projekta za koji se model izrađuje. Prema tome se modeli mogu podijeliti na:

- Mikroskopske modele
- Mesoskopske modele
- Makroskopske modele

Razlika između pojedinih modela je u količini potrebnih podataka. Mikroskopski modeli zahtijevaju najveću količinu podataka jer se radi u mreži koja sadrži veliku količinu detalja. Makroskopski modeli sadrže najmanje informacija, ali služe prikazivanju većih modela poput željezničke mreže cijele države.<sup>14</sup> Takvi modeli ne zahtijevaju veliku preciznost. Mesoskopski modeli prema količini podataka nalaze se između mikroskopskih i makroskopskih modela pružajući srednju kombinaciju podataka. Shematski prikaz vrste modela nalazi se na slici 7.



**Slika 7. Shematski prikaz vrste modela**  
*Izvor: Alfons Radtke: Lecture Railway Operation, Leibnitz University, 2009.)*

## 4.2. Programski paket RailSys

Railsys je simulacijski programski paket koji se upotrebljava za simulaciju i optimizaciju željezničkog prometa. Program je razvijen od strane njemačke konzultantske firme RMCON i Sveučilišta u Hannoveru. Danas ga koriste razni svjetski fakulteti, instituti, brojne željezničke kompanije, konzultantske firme i dr. Neki od njih su:

<sup>14</sup> Hans – Peter Huber, Georg Wilfinger; Integration – Enhancements for Microscopic and Macroscopic Railway Infrastructure Planning Models

- Deutsche Bahn AG
- Hamburg Port Authority
- Bremer Straßenbahn AG
- S-Bahn Berlin GmbH
- S-Bahn München GmbH
- Stadtbahn Saar
- WeserBahn GmbH
- DB Regionalbahn Rhein-Ruhr GmbH
- DB International GmbH
- DB ProjektBau GmbH
- Fraunhofer-Institut Materialfluss und Logistik IML, Projektzentrum Verkehr, Mobilität und Umwelt
- S-Bahn Tunnel Leipzig GmbH
- Bayerische Eisenbahngesellschaft mbH
- Rhein-Main-Verkehrsverbund GmbH
- Technische Universität Berlin
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt Braunschweig
- Universität der Bundeswehr München i mnogi drugi.<sup>15</sup>

Programski paket sastoji se od nekoliko programa koji su međusobno povezani preko baze podataka koja sadrži podatke o infrastrukturi, karakteristike vučnih i vučenih sredstava, karakteristike signalno sigurnosnih uređaja, vozne redove i ostalo. Infrastruktura se unosi putem programskog alata „Infrastrukturni menadžer“, vozila, vozni red i simulacije provode se i „Menadžeru za vozni red i simulacije“ i na kraju vrednovanje simulacija u alatu „Menadžer vrednovanja“.<sup>16</sup> Svaki programski alat biti će objašnjen u poglavljima koja slijede.

Osnovna ideja programa je sljedeća:

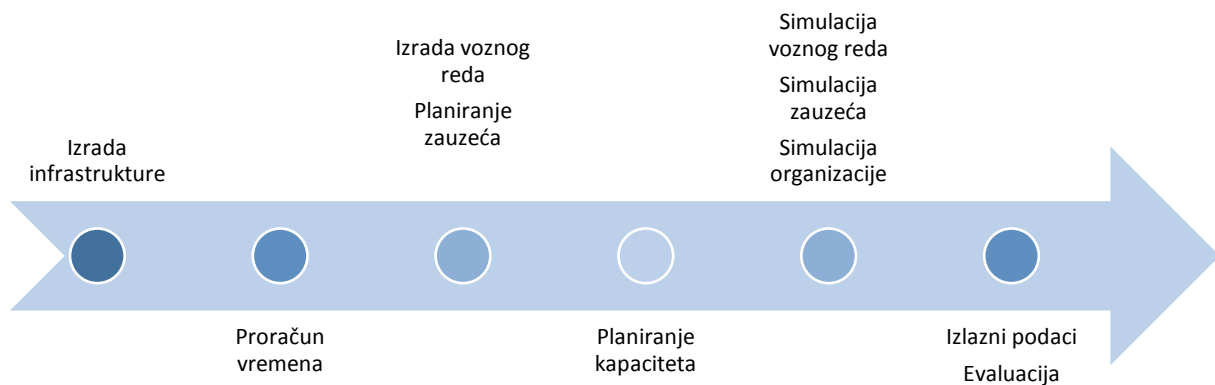
U programsko sučelje unosi se infrastruktura na koju se zatim unose podaci o signalno sigurnosnim uređajima, prostornim odsjecima i svi ostali podaci potrebni za proračun voznih vremena. Nakon toga unosi se vozni park odnosno karakteristike vučnih i vučenih vozila.

---

<sup>15</sup> [www.rmcon.de](http://www.rmcon.de)

<sup>16</sup> Railsys 6.0 User Manual, March 2008.

Kada su isti uneseni može se započeti sa izradom voznog reda, planiranje prometa, kapaciteta te naposljetku evaluacijom. Slijed događaja prikazan je na Slika 88.



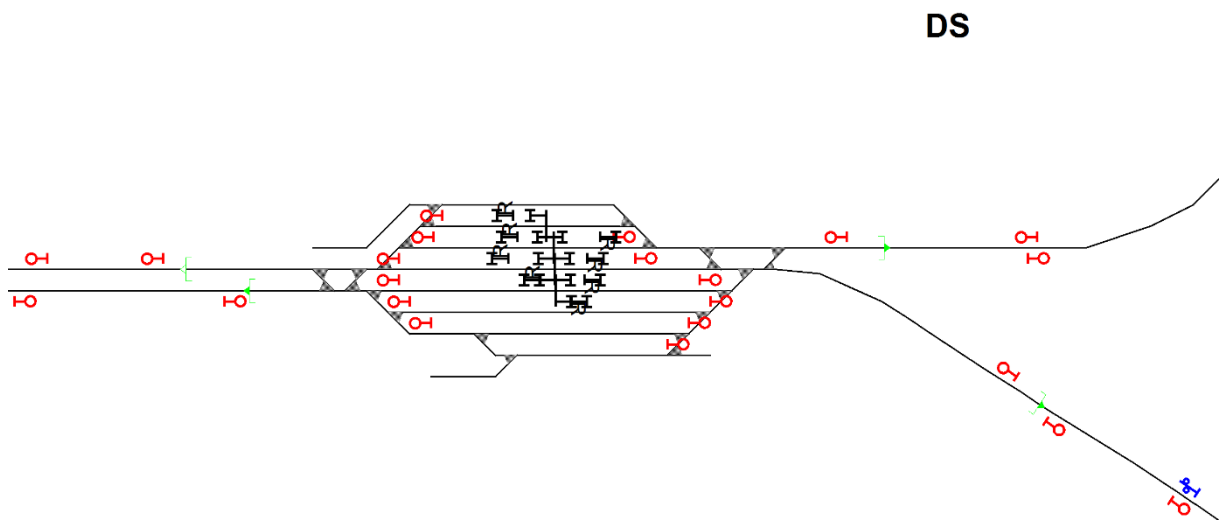
**Slika 8. Shematski prikaz izrade i evaluacije modela**

*Izvor: Izradili autori*

Vidljivo je da infrastruktura predstavlja polazišnu točku čitavog modela. U svakom dijelu moguće je mijenjati karakteristike te parametre koji potencijalno mogu utjecati na krajnji rezultat. Na taj se način može simulirati što bi se dogodilo kada bi se izvršile promjene primjerice na infrastrukturi, voznom redu, vozilima i slično.<sup>17</sup> Detaljnije o mogućnostima biti će opisano u poglavljima koja slijede.

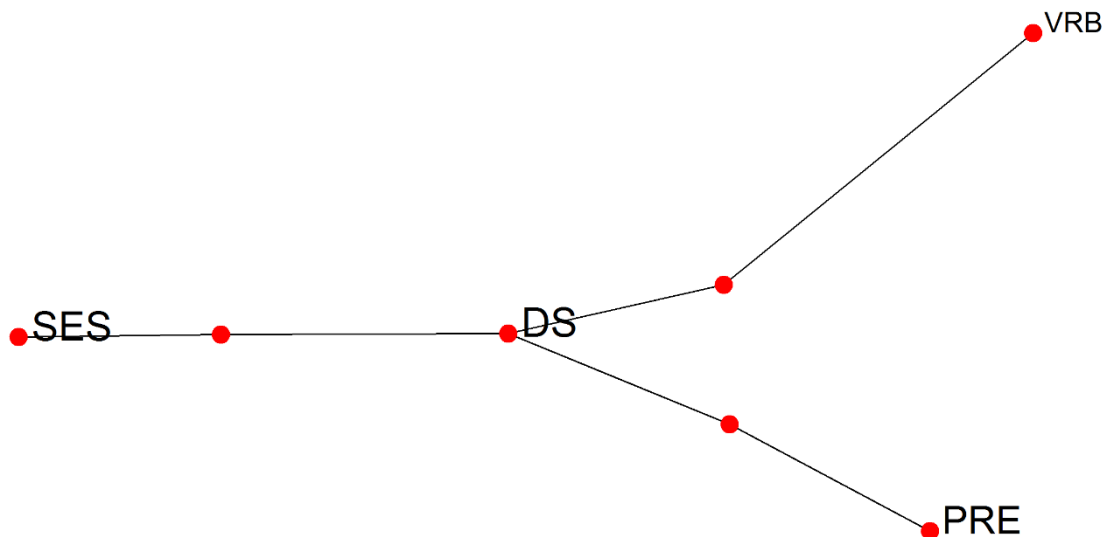
Prilikom izrade simulacijskog modela korisnik može birati između tri načina rada: mikroskopski prikaz cijele mreže, mikroskopski prikaz linija i makroskopski prikaz cijele mreže. Mikroskopski način rada koristi se prilikom izrade manjih sustava i kod njega je moguće ostvariti detaljniji pristup nego u makroskopskom načinu rada (npr. kolodvorsko područje, otvorena pruga i sl.) što je prikazano na slici 9.

<sup>17</sup> Railsys 6.0 User Manual, March 2008.



**Slika 9. Prikaz mikroskopskog načina rada u programskom paketu Railsys**  
 Izvor: Izradili autori

Makroskopski prikaz koristi se primjerice prilikom izrade nacionalnih modela odnosno modela kod kojih je potreban pojednostavljen shematski oblik (slika 10).



**Slika 10. Prikaz makroskopskog načina rada u programskom paketu Railsys**  
 Izvor: Izradili autori

#### 4.2.1. Infrastrukturni menadžer

Prvi dio programskog paketa Railsys naziva se Infrastrukturni menadžer. On predstavlja polazišnu točku jer se putem njega unosi željeznička infrastruktura. Korisnik unosi sljedeće podatke:



- Kilometarski položaj svake točke u kojoj dolazi do promjene nagiba, radijusa i sl.
- Duljine dionica odnosno dijelova kolosijeka, prijelaznih lukova, kružnih lukova i sl.
- Uspone i padove dijelova kolosijeka
- Radijuse zavoja i prijelaznih lukova
- Iznose nadvišenja kolosijeka u zavojima
- Vrsta elektrifikacije
- Nosivost po osovini<sup>18</sup>
- Ograničenja brzine
- Položaje i karakteristike skretnica, križišta, okretnica i sl.
- Vrstu signalno sigurnosnog uređaja
- Položaje i vrste signala (izlazni, ulazni, prostorni, zaštitini i sl.)
- Zaustavne točke unutar kolodvorskog područja
- Korisne duljine kolosijeka i sve ostale parametre koji su bitni za provođenje koraka koji slijede.

Program u sebi posjeduje mnoge moderne signalno sigurnosne sustave poput:

- M/P signalni sustav s PZB 90 i putom proklizavanja
- Automatsko upravljanje vlaka (ATC – Automatic Train Control)
- Mnogostruki aspekt signalizacije
- Pokretni blokovi (eng. Moving block)
- Vožnja bez signalizacije (prea vidljivosti – tramvjaski sustav) te
- Signalni sustav s petljama i balizama (ATC Danska, ATC Švedska, ETCS (European Train Control System))

Veličina mreže koja se unosi nije ograničena odnosno moguće je unositi željezničke mreže manjih prostornih jedinica, regionalnih pa čak i državnih mreža. Jedini ograničavajući faktor pritom je memorija uređaja na kojemu se izrađuje simulacija. Infrastrukturu je moguće mijenjati naknadno.

---

<sup>18</sup> Railsys 6.0 User Manual, March 2008.

#### 4.2.2. Menadžer za vozni red i simulacije

Drugi dio programskog paketa naziva služi za izradu modela i unos svih podataka koji su vezani za izradu voznog reda poput:

- Vučna vozila
  - Model
  - Masa
  - Duljina
  - Maksimalna brzina
  - Vučna sila ubrzanja
  - Koeficijent kočenja
- Vučena vozila
  - Masa
  - Duljina
- Vrste vlakova
- Karakteristike pojedine vrste vlakova (npr. Brzi, ekspresni, EuroCity, InterCity i sl.)
- Vozni red i ostali bitni parametri.

Prilikom unosa voznog reda bitno je voditi računa o vremenima odlaska i dolaska vlaka u kolodvore i stajališta, vremenima zadržavanja u kolodvorima, prolaznim kolosijecima kroz kolodvor i dr. Tijekom unosa voznog reda automatski se prikazuje:

- Grafički prikaz voznog reda sa prikazom dionice pruge i trenutnim zauzetećem pruge
- Dopuštena maksimalna brzina vlaka i stvarna brzina vlaka
- Rute vlakova u mrežnom prikazu i sl.

Ovaj alat, kao što je spomenuto, povezan je sa Infrastrukturnim menadžerom i prilikom njegovog otvaranja testirase ispravnost infrastrukture. Ukoliko u infrastrukturnom menadžeru postoje greške korisnik nije u mogućnosti otvoriti Menadžer za vozni red i simulacije. Slično je i sa koracima unutar ovog alata, primjerice, ukoliko postoji konflikt (tzv. deadlock) između dvaju vlakova sučelje automatski javlja korisniku na kojem mjestu je došlo do problema te je korisnik u mogućnosti ispraviti grešku. Dodatna mogućnost ovog alata je simulacija voznog reda u periodu od 60 dana čime je moguće dobiti podatke o dugoročnoj stabilnosti i slabim točkama voznog reda.

Vozni red moguće je ispisati u grafičkom obliku.

#### 4.2.3. Menadžer vrednovanja

Menadžer vrednovanja predstavlja posljednji alat programskog paketa Railsys. Tijekom simulacije voznog reda program sprema informacije o vremenima odlaska, dolaska te prolazna vremena. Bilježenjem tih podataka stvara se baza podataka koja nudi analizu u obliku:

- Kašnjenje vlakova u odlasku i dolasku
- Kritične točke sustava ili tzv. „uska grla“
- Prosječno kašnjenje pri zadržavanju u kolodvoru ili stajalištu i
- Dodatna kašnjenja nastala radi izvanrednih situacija koja su se dogodila tijekom provođenja simulacije

Dobivene podatke moguće je uspoređivati u obliku tablica i grafikona.

#### 4.3. Primjena rezultata računalnih modela u željezničkom prometu

Nakon uspješne izrade modela te dobivanja baze podataka o raznim parametrima mreže i voznog reda pristupa se evaluaciji dobivenih podataka. Na temelju dobivenih podataka moguće je analizirati sljedeće:

- Stabilnost voznog reda – simuliranje voznog reda u određenom vremenskom razdoblju te dobivanje podataka o njegovoj stabilnosti. Moguće je vršiti promjene voznog reda i u stvarnom vremenu dobiti informacije o tome kako provedene promjene utječu na vozna vremena, kašnjenja i ostale parametre.
- Ispitivanje incidentnih situacija – u današnje vrijeme velika se važnost pridodaje sigurnosti prometa. Pomoću simulacija moguće je simulirati incidente situacije te dobiti informacije o potencijalnim zagušenjima mreže prilikom izvanrednog događaja. Pomoću podataka dobivenih iz simulacije moguće je odrediti slabe točke sustava za zaštitu i spašavanja i utjecati na poboljšanje cijelog sustava prije nego se izvanredni događaj dogodi smanjujući pritom rizik od štete i ljudskih žrtava.
- Optimizacija voznog reda – korištenjem rezultata simulacije moguće je odrediti potencijalne prilike i prijetnje u voznom redu koje se mogu iskoristiti za povećanje obujma prometa i usluge. U ovom pogledu jako je bitno provoditi optimizaciju posebno zbog skupe izgradnje infrastrukture – važno je maksimalno iskoristiti postojeću infrastrukturu

- Simulacija utjecaja zatvora pruge – moguće je izraditi simulacije zatvora dionica pruge te na temelju toga dobiti informacije o kapacitetu koji će biti na raspolaganju tijekom provođenja remonta.

Programskim paketom Railsys moguće je planirati, testirati i simulirati sve vrste simulacija ovisno o potrebama korisnika. Vidljivo je da program nudi beskonačan broj mogućnosti koje mogu poboljšati uslugu, smanjiti troškove i povećati sigurnost.

## 5. SIMULACIJSKI MODEL ČVORA DUGO SELO

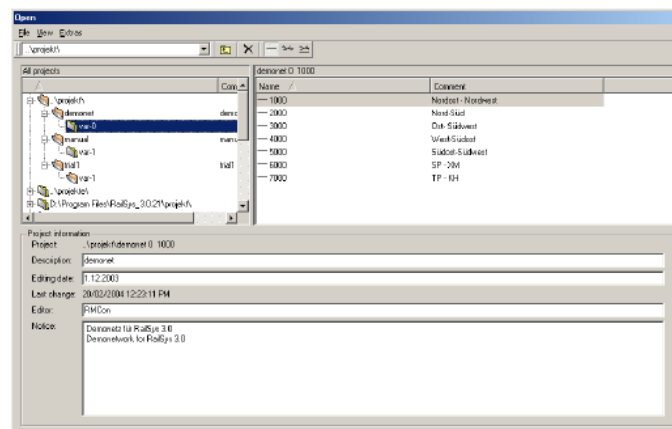
U ovom poglavlju željeznički čvor Dugo Selo unosi se u programski paket RailSys sa kompletnom infrastrukturom i postojećim voznim redom, te se u drugom dijelu poglavlja ucrtava drugi kolosijek do Vrbovca i unosi još vlakova u vozni red kako bi se u nastavku usporedili kapaciteti postojećeg i budućeg stanja.

### 5.1. Izrada simulacijskog modela postojećeg stanja

Izrada simulacijskog modela započela je izradom željezničke infrastrukture korištenjem programskog alata „Infrastrukturni menadžer“ koji se nalazi u sklopu programskog paketa RailSys 6.4.0.

#### 5.1.1. Izrada željezničke infrastrukture

Nakon otvaranja alata „Infrastrukturni menadžer“ automatski se pojavljuje i sučelje za kreiranje novog projekta što je moguće izvesti odabirom naredbe „Generate new project“ nakon prethodnog određivanja lokacije na koju će se projekt spremi (slika 11.).



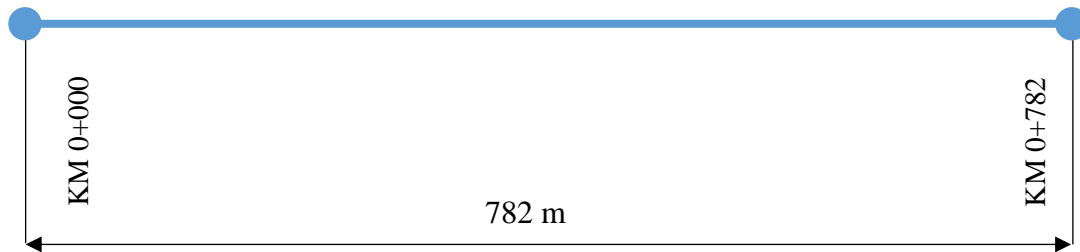
Slika 11. Prikaz sučelja za kreiranje novog ili odabir postojećeg projekta

Izvor: RailSys manual

Nakon kreiranja projekta pristupa se kreiranju varijante te linije. Jednom kada su navedeni parametri kreirani može se pristupiti izradi infrastrukture.

Osnovni princip izrade infrastrukture baziran je na linkovima i čvorovima. Jedan link spaja dva susjedna čvora. Čvorovi predstavljaju karakteristične točke na željezničkoj pruzi u kojima se događa promjena (promjena radijusa, luka, nagiba, lokacija signala i sl.). Svaki čvor određen je kilometarskim položajem. Linkovi predstavljaju manje dionice kolosijeka

specifičnog nagiba, duljine, nosivosti i ostalih bitnih karakteristika.<sup>19</sup> Crtanje pruge započinje kreiranjem prvog čvora te iz kojega kreće crtanje linkova. Linkovi se nadovezuju jedan da drugog i tako tvore dionicu pruge. Na primjeru prikazanom na slici 12. vidljivo je da je početni čvor u KM 0+000 dok je susjedni čvor u KM 0+782. Duljina linka koji spaja ta dva čvora iznosi 782m što je u skladu sa stacionažom drugog čvora.



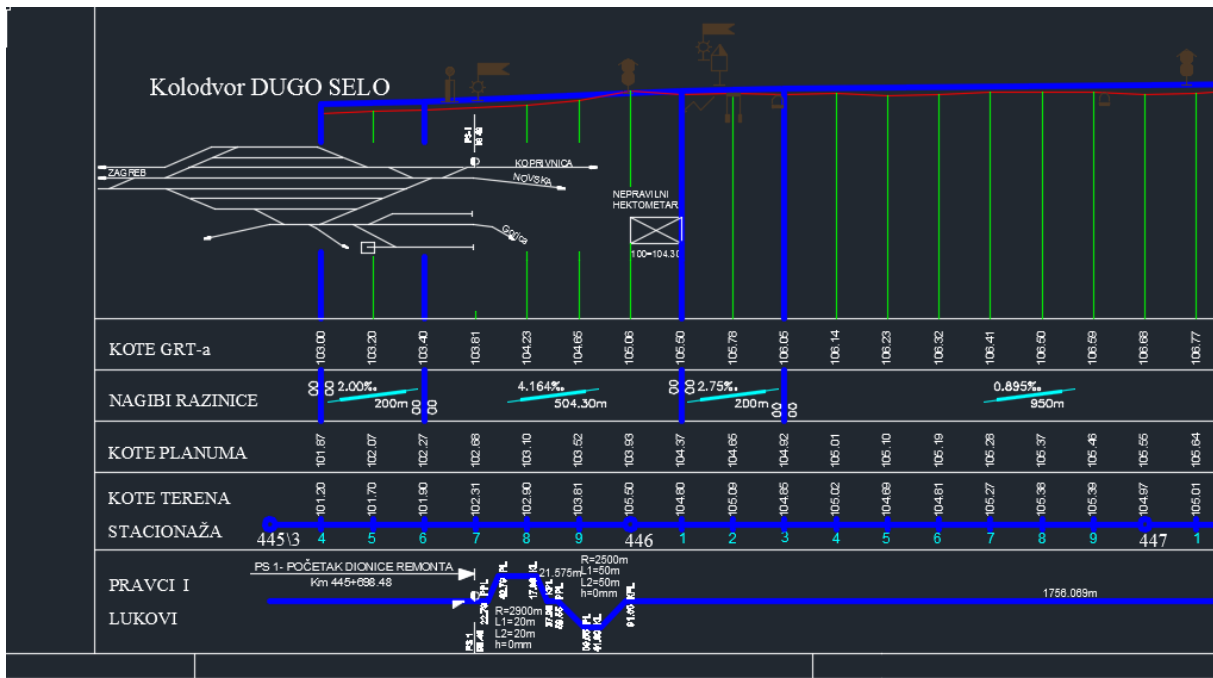
**Slika 12. Primjer spajanja čvorova sa linkom**

*Izvor: Izradili autori*

Prilikom kreiranja linkova automatski se kreira tablica sa podacima o svakom linku. Za svaki link moguće je odrediti podatke opisane u prijašnjim poglavljima. Karakteristike svake dionice moguće je umetnuti u obliku tablice ili unositi ručno što je bilo primjenjeno u ovom slučaju. Cijela pruga unesena je ručno koristeći uzdužni profil pruge. Iz uzdužnog profila očitavane su vrijednosti poput duljine dionice, uspon ili pad dionice, radijus zavoja, duljina prijelazne rampe, duljina kružnog luka i dr. (slika 13.).

---

<sup>19</sup> Departamento de Sistemas Informaticos y Computacion, Universidad Politecnica de Valencia, Technical Report, Valencia, Spain, 2007.

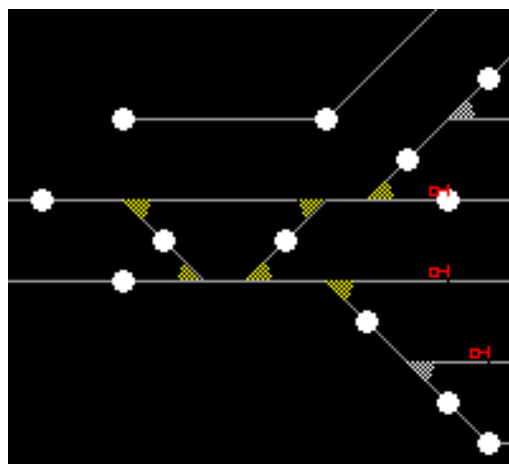


Slika 13. Primjer izgleda nacрта u programu AutoCAD

Izvor: Izradili autori

Dionice su unošene na način da se upisivala njihova duljina te je nakon završetka veće dionice generirana stacionaža svakog čvora. Važno je paziti da duljine dionica odgovaraju kilometarskim položajima čvorova posebno kada se radi o zavojevima koji se nalaze na istom nagibu razinice. Tada je potrebno izračunati duljine manjih dionica, prijelaznih rampi, lukova i sl.

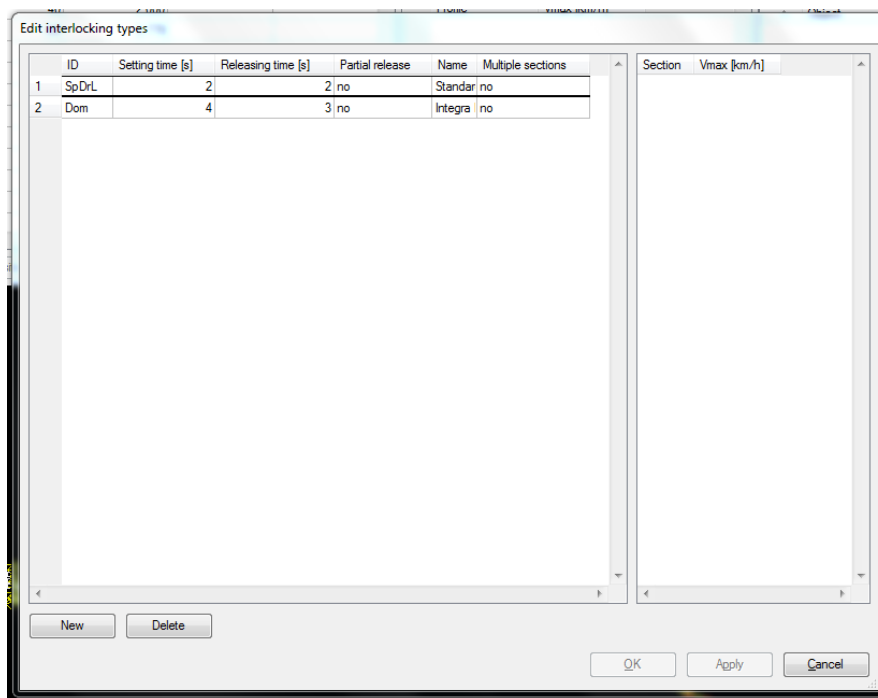
Kolodvori se unose na isti način kao i otvorena pruga. U kolodvorima se češće pojavljuju skretnice koje su zapravo čvorovi sa više od dva linka. Kreiranjem jednog čvora i tri linka program automatski prepoznaje da se radi o skretnici (Slika 14.).



Slika 14. Primjer izgleda skretnica

Izvor: Izradili autori

Nakon što je unesena osnovna infrastruktura potrebno je odrediti tip signalno sigurnosnog uređaja. U karakteristikama je potrebno odrediti vrijeme postavljanja puta vožnje i vrijeme razrješenja. Unesen je signalno sigurnosni uređaj tipa Lorentz sa vremenom postavljanja u trajanju dvije sekunde i vremenom razrješenja dvije sekunde (slika 15.). Nakon toga moguće je unositi signale. Informacije o položajima signala u kolodvorima i otvorenoj pruzi uzete su iz poslovnih redova kolodvora. Za svaki signal kreiran je čvor kojemu je pridružen signal određenog tipa – izlazni, ulazni, prostorni i predsignal. Signalu je određena vrsta signalno sigurnosnog uređaja kojem pripada.



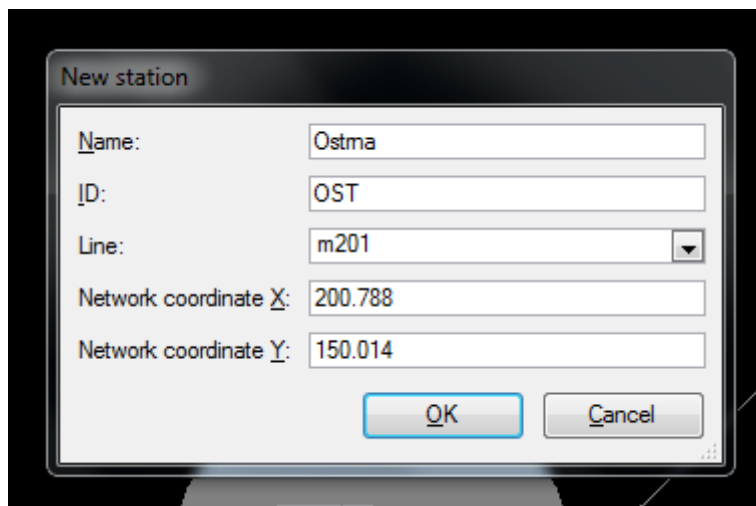
**Slika 15. Unos tipa signalno sigurnosnog uređaja**

*Izvor: Izradili autori*

Nakon izrade signala kreirane su blokovne sekcije (*engl. block sections*) koje predstavljaju dionice između dva susjedna signala u istom smjeru.

Vlak može stati samo u kolodvoru ili stajalištu pa ih je u izradi modela bilo potrebno kreirati. To je izvršeno naredbom „*Edit stations*“ u kojoj se odredi ime službenog mjesta, skraćeni naziv službenog mjesta, na kojoj pruzi se nalazi te koje su njegove koordinate (Slika 166.).





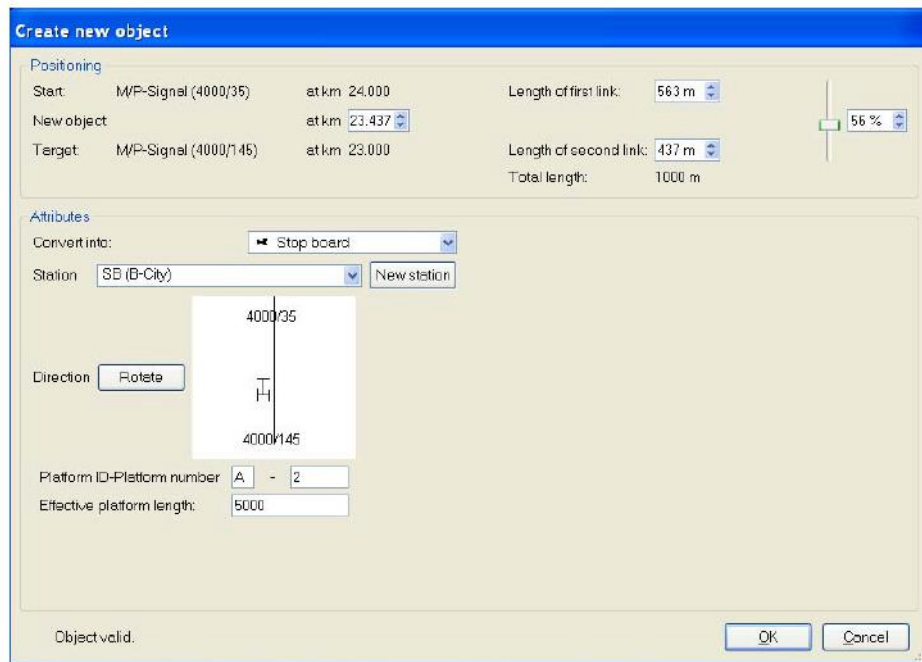
**Slika 16.** Izgled sučelja za kreiranje službenog mjesta

*Izvor: Izradili autori*

Unutar kolodvora ili stajališta potrebno je kreirati položaj mjesta na kojemu se vlak zaustavlja. Mjesto zaustavljanja ovisi o namjeni kolosijeka i o vrsti vlakova koji na njega pristižu. Kreira se naredbom „*Create new object*“ gdje je moguće odabrati:

- Mjesto zaustavljanja za sve vlakove
- Mjesto zaustavljanja samo za putničke vlakove
- Mjesto zaustavljanja samo za teretne vlakove

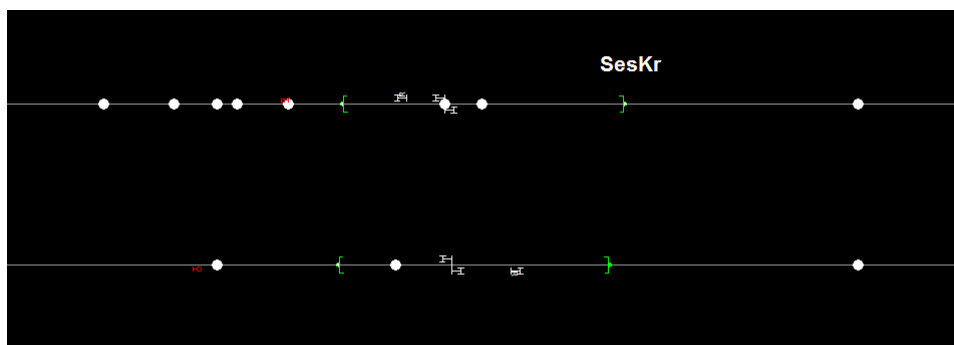
Također je potrebno odrediti kolodvor ili stajalište u kojemu se kreira mjesto zaustavljanja, skraćeni naziv perona te duljinu perona. Sve informacije o jednom mjestu zaustavljanja povezane su sa točnom lokacijom koje je određeno kilometarskim položajem. Prikaz sučelja prikazan je na slici 17.



**Slika 17. Prikaz sučelja za kreiranje mjesta zaustavljanja**

*Izvor: Railsys manual*

Sljedeći korak u izradi modela je kreiranje granica kolodvora. Ono se vrši putem sučelja koje je slično prethodnom sučelju. Nužno je odrediti kilometarski položaj granice, kolosijek, broj spojne linije te je jako bitno paziti na orijentaciju simbola koji mora biti okrenut suprotno od kolodvora. Primjer već kreiranih granica nalazi se na slici 18.



**Slika 18. Primjer izgleda granica kolodvora ili stajališta**

*Izvor: Izradili autori*

Kako bi vlak mogao koristiti kolosijeke unutar kolodvorskog područja potrebno je relacije unutar kolodvora. One se određuju jednostavnim označavanjem relacije. Svakoj relaciji određuje se jedinstveno ime te namjena (teretni promet, putnički promet i sl.). Ovim korakom završena je izrada infrastrukturnog modela nakon čega se pristupa izradi voznog reda i ostalim segmentima izrade modela.

### 5.1.2. Definiranje vučnih vozila i vrsta vlakova

Nakon što se izradi infrastrukturni model, on se učitava pomoću „Menadžera za vozni red i simulacije“ („*Timetable and Simulation Managera*”). U ovoj fazi pristupa se izradi voznog reda na danoj infrastrukturi, a prvi korak je definiranje karakteristika vučnih vozila.

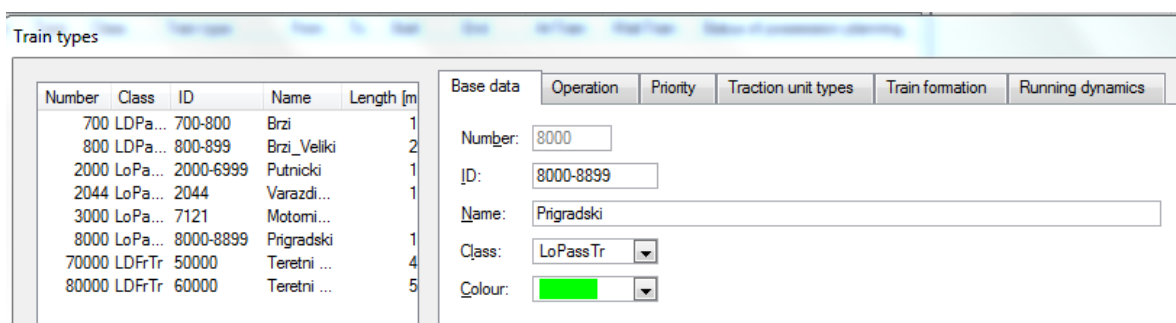
Ovdje se unose svi podaci o vučnom vozilu koji su relevantni za vozne karakteristike (maksimalne brzine, mase vozila, adhezijske mase, vrste vuče, duljine vozila, broj osovina, vučni dijagrami i sl.).

Nakon unosa vučnih vozila potrebno je definirati cijele vlakove. U RailSys programskom paketu potrebno je definirati vrstu vlaka, a nakon toga se određena vrsta vlaka uvrštava u vozni red sa pripadajućim brojem vlaka.

Unos i izrada vrste vlaka unosi se na način da se unesu sljedeći podaci:

- Duljina sastava
- Tara masa sastava
- Neto masa sastava
- Broj osovina
- Vučno vozilo
- Kategorija vlaka
- Naziv

Na slici 19. prikazane su vrste vlakova definirane u ovoj simulaciji. Može se primjetiti da su stvorene dvije vrste teretnih vlakova, pet vrsta putničkih vlakova te jedna vrsta prigradskog vlaka.

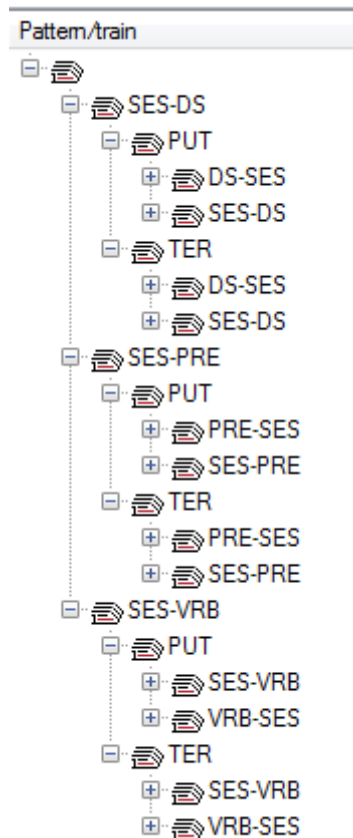


Slika 19. Vrste vlakova korištene u simulaciji

Izvor: Izradili autori

### 5.1.3. Unos vlakova u vozni red

Kada se definiraju sve vrste vlakova koje prometuju na području ucrtanom u “Infrastrukturnom menadžeru”, pridodaju im se prometne karakteristike i uvodi ih se pod određenim i jedinstvenim brojem vlaka. Prije unosa vlakova, potrebno je definirati datoteke za određene kategorije vlaka.



Slika 20. Kategorije vlakova kreirane u simulaciji

Izvor: Izradili autori

Kategorije vlakova rade se u opciji “Train pattern hierarchy”. U ovom modelu vlakovi su podijeljeni prvo po relacijama putovanja:

- SES-DS (Sesvete – Dugo Selo)
- SES-PRE (Sesvete – Prečec)
- SES-VRB (Sesvete – Vrbovec)

U svakoj od navedenih kategorija daljnja podjela je na putničke i teretne vlakove, a u obje kategorije vrši se podjela na dva dijela ovisno o smjeru putovanja što je detaljno prikazano na slici 20.

Sljedeća faza je definiranje vlaka. Prvi korak koji program nameće je odabir vrste vlaka i relacije njegova putovanja. Nakon toga unose se vremena dolaska i odlaska sa svih stajališta kroz koja vlak prolazi. U ovom sučelju omogućava se i odabir kolosijeka u svakom stajalištu na kojem će se vlak zaustaviti ili kroz koji će proći. Ukoliko se vlak ne zaustavlja na stajalištu, vremena se ne unose te prilikom simulacije vlak samo prođe kroz stajalište. Sljedeći korak je stvaranje vlaka sa prethodno izabranim obilježjima na način da se unese broj i varijanta vlaka koja mora biti jedinstvena u cijeloj simulaciji. Kao dodatne opcije može se odrediti kojim danima vlak vozi ili istodobno unošenje više vlakova, što se primjenjuje u slučaju taktnog voznog reda. Istim postupkom upisuju se i ostali vlakovi, a njihove putanje automatski se ucrtavaju u grafikon voznog reda. Podaci za svaki vlak prilikom izrade voznog reda postojećeg stanja uneseni su iz Knjižice voznog reda za teretne i putničke vlakove za vozni red 2015./2016.. Na slici 21 prikazan je primjer unosa vlaka u vozni red. Nakon što se vlakovi unesu u program, moguće je provjeriti i korigirati vremena zadržavanja i vremena putovanja.

Base data

Train type: 8000/8000-8899

Station

Name: Dugo Selo

ID: DS

Route

	Station	Platfm	Line	Train route	Amval	Depart.	SchDw [s]	MinDw [s]
1	DS	K-6	m201	Ses_DS_Vrb_		5:54:00		
2	Bož	P-3	m201	DS_Bož_Vrb_	5:59:00	6:00:00		
3	VRB	K-2	m201	DS_Vrb_2	6:08:00	6:09:00	0	

**Create train**

Single train

Base data

Starting time [hh:mm:ss]: 5:54:00

Train number

Train number/variant: 2016 3

**Slika 21. Primjer unosa vlaka u vozni red**

*Izvor: Izradili autori*

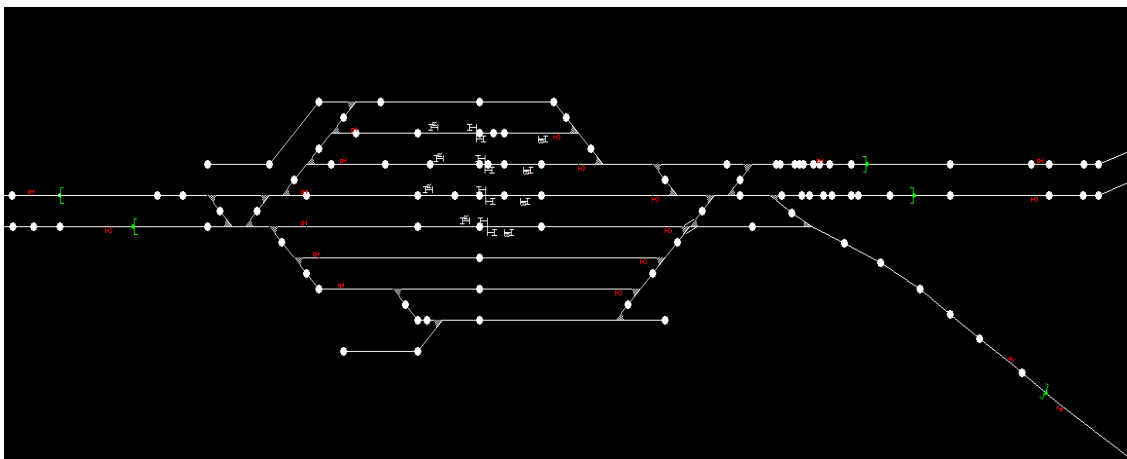
Kad se svi vlakovi iz voznog reda unesu, završava izrada postojećeg modela i model se može provesti kroz simulaciju što je opisano u šestom poglavlju.

## 5.2. Izrada simulacijskog modela budućeg stanja

Za izradu simulacijskog modela budućeg stanja potrebno je nadograditi infrastrukturni model postojećeg stanja. U skladu s najavljenim radovima HŽ Infrastrukture o obnovi postojećeg i izgradnji drugog kolosijeka od Dugog Sela prema Vrbovcu, u samim kolodvorima se nisu radile značajne promjene, osim izgradnje drugog kolosijeka i određenih izmjena u voznome redu jer je cilj rada utvrđivanje kapaciteta kolodvora na promatranom dijelu mreže, a ne formiranje budućeg izgleda kolodvora.

### 5.2.1. Izmjena kolodvora Dugo Selo

Prilikom izrade novog modela infrastrukture krenulo se od kolodvora Dugo Selo. Početak novog kolosijeka duljine prema Vrbovcu napravljen je u produžetku četvrtog prolaznog kolosijeka kolodvora Dugo Selo te na njemu u KM 83 + 763 započinje jednokolosiječna pruga M103 prema kolodvoru Prečec. U nastavku petog kolosijeka dvostrukom dvostranom skretnicom je s ostatkom kolodvora spojen izvlačnjak za obavljanje mogućeg manevarskog rada u kolodvoru Dugo Selo, a njegov kraj je spojen sa prugom M103. Na slici 22. može se vidjeti izgled novog stanja infrastrukture u spomenutom kolodvoru.



Slika 22. Promijenjen izgled kolodvora Dugo Selo

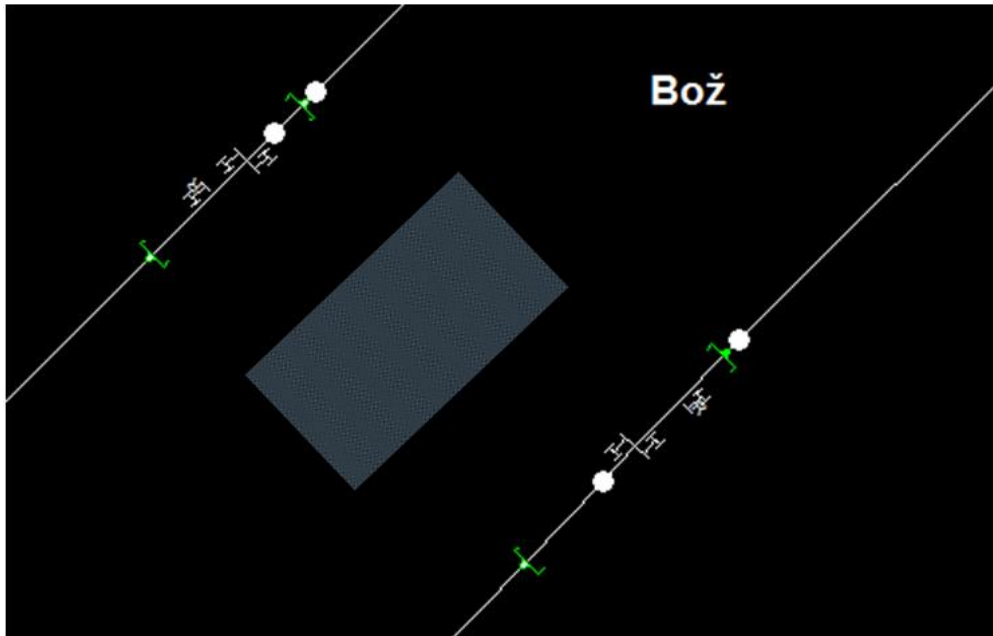
Izvor Izradili autori

### 5.2.2. Izrada drugog kolosijeka između kolodvora Dugo Selo i Vrbovec

Novi kolosijek za smjer Dugo Selo – Vrbovec, koji započinje u kilometarskom položaju KM 445+627 pruge M201, duljine je 15.273 km i završava unutar kolodvorskog područja kolodvora Vrbovec u KM 460 + 900. Navedeni kolosijek je elektrificiran i projektiran za brzinu od 120 km/h, te je na njemu predviđeno nekoliko željezničko-cestovnih prijelaza. Također, predviđeno je korištenje tračnica S 49 (UIC 60) s pripadajućim pričvrsnim priborom na betonskim pragovima. U sklopu izmjena postojeća pruga će se koristiti samo za smjer

Vrbovec – Dugo Selo, a njezina najveća dopuštena brzina u napravljenoj simulaciji je 120 km/h.

Osim navedenih promjena, u stajalištu Božjakovina predviđena je izgradnja perona duljine 150 m i širine 3 m između postojećeg i novog kolosijeka što je vidljivo na slici 23.

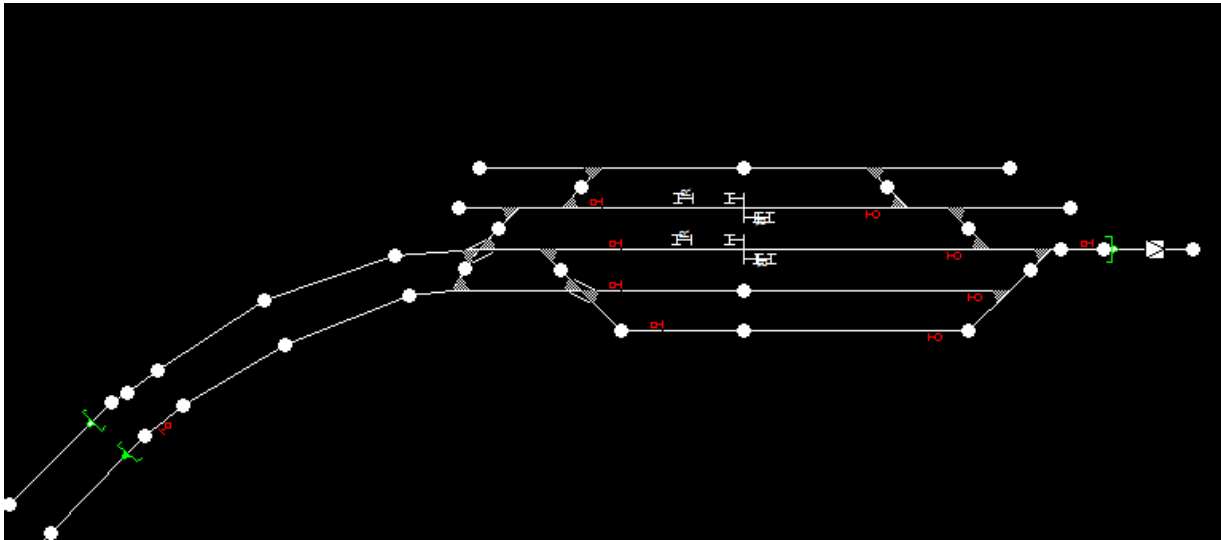


**Slika 23. Novo stanje stajališta Božjakovina**

*Izvor: Izradili autori*

### **5.2.3. Izmjena kolodvora Vrbovec**

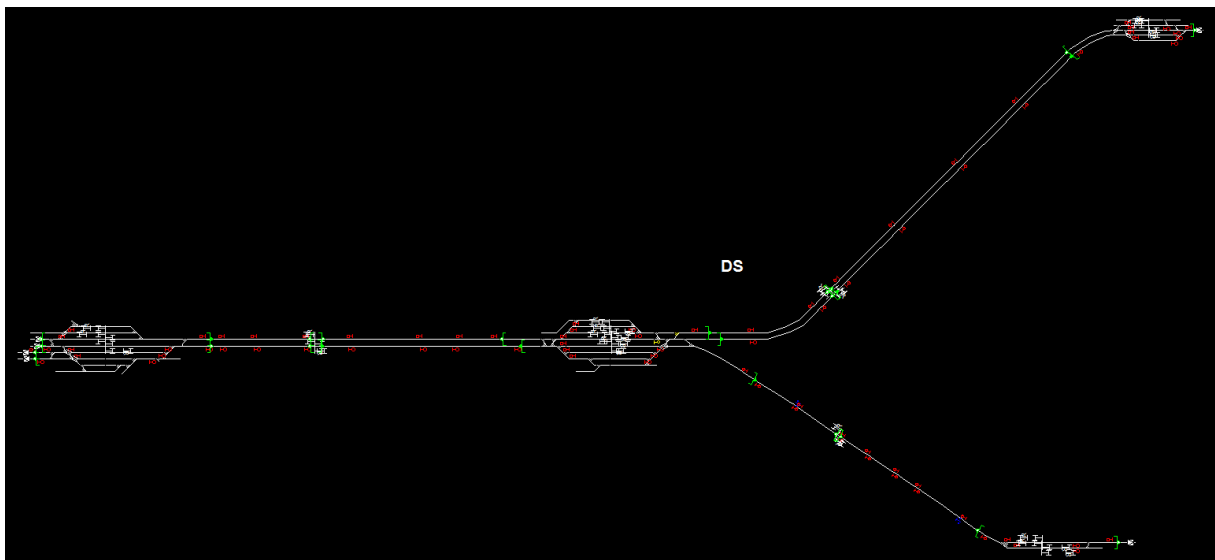
U kolodvoru Vrbovec predviđeno je da se novi kolosijek dvostrukom dvostranom skretnicom preko trećeg kolosijeka povezuje sa ostalim kolosijecima u kolodvoru, dok se njegovo neposredno produljenje na četvrti kolosijek, može koristiti za potrebe obavljanja manevarskog rada u kolodvoru. Na slici 24. prikazano je promjenjeno stanje kolodvora Vrbovec.



**Slika 24. Promijenjen izgled kolodvora Vrbovec**

*Izvor: Izradili autori*

Provedbom svih prethodno spomenutih promjena dobiva se novi infrastrukturni model čvora Dugo Selo, vidljiv na slici 25., te je moguće pristupiti prilagodbi postojećeg voznog reda.



**Slika 25. Infrastrukturni model novog stanja**

*Izvor: Izradili autori*

#### **5.2.4. Izmjene u postojećem voznom redu**

Nakon izrade infrastrukturnog modela budućeg stanja, potrebno je napraviti i prijedlog pripadajućeg novog voznog reda. U ovom modelu dio starog voznog reda je zadržan te je dodan dio novih vlakova. Vlakovi koji su zadržani su međunarodni putnički i teretni vlakovi jer njihovi vozni redovi ovise o voznom redu država kroz koje prolaze. Također je zadržana



većina vlakova na relaciji Sesvete – Prečec iz razloga što nisu napravljene nikakve promjene na tom dijelu infrastrukture.

Na relaciji Sesvete – Dugo Selo u oba smjera napravljen je taktni vozni red sa polascima vlakova u razmaku od 15 minuta. Dio vlakova preklapao se sa postojećim međunarodnim vlakovima ili vlakovima na relaciji Sesvete – Prečec te su novi vlakovi morali biti uklonjeni iz voznog reda. Na slici 26. prikazan je dio novog voznog reda. Parni vlakovi prometuju na relaciji Dugo Selo – Sesvete, a neparni vlakovi na relaciji Sesvete – Dugo Selo.

8000-8899 8112	8112	LoPassTr	8000/8000-8899 DS	SES	18:18:00	18:26:48	Operates	daily	unlimited	✓
8000-8899 8114	8114	LoPassTr	8000/8000-8899 DS	SES	18:33:00	18:41:48	Operates	daily	unlimited	✓
8000-8899 8122	8122	LoPassTr	8000/8000-8899 DS	SES	19:33:00	19:41:48	Operates	daily	unlimited	✓
8000-8899 8126	8126	LoPassTr	8000/8000-8899 DS	SES	20:03:00	20:11:48	Operates	daily	unlimited	✓
8000-8899 8134	8134	LoPassTr	8000/8000-8899 DS	SES	21:03:00	21:11:48	Operates	daily	unlimited	✓
8000-8899 8136	8136	LoPassTr	8000/8000-8899 DS	SES	21:18:00	21:26:48	Operates	daily	unlimited	✓
8000-8899 8144	8144	LoPassTr	8000/8000-8899 DS	SES	22:18:00	22:26:48	Operates	daily	unlimited	✓
8000-8899 8146	8146	LoPassTr	8000/8000-8899 DS	SES	22:33:00	22:41:48	Operates	daily	unlimited	✓
8000-8899 8148	8148	LoPassTr	8000/8000-8899 DS	SES	22:48:00	22:56:48	Operates	daily	unlimited	✓
SES-DS										
8000-8899 8001	8001	LoPassTr	8000/8000-8899 SES	DS	4:54:00	5:02:40	Operates	daily	unlimited	✓
8000-8899 8003	8003	LoPassTr	8000/8000-8899 SES	DS	5:09:00	5:17:40	Operates	daily	unlimited	✓
8000-8899 8005	8005	LoPassTr	8000/8000-8899 SES	DS	5:24:00	5:32:40	Operates	daily	unlimited	✓
8000-8899 8007	8007	LoPassTr	8000/8000-8899 SES	DS	5:39:00	5:47:40	Operates	daily	unlimited	✓
8000-8899 8009	8009	LoPassTr	8000/8000-8899 SES	DS	5:54:00	6:02:40	Operates	daily	unlimited	✓
8000-8899 8011	8011	LoPassTr	8000/8000-8899 SES	DS	6:09:00	6:17:40	Operates	daily	unlimited	✓
8000-8899 8013	8013	LoPassTr	8000/8000-8899 SES	DS	6:24:00	6:32:40	Operates	daily	unlimited	✓
8000-8899 8015	8015	LoPassTr	8000/8000-8899 SES	DS	6:39:00	6:47:40	Operates	daily	unlimited	✓

**Slika 26. Prikaz dijela novog voznog reda na relaciji Sesvete Dugo Selo**

*Izvor: Izradili autori*

Na relaciji Sesvete – Vrbovec također je napravljen taktni vozni red, ali vremenski razmak između polazaka vlakova postavljen je na 30 minuta. Zbog gore navedenog razloga, dio kreiranih vlakova također je morao biti uklonjen. Svi vlakovi u taktnom voznom redu uneseni su pomoću opcije unosa više jednakih vlakova, prilikom čega se definiralo vrijeme polaska prvog vlaka, vremenski razmak između polazaka vlakova te pravilo izmjene jedinstvenog broja svakog vlaka. U ovom slučaju određeno je da varijanta vlaka ostane ista, a da se broj vlaka sa svakim novim vlakom poveća za dva.

Posljednja izmjena postojećeg voznog reda bilo je uvođenje dodatnih teretnih vlakova u noćnim satima kada je broj putničkih vlakova minimalan.

## **6. USPOREDNA ANALIZA POSTOJEĆEG I BUDUĆEG STANJA**

### **6.1. Izračun kapaciteta pruge po UIC 406**

Kapacitet pruge definira se kao maksimalan broj vlakova koji mogu sigurno proći kroz određeni dio pruge unutar određenog vremenskog perioda (najčešće 1h), dok se kapacitetom kolodvora smatra maksimalan broj vlakova koje on može prihvatiti unutar 1h.<sup>20</sup> Nakon što se definiralo njegovo značenje, pojavila se potreba za razvojem metode koja bi omogućila njegov izračun i implementirala ga u nekom programu radi lakše upotrebe. Kao što je prethodno spomenuto, zbog novih je zahtjeva tržišta nastala objava UIC 406 za koprimiranje voznog reda koja je između ostaloga uključena u RailSys programski paket.

Prednost ove metode je što se komprimiranje obavlja za stvarni vozni red te se iz toga dobivaju praktični rezultati. Cilj metode je pružiti zajednički, univerzalni način procjene kapaciteta na različitim dionicama. To je posebno važno kada se računa kapacitet koridora koji prolaze kroz više željezničkih uprava. Za korištenje metode potrebno je razraditi vozni red te se na ograničavajućem blokovnom ili kolodvorskom razmaku vlakovi sabijaju onim redoslijedom kako su poredani tj. kako voze u voznom redu. Pruga se podijeli na dionice tamo gdje opterećenje mijenja za više od 10%. citirati

Zadatak ove metode je utvrditi postotak iskorištenja pruge te da li on prelazi, odnosno da li je ispod preporučene vrijednosti. Ukoliko je ispod preporučene vrijednosti tada kapacitet nije dovoljno iskorišten te postoji mogućnost uvođenja dodatnih vlakova. Kada je postotak iskorištenja iznad preporučene vrijednosti tada je pruga preopterećena što za posljedicu ima smanjenje kvalitete voznog reda. Preporučene vrijednosti za jednokolosiječnu prugu s mješovitim prometom iznose 75% u vršnom satu i 60% za cijeli dan, dok je kod dvokolosiječnih pruga preporučena vrijednost 100%<sup>21</sup>

### **6.2. Analiza simulacijskog modela postojećeg stanja**

Nakon što su uneseni svi podaci potrebni za dobivanje vjerodostojnog računalnog modela stvarnog stanja infrastrukture, vidljivog na slici 27., može se pristupiti njegovoj analizi. Kao što je prethodno spomenuto, za to se upotrebljava treći programski modul „Menadžer evaluacije“, međutim, on se neće koristiti u ovom slučaju jer je cilj ovoga rada utvrđivanje

---

<sup>20</sup>UIC, Capacity (UIC code 406). 2004, International Union of Railways (UIC): Paris, France

<sup>21</sup> Mandić D., Jovanović P., Bugarinović M.: Proračun propusne moći pruge Beograd – Niš primjenom metode UIC 406

razlika u dvije infrastrukture varijante, a ne provjera stabilnosti i robusnosti postojećeg voznog reda.



**Slika 27. Izgled infrastrukturnog modela postojećeg stanja**

*Izvor: Izradili autori*

Prilikom unosa vlakova radi kreiranja simulacijskog voznog reda prema stvarnom voznom redu, program sam upozorava na eventualne pogreške ili konflikte koji utječu na njegovu izvodljivost u za to namijenjenom programskom „prozoru“, a tek kada se sve one isprave, može se pristupiti simulaciji. Moguće je da se za vrijeme njena izvođenja pojavi određena nepravilnost, tzv. „deadlock“, koji predstavlja bezizlaznu situaciju jer ju program sam ne može razriješiti pa odmah zaustavlja simulaciju. Uzrok tome najčešće su istovremeni susreti dvaju vlakova na istom kolosijeku kod jednokolosiječne pruge ili u kolodvorima i stajalištima.

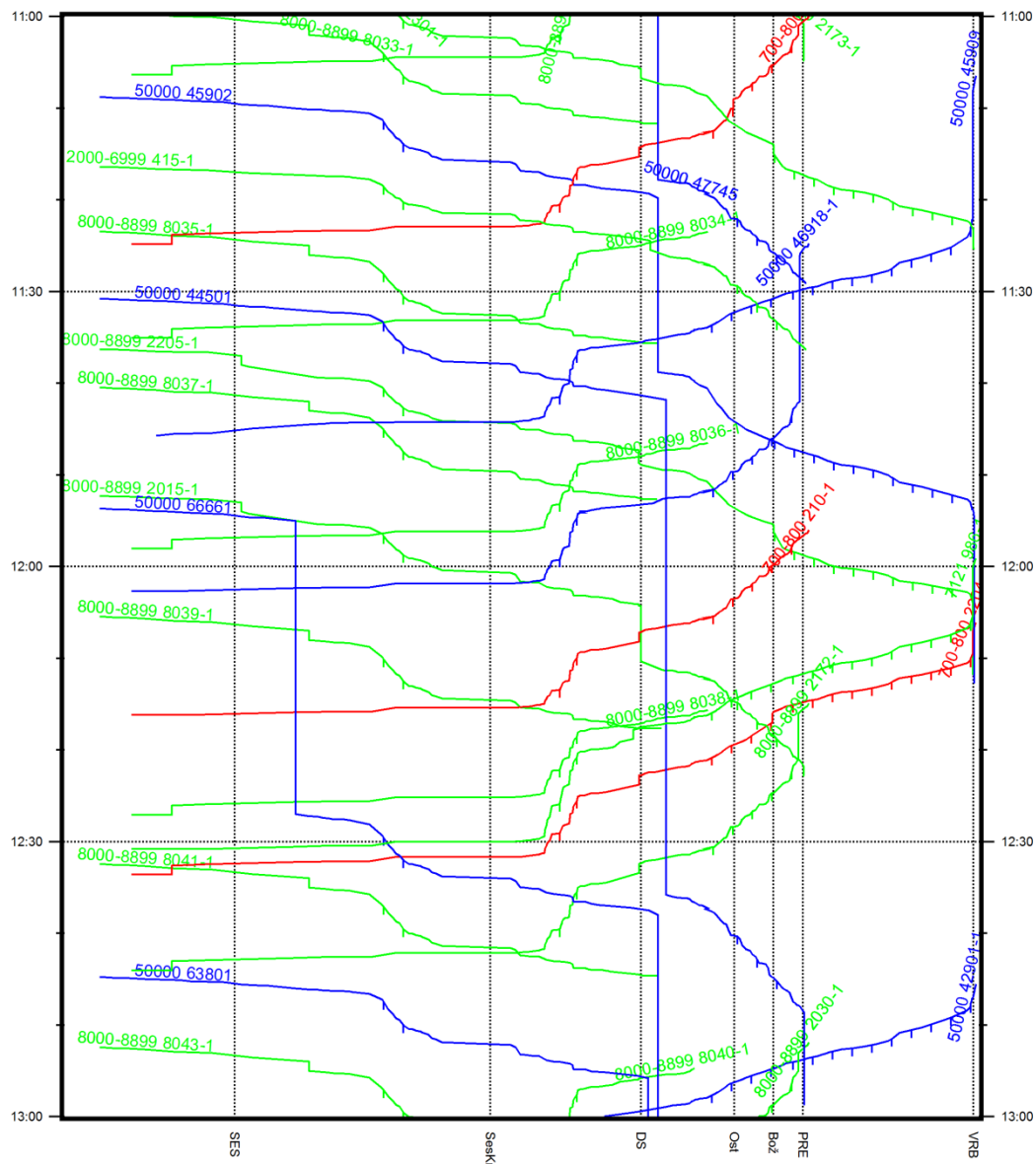
Izgled izvođenja simulacije u „Menadžeru za vozni red i simulacije“ vidljiv je na slici 28. S lijeve strane se u gornjem dijelu moguće je praćenje tijeka simulacije, tj. vremena početka simulacije, vremena završetka simulacije (oznaka „B“ označava da simulacija završava u ponoć), trenutnog vremena kod izvođenja simulacije te broja vlakova koji se tada nalazi na mreži, kao i reguliranje brzine simuliranja. U donjem dijelu se ispisuju vlakovi koji kasne te iznos, uzroci i drugi detalji njihova kašnjenja. Naravno, potrebno je napraviti vozni red koji neće generirati kašnjenja. S desne strane se paralelno s izvođenjem simulacije interaktivno se prikazuje kretanje vlakova na infrastrukturi zajedno s ostalim podacima koje korisnik može odabrati po želji, kao npr. prikaz broja vlaka, brzine vožnje, kašnjenja i slično.



**Slika 28. Prikaz izvođenja simulacije**

*Izvor: Izradili autori*

Na slici 29. može se vidjeti isječak iz stvorenog voznog reda za vremensko razdoblje od 11 do 13 sati, koje se nalazi na vertikalnoj osi, jer je cijeli vozni red za period od 0 do 24 h zbog svoje veličine nepregledan za prikaz. Horizontalno je smještena prostorna os s naznačenim nazivima kolodvora i stajališta koja odgovara vertikalnoj projekciji prikaza infrastrukture na gornjem dijelu slike. U grafikonu voznog reda zelenom bojom su označeni prigradski vlakovi na relaciji Sesvete – Dugo Selo, crvenom bojom regionalni putnički vlakovi na relacijama Dugo Selo – Vrbovec i Dugo Selo – Prečec, a plavom bojom su označeni teretni vlakovi.

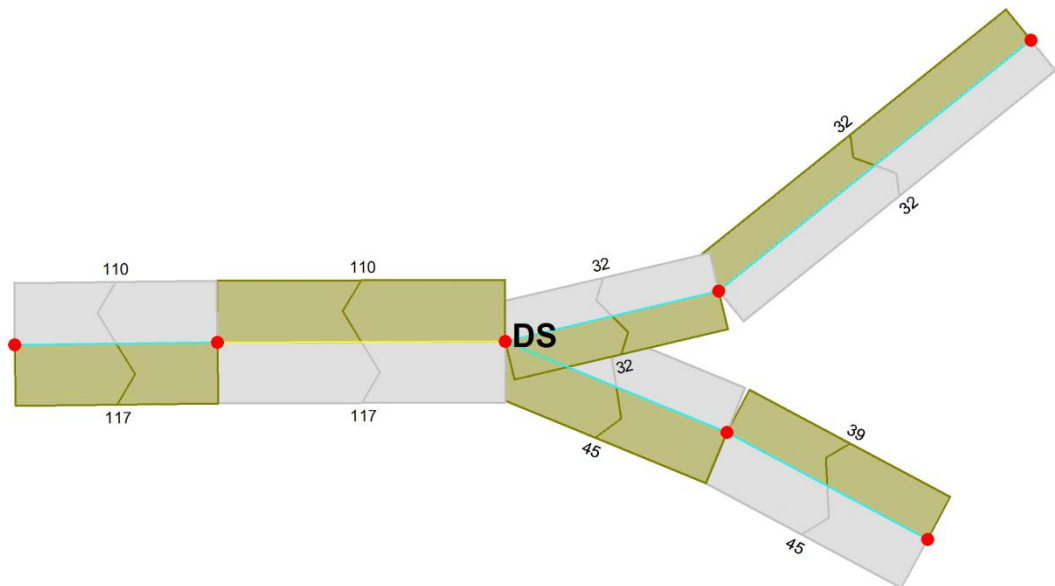


**Slika 29.** Isječak iz postojećeg voznog reda  
 Izvor: Izradili autori

### 6.2.1. Zaposlenost kolodvora i pruga

Programski paket RailSys pruža veliki broj mogućnosti ispisa različitih gotovih podataka i statistika u obliku tablica i grafikona radi pojednostavljenja njihova prikaza i kasnije obrade. Jedna od takvih mogućnosti je statistika zauzetosti i zaposlenosti pruga s vlakovima koja je prikazana na slici 30. Vidljivo je da između između kolodvora Sesvete i Dugo Selo prometuje 110 vlakova u jednom smjeru, a 117 vlakova u suprotnom smjeru. Od kolodvora Dugo Selo do Vrbovca u oba smjera prometuju po 32 vlaka, dok od Dugog Sela do Prečeca 45 vlakova u jednom, i 39 u drugom smjeru. Detaljniji prikaz vrste vlakova u ovisnosti o vremenu njihova boravka u kolodvoru prema relacijama na kojima prometuju dat je u obliku grafikona koji se

razrađuju u nastavku rada, pri čemu su prigradski vlakovi označeni zelenom bojom, regionalni putnički crvenom bojom, a teretni vlakovi plavom bojom

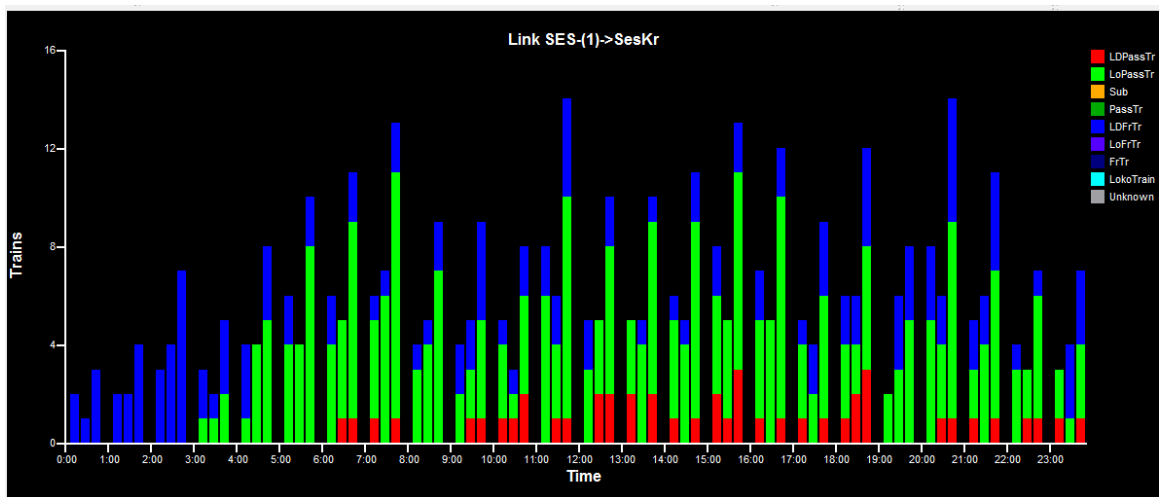


**Slika 30. Prikaz zauzetosti pruge s vlakovima**

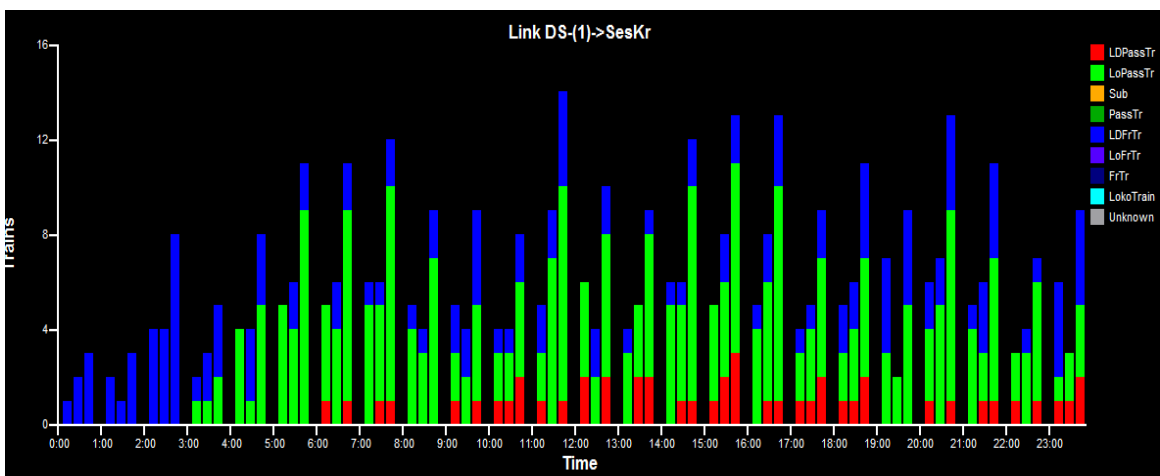
*Izvor: Izradili autori*

#### **6.2.1.1. Zaposlenost dionice Sesvete- Dugo Selo**

Obzirom da se zauzetost pruge vlakovima u programu može prikazivati samo pojedinačno između dvaju susjednih službenih mjesta na pruzi, grafikon 1. prikazuje zauzetost prvog dijela pruge vlakovima u periodu od 0 do 24h između kolodvora Sesvete i stajališta Sesvetski Kraljevec, a grafikon 2. drugi dio pruge od Sesvetskog Kraljevca do kolodvora Dugo Selo za isti vremenski period.



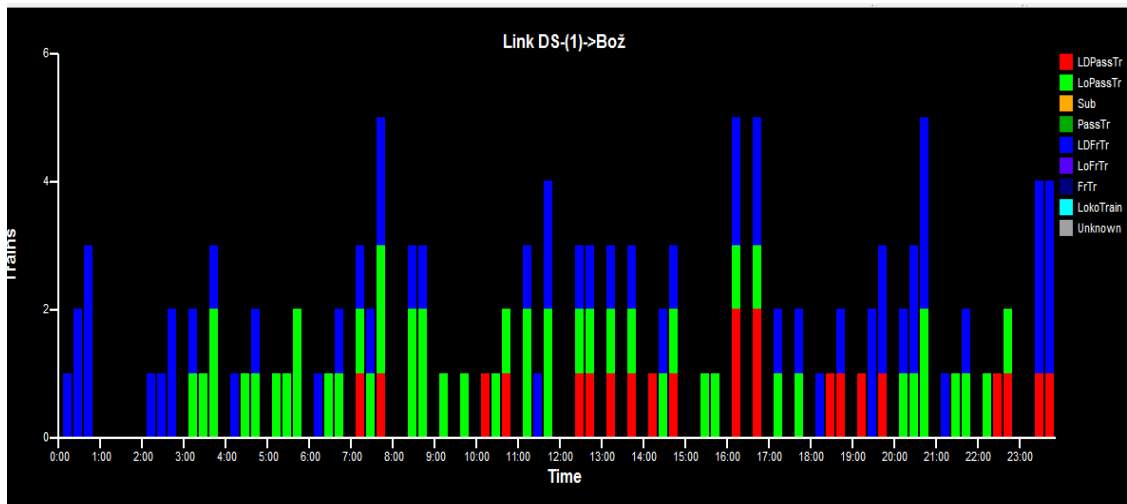
**Grafikon 1. Zauzetost pruge vlakovima od kolodvora Sesvete do stajališta Sesevski Kraljevec**  
 Izvor: Izradili autori



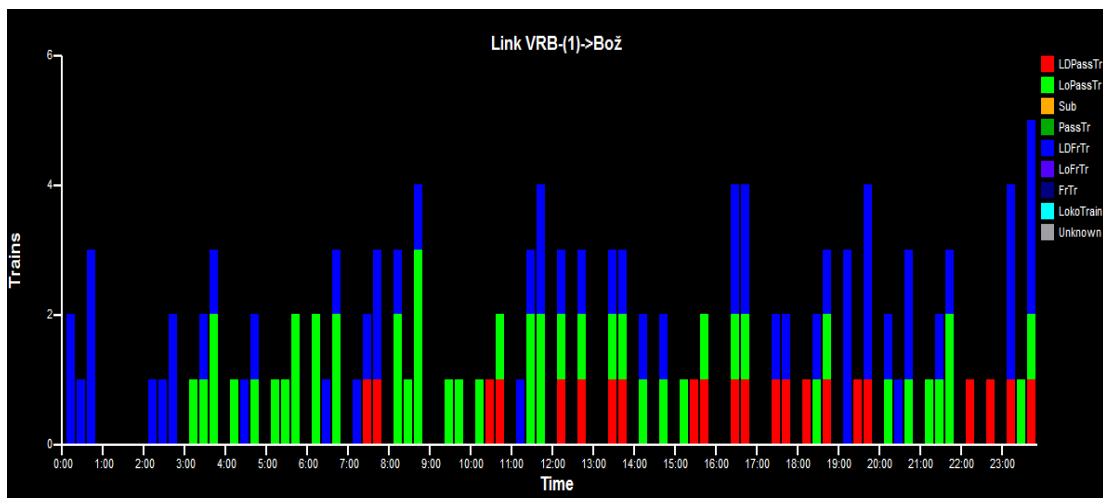
**Grafikon 2. Zauzetost pruge vlakovima od stajališta Sesevski Kraljevec do kolodvora Dugo Selo**  
 Izvor: Izradili autori

### 6.2.1.2. Zaposlenost dionice Dugo Selo – Vrbovec

Kod analize dijela jednokolosiječne pruge između kolodvora Dugo Selo i Vrbovec podaci o zauzetosti kolosijeka za vremenski period od 0 do 24h također se prikazuju u dva dijela. Prvi dio između kolodvora Dugo Selo i stajališta Božjakovina vidljiv je na grafikonu 3., a drugi dio od stajališta Božjakovina do kolodvora Vrbovec na grafikonu 4.



**Grafikon 3. Zauzetost pruge vlakovima od kolodvora Dugo Selo do stajališta Božjakovina**  
 Izvor: Izradili autori

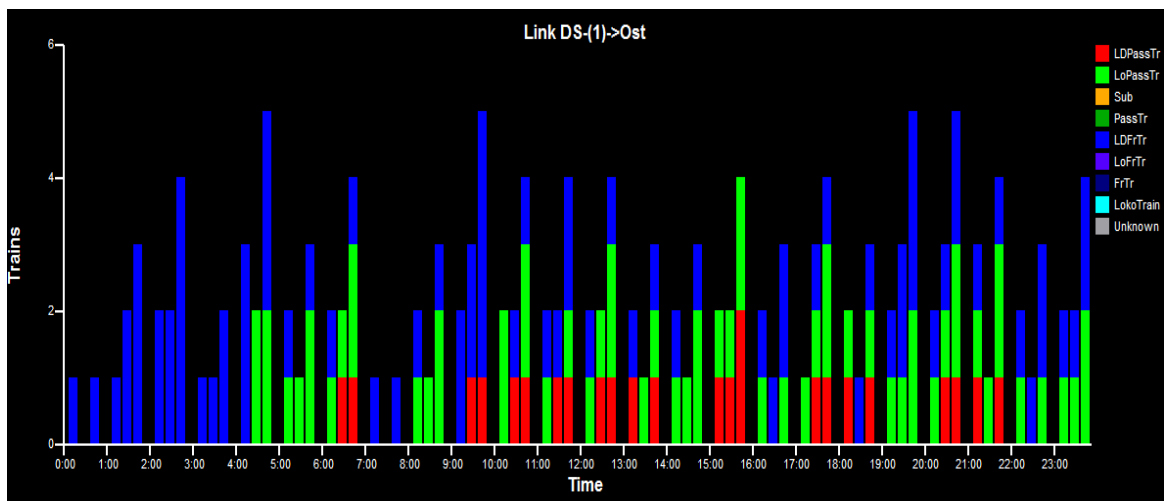


**Grafikon 4. Zauzetost pruge vlakovima od stajališta Božjakovina do kolodvora Vrbovec**  
 Izvor: Izradili autori

### 6.2.1.3. Zaposlenost dionice Dugo Selo – Prečec

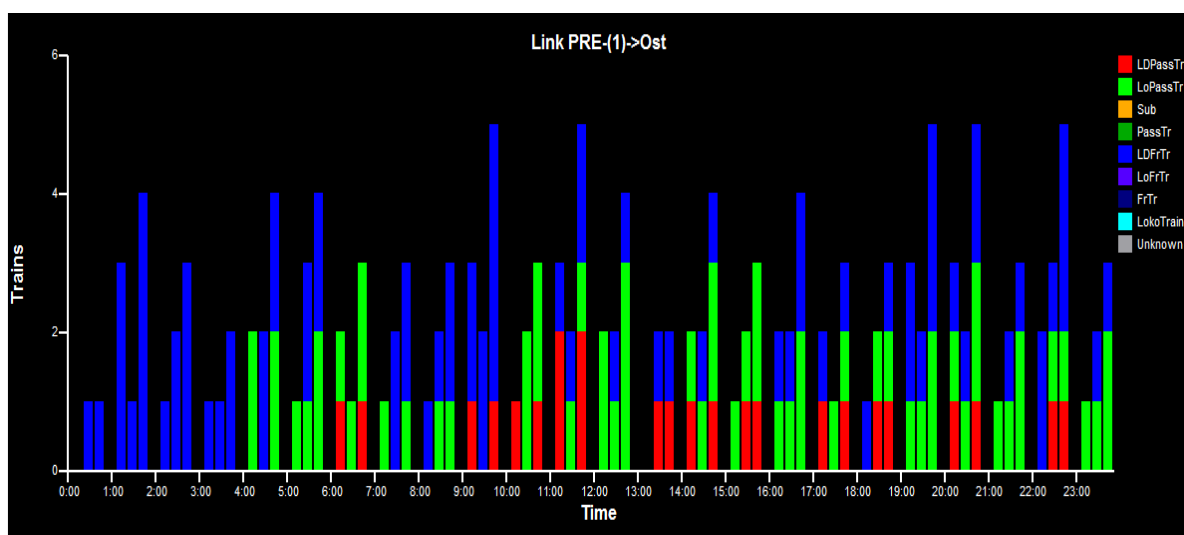
Prikaz zaposlenosti vlakovima u intervalu od 0 do 24h na dijelu jednokolosiječne pruge od kolodvora Dugo Selo do stajališta Ostrna nalazi se na grafikonu 5., a nastavak od stajališta Ostrna do kolodvora Prečec na grafikonu 6.





**Grafikon 5. Zauzetost pruge vlakovima od kolodvora Dugo Selo do stajališta Ostrna**

*Izvor: Izradili autori*



**Grafikon 6. Zauzetost pruge vlakovima od stajališta Ostrna do kolodvora Prečec**

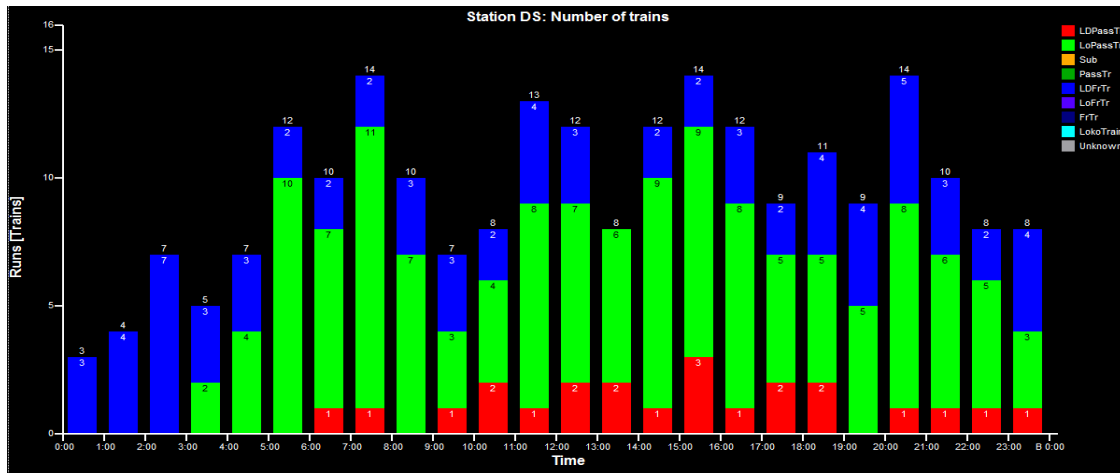
*Izvor: Izradili autori*

Prema statističkim podacima o zauzeću svih razmatranih dionica iz priloženih grafikona za vremenski period od jednog dana, vidljivo je da na svim dionicama, a posebice od kolodvora Sesevete do Dugog Sela, najviše prometuju prigradski putnički vlakovi. Od ponoći do 4h ujutro prometuju samo teretni vlakovi, dok je u ostatku dana njihov dolazak ravnomjerno raspoređen u slobodnim terminima kada nema previše putničkih vlakova. Regionalnih putničkih vlakova ima najmanje, a najčešće su prisutni u periodima vršnog opterećenja.

#### 6.2.1.4. Zaposlenost kolodvora Dugo Selo na promatranom dijelu mreže

Obzirom da je kolodvor Dugo Selo zajednički za sve promatrane dionice, raspored vlakova koji u njemu borave tijekom jednoga dana prema grafikonu 7. sličan je rasporedu vlakova za

cijeli promatrani dio mreže. Naime, najveći udio u ukupnoj zauzetosti kolodvora imaju prigradski vlakovi, čiji broj raste za vrijeme vršnih opterećenja. Potom slijede teretni vlakovi kojih je najviše u ranim noćnim satima, dok je regionalnih putničkih vlakova najmanje.



Grafikon 7. Zaposlenost kolodvora Sesevete tijekom jednoga dana  
Izvor: Izradili autori

## 6.2.2. Utvrđivanje kapaciteta pruge

Obzirom da je metodologija procjene kapaciteta po UIC-u implementirana u programski paket RailSys, izračun kapaciteta pruge za model postojećeg stanja obavlja se po metodi komprimiranja voznog reda objašnjenom u poglavlju 6.1.4.. Komprimiranje grafikona voznog reda, radi minimiziranja vremena kada se na pruzi ne nalaze vlakovi, je kompleksno za cijeli dio mreže koji se razmatra u ovome radu. Iz toga razloga nužna je podijela na manje dionice, primjerice na dionice Sesevete – Dugo Selo, Dugo Selo – Vrbovec i Dugo Selo – Prečec, kako bi se dobili što precizniji i vjerodostojniji podaci. Sama analiza kapaciteta može se izvršiti za bilo koji period od 0 do 24h, pri čemu se dnevni (24-satni) period obično uzima za dobivanje generalnih podataka, dok se manji vremenski periodi koriste za dobivanje detaljnijih analiza, kao primjerice kod vršnih opterećenja.

### 6.2.2.1. Dionica Sesevete – Dugo Selo

Komprimiranjem voznog reda na dionici Sesevete – Dugo Selo za period od 24h (86400 s) vrijeme zauzetosti pruge vlakovima iznosi 51529 s, odnosno 59,6%. Tom dionicom pruge prometuje ukupno 227 vlakova, od čega je 71 teretni i 156 putničkih vlakova. Gledajući smjerove putovanja vlakova, 117 vlakova prometuje u smjeru Sesevete – Dugo Selo, a 110 vlakova u smjeru Dugo Selo – Sesevete.

Budući da se kod dionice Sesvete – Dugo Selo radi o dvokolosiječnoj pruzi na kojoj je nedavno obavljen remont, iskorištenje kapaciteta od 56,9 % daleko je manje od preporučenih 100%, što znači da postoji još prostora za buduće unošenje trasa vlakova koji će prometovati na ovoj dionici u skladu s mogućim porastom prometne potražnje.

#### **6.2.2.2. *Dionica Dugo Selo – Vrbovec***

Vrijeme zauzetosti pruge za period od 24h (86400 s) nakon komprimiranja voznog reda na dionici Dugo Selo – Vrbovec iznosi 37189 s , odnosno 43 % . . Od ukupno 65 vlakova koji njome prometuju, 30 je teretnih i 35 putničkih vlakova. Kad se gleda po smjerovima, u smjeru Dugo Selo – Vrbovec prometuje ukupno 32 vlaka, a u obrnutom smjeru Vrbovec – Dugo Selo prometuje 33 vlakova.

Usporedi li se trenutno iskorištenje kapaciteta spomenute dionice od 43% i preporučena vrijednost za dnevno iskorištenje kapaciteta jednokolosiječne pruge za mješoviti promet koja je 60%, može se zaključiti da je i na ovoj dionici također moguće uvođenje dodatnog broja vlakova. S ovakvim iskorištenjem raspoloživih kapaciteta i trenutnom stagnacijom prometne potražnje, postaje upitna opravdanost investiranja u gradnju drugog kolosijeka na ovoj dionici čak i u uvjetima povećanja obujma prometa.

#### **6.2.2.3. *Dionica Dugo Selo – Prečec***

Kad se izvrši komprimiranje voznog reda na dionici Dugo Selo – Prečec vrijeme zauzetosti pruge iznosi 46711 s. To znači da 84 vlaka koji u periodu od jednog dana prolaze ovom dionicom zauzimaju 54,1% njena kapaciteta. Od ukupnog broja vlakova 43 vlaka su putnička, a 41 je teretni. Gledajući smjerove putovanja, u smjeru Dugo Selo – Prečec prometuje ukupno 45 vlakova, dok od Prečeca do Dugog Sela prometuje 39 vlakova.

Za razliku od prethodno razmatranih dionica, iskorištenje kapaciteta ove dionice pruge sa 54,1% u uvjetima mješovitog prometa vlakova na jednokolosiječnoj pruzi je blizu preporučene vrijednosti iskorištenja kapaciteta od 60%

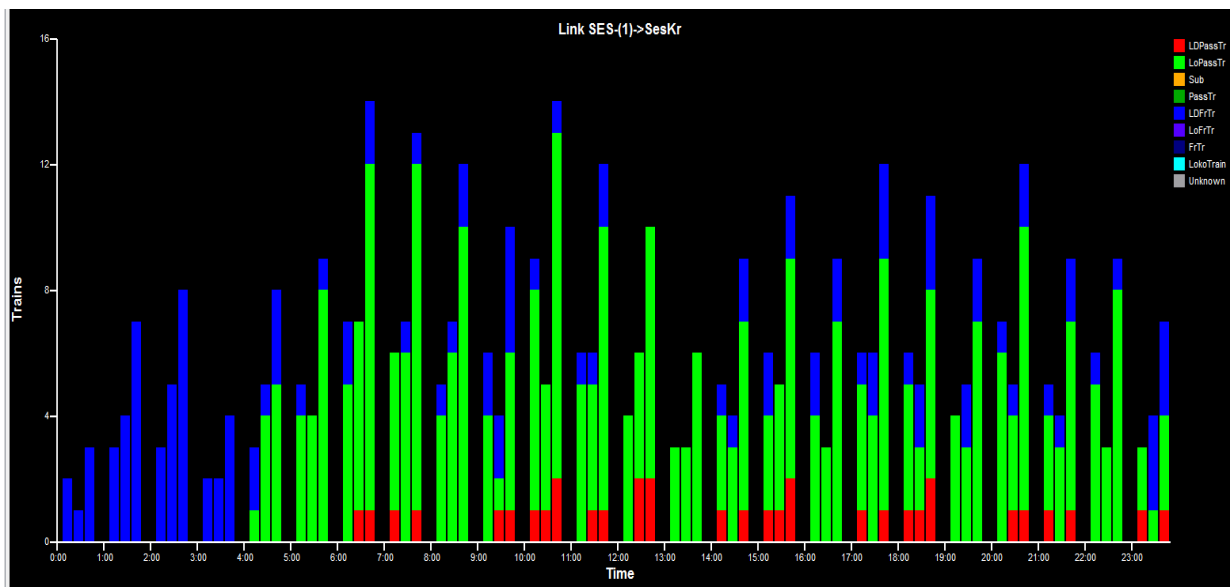
### **6.3. Analiza simulacijskog modela budućeg stanja**

Kao što je napravljeno za model postojećeg stanja, u ovome poglavlju se analizira zauzeće kolodvora Dugo Selo i pojedinih dionica pruge na promatranom dijelu mreže iz novog modela. Kako dionica Dugo Selo – Prečec nije bila obuhvaćena infrastrukturnim promjenama, kao ni promjenama u prvotnom voznom redu, njena se analiza izostavlja i njen kapacitet utvrđen u potpoglavlju 6.2. ostaje isti.

Svi statistički podaci o zaposlenosti vlakovima prezentirani su pomoću grafikona ovisnosti broja i vrste vlakova o vremenu njihova prometovanja na pripadajućim dionicama u periodu od 1 dana. Pritom su prigradski vlakovi označeni zelenom bojom, regionalni putnički crvenom bojom, a teretni vlakovi plavom bojom.

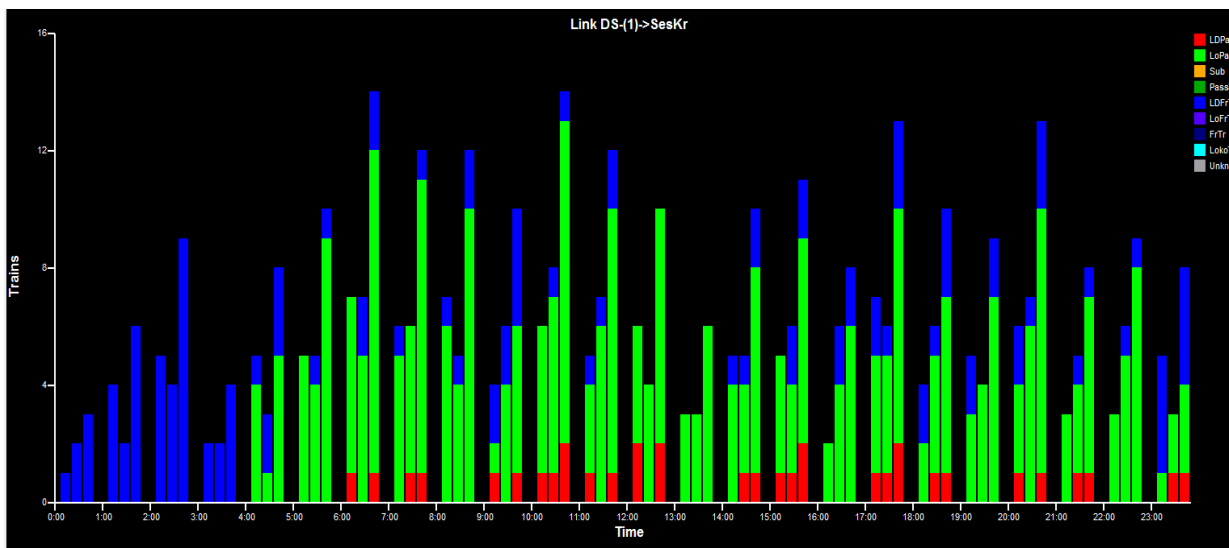
### 6.3.1. Zaposlenost dionice Sesevete – Dugo Selo

Zauzetost vlakovima dionice Sesevete – Dugo Selo radi lakšeg i detaljnijeg prikaza podijeljena je na dva dijela, pri čemu se grafikon 8. odnosi na dio od kolodvora Sesevete do stajališta Sesevetski Kraljevec, a grafikon 9. na drugi dio od Sesevetskog Kraljevca do kolodvora Dugo Selo. Iz njih je vidljivo da su na ovoj dionici najzastupljeniji prigradski putnički vlakovi koji prometuju u periodu od 4h do 24h. Teretni vlakovi najviše prometuju između ponoći i 4h ujutro te su u manjim količinama ravnomjerno raspoređeni kroz ostatak dana, a regionalnih vlakova ima najmanje.



Grafikon 8. Zauzetost dionice vlakovima od kolodvora Sesevete do stajališta Sesevetski Kraljevec

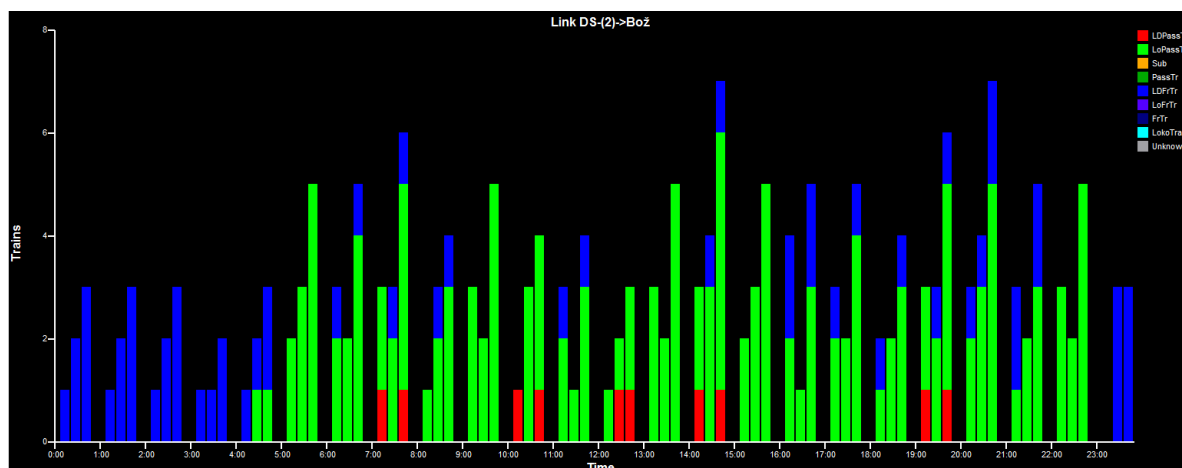
Izvor: Izradili autori



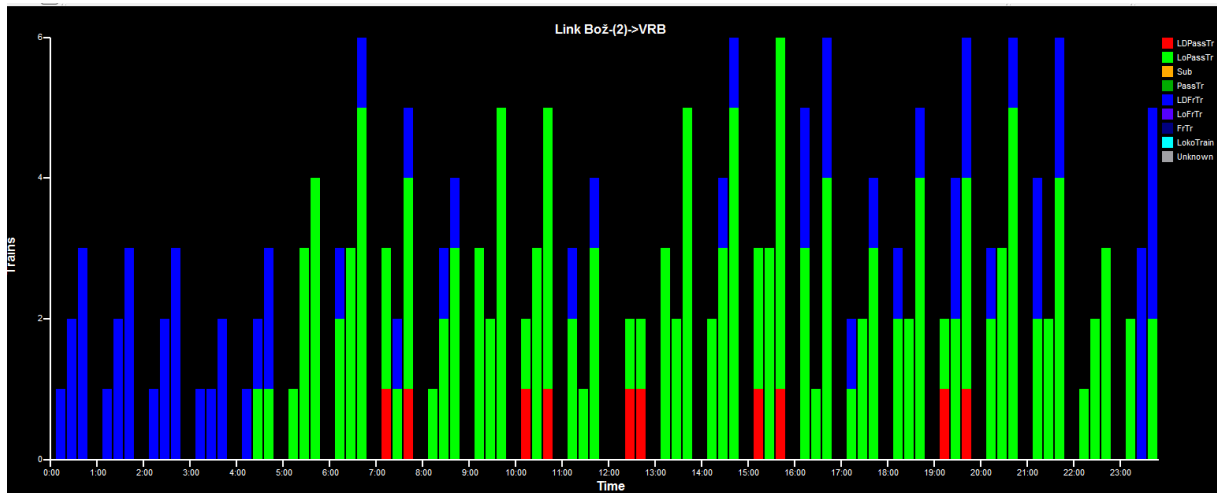
**Grafikon 9. Zauzetost dionice vlakovima od stajališta Sesevetski Kraljevec do kolodvora Dugo Selo**  
 Izvor: Izradili autori

### 6.3.2. Zaposlenost dionice Dugo Selo – Vrbovec

Prema statističkim podacima o zauzeću dionice između kolodvora Dugo Selo i Vrbovec vidljivim iz grafikona 10. i 11., u vremenskom periodu od 23h do 4h ujutro prometuju samo teretni vlakovi sa slabijom frekventnošću u ostatku dana, kada dominiraju prigradski vlakovi. Regionalnih putničkih vlakova ima najmanje, i to uglavnom od 8 do 9h, 11 do 12h, oko 15h te od 19 do 20h.



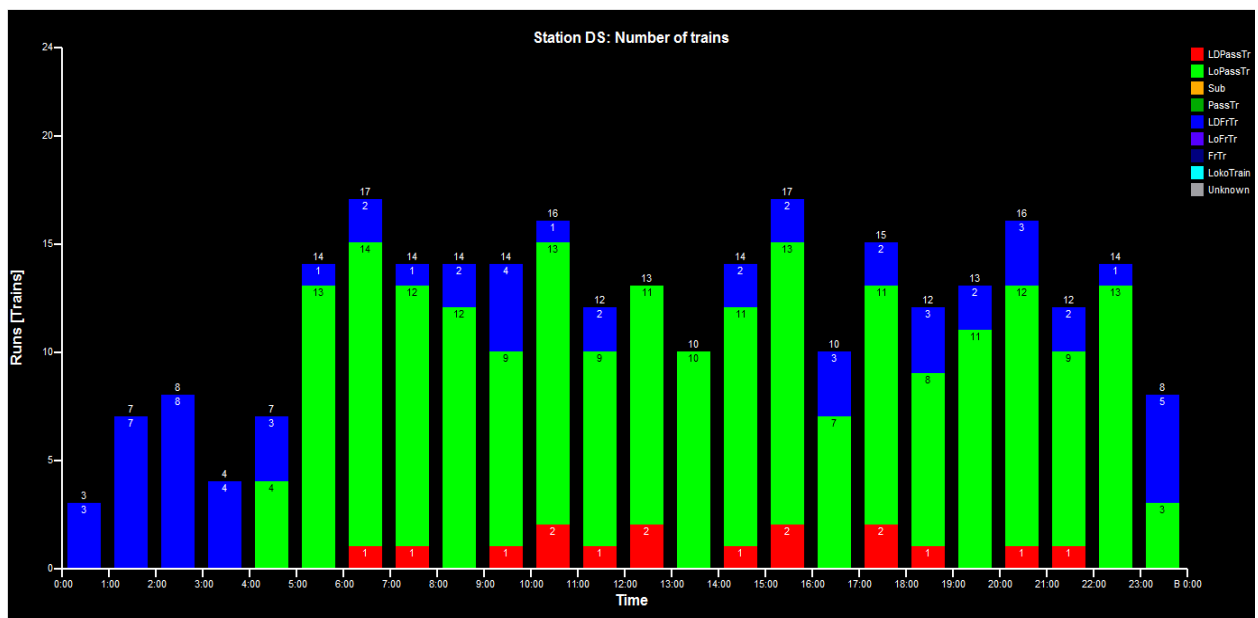
**Grafikon 10. Zauzetost dionice vlakovima od kolodvora Dugo Selo do stajališta Božjakovina**  
 Izvor: Izradili autori



**Grafikon 11. Zauzetost dionice vlakovima od stajališta Božjakovina do kolodvora Vrbovec**  
 Izvor: Izradili autori

### 6.3.3. Zaposlenost kolodvora Dugo Selo

Kroz kolodvor Dugo Selo prema grafikonu 12. od ponoći do 4h ujutro prolaze samo teretni vlakovi, a nakon 4h najviše je prigradskih vlakova, dok regionalnih putničkih vlakova ima najmanje.



**Grafikon 12. Zauzetost kolodvora Dugo Selo tijekom 24h**  
 Izvor: Izradili autori

### 6.3.4. Utvrđivanje kapaciteta novog infrastrukturnog modela

Nakon utvrđivanja zauzeća pojedinih dionica unutar promatranog čvora Dugo Selo, kao i samog kolodvora Dugo Selo, po vrstama vlakova u ovisnosti o vremenu za novo infrastrukturno stanje može se pristupiti komprimiranju novog voznog reda i njegovoj analizi.

Kao i u prethodnom dijelu, ovdje se izostavlja analiza dionice Dugo Selo – Prečec jer njeno prvotno stanje nije bilo mijenjano.

#### **6.3.4.1. *Dionica Sesevete – Dugo Selo***

Vrijeme zauzetosti pruge vlakovima za period od 24h (86400 s) nakon komprimiranja voznog reda na dionici Sesevete – Dugo Selo iznosi 51910 s, odnosno zauzeće kapaciteta ovog dijela pruge je 60,1%. Ovom dionicom pruge prometuje ukupno 231 vlak, a putnički vlakovi čine 73% od ukupnog broja vlakova. Kada se gleda raspored vlakova po smjerovima, tada 113 vlakova prometuje u smjeru Sesevete – Dugo Selo, a 118 njih u suprotnom smjeru.

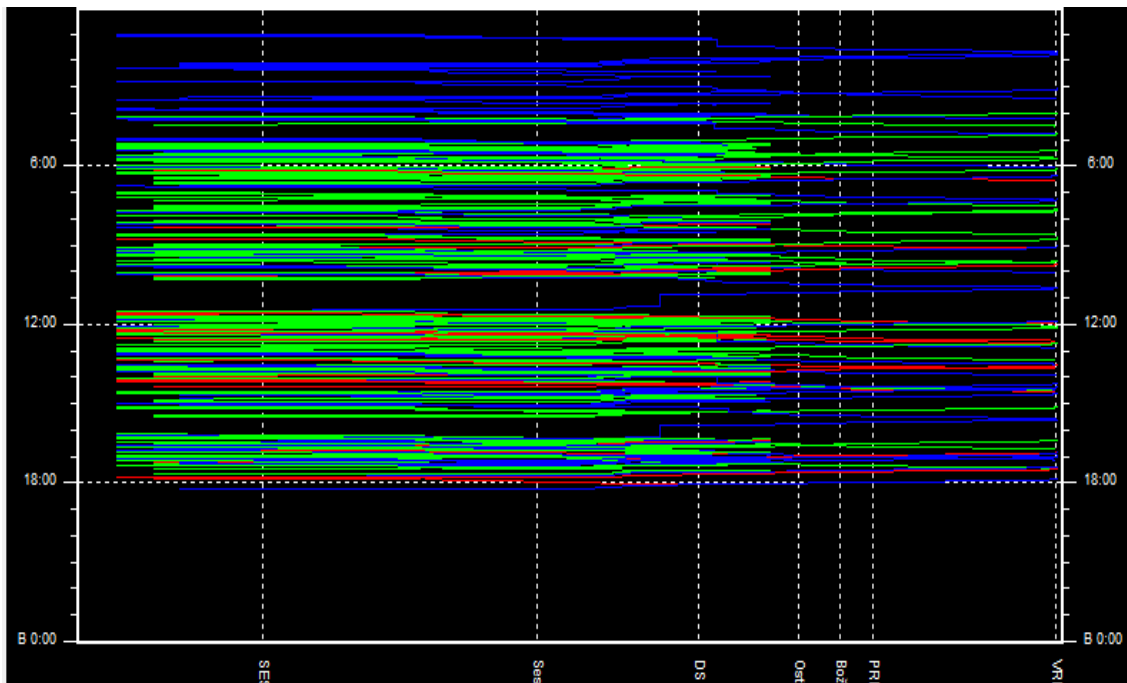
#### **6.3.4.2. *Dionica Dugo Selo – Vrbovec***

Vrijeme zauzetosti pruge na dionici Dugo Selo – Vrbovec po završetku komprimiranja voznog reda iznosi 66984 s. To znači da ukupno 108 vlakova koji se nalaze na toj dionici tijekom 1 dana zauzimaju 77,5 % njenog kapaciteta. Od ukupnog broja vlakova, 71% njih su putnički vlakovi, a promatrano po smjerovima, u smjeru Dugo Selo – Vrbovec prometuje 51 vlak, a u obrnutom smjeru Vrbovec – Dugo Selo prometuje 57 vlakova.

### **6.4. Usporedba budućeg i postojećeg stanja**

Nakon provedenih analiza za postojeću i izmijenjenu varijantu modela dobiveni su detaljni rezultati o zauzetosti pojedinih dionica pruge i njihovim propusnim moćima. Međutim, kako bi se lakše analizirao utjecaj promjena ostvarenih izgradnjom dvokolosiječne pruge između kolodvora Dugo Selo i Vrbovec na sam kapacitet dionice i kapacitet kolodvora Dugo Selo, usporedba je provedena za kompletnu spomenutu dionicu. Pritom je kod izračunavanja kapaciteta te dionice za postojeće stanje infrastrukture uzeto u obzir da je pruga od Seseveta do Dugog Sela dvokolosiječna, a od Dugog Sela do Vrbovca jednokolosiječna, što znači da u tim uvjetima kolosijeci kolodvora Dugo Selo predstavljaju usko grlo cijele dionice.

Analizom dnevnog kapaciteta dionice Sesevete – Vrbovec u uvjetima postojećeg stanja infrastrukture, primjenom UIC 406 metode, utvrđeno je zauzeće kapaciteta dionice od 71,8 %, što gledajući u odnosu na ukupni promatrani period od 24h, tj. 86400 s, iznosi 62030 s. Cijelom dionicom prometuje 229 vlakova, od koji je 68 % putničkih. Gledajući po smjerovima, 117 vlakova prometuje od Seseveta do Vrbovca, a 112 vlakova od Vrbovca do Seseveta. Na slici 31. može se vidjeti izgled grafikona komprimiranog voznog reda postojećeg stanja.

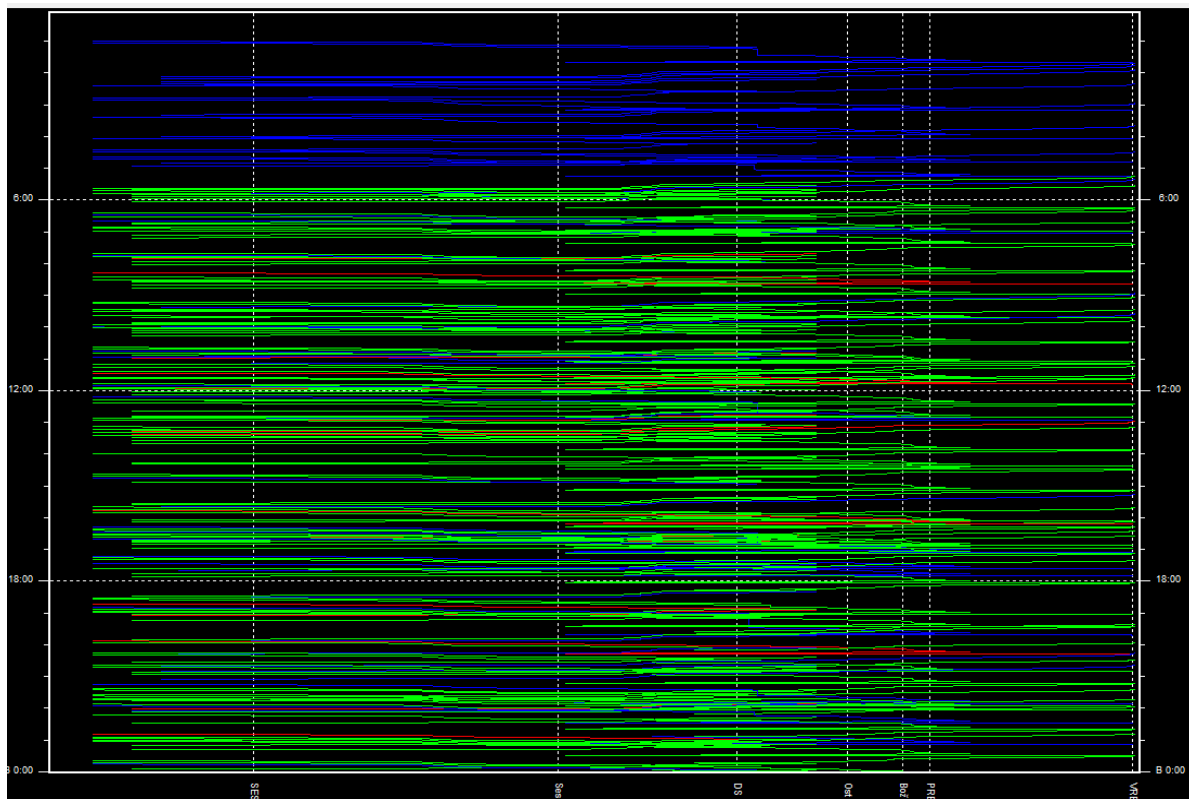


**Slika 31. Izgled grafikona postojećeg voznog reda nakon komprimiranja**

*Izvor: Izradili autori*

Nakon provedbe komprimiranja voznog reda za istu dionicu u uvjetima promijenjenog stanja infrastrukture i voznog reda, utvrđeno je da u odnosu na ukupni promatrani period od 24 h, tj. 86400 s zauzeće kapaciteta iznosi 85665 s, odnosno 99,1 %. Cijelom dionicom prometuje 287 vlakova, od koji je 77 % putničkih. Gledajući po smjerovima, 143 vlaka prometuje od Sesveta do Vrbovca, a 144 vlaka od Vrbovca do Sesveta. Na slici 32. može se vidjeti izgled grafikona komprimiranog voznog reda promijenjene verzije.





**Slika 32 Izgled grafikona voznog reda promijenjenog stanja nakon komprimiranja**  
 Izvor: Izradili autori

Usporedbom dobivenih podataka i grafikona voznih redova sa slika 31. i 32. vidljivo je da povećanje postojećeg broja vlakova na relaciji Sesvete – Vrbovec za samo 25 % rezultira skoro 100 % iskorištenjem kapaciteta ukupne dionice. To znači da neovisno o veličini mogućeg obujma prometa koji bi generirala izgradnja novog kolosijeka, ne bi bilo moguće osigurati više od 25 % novih trasa vlakova u postojećem voznom redu zbog ograničenja cjelokupne dionice koje predstavlja kapacitet kolodvora Dugo Selo.

## 6.5. Prijedlog rješenja nastalog uskog grla

Rezultati usporedne analize dokazali su hipotezu da željeznički kolodvor Dugo Selo nema kapacitete dostatne za jedan europski koridor te da bi povećanjem prometa od 25% na Meditranskom koridoru kolodvor Dugo Selo dolazi do maksimalnog iskorištenja svojih kapaciteta i postaje usko grlo na tom koridoru. Stoga je tokom izgradnje drugog kolosijeka do Križevaca potrebno istražiti mogućnosti za povećanjem kapaciteta navedenog kolodvora.

Rješenje koje bi zasigurno uklonilo problem je nadogradnja i rekonstrukcija kolodvora Dugo Selo, sa naglaskom na povećanju broja kolosijeka. Međutim, s obzirom da takvo što nije obuhvaćeno planiranim infrastrukturnim planovima te iziskuje visoka financijska ulaganja,

potrebno je provesti određene sekundarne mjere koje bi se mogle uvesti samostalno ili kombinirano kako bi barem privremeno ublažile probleme uskog grla.

Sekundarne mjere predložene u ovom radu su:

- Zbog dugotrajnog zadržavanja teretnih vlakova na kolodvoru Dugo Selo, predlaže se izgradnja teretnog kolosijeka na relaciji Sesvete – Dugo Selo kako bi se njime teretni vlakovi što prije otpremali iz kolodvora Dugo Selo. Ovim ulaganjem oslobodilo bi se nekoliko sati praznog kolosijeka u kolodvoru Dugo Selo, što bi povećalo kapacitet samog kolodvora i omogućilo uvođenje novih vlakova.
- Prenamjena kolosijeka na kolodvoru Dugo Selo na način da se uvede više kolosijeka koji se mogu koristiti i za putnički i za teretni prijevoz. Izgradnjom perona na teretnim kolosijecima, oni koji su tokom dana prazni, mogli bi zaprimiti putničke vlakove. To bi omogućilo uvođenje novih putničkih vlakova tokom dana te uvođenje novi teretnih vlakova u noćnim satima kada putnički gotovo ne prometuju.
- Prenamjena kolosijeka na kolodvoru Dugo Selo na način da se počnu koristiti krnji i industrijski kolosijeci, ili da se isti rekonstruiraju na način da postanu aktivni kolosijeci za prijam i otpremu vlakova. Povećanje broje aktivnih kolosijeka automatski bi i povećalo kapacitet samog kolodvora.

## 7. ZAKLJUČCI

Mediteranski koridor transeuropske prometne mreže TEN-T povezuje jug Iberijskog poluotoka, preko španjolske i francuske mediteranske obale prolazi kroz Italiju i Sloveniju prema mađarsko-ukrajinskoj granici. Za Republiku Hrvatsku ovaj koridor je od iznimne važnosti s obzirom da je njegov sastavni dio i cestovno-željeznički pravac Rijeka - Zagreb - Budimpešta. Željeznički kolodvor Dugo Selo službeno je mjesto na Mediteranskom koridoru TEN-T mreže. Dionica Dugo Selo - Križevci prva je dionica sjevernog dijela koridora, a s obzirom da je jednokolosječna podliježe mnogim ograničenjima brzine i jedno je od uskih grla u ovom dijelu koridora

U željezničke pruge u Republici Hrvatskoj dugo godina nije se ulagalo gotovo ništa, a postoji i manjak održavanja što za rezultat ima vrlo nepovoljno stanje kolosijeka. Takvo stanje za posljedicu ima redovito smanjenje maksimalne brzine te osovinskog opterećenja.

Prilikom izrade simulacije u programskom paketu RailSys, potrebno je unijeti infrastrukturu putem programskog alata „Infrastrukturni menadžer“, vozila, vozni red i simulacije provesti u „Menadžeru za vozni red i simulacije“ i na kraju vrednovati simulaciju u alatu „Menadžer vrednovanja“. Ukoliko infrastrukturni model nije završen ili ima neke nedostatke, neće se moći učitati u „Menadžer za vozni red i simulacije“. U tom slučaju potrebno je vratiti se u „Infrastrukturni menadžer“ kako bi se identificirali i uklonili svi problemi.

Kada se napravi vozni red u „Menadžeru za vozni red i simulacije“, potrebno je urediti vremena polazaka vlakova i kolosijeka kroz koje polaze kako ne bi došlo do sudara. Ukoliko dođe do sudara (*engl. Deadlock*) simulacija se automatski zaustavlja.

Nakon analize postojećeg stanja, u programskom paketu RailSys napravljen je drugi kolosijek na relaciji Dugo Selo – Vrbovec, te je unesen novi vozni red. Na relaciji Sesvete – Dugo Selo u oba smjera napravljen je taktni vozni red sa polascima vlakova u razmaku od 15 minuta a na relaciji Sesvete – Vrbovec taktni vozni red sa vremenskim razmakom između polazaka vlakova postavljen na 30 minuta. Dio vlakova preklapao se sa postojećim međunarodnim vlakovima ili vlakovima na relaciji Sesvete – Prečec te su novi vlakovi morali biti uklonjeni iz voznog reda. dva. Posljednja izmjena postojećeg voznog reda bilo je uvođenje dodatnih teretnih vlakova u noćnim satima kada je broj putničkih vlakova minimalan.

Posljednja faza je izrada usporedne analize kapaciteta postojećeg i budućeg stanja. Preporučene vrijednosti kapaciteta za jednokolosiječnu prugu s mješovitim prometom iznose

75% u vršnom satu i 60% za cijeli dan, dok je kod dvokolosiječnih pruga preporučena vrijednost 100%.

Analiza postojećeg i budućeg stanja prikazuje da na svim dionicama, a posebice od kolodvora Sesvete do Dugog Sela, najviše prometuju prigradski putnički vlakovi. Od ponoći do 4h ujutro prometuju samo teretni vlakovi, dok je u ostatku dana njihov dolazak ravnomjerno raspoređen u slobodnim terminima kada nema previše putničkih vlakova. Regionalnih putničkih vlakova ima najmanje, a najčešće su prisutni u periodima vršnog opterećenja.

Komprimiranje grafikona voznog reda, radi minimiziranja vremena kada se na pruži ne nalaze vlakovi, je kompleksno za cijeli dio mreže koji se razmatra u ovome radu. Iz toga razloga nužna je podijela na manje dionice, kako bi se dobili što precizniji i vjerodostojniji podaci.

U radu su komprimiranjem voznog reda dobiveni rezultati da na dionici Sesvete – Dugo Selo za period od 24h (86400 s) vrijeme zauzetosti pruge vlakovima iznosi 51529 s, odnosno 59,6%, a na dionici Dugo Selo – Vrbovec 43%.

U budućem stanju struktura samih vlakova ostala je ista no promijenio se broj vlakova. Vrijeme zauzetosti pruge vlakovima za period od 24h nakon komprimiranja voznog reda na dionici Sesvete – Dugo Selo iznosi 51910 s, odnosno zauzeće kapaciteta ovog dijela pruge je 60,1%. Vrijeme zauzetosti pruge na dionici Dugo Selo – Vrbovec po završetku komprimiranja voznog reda iznosi 66984 s. To znači da ukupno 108 vlakova koji se nalaze na toj dionici tijekom 1 dana zauzimaju 77,5 % njenog kapaciteta. Od ukupnog broja vlakova, 71% njih su putnički vlakovi, a promatrano po smjerovima, u smjeru Dugo Selo – Vrbovec prometuje 51 vlak, a u obrnutom smjeru Vrbovec – Dugo Selo prometuje 57 vlakova.

Usporedbom rezultata analiza postojećeg i budućeg stanja vidljivo je da povećanje postojećeg broja vlakova na relaciji Sesvete – Vrbovec za samo 25 % rezultira skoro 100 % iskorištenjem kapaciteta ukupne dionice. To znači da neovisno o veličini mogućeg obujma prometa koji bi generirala izgradnja novog kolosijeka, ne bi bilo moguće osigurati više od 25 % novih trasa vlakova u postojećem voznom redu zbog ograničenja cjelokupne dionice koje predstavlja kapacitet kolodvora Dugo Selo.

Rješenje koje bi zasigurno uklonilo problem je nadogradnja i rekonstrukcija kolodvora Dugo Selo, sa naglaskom na povećanju broja kolosijeka. Međutim, s obzirom da takvo što nije obuhvaćeno planiranim infrastrukturnim planovima te iziskuje visoka financijska ulaganja, potrebno je provesti određene sekundarne mjere koje bi se mogle uvesti samostalno ili kombinirano kako bi barem privremeno ublažile probleme uskog grla.

## POPIS LITERATURE

1. Abramović, B. and Šimunec, I., 2012, June. Optimization of railway traffic on Varaždin–Golubovec railway line. In EURO-ŽEL 2012.
2. Alfons Radtke: Lecture Railway Operation, Leibnitz University, 2009.
3. Brnjac, N.: Intermodalni transportni sustavi, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.
4. Departamento de Sistemas Informaticos y Computacion, Universidad Politecnica de Valencia, Technical Report, Valencia, Spain, 2007.
5. Europska Unija -Operativni program Promet 2007.-2013: Strateška procjena utjecaja na okoliš Strategije prometnog razvoja Republike Hrvatske, lipanj 2014.
6. Gašparik, J., Abramović, B. and Halás, M., 2015. New Graphical Approach to Railway Infrastructure Capacity Analysis. PROMET-Traffic&Transportation, 27(4), pp.283-290.
7. Hans – Peter Huber, Georg Wilfinger; Integration – Enhancements for Microscopic and Macroscopic Railway Infrastructure Planning Models
8. <http://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/map/maps.html>
9. [http://ec.europa.eu/transport/modes/rail/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/modes/rail/index_en.htm)
10. [http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/index_en.htm)
11. [http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/doc/ten-t-country-fiches/hr\\_hr.pdf](http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/doc/ten-t-country-fiches/hr_hr.pdf)
12. <http://www.promet-eufondovi.hr/eu-prometni-koridori-i-ten-t>
13. <http://www.promet-eufondovi.hr/eu-prometni-koridori-i-ten-t>
14. Izvješće o mreži 2017., HŽ Infrastruktura, 2016.
15. Izvješće o mreži 2017., HŽ Infrastruktura
16. Mandić D., Jovanović P., Bugarinović M.: Proračun propusne moći pruge Beograd – Niš primjenom metode UIC 406
17. Poslovni red kolodvora Dugo Selo, I. Dio, 2010.

18. Poslovni red kolodvora Prečec, I. Dio, 2010.
19. Poslovni red kolodvora Sesvete, I. Dio, 2010.
20. Poslovni red kolodvora Vrbovec, I. Dio, 2011.
21. Railsys 6.0 User Manual, March 2008.
22. Roso, V., Brnjac, N. and Abramovic, B., 2015. Inland Intermodal Terminals Location Criteria Evaluation: The Case of Croatia. *Transportation journal*, 54(4), pp.496-515
23. UIC, Capacity (UIC code 406). 2004, International Union of Railways (UIC): Paris, France
24. [www.rmcon.de](http://www.rmcon.de)

# SAŽETAK

Dokoza Marin

Furdić Martina

Mikulčić Matea

## PRIJEDLOG RJEŠENJA ŽELJEZNIČKOG USKOG GRILA MEDITERANSKOG KORIDORA TEN-T MREŽE U REPUBLICI HRVATSKOJ

Mediterski koridor transeuropske prometne mreže TEN-T povezuje jug Iberijskog poluotoka, preko španjolske i francuske mediteranske obale prolazi kroz Italiju i Sloveniju prema mađarsko-ukrajinskoj granici. Za Republiku Hrvatsku ovaj koridor je od iznimne važnosti s obzirom da je njegov sastavni dio i cestovno-željeznički pravac Rijeka - Zagreb - Budimpešta. Željeznički kolodvor Dugo Selo službeno je mjesto na Mediteranskom koridoru TEN-T mreže.

Hipoteza ovoga rada je da će željeznički kolodvor Dugo Selo prilikom planiranog povećanja prometa postati usko grlo na Mediteranskom koridoru TEN-T mreže na području Republike Hrvatske te da će unatoč povećanju kapaciteta pruga problem stvarati kapacitet samoga kolodvora. Usko grlo predstavlja problem u tehničkoj moći pruge, kako u prijevoznog tako i u propusnoj moći.

Primjena simulacijskog modela omogućava analizu željezničkog sustava sa ciljem njegova unapređenja. Potencijalni problem uskog grla simulirati će se u programskom paketu RailSys u kojem je moguće napraviti izračune kapaciteta propusne moći pruge. Usporediti će se današnje stanje kapaciteta propusne moći pruga na čvoru Dugo Selo sa budućim stanjem nakon dogradnje drugog kolosijeka na dionici Dugo Selo – Križevci.

## KLJUČNE RIJEČI

Željeznički promet; Mediteranski koridor; RailSys; Simulacija; Kapaciteti; Usko grlo; Željeznički kolodvori.

## **SUMMARY**

Dokoza Marin

Furdić Martina

Mikulčić Matea

### **PROPOSAL OF SOLUTION OF RAILWAY BOTTLENECK PROBLEM ON THE MEDITERRANEAN CORRIDOR OF THE TEN-T NETWORK IN CROATIA**

Mediterranean corridor of transeuropean transport network TEN-T connects south of Iberian peninsula over Spain and France Mediterranean coast and pass through Italy and Slovenia in direction to the Hungarian - Ukraine border. For Republic of Croatia this corridor is extremely important because of road - railway corridor that pass through Croatia connecting Rijeka and Budapest via Zagreb. The railway station Dugo Selo is a public place on the Mediterranean corridor of the TEN-T network.

Hypothesis of this paper is that railway station Dugo Selo, because of planned increase of the traffic, will become bottleneck of the Mediterranean corridor of TEN-T network on area of Republic of Croatia and related with that increasing the capacity of the railway lines will not solve the bottleneck of the network. Bottleneck presents problems for technical, transport and flow capacity of the railway line.

Using the simulation model it is possible to make an analysis of the railway system with goal to his development. Potential problem of the bottleneck will be simulated in software package Railsys where will be possible to make capacity calculation of the capacity. The existing situation of the capacity of railway lines in Dugo Selo node will be compared with situation after upgrading the railway line Dugo Selo - Križevci with second track.

## **KEY WORDS**

Railway transport; Mediterranean Corridor; RailSys; Simulation; Capacity; Bottleneck; Railway Stations.



## O AUTORIMA

Marin Dokoza rođen je 1. siječnja 1994. godine u Zagrebu, Republika Hrvatska. Godine 2012. završava program Tehničar za računalstvo u Tehničkoj školi Zagreb te upisuje preddiplomski studij Promet na Fakultetu prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Na trećoj godini odabire smjer Željeznički promet na kojemu nastavlja studiranje.

Martina Furdić rođena je 7. siječnja 1991. godine u Derventi, Bosna i Hercegovina. Godine 2009. završila je prirodoslovno – matematički program u XV. gimnaziji u Zagrebu. 2012. godine upisuje preddiplomski studij Inteligentni transportni sustavi i logistika na Fakultetu prometnih znanosti, smjer Logistika, te tri godine za redom dobiva dekanovu nagradu za izvrsnost u studiranju za studij Inteligentni transportni sustavi i logistika. 2015. godine postala je sveučilišna prvostupnica inženjerka prometa te je iste godine upisala diplomski studij Inteligentni transportni sustavi i logistika.

Matea Mikulčić rođena je 28. rujna 1993. godine u Zaboku, Republika Hrvatska. Godine 2012. završila je program Tehničar za logistiku i špediciju u Srednjoj školi Zlatar u Zlataru. Nakon završene srednje škole, 2012. godine upisuje preddiplomski studij Promet na Fakultetu prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, smjer Željeznički promet, te tri godine za redom dobiva dekanovu nagradu za izvrsnost u studiranju za studij Promet. 2015. godine postala je sveučilišna prvostupnica inženjerka prometa te je iste godine upisala diplomski studij Promet, također Željeznički smjer.

## POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz Mediteranskog koridora na području Republike Hrvatske i lokacija Dugog Sela.....	5
Slika 2. Pregled područja obuhvata.....	9
Slika 3. Kolosiječna shema kolodvora Sesevete.....	12
Slika 4. Kolosiječna shema kolodvora Dugo Selo.....	16
Slika 5. Kolosiječna shema kolodvora Prečec.....	18
Slika 6. Kolosiječna shema kolodvora Vrbovec.....	20
Slika 7. Shematski prikaz vrste modela.....	23
Slika 8. Shematski prikaz izrade i evaluacije modela.....	25
Slika 9. Prikaz mikroskopskog načina rada u programskom paketu Railsys.....	26
Slika 10. Prikaz makroskopskog načina rada u programskom paketu Railsys.....	26
Slika 11. Prikaz sučelja za kreiranje novog ili odabir postojećeg projekta.....	31
Slika 12. Primjer spajanja čvorova sa linkom.....	32
Slika 13. Primjer izgleda nacрта u programu AutoCAD.....	33
Slika 14. Primjer izgleda skretnica.....	33
Slika 15. Unos tipa signalno sigurnosnog uređaja.....	34
Slika 16. Izgled sučelja za kreiranje službenog mjesta.....	35
Slika 17. Prikaz sučelja za kreiranje mjesta zaustavljanja.....	36
Slika 18. Primjer izgleda granica kolodvora ili stajališta.....	36
Slika 19. Vrste vlakova korištene u simulaciji.....	37
Slika 20. Kategorije vlakova kreirane u simulaciji.....	38
Slika 21. Primjer unosa vlaka u vozni red.....	39
Slika 22. Promijenjen izgled kolodvora Dugo Selo.....	40
Slika 23. Novo stanje stajališta Božjakovina.....	41
Slika 24. Promijenjen izgled kolodvora Vrbovec.....	42
Slika 25. Infrastrukturni model novog stanja.....	42
Slika 26. Prikaz dijela novog voznoga reda na relaciji Sesevete Dugo Selo.....	43
Slika 27. Izgled infrastrukturnog modela postojećeg stanja.....	45
Slika 28. Prikaz izvođenja simulacije.....	46
Slika 29. Isječak iz postojećeg voznog reda.....	47
Slika 30. Prikaz zauzetosti pruge s vlakovima.....	48
Slika 31. Izgled grafikona postojećeg voznog reda nakon komprimiranja.....	58

Slika 32 Izgled grafikona voznog reda promijenjenog stanja nakon komprimiranja..... 59

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Kolodvorski peroni.....	16
------------------------------------	----

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Zauzetost pruge vlakovima od kolodvora Sesvete do stajališta Sesvetski Kraljevec .....	49
Grafikon 2. Zauzetost pruge vlakovima od stajališta Sesvetski Kraljevec do kolodvora Dugo Selo.....	49
Grafikon 3. Zauzetost pruge vlakovima od kolodvora Dugo Selo do stajališta Božjakovina..	50
Grafikon 4. Zauzetost pruge vlakovima od stajališta Božjakovina do kolodvora Vrbovec.....	50
Grafikon 5. Zauzetost pruge vlakovima od kolodvora Dugo Selo do stajališta Ostrna .....	51
Grafikon 6. Zauzetost pruge vlakovima od stajališta Ostrna do kolodvora Prečec .....	51
Grafikon 7. Zaposlenost kolodvora Sesvete tijekom jednoga dana .....	52
Grafikon 8. Zauzetost dionice vlakovima od kolodvora Sesvete do stajališta Sesvetski Kraljevec .....	54
Grafikon 9. Zauzetost dionice vlakovima od stajališta Sesvetski Kraljevec do kolodvora Dugo Selo.....	55
Grafikon 10. Zauzetost dionice vlakovima od kolodvora Dugo Selo do stajališta Božjakovina .....	55
Grafikon 11. Zauzetost dionice vlakovima od stajališta Božjakovina do kolodvora Vrbovec	56
Grafikon 12. Zauzetost kolodvora Dugo Selo tijekom 24h .....	56