

Analiza željezničkog prometa i stabilnosti voznog reda na relaciji Zagreb Glavni kolodvor - Karlovac

Dolenec-Čižmek, Kristijan

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:288703>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-29**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



Zagreb, 5. svibnja 2017.

Zavod: **Zavod za željeznički promet**
Predmet: **Planiranje i upravljanje u željezničkom prometu**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 4393

Pristupnik: **Kristijan Dolenc-Čižmek (0135217337)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Željeznički promet**

Zadatak: **Analiza željezničkog prometa i stabilnosti voznog reda na relaciji Zagreb
Glavni kolodvor - Karlovac**

Opis zadatka:

U radu je potrebno analizirati tehnološke parametre željezničkog prometa s obzirom na postojeći vozni red na dionici željezničke pruge Zagreb Glavni kolodvor - Karlovac. Uz to potrebno je primjenom računalnog modela zadane dionice željezničke pruge analizirati stabilnost postojećeg voznog reda uz njegove manje modifikacije s ciljem unapređenja željezničkog prigradskog prometa.

Zadatak uručen pristupniku: 23. svibnja 2017.

Mentor:

**Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:**

doc. dr. sc. Hrvoje Haramina

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Kristijan Dolenc – Čižmek

**ANALIZA ŽELJEZNIČKOG PROMETA I STABILNOSTI
VOZNOG REDA NA RELACIJI ZAGREB GLAVNI
KOLODVOR – KARLOVAC**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

**ANALIZA ŽELJEZNIČKOG PROMETA I STABILNOSTI
VOZNOG REDA NA RELACIJI ZAGREB GLAVNI
KOLODVOR – KARLOVAC**

**ANALYSIS OF RAILWAY TRANSPORT AND TIMETABLE
STABILITY ON THE LINE FROM ZAGREB GLAVNI TO
KARLOVAC RAILWAY STATION**

Mentor:

Doc.dr.sc. Hrvoje Haramina

Student:

Kristijan Dolenc – Čižmek, 0135217337

Zagreb, prosinac 2017.

SAŽETAK

U ovom radu analizirano je stanje željezničke infrastrukture i prometa na relaciji Zagreb Glavni kolodvor - Karlovac. Analiza željezničkog prometa provedena je primjenom simulacijskog računalnog programa OpenTrack. Ovaj program omogućuje simulacijsku analizu stvarnog željezničkog prometa na temelju unesenih podataka o infrastrukturi, tehnološkim procesima rada, voznom redu te tehničkim karakteristikama vozila koja sudjeluju u simulaciji. Stabilnost voznog reda analizirana je simulacijom incidentnih situacija koja nam daje rezultate o poremećaju prometovanja vlakova.

KLJUČNE RIJEČI: *analiza željezničkog prometa, stabilnost voznog reda, simulacijsko modeliranje*

SUMMARY

In this paper condition of railway infrastructure and traffic on the line from Zagreb Glavni kolodvor to Karlovac is analyzed. The analysis of railway traffic is conducted by application of simulation program OpenTrack. This program enables simulation analysis based on implemented data such as infrastructure, timetable and data about technological processes in railway stations as well as technical characteristics of trains. Timetable stability is analyzed by simulation of incident situations which give us results of train traffic disturbances.

KEY WORDS: *analysis of railway traffic, timetable stability, simulation modeling*

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. ANALIZA STANJA ŽELJEZNIČKE INFRASTRUKTURE I PROMETA NA RELACIJI ZAGREB GLAVNI KOLODVOR – KARLOVAC | 2 |
| 2.1. Analiza željezničkog prometa na relaciji Zagreb Glavni kolodvor - Karlovac | 2 |
| 2.2. Analiza željezničke infrastrukture na relaciji Zagreb Glavni kolodvor - Karlovac..... | 2 |
| 2.2.1. Zagreb Glavni kolodvor | 2 |
| 2.2.2. Kolodvor Hrvatski Leskovac | 7 |
| 2.2.3. Kolodvor Horvati | 10 |
| 2.2.4. Kolodvor Zdenčina | 12 |
| 2.2.5. Kolodvor Jastrebarsko | 13 |
| 2.2.6. Kolodvor Draganići | 15 |
| 2.2.7. Kolodvor Karlovac..... | 17 |
| 3. IZRADA MODELA ŽELJEZNIČKOG SUSTAVA NA RELACIJI ZAGREB GLAVNI KOLODVOR - KARLOVAC | 22 |
| 3.1. Postupak izrade trasa simulacijskog modela | 22 |
| 3.1.1. Izrada puta vožnje | 22 |
| 3.1.2. Izrada skupa puteva vožnje | 23 |
| 3.1.3. Izrada itinerara | 23 |
| 3.2. Postupak izrade modela vučnih vozila i kompozicije vlakova | 24 |
| 3.2.1. Izrada modela vučnih vozila | 24 |
| 3.2.2. Izrada modela kompozicije vlakova | 25 |
| 3.3. Postupak definiranja vlakova i izrade voznog reda..... | 27 |
| 3.3.1. Postupak definiranja trase vlaka | 28 |
| 3.3.2. Postupak izrade voznog reda..... | 30 |
| 4. SIMULACIJA PROMETA I ANALIZA STABILNOSTI POSTOJEĆEG VOZNOG REDA NA RELACIJI ZAGREB GLAVNI KOLODVOR - KARLOVAC..... | 31 |
| 4.1. Prvi scenarij za simulaciju željezničkog prometa uslijed pojave neplaniranog događaja koji uzrokuje poremećaje u prometu | 31 |
| 4.2. Drugi scenarij za simulaciju željezničkog prometa uslijed pojave neplaniranog događaja koji uzrokuje poremećaje u prometu | 33 |
| 5. ZAKLJUČAK | 36 |
| LITERATURA..... | 37 |
| POPIS SLIKA | 38 |
| POPIS TABLICA..... | 39 |

1. UVOD

Dionica na relaciji Zagreb Glavni kolodvor – Karlovac dio je pruge M202 Zagreb Glavni kolodvor - Rijeka koja spada u glavne međunarodne željezničke pruge na koridoru RH2, a dio je i Mediteranskog koridora TEN-T mreže. Ovom prugom svakodnevno prometuju putnički i teretni vlakovi iz unutarnjeg i međunarodnog željezničkog prometa. U okviru ovog rada potrebno je provesti analizu stanja željezničke infrastrukture i prometa na relaciji Zagreb Glavni kolodvor – Karlovac, te opisati izradu modela željezničkog prometa u računalnom programu OpenTrack. Također, u svrhu analize stabilnosti voznog reda provest će se simulacija vožnje vlakova u izvanrednim situacijama.

Rad je podijeljen u 5 cjelina:

1. Uvod
2. Analiza stanja željezničke infrastrukture i prometa na relaciji Zagreb Glavni kolodvor - Karlovac
3. Izrada modela željezničkog prometa na relaciji Zagreb Glavni kolodvor - Karlovac
4. Simulacija prometa i analiza stabilnosti voznog reda na relaciji Zagreb Glavni kolodvor - Karlovac
5. Zaključak

U drugom poglavlju, analizirano je stanje željezničkog prometa i infrastrukture kroz podatke o prometovanju vlakova na dionici od Zagreba do Karlovca te podatke iz poslovnih redova kolodvora koji se nalaze na toj relaciji.

U trećem poglavlju opisan je postupak izrade modela željezničkog prometa u računalnom simulacijskom programu OpenTrack.

U četvrtom poglavlju prikazana je simulacijska analiza stabilnosti voznog reda za godinu 2016./2017. u slučaju izvanrednih situacija koje mogu dovesti do poremećaja u svakodnevnom prometovanju vlakova. Analiza je provedena koristeći simulacijski računalni program OpenTrack.

2. ANALIZA STANJA ŽELJEZNIČKE INFRASTRUKTURE I PROMETA NA RELACIJI ZAGREB GLAVNI KOLODVOR – KARLOVAC

2.1. Analiza željezničkog prometa na relaciji Zagreb Glavni kolodvor - Karlovac

Na dionici pruge Zagreb Glavni kolodvor - Karlovac nalazi se šest kolodvora, a to su redom iz smjera Zagreba: Zagreb Glavni kolodvor, Hrvatski Leskovac, Horvati, Zdenčina, Jastrebarsko, Draganići i Karlovac. Na relaciji Zagreb Glavni kolodvor - Karlovac prometuje 37 putničkih i 18 teretnih vlakova. Vršna opterećenja prisutna su u jutarnjim satima od 06:00h do 09:00h i u popodnevnim satima od 15:00h do 18:00h. Ova relacija je od velikog značaja za putnički promet budući da veliki broj ljudi mora ostvariti prijevoz do radnih mjesta u Zagrebu ili Karlovcu. Pruga na dionici Zagreb Glavni kolodvor - Karlovac također je opterećena i prometom koji se odvija prema Rijeci i suprotno, te prometom u oba smjera pruge prema jugu Hrvatske koja se odvaja na rasputnici Krpelj u blizini kolodvora Ogulin. U unutarnjem prijevozu putnika najveću zastupljenost imaju putnički vlakovi, dok su brzi vlakovi 701, 702, 820 i 821 te InterCity vlakovi 520, 521, 522, 523. Iz međunarodnog prijevoza prometuju EuroCity vlakovi 200 i 205, te sezonski vlakovi 1204 i 1205.

2.2. Analiza željezničke infrastrukture na relaciji Zagreb Glavni kolodvor - Karlovac

2.2.1. Zagreb Glavni kolodvor

Zagreb Glavni kolodvor nalazi se u km 424 + 423 koridora RH1 (DG – Savski Marof – Zagreb – Dugo Selo – Novska – Vinkovci – Tovarnik – DG) na nadmorskoj visini od 120 metara.

U pogledu reguliranja prometa Zagreb Glavni kolodvor je međukolodvor za rasporedne odsjeke na prugama:

Zagreb Glavni Kolodvor - Rijeka

- Zagreb GK - Karlovac (za putničke vlakove iz smjera Zagreb GK)
- Hrvatski Leskovac - Delta rasp. - Zagreb Klara - Zagreb RK - Čulinec rasp. - Zagreb GK (za putničke vlakove u oba smjera)

DG Tovarnik - D. Selo - Zagreb Glavni kolodvor

- Zagreb GK - D. Selo - Novska (za putničke vlakove iz smjera Zagreb GK)

Dugo Selo - Koprivnica - Botovo DG

- Zagreb GK - D. Selo - Koprivnica (za putničke vlakove iz smjera Zagreb GK)

Zagreb GK - S. Marof DG

- Zagreb GK - Savski Marof (za putničke vlakove u oba smjera)
- Zagreb GK - Savski Marof - Kumrovec (za putničke vlakove iz smjera Zagreb GK)
- Zagreb GK - Zagreb ZK (za lokomotivske vlakove u oba smjera)

Zaprešić - Varaždin - Kotoriba DG

- Zagreb GK - Varaždin (za putničke vlakove iz smjera Zagreb GK)

Novska - Sisak - Zagreb GK

- Zagreb GK - Zagreb Klara - Sisak Caprag (za putničke vlakove iz smjera Zagreb GK)
- Zagreb GK - Zagreb Klara - Zagreb RK (za lokomotivske vlakove)

Sesvete - V. Gorica

- Zagreb GK - Čulinec (rsp.) - V. Gorica - Sisak Caprag (za putničke vlakove)
- Zagreb GK - Čulinec(rsp.) - Zagreb RK (za lokomotivske vlakove)
- Zagreb GK - Čulinec(rsp.) - V. Gorica (za lokomotivske vlakove)

Trešnjevka (rsp.) Zagreb ZK

- Zagreb ZK - Trešnjevka (rsp.) (za putničke vlakove iz oba smjera)

Iz Zagreb Glavnog kolodvora odvajaju se pruge:

- M 101 Zagreb GK - Savski Marof DG od km 424 + 423
- M 202 Zagreb GK - Rijeka od km 424 + 423

Zagreb Glavni kolodvor otvoren je za promet putnika i ograničeni promet robe sa sljedećim aktivnostima:

- prihvat i otpremu putnika
- prijevoz pošiljaka vlasnika i korisnika industrijskih kolosijeka
- prijevoz pošiljaka za potrebe HŽ-Carga d.o.o.
- prijevoz poštanskih pošiljaka.

Granice kolodvorskog područja Zagreb Glavnog kolodvora u odnosu na otvorenu prugu su:

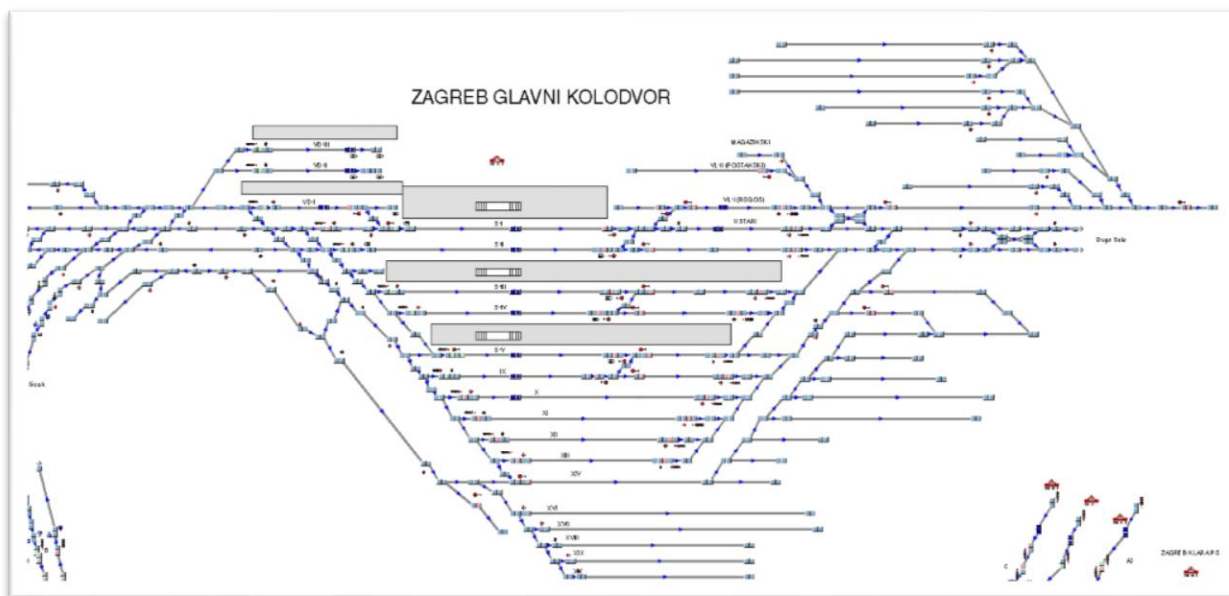
- na glavnoj pruzi prema kolodvoru Zagreb Borongaj ulazni signal "G" u km 425 + 788
- na spojnoj pruzi prema kolodvoru Zagreb Borongaj ulazni signal "H" u km 425 + 788
- prema Zagreb Zapadnom kolodvoru ulazni signal "C1" u km 425 + 393
- prema Zagreb Zapadnom kolodvoru ulazni signal "C2" u km 425 + 393
- prema kolodvoru Hrvatski Leskovac ulazni signal "B" u km 425 + 299
- prema kolodvoru Zagreb Klara ulazni signal "A" u km 423 + 484

Tablica 1. Popis kolosijeka, njihova namjena i položaj za kolodvor Zagreb Glavni kolodvor

| BROJ KOLOSIJEKA | NAMJENA KOLOSIJEKA | KORISNA DULJINA (m) |
|------------------------|---|----------------------------|
| S-1 | prijamno – otpremni | 383 |
| S-2 / S-2a | prijamno – otpremni | 312-339/331 |
| S-3 / S-3a | prijamno – otpremni | 271-275/267-251 |
| S-4 / S-4a | prijamno – otpremni | 246-245/260-268 |
| S-5 / S-5a | prijamno – otpremni | 200/187 |
| VD-1 | prijamno – otpremni | 186-193 |
| VD-2 | prijamno – otpremni | 174-190 |
| VD-3 | prijamno – otpremni | 174-190 |
| VL-1 | prijamno – otpremni | 223-226 |
| VL (ROGOŠ) | prijamno – otpremni | 93-77 |
| 9/9a | prijem i otprema teretnih i lok. vlakova, izvanredni prijem vlakova za prijevoz putnika | 447-424 |
| 10 | prijem i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova, iznimno dopušteno gariranje | 404-401 |
| 11 | gariranje, prijem i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova | 359-350 |
| 12 | gariranje, prijem i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova | 280-257 |
| 13 | gariranje, prijem i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova | 240-242 |
| 14 | za ulazak/ izlazak lokomotiva u/ iz depoa | |
| 16 | gariranje | 410-412 |
| 17 | gariranje i čišćenje | 377-379 |
| 18 | punjenje baterija na vagonima | 230 |
| 19 | temeljno čišćenje na putničkih vagona | 220 |
| 20 | temeljno čišćenje na putničkih vagona | 220 |
| 21 | pražnjenje fekalija | 140 |

| | | |
|----------------------|---|---------|
| 22 | gariranje | 140 |
| 23 | gariranje | 141 |
| 24 | gariranje vagona za TŽV | 141 |
| 25 | gariranje vagona za radionicu „Graba“ | 125 |
| 26 | gariranje vagona | 125 |
| MG-1 | čišćenje Wl, Bc i WR vagona i gariranje | 111 |
| MG-2 | čišćenje Wl i Bc vagona i gariranje | 193 |
| MG-3 | gariranje i čišćenje | 353 |
| MG-4 | gariranje i čišćenje | 308 |
| MG-5 | gariranje i čišćenje | 308 |
| MG-6 | gariranje MDDm vagona | 243 |
| RAMPA 1 | za potrebe ZOP-a i POSIT-a | 226 |
| RAMPA 2 | gariranje | 195 |
| MALA BOTANIKA | izvlačnjak | 117-116 |
| VELIKA BOTANIKA | izvlačnjak | 204-203 |
| SEKCIJSKA IZVLAKA | izvlačnjak | 155-154 |
| „KOTURAŠKA“ | izvlačnjak | 239 |
| „POD ZIDOM“ | izvlačnjak | 73 |
| „ULJARA“ | izvlačnjak | 201-200 |
| V1-(ROGOŠ) | postava garnitura | 243 |
| VL-2 | manipulacija Post vagona, izvanredni prijem vlakova za prijevoz putnika sa dizel vučom | 310 |
| M-6 | za potrebe HŽ Mehanizacije | 52 |
| M-7A | utovar/ istovar automobila | 57 |
| S-3b | gariranje lokomotiva i TMD-a | 24 |
| GARAŽA | gariranje mjernog vagona | |
| MAGAZINSKI | manipulativni (utovar i istovar pošiljaka), gariranje | 118-117 |

Izvor: [1]



Slika 1. Shema kolodvora Zagreb Glavni kolodvor izrađena u programu OpenTrack

2.2.2. Kolodvor Hrvatski Leskovac

Kolodvor Hrvatski Leskovac nalazi se u kilometru 435 + 168 pruge M202 Zagreb Glavni kolodvor - Rijeka. Između kolodvora Hrvatski Leskovac i Zagreb Glavni kolodvor u kilometru 425 + 896 odvaja se pruga za Zagreb Zapadni kolodvor preko raskrštnice Trešnjevka, te od kilometra 429 + 998 pruga za Zagreb Klaru i Zagreb Ranžirni kolodvor preko Raskrštnice Delta. U pogledu reguliranja prometa kolodvor Hrvatski Leskovac je međukolodvor na rasporednom odsjeku:

- za putnički promet: Zagreb Glavni kolodvor - Karlovac - Rijeka
- za teretni promet: Zagreb Ranžirni kolodvor - Karlovac - Rijeka

Kolodvor Hrvatski Leskovac u pogledu transportno-komercijalne službe otvoren je za prijam i otpremu putnika, prtljage i vagonskih pošiljaka u međunarodnom i lokalnom prometu. Granice kolodvorskog područja u odnosu na otvorenu prugu čine ulazni signali od strane Zagreb Glavnog kolodvora i kolodvora Horvati:

- ulazni signal A od Zagreb Glavnog kolodvora nalazi se u kilometru 434 + 067
- ulazni signal B od kolodvora Horvati nalazi se u kilometru 435 + 734

Kolodvor je osiguran svjetlosnim signalima od Zagreb Glavnog kolodvora i kolodvora Horvati. Ulazni i izlazni signali u kolodvoru pokazuju dvoznačne signalne znakove. Signali kolodvora navedeni su u tablici 2.

Tablica 2. Popis signala i njihov položaj za kolodvor Hrvatski Leskovac

| GLAVNI SIGNALI | | PREDSIGNALI | |
|---------------------|--------------|------------------|--------------|
| NAZIV I VRSTA | POLOŽAJ U KM | NAZIV | POLOŽAJ U KM |
| A (ulazni signal) | 434 + 067 | PsA (predsignal) | 432 + 860 |
| B (ulazni signal) | 435 + 734 | PsB (predsignal) | 436 + 734 |
| C2 (izlazni signal) | 434 + 732 | | |
| C3 (izlazni signal) | 434 + 684 | | |
| C4 (izlazni signal) | 434 + 607 | | |
| C5 (izlazni signal) | 434 + 644 | | |
| C6 (izlazni signal) | 434 + 700 | | |
| D2 (izlazni signal) | 435 + 313 | | |
| D3 (izlazni signal) | 435 + 318 | | |
| D4 (izlazni signal) | 435 + 289 | | |

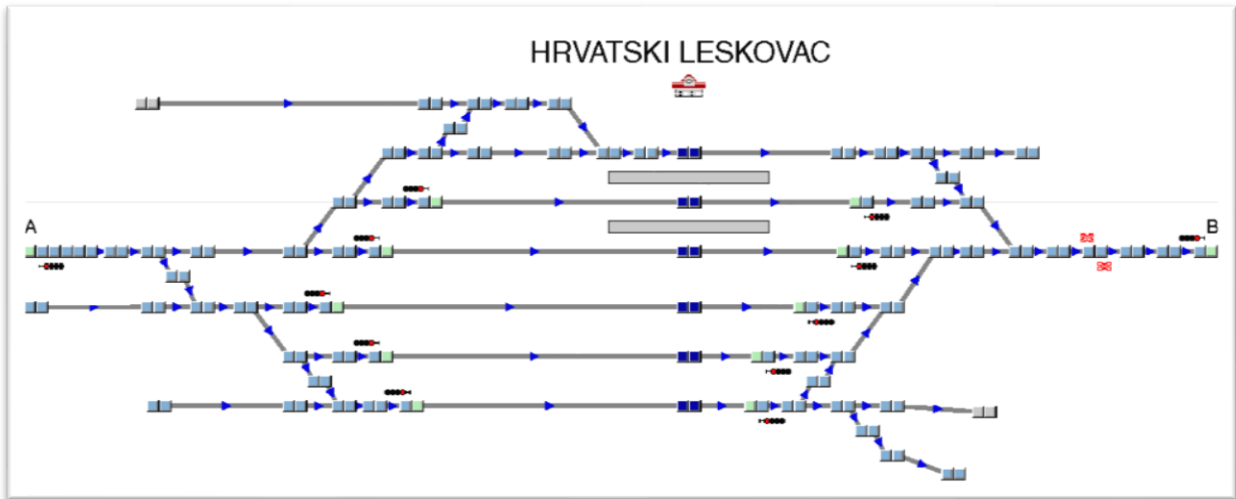
Izvor: [2]

Brojevi kolosijeka kolodvora Hrvatski Leskovac, korisne duljine te namjene navedeni su u tablici 3.

Tablica 3. Namjene i brojevi kolosijeka, te njihove korisne duljine za kolodvor Hrvatski Leskovac

| BROJ KOLOSIJEKA | NAMJENA KOLOSIJEKA | KORISNA DULJINA (m) |
|------------------------|---|----------------------------|
| 1. | istovarno – utovarni | 517 |
| 2. | prijamno – otpremni | 593/582 |
| 3. | glavni – prolazni | 644/645 |
| 4. | prijamno – otpremni | 693 |
| 5. | prijamno – otpremni | 626/633 |
| 6. | prijamno – otpremni | 551/552 |
| 7. | izvlačni kolosijek za potrebe ZOP – a | 121 |
| 8. | izvlačni kolosijek za potrebe ZOP – a | 156 |
| 9. | dionica kontaktne mreže Hrvatski Leskovac | 37 |
| 10. | izvlačni kolosijek za potrebe ZOP – a | 49 |
| 11. | | 327 |
| 11a. | | 132 |

Izvor: [2]



Slika 2. Shema kolodvora Hrvatski Leskovac izrađena u programu OpenTrack

2.2.3. Kolodvor Horvati

Kolodvor Horvati je međukolodvor na pruzi Zagreb Glavni Kolodvor - Rijeka u km 441 + 905. Prema zadaći regulacije prometa kolodvor Horvati je međukolodvor na rasporednom odsjeku Zagreb - Karlovac. Kolodvor Horvati zaštićen je ulaznim signalima s predsignalima, a popis signala i njihov položaj navedeni su u tablici 4.

Tablica 4. Popis signala i njihov položaj za kolodvor Horvati

| GLAVNI SIGNALI | | PREDSIGNALI | |
|---------------------|--------------|-------------------|--------------|
| NAZIV I VRSTA | POLOŽAJ U KM | NAZIV | POLOŽAJ U KM |
| A (ulazni signal) | 441 + 190 | P sA (predsignal) | 440 + 327 |
| B (ulazni signal) | 442 + 609 | P sB (predsignal) | 443 + 514 |
| C1 (izlazni signal) | 441 + 520 | | |
| C3 (izlazni signal) | 441 + 662 | | |
| D1 (izlazni signal) | 442 + 238 | | |
| D2 (izlazni signal) | 442 + 215 | | |

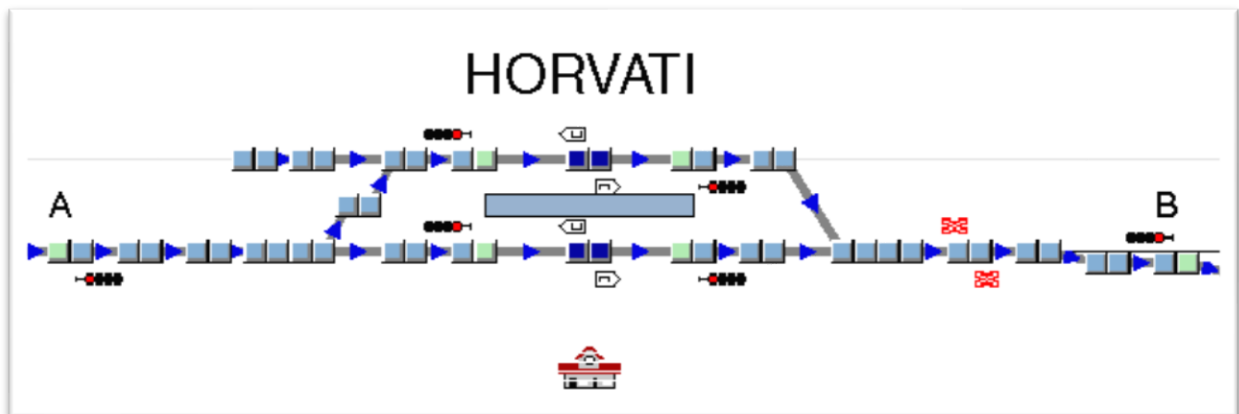
Izvor: [3]

U kolodvoru Horvati nalaze se 3 kolosijeka. Od toga 1. i 2. kolosijek su prijemno - otpremni, a 3. kolosijek je krnji i ima namjenu garažnog kolosijeka. Brojevi kolosijeka, njihova namjena te njihove korisne duljine navedeni su dolje u talici 4.

Tablica 5. Brojevi kolosijeka, njihova namjena i korisne duljine za kolodvor Horvati

| BROJ KOLOSIJEKA | NAMJENA KOLOSIJEKA | KORISNA DULJINA (m) |
|-----------------|---------------------|---------------------|
| 1. | prijemno - otpremni | 703/694 |
| 2. | prijemno - otpremni | 610/666 |
| 3. | garažni (krnji) | 68 |

Izvor: [3]



Slika 3. Shema kolodvora Horvati izrađena u programu OpenTrack

2.2.4. Kolodvor Zdenčina

Kolodvor Zdenčina nalazi se na pruzi Zagreb - Rijeka u km 448 + 435. Prema zadaći regulacije prometa ovaj kolodvor je međukolodvor na rasporednom odsjeku Zagreb - Karlovac. Kolodvor Zdenčina je nadzorni kolodvor slijedećim službenim mjestima:

- stajalište Mavračići u km 444 + 400 između kolodvora Zdenčina i kolodvora Horvati - nezaposjednuto.
- stajalište Desinec u km 451 + 951 nalazi se između kolodvora Zdenčina i Jastrebarsko.

Kolodvor Zdenčina je otvoren za promet putnika u unutarnjem prometu. Granicu kolodvorskog područja u odnosu na otvorenu prugu čine ulazni signali:

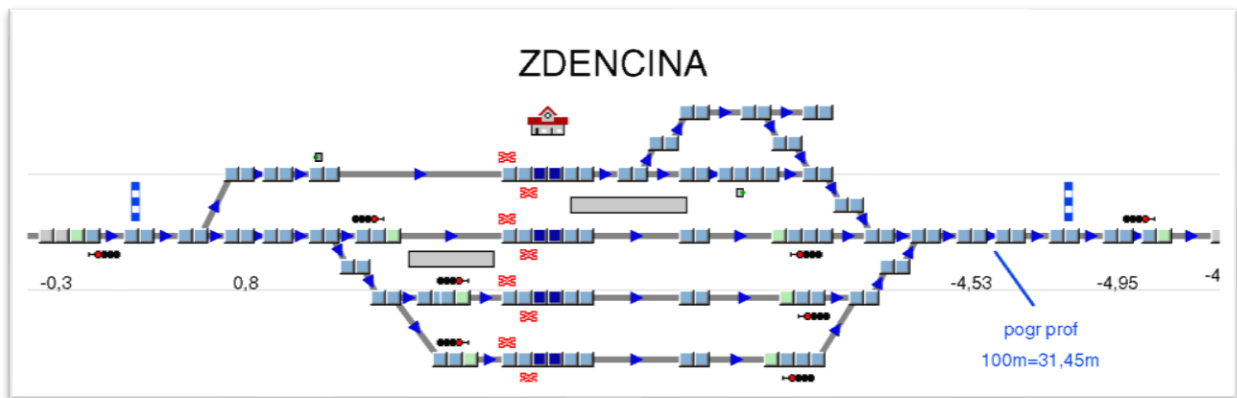
- ulazni signal «A» u km 447 + 853,85 od strane kolodvora Horvati,
- ulazni signal «B» u km 449 + 403 od strane kolodvora Jastrebarsko.

Kolodvor Zdenčina ima 6 kolosijeka od kojih su 2., 3. i 4. prijemno - otpremni, a 1. i 5. kolosijek su manipulativni, dok je 6. kolosijek krnji. Peti kolosijek je vezan skretnicama broj 4 i 5 sa prvim kolosijekom, dok je šesti kolosijek vezan skretnicom broj 5 sa petim kolosijekom. Njihove oznake brojevima, korisne duljine te namjene navedeni su u tablici 6.

Tablica 6. Brojevi kolosijeka, njihova namjena i korisne duljine za kolodvor Zdenčina

| BROJ KOLOSIJEKA | NAMJENA KOLOSIJEKA | KORISNA DULJINA (m) |
|------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1. | manipulativni | 587 |
| 2. | prijamno – otpremni | 609/607 |
| 3. | glavni – prolazni | 540/547 |
| 4. | prijamno - otpremni | 537 |
| 5. | manipulativni | 190 |
| 6. | krnji | 125 |

Izvor: [4]



Slika 4. Shema kolodvora Zdenčina izrađena u programu OpenTrack

2.2.5. Kolodvor Jastrebarsko

Kolodvor Jastrebarsko nalazi se na pruzi Zagreb Glavni Kolodvor - Rijeka u km 457 + 000. Prema zadaći regulacije prometa kolodvor je međukolodvor na rasporednom odsjeku Zagreb - Karlovac.

Kolodvor Jastrebarsko je nadzorni kolodvor slijedećim službenim mjestima:

- TCPR i stajalište Domagović u km 460 + 143 između kolodvora Jastrebarsko i Draganići - nezaposjednuto
- Stajalište Lazina u km 463 + 131, nalazi se između kolodvora Jastrebarsko i Draganići.

Kolodvor Jastrebarsko je otvoren za prijevoz vagonskih pošiljaka u unutarnjem i međunarodnom prometu, te je otvoren za promet putnika i prtljage u unutarnjem prometu.

Kolodvoru Jastrebarsko ima 5 kolosijeka. Od toga 1., 2. i 3. su prijemno - otpremni, a 4. kolosijek je manipulativni. 5. kolosijek je krnji te ima namjenu garažnog kolosijeka. Brojevi kolosijeka te njihove korisne duljine navedeni su dolje u tablici 7.

Tablica 7. Brojevi kolosijeka, njihove namjene i korisne duljine za kolodvor

Jastrebarsko

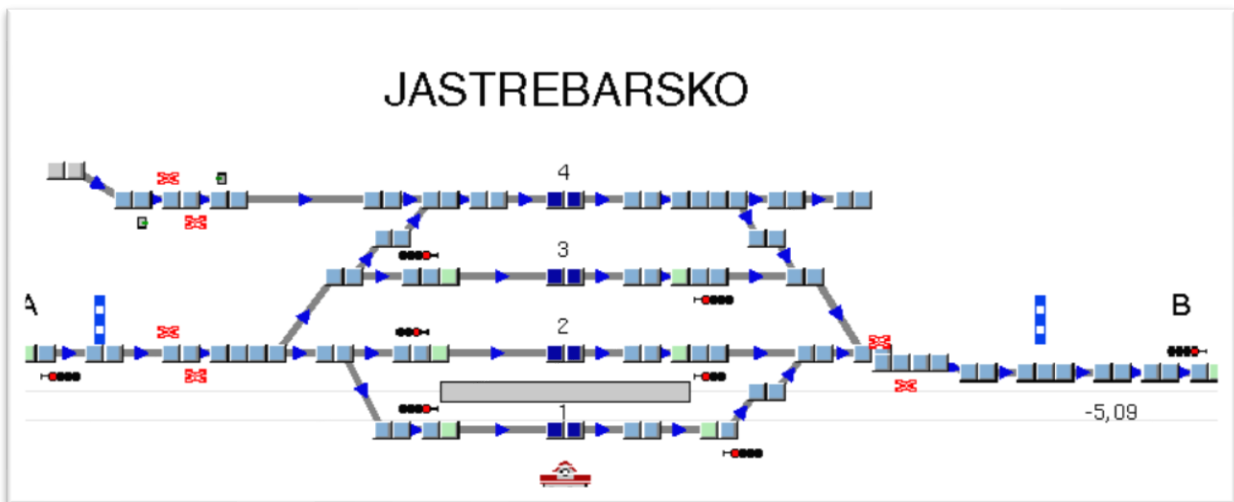
| BROJ KOLOSIJEKA | NAMJENA KOLOSIJEKA | KORISNA DULJINA (m) |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 1. | istovarno – utovarni | 593/580 |
| 2. | prijamno – otpremni | 572/574 |
| 3. | glavni – prolazni | 559 |
| 4. | prijamno - otpremni | 494 |
| 5. | prijamno - otpremni | 62 |

Izvor: [5]

Tablica 8. Popis signala i njihov položaj za kolodvor Jastrebarsko

| GLAVNI SIGNALI | | PREDSIGNALI | |
|-----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| NAZIV I VRSTA | POLOŽAJ U KM | NAZIV | POLOŽAJ U KM |
| A (ulazni signal) | 456 + 173 | PsA (predsignal) | 455 + 149 |
| B (ulazni signal) | 457 + 631 | PsB (predsignal) | 458 + 675 |
| C1 (izlazni signal) | 456 + 880 | | |
| C2 (izlazni signal) | 456 + 669 | | |
| C3 (izlazni signal) | 456 + 683 | | |
| D1 (izlazni signal) | 457 + 260 | | |
| D2 (izlazni signal) | 457 + 249 | | |
| D3 (izlazni signal) | 457 + 249 | | |

Izvor: [5]



Slika 5. Shema kolodvora Jastrebarsko izrađena u programu OpenTrack

2.2.6. Kolodvor Draganići

Kolodvor Draganići je međukolodvor na rasporednom odsjeku pruge Zagreb - Karlovac. Kolodvor se proteže u dužini 1508 metara i nalazi se na pruzi M 202 Zagreb G.K. - Karlovac - Rijeka, između kolodvora Jastrebarsko i Karlovac. Sredina kolodvorske zgrade nalazi se u km 467 + 500. Kolodvor Draganići udaljen je od kolodvora Jastrebarsko 10,5 km, a od kolodvora Karlovac 10,0 km. Kolodvor Draganići ima 5 kolosijeka. Glavni kolosijeci su prvi, drugi, treći i četvrti kolosijek i služe kao prijemno - otpremni kolosijeci. Peti kolosijek je manipulativni kolosijek sa bočnom rampom. Drugi kolosijek je glavni prolazni kolosijek. Brojevi kolosijeka te njihove korisne duljine navedeni su dolje u tablici 9.

Tablica 9. Brojevi kolosijeka i korisne duljine za kolodvor Draganići

| BROJ KOLOSIJEKA | NAZIV KOLOSIJEKA | KORISNA DULJINA (m) |
|------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 1. | prijemno - otpremni | 538/530 |
| 2. | glavni – prolazni | 546/556 |
| 3. | prijamno - otpremni | 535/519 |
| 4. | prijamno - otpremni | 498 |
| 5. | manipulativni | 153 |

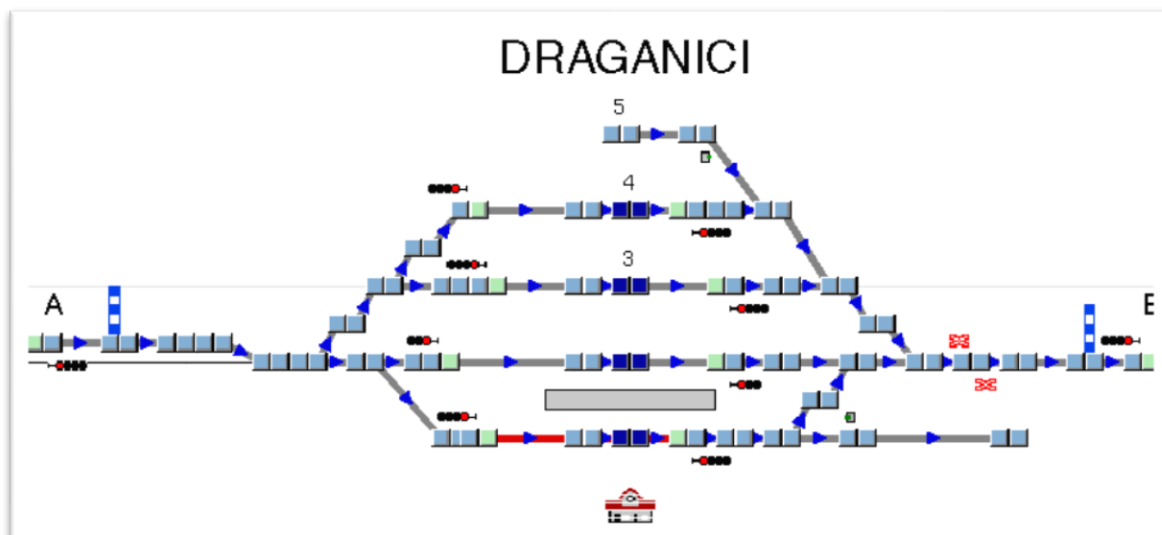
Izvor: [6]

Kolodvor Draganići zaštićen je s obje strane ulaznim signalima i pred signalima i uključen je u APB dijela pruge Hrvatski Leskovac - Moravice. Popis signala i njihov položaj za kolodvor Draganići navedeni su u tablici 10.

Tablica 10. Popis signala i njihov položaj za kolodvor Draganići

| GLAVNI SIGNALI | | PREDIGNALI | |
|-----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| NAZIV I VRSTA | POLOŽAJ U KM | NAZIV | POLOŽAJ U KM |
| A (ulazni signal) | 466+609 | PsA (predsignal) | 465+600 |
| B (ulazni signal) | 468+117 | PsB (predsignal) | 469+129 |
| C1 (izlazni signal) | 467+089 | | |
| C2 (izlazni signal) | 467+079 | | |
| C3 (izlazni signal) | 467+108 | | |
| C4 (izlazni signal) | 467+091 | | |
| D1 (izlazni signal) | 467+598 | | |
| D2 (izlazni signal) | 467+633. | | |
| D3 (izlazni signal) | 467+633 | | |
| D4 (izlazni signal) | 467+583 | | |

Izvor: [6]



Slika 6. Shema kolodvora Draganići izrađena u programu OpenTrack

2.2.7. Kolodvor Karlovac

Kolodvor Karlovac nalazi se u km 477 + 040 pruge M 202 Zagreb G.K. - Karlovac - Rijeka. Kolodvor Karlovac nalazi se na nadmorskoj visini od 113,8 metara. Kolodvor ima funkciju rasporednog kolodvora za rasporedne odsjeke:

- Karlovac - Kamanje (za sve vlakova u oba smjera)
- Karlovac - Moravice
- Karlovac - Zagreb G.K.
- Karlovac - Zagreb R.K. (samo za teretne vlakove iz smjera Karlovca)

Iz kolodvora Karlovac odvaja se pruga L 217 Karlovac - Sisak Caprag u km 102 + 220 (pruga je izvan funkcije) i pruga L 104 Karlovac - Kamanje D.G. - Metlika (ST) u km 0 + 000. Kolodvoru Karlovac podređeni su kolodvor Draganići i kolodvor Mrzlo Polje, sa sistematiziranim radnim mjestima prometnika vlakova i skretničara. Kolodvor Karlovac otvoren je za promet putnika i svih vrsta vagonskih pošiljaka, uključivo i vagonске pošiljake kojima se prijevoze eksplozivne tvari.

Kolodvor Karlovac ima 20 kolosijeka, određeno i podijeljeno prema svojoj namjeni. Prijemno - otpremna grupa kolosijeka za putnički promet sastoji se od 1.a, 2.a/b, 3.a i 3. kolosijeka. 1.b kolosijek je skladišni kolosijek sa bočnom rampom i služi za utovar i istovar vagnskih pošiljaka.

Prijemno - otpremna grupa kolosijeka za teretne vlakove sastoji se od 4. i 5. kolosijeka. Ranžirno - otpremna grupa kolosijeka sastoji se od:

- 6., 7., 8., 9. i 10. kolosijeka.
- 11. kolosijek („Vojna rampa”) služi za utovar i istovar vojnih pošiljaka RID-a kao i za carinjenje vagnskih pošiljaka.
- 12. i 13. kolosijek („Rožar sturc”) služi za gariranje vagona.
- 14. kolosijek („Prvi vicional”) je otpremni kolosijek za otpremu putničkih vlakova prema Zagrebu, Kamanju i Sisak Capragu.
- 15. kolosijek („Drugi vicional”) je otpremni kolosijek za otpremu putničkih vlakova prema Zagrebu, Kamanju i Sisak Capragu.
- 16. kolosijek („Banija”) je utovarno - istovarni kolosijek sa čeonom rampom.
- 17. kolosijek („Špicburg”) je utovarno - istovarni kolosijek a služi i za postavu vagnskih pošiljaka za carinjenje.
- 18. kolosijek je izvlačni kolosijek prema Rijeci, isti služi za obavljanje manevarskog rada, kao i za ulazak i izlazak vučnih vozila
- 19. kolosijek je izvlačni kolosijek prema Zagrebu i služi za manevarski rad.
- 20. kolosijek („Novi kolosijek”) služi za smještaj radnih vagona.

Tablica 11. Brojevi kolosijeka i korisne duljine za kolodvor Karlovac

| BROJ KOLOSIJEKA | KORISNA DULJINA (m) |
|----------------------------|--------------------------------|
| 1a | 382/381 |
| 1b | 340 |
| 2a | 367/366 |
| 2b | 243/249 |
| 3a | 647/604 |
| 3 | 761/751 |
| 4 | 679/687 |
| 5 | 634/639 |
| 6 | 545/555 |
| 7 | 474/477 |
| 8 | 416/410 |
| 9 | 740/796 |
| 10 | 740/743 |
| 11 | 548/551 |
| 12 | 192 |
| 13 | 205 |
| 14 | 47 |
| 15 | 138 |
| 16 | 83 |
| 17 | 277 |
| 18 | 84 |
| 19 | 185 |
| 20 | 147 |
| 2a+2b | 701/706 |

Izvor: [7]

Tablica 12. Popis signala i njihov položaj za kolodvor Karlovac

| GLAVNI SIGNALI | | PREDSIGNALI | |
|---------------------------|--------------|------------------|--------------|
| NAZIV I VRSTA | POLOŽAJ U KM | NAZIV | POLOŽAJ U KM |
| A (ulazni signal) | 475+858 | PsA (predsignal) | 465+600 |
| B (ulazni signal) | 1+300 | PsB (predsignal) | 469+129 |
| C (ulazni signal) | 101+038 | PsC (predsignal) | |
| D (ulazni signal) | 478+152 | PsD (predsignal) | |
| E1, 14-15(izlazni signal) | 476+653 | | |
| E-2 (izlazni signal) | 476+473 | | |
| E-3a(izlazni signal) | 476+784 | | |
| E-3 (izlazni signal) | 476+632 | | |
| E-4 (izlazni signal) | 476+718 | | |
| E-5 (izlazni signal) | 476+745 | | |
| E-6 (izlazni signal) | 476+770 | | |
| E-7 (izlazni signal) | 476+796 | | |
| E-8 (izlazni signal) | 476+800 | | |
| E-9-11 (izlazni signal) | 476+335 | | |
| F-2 (izlazni signal) | 476+479 | | |
| F-3a (izlazni signal) | 477+429 | | |
| F-3 (izlazni signal) | 477+429 | | |
| F-4 (izlazni signal) | 477+439 | | |
| F-5 (izlazni signal) | 477+413 | | |
| F-6 (izlazni signal) | 477+352 | | |

| | | | |
|-------------------------|---------|--|--|
| F-7 (izlazni signal) | 477+304 | | |
| F-8 (izlazni signal) | 477+270 | | |
| F-9-10 (izlazni signal) | 477+244 | | |

Izvor: [7]

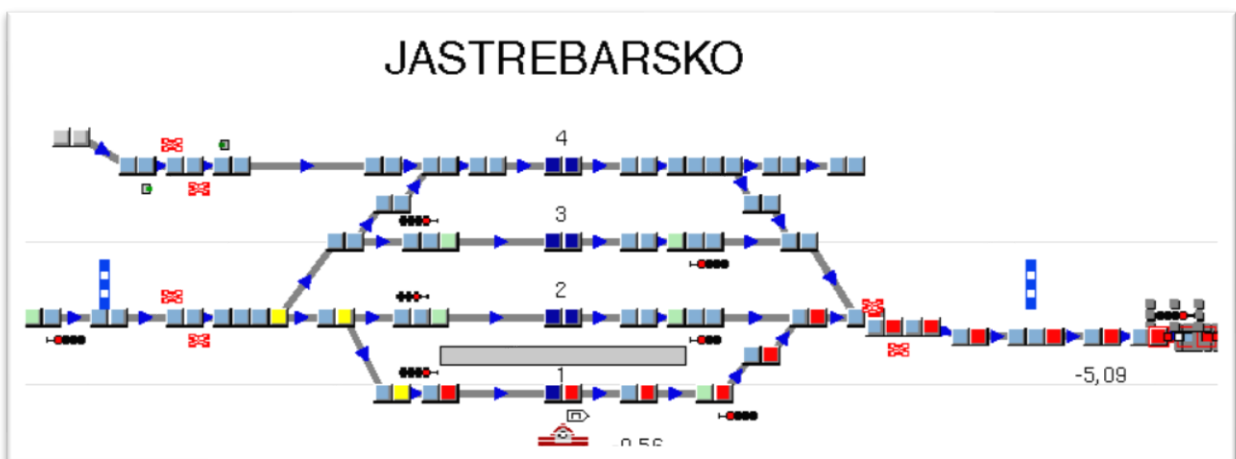
3. IZRADA MODELA ŽELJEZNIČKOG SUSTAVA NA RELACIJI ZAGREB GLAVNI KOLODVOR - KARLOVAC

3.1. Postupak izrade trasa simulacijskog modela

OpenTrack koristi nekoliko vrsta strukture podataka za opisivanje trase koja se koristi u simulaciji vožnje vlaka. Određivanje, odnosno izrada trasa u računalnom simulacijskom programu OpenTrack provedena je kroz tri razine, od koje svaku karakterizira određeni tip podatka.

3.1.1. Izrada puta vožnje

Hijerarhijski najniža razina je *Route* koja predstavlja put vožnje. *Route* povezuje dva ili više čvorova (*Vertexa*) te uvijek kreće i završava na glavnim signalima. Slika 7. prikazuje put vožnje od ulaznog signala u kolodvor Jastrebarsko do izlaznog signala na prvom kolosijeku kolodvora. Prilikom simulacije vožnje vlakova, zauzme li jedan vlak određeni *Route*, odnosno put vožnje, taj će put vožnje biti rezerviran samo za taj vlak. Tek nakon što vlak zadnjim krajem izađe iz rezerviranog puta vožnje, moguća je alokacija tog istog puta vožnje za drugi vlak u taj isti put vožnje.



Slika 7. *Route* – put vožnje u kolodvoru od ulaznog do izlaznog signala (označen crvenom bojom)

3.1.2. Izrada skupa puteva vožnje

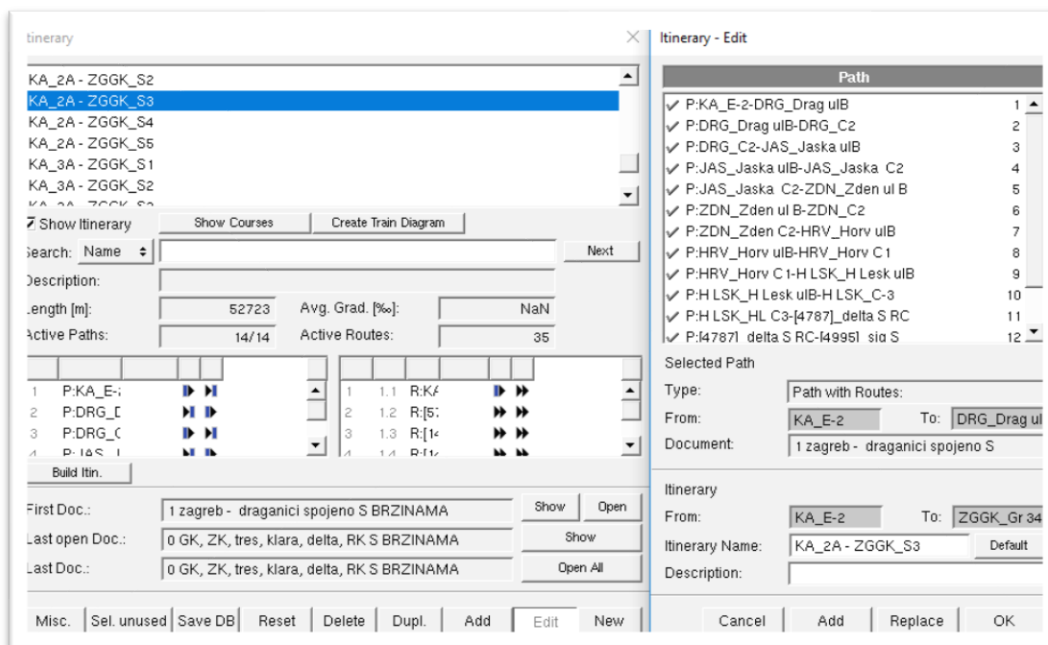
Sljedeća razina koja podrazumijeva skup putova vožnje, odnosno *Route-a*, naziva se *Path*. Ta razina omogućuje povezivanje više puteva vožnje u jednu cjelinu. Skup puteva vožnje dakle jedan *Path* čine jedan ili više *Route-a*. Path je određen samo u jednom kolodvoru, na dijelu otvorene pruge, te između dva ili više kolodvora. U modelu korištenom u simulaciji *path*-ovi su definirani od izlaznih do ulaznih signala između svaka dva kolodvora te od ulaznih signala do izlaznih signala u svakom kolodvoru.



Slika 8. *Route* – put vožnje u kolodvoru od ulaznog do izlaznog signala

3.1.3. Izrada itinerara

Najviša razina kojom definiramo trasu vlaka naziva se itinerar (*eng. Itinerary*) koji obuhvaća jedan ili više pridodanih skupova puteva vožnji, odnosno *Path*-ova. Svakom se vlaku pridodaje određeni itinerar te njime određujemo trasu kojom će se vlak kretati prilikom simulacije. Vlaku se osim jednog može odrediti više itinerara koji će se koristiti po prioritetu. Uvijek će se koristiti prvi itinerar po prioritetu ako je ruta na tom itineraru slobodna, odnosno ako ni jedan drugi vlak u tom trenutku nije zauzeo taj itinerar. Ukoliko je put vožnje već zauzet nekim drugim vlakom tijekom simulacije prometa vlakova bit će odabran slijedeći dostupni itinerar koja ima najviši prioritet.



Slika 9. Prozori (*Itinerary*) s popisom itinerara i (*Itinerary – Edit*) za izradu itinerara

3.2. Postupak izrade modela vučnih vozila i kompozicije vlakova

3.2.1. Izrada modela vučnih vozila

U računalnoj simulaciji korišteni su modeli svih serija željezničkih vozila koja sudjeluju u željezničkom prometu na relaciji Zagreb Glavni kolodvor - Karlovac. Modeli vučnih vozila i motornih garnitura izrađeni su pomoću funkcije *Engines* koja nam omogućuje unošenje svih ključnih parametara, te karakteristika vučnog vozila. Kao što je prikazano na slici 10. prilikom izrade modela elektromotornog vlaka serije HŽ 6112 u model su uneseni podaci o masi vozila, vučnom pasošu, adhezijskoj masi vozila, adheziji, koeficijentu otpora, maksimalnoj brzini, koeficijentu otpora rotirajućih masa, kao i opremljenosti vučnog vozila uređajima za prijenos upravljačkih informacija u upravljačnicu vlaka.

Engines

Engine: 6112 30 / 54

Engine Name: 6112

Load [t]: 175 Resistance Factor: 3.30

Adh. Load [t]: 175 Rot. mass Factor: 1.06

Length [m]: 75 Balise Telegram

Speed max. [km/h]: 160 Loop Telegram

Tractive Effort max. [kN]: 194 Radio Telegram

Rack Traction

| Z/V-Diagrams | No |
|---|----|
| <input checked="" type="checkbox"/> Diagram 1 | 1 |

System: Universal Electric

- Thermic
- Thermoelectric
- AC: 15 kV 16 2/3 Hz

Export Import Dupl. Del. Add Diagram Color: ■

Adhesion [%] bad: 80 normal: 125 good: 150

Loss Function: Edit

Selected Point:

v [km/h]: Z [kN]: P [MW]: linear

Visual Rectangle:

Speed max. [km/h]: 170 Scale

Tractive Effort max. [kN]: 210 Min. [kN]: 0 Autoscale

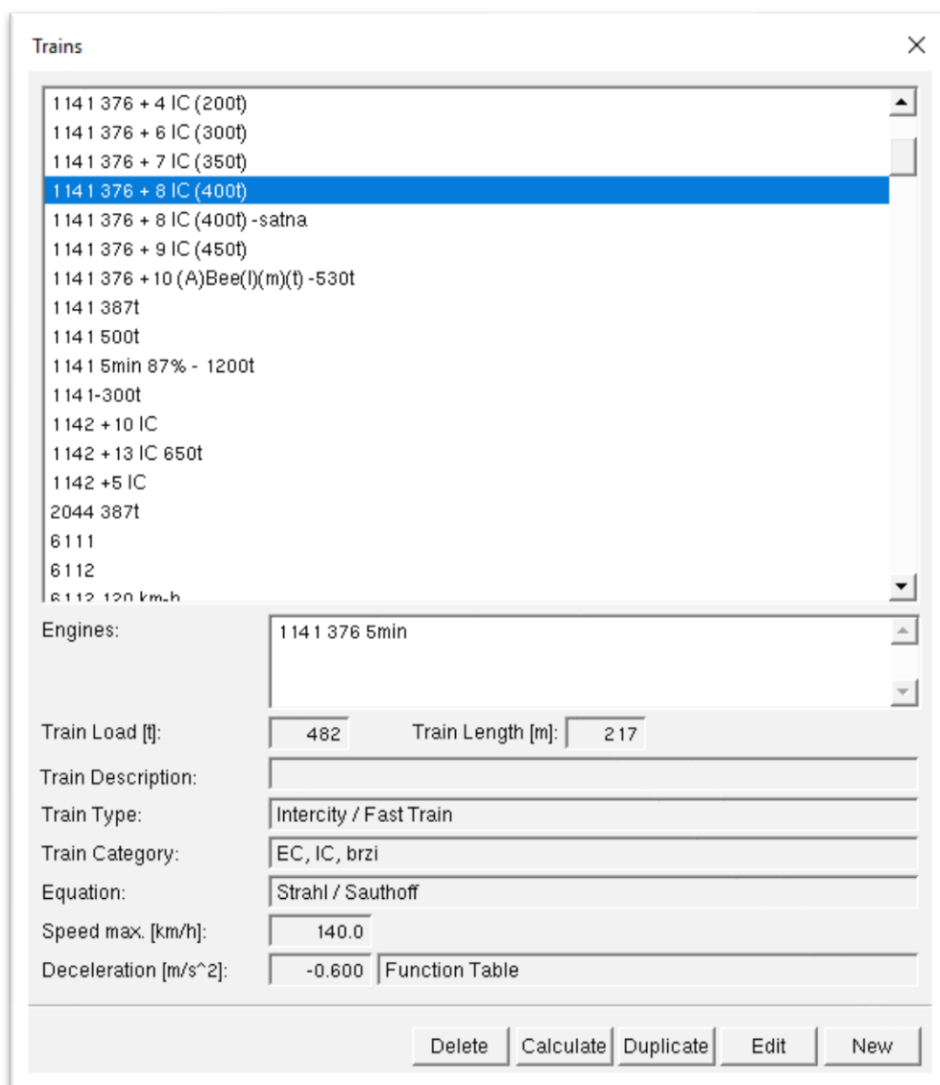
Del. Engine New Engine

Set Data Save Depot New Depot Open Depot

Slika 10. Podaci uneseni u funkciju *Engines* za elektromotorni vlak serije HŽ 6112

3.2.2. Izrada modela kompozicije vlakova

Popis modela kompozicije vlakova izrađenih u računalnom programu nalazi se u izborniku *Trains*. Kao što je prikazano na slici 11. u izborniku *Trains* moguće je vidjeti podatke o masi, dužini, maksimalnoj brzini, kategoriji i tipu vlaka, formule pomoću kojih se računa kretanje vlaka te iznos deceleracije kompozicije vlaka.



Slika 11. Izbornik *Trains* za odabir kompozicije vlakova

Izrada modela vlakova vrši se funkcijom *Trains - Edit*. Kompozicija vlaka definirana je vučnim vozilom prethodno izrađenim pomoću funkcije *Engines*, te podacima o vagonima koji sudjeluju u sastavu. Slika 12. prikazuje unesene podatke o vlaku koji sadrže ime vlaka, tip vlaka, kategoriju vlaka, broj i seriju vučnog vozila, broj vagona sa podacima o njihovoj pojedinačnoj dužini, masi, maksimalnoj brzini, potrošnji energije te otporu rotirajućih masa.

Trains - Edit

Train Name: Default

Description:

Type: Intercity / Fast Train

Category: EC, IC, brzi

Engines

| Pos. | Name | Load [t] | Len. [m] |
|------|---------------|----------|----------|
| 1 | 1141 376 5min | 82 | 15 |

Σ Load [t]: Σ Len. [m]:

Trailers

| Pos. | Name | Load [t] | Len. [m] |
|------|-----------|----------|----------|
| 2 | Trailer 1 | 50 | 24 |
| 3 | Trailer 2 | 50 | 25 |
| 4 | Trailer 3 | 50 | 25 |

Σ Load [t]: Σ Len. [m]:

Resistance Equation

Rolling: Strahl / Sauthoff Formula

A: B: C: Unit:

Starting Res. [N/t]: below Speed [km/h]:

Curve: Roeckl Formula Standard Gauge (Trains) [%]:

Acceleration (Train related Settings)

Max. Acceleration [m/s²]: Max. Drawbar Force [kN]:

Acc. Delay [s]: Min. Time to hold Speed [s]:

Acc. Delay at Stop [s]:

Deceleration

Deceleration Function: Default

| From [km/h] | To [km/h] | Dec. [m/s ²] |
|-------------|-----------|--------------------------|
| 0 | v max. | -0.60 |

Braked Weight Percentage (BWP) [%]:

$a = -(C1 + C2 * BWP)$ C1: C2: Result [m/s²]:

Correct Deceleration on Gradients [m/s²/‰]

Min. Dec. [m/s²]: Max. [m/s²]:

Default Dec. Delay [s]: above [km/h]:

Cancel OK

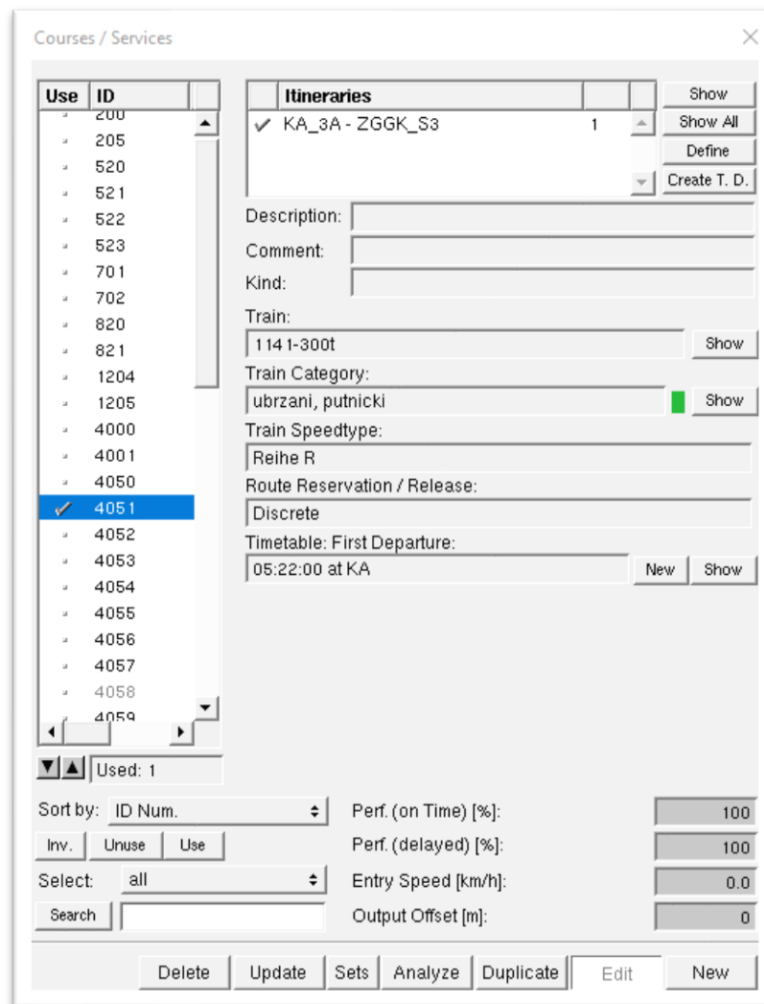
Slika 12. Podaci uneseni u funkciju *Trains - Edit* za izradu kompozicije vlaka

3.3. Postupak definiranja vlakova i izrade voznog reda

Završna faza koja prethodi simulaciji u računalnom programu OpenTrack je izrada, odnosno definiranje trasa vlakova. Definiranju trase vlakova te izradi voznog reda pristupa se nakon što su određeni svi itinerari, izrađeni modeli vučnih vozila te definirani sastavi vlakova.

3.3.1. Postupak definiranja trase vlaka

Za simulaciju, potrebno je kreirati vlakove te ih definirati potrebnim podacima. Popis svih vlakova u računalnom modelu nalazi se u izborniku *Courses/Services*. Iz primjera sa slike 13. možemo vidjeti popis svih vlakova te podatke o vlaku koji je označen. Također u ovome se izborniku određuju vlakovi koji će sudjelovati u simulaciji (na primjeru sa slike 13. u simulaciji sudjeluje samo vlak 4051, označen kvačicom).



Slika 13. Prozor *Courses/Services* na kojem su vidljivi podaci vlaka

Izrada novog vlaka ili promjena karakteristika već postojećeg izvodi se u izborniku *Courses/Service - Edit* (slika 14.), gdje je potrebno odabrati sve podatke kojima će vožnja vlaka biti određena, pa tako određujemo:

- ime vlaka
- itinerare kojima će se vlak služiti
- sastav vlaka
- način rezervacije voznih puteva

Courses / Services - Edit

Course ID:

Description:

Comment:

Kind:

| Itinerary | Priority |
|-------------------------|----------|
| 4 064xZGGK_S2 - KA_2A | |
| ✓ 4 101xKA_2A - ZGGK_S2 | 1 |
| 4 103xKA_2A - ZGGK_S2 | |
| 4 104xZGGK_S2 - KA_2A | |
| 4 105xKA_2A - ZGGK_S1 | |

Search:

Train:

Speedtype:

Route Reservation / Release:

Route Additional Reservation Time [s]:

Route Additional Release Time [s]:

Performance (on Time) [%]:

Performance (delayed) [%]:

Entry Speed [km/h]:

Output Offset [m]:

Slika 14. Prozor *Courses/Services - Edit*

3.3.2. Postupak izrade voznog reda

U programu OpenTrack vozni red za pojedini vlak izrađuje se pomoću izbornika *Timetable*. Vozni red se kreira tako da se unose podaci o odlascima i dolascima vlakova na pojedinim kolodvorima i stajalištima, te minimalno vrijeme zadržavanja vlaka u službenom mjestu. Također, moguće je povezati dva vlaka te tako onemogućiti kretanje jednog vlaka iz kolodvora sve dok drugi vlak ne dođe u kolodvor. Na slici 15. prikazan je unos podataka o odlascima i dolascima u kolodvore i na stajališta za vlak 4052 iz EKVR-PP 2016_17. u izbornik *Timetable*, odnosno vozni red simulacijskog modela.

The screenshot displays the 'Timetable' window for train 4052. The left pane shows a list of course entries with columns for Course ID, Station, Arrival, Departure, Dwell, and Stop. The right pane shows a detailed 'SLUŽBENA MJESTA' (Official Stations) table for train 4052, including station names, distances, and scheduled arrival/departure times. The interface also includes various control panels for course management and display options.

| Course ID | Station | Arrival | Departure | Dwell | Stop |
|-----------|---------|----------|-----------|-------|------|
| 4052 | ZGK | HH:MM:SS | 09:52:00 | 0 | |
| 4052 | TRS | HH:MM:SS | 09:55:00 | 0 | |
| 4052 | ZGDLT | HH:MM:SS | 09:59:00 | 0 | |
| 4052 | RMT | 10:00:00 | 10:00:00 | 0 | ✓ |
| 4052 | H LSK | 10:04:00 | 10:05:00 | 0 | ✓ |
| 4052 | HRV | 10:10:00 | 10:10:00 | 0 | ✓ |
| 4052 | MVR | 10:13:00 | 10:13:00 | 0 | ✓ |
| 4052 | ZDN | 10:17:00 | 10:20:00 | 0 | ✓ |
| 4052 | DSN | 10:23:00 | 10:23:00 | 0 | ✓ |
| 4052 | JAS | 10:27:00 | 10:28:00 | 0 | ✓ |
| 4052 | DMG | 10:31:00 | 10:31:00 | 0 | ✓ |
| 4052 | LZN | 10:34:00 | 10:34:00 | 0 | ✓ |
| 4052 | DRG | 10:38:00 | 10:39:00 | 0 | ✓ |
| 4052 | KA | 10:46:00 | 10:48:00 | 0 | ✓ |

| KM. POLOŽAJ | SLUŽBENA MJESTA | BRZINA | | VRIJEME | | SASTAJANJA | |
|-------------|------------------------------------|-----------------|------------------|---------|---------|------------|---|
| | | PREKO SKRETNICA | NA MJECA DOPUSTA | DOLASKA | ODLASKA | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 4052 | | | | | | | |
| 424.4 | ZAGREB GL. KOL. RD A-63; AS R-1 | 30 | 50 | | 9.52 | | |
| 425.9 | Trešnjevka (R) (rsp) km 426+135 | | | | | 9.55 | |
| 430.0 | Delta (rsp) km 430+117 | | | | | 9.59 | |
| 430.4 | Remetinec | | | 110 | 10.00 | 10.00 | |
| 435.2 | HRV. LESKOVAC RD A-65 | 40 | | | 10.04 | 10.05 | |
| 441.9 | HORVATI | 65 | | | 10.10 | 10.10 | |
| 444.4 | Mavračići km 448+156 | | | 105 | 10.13 | 10.13 | |
| 448.4 | ZDENČINA km 448+936 | 50 | | | 10.17 | 10.20 | |
| 451.9 | Desinec km 456+573 | | | 120 | 10.23 | 10.23 | |
| 457.0 | JASTREBARSKO km 458+165 | 40 | | 75 | 10.27 | 10.28 | |
| 460.1 | Domagović | | | 80 | 10.31 | 10.31 | |
| 463.1 | Lazina | | | | 10.34 | 10.34 | |
| 467.5 | DRAGANIĆI km 476+147 | 40 | | 100 | 10.38 | 10.39 | |
| 477.0 | KARLOVAC km 477+619 | 35 | | 75 | 10.46 | 10.48 | |
| 478.5 | Karlovac Centar | | | 80 | 10.50 | 10.50 | |
| 483.1 | MRZLO POLJE | 40 | | | 10.55 | 10.55 | |

Slika 15. Sučelje za izradu voznog reda za vlak 4052 lijevo,

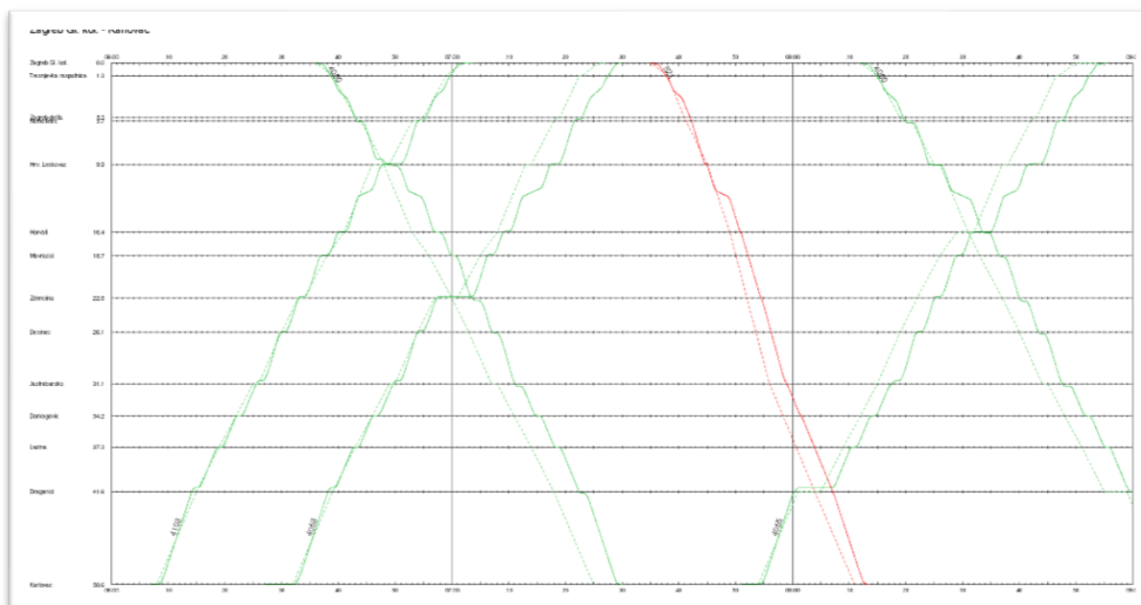
izvadak iz EKVR-PP 2016_17 za vlak 4052 desno

4. SIMULACIJA PROMETA I ANALIZA STABILNOSTI POSTOJEĆEG VOZNOG REDA NA RELACIJI ZAGREB GLAVNI KOLODVOR - KARLOVAC

Stabilnost voznog reda pokazuje koliko će određeni neplanirani događaj koji utječe na normalno odvijanje željezničkog prometa utjecati na realizaciju planiranog voznog reda. U ovom poglavlju analiza stabilnosti postojećeg voznog reda provedena je pomoću dva simulacijska scenarija koje će dovesti do poremećaja u željezničkom prometu vezanih uz realizaciju planiranog voznog reda.

4.1. Prvi scenarij za simulaciju željezničkog prometa uslijed pojave neplaniranog događaja koji uzrokuje poremećaje u prometu

Prvi scenarij podrazumijeva simulaciju željezničkog prometa u uvjetima lagane vožnje, brzinom od 15 km/h na relaciji između Hrvatskog Leskovca i Horvata između km 437 + 200 i km 437 + 800. Režim lagane vožnje primjerice može biti uveden zbog građevinskih radova u blizini kolosijeka na toj dionici. Slika 16. prikazuje grafikon voznog reda u periodu vršnog opterećenja od 06:00h do 09:00h. Iz grafikona je moguće vidjeti kako će ograničenje brzine na dijelu pruge gdje je uvedena lagana vožnja utjecati na kašnjenje vlakova koji prometuju na dionici od Zagreb Glavnog kolodvora do Karlovca. Grafikon voznog reda u periodu od 6 do 9 sati nakon simulacije prometa prikazan je na slici 16.



Slika 16. Grafikon voznog reda u periodu od 6 do 9 sati nakon simulacije prometa na relaciji Zagreb Glavni kolodvor – Karlovac

Rezultati simulacije prikazuju kašnjenje vlakova 4053, 4050, 521, 4055 i 4000, dok je vlak 4103 uspio nadoknaditi vrijeme na relaciji od Hrvatskog Leskovca do Zagreba. Na slici 17. prikazan je vozni red putničkog vlaka 4053 na kojem su vidljiva predviđena vremena odlazaka i dolazaka vlakova, te vremena odlazaka i dolazaka dobivena nakon simulacije tijekom izvanredne situacije na pruzi. Iscrtnim linijama označene su planirane trase vlakova, dok puna linija predstavlja njihove stvarno realizirane trase u simulacijskom procesu.

| Course ID | Station | Arrival | Departure | Use | Dwel |
|-----------|------------------------|----------|-----------|-----|------|
| 4053 | Karlovac | 06:27:00 | 06:32:00 | ✓ | 0 |
| 4053 | Draganici | 06:39:00 | 06:39:00 | ✓ | 30 |
| 4053 | Lazina | 06:43:00 | 06:43:00 | ✓ | 30 |
| 4053 | Domagovic | 06:46:00 | 06:46:00 | ✓ | 30 |
| 4053 | Jastrebarsko | 06:49:00 | 06:50:00 | ✓ | 30 |
| 4053 | Desinec | 06:54:00 | 06:54:00 | ✓ | 30 |
| 4053 | Zdencina | 06:57:00 | 07:01:00 | ✓ | 240 |
| 4053 | Mavracici | 07:05:00 | 07:05:00 | ✓ | 30 |
| 4053 | Horvati | 07:08:00 | 07:08:00 | ✓ | 30 |
| 4053 | Hrv. Leskovac | 07:13:00 | 07:14:00 | ✓ | 30 |
| 4053 | Remetinec | 07:18:00 | 07:18:00 | ✓ | 30 |
| 4053 | Zagreb delta | HH:MM:SS | 07:19:00 | ✓ | 30 |
| 4053 | Tresnjevska rasputnica | HH:MM:SS | 07:23:00 | ✓ | 30 |
| 4053 | Zagreb Gl. kol. | 07:26:00 | HH:MM:SS | ✓ | 60 |

Slika 17. Vozni red vlaka 4053 nakon simulacije izvanredne situacije

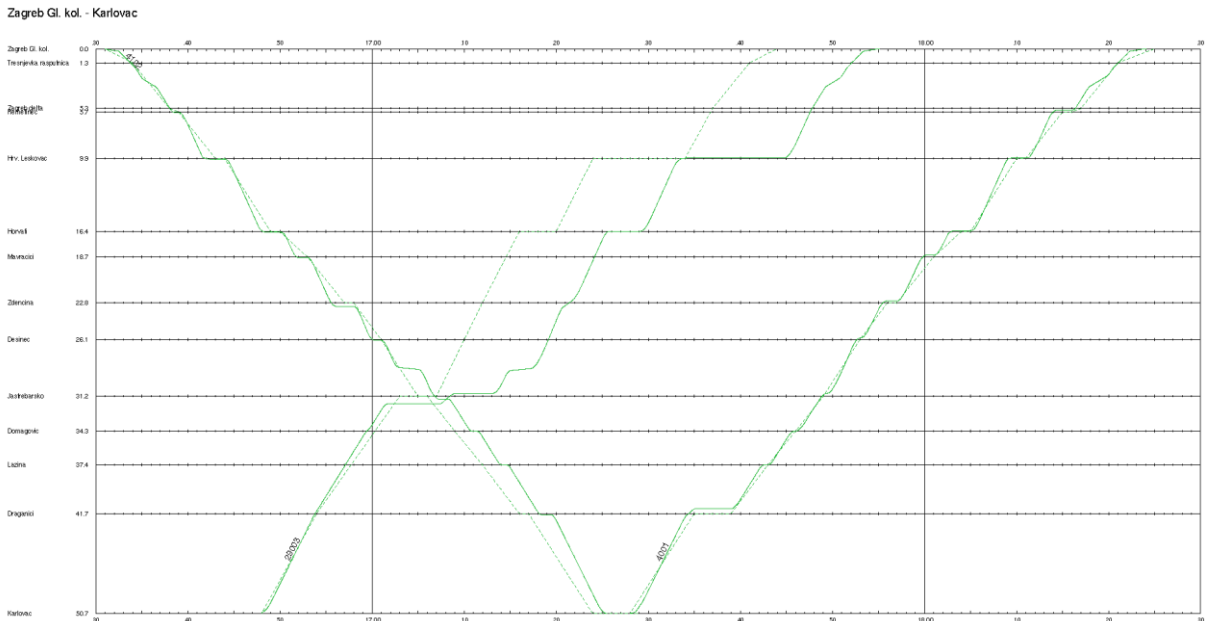
Iz voznog reda na slici 17. vidljivo je da je vlak 4053 u Zdenčini kasnio u polasku 2 minute i 33 sekundi, a to kašnjenje je posljedica kašnjenja vlaka 4050 koji je zakasnio u dolasku u Zdenčinu 4 minute i 15 sekundi (slika 18.). Zatim, vlak je nastavio kasniti na stajalištu Mavračići 1 minutu i 47 sekundi te u Horvatima 1 minutu i 35 sekundi. Nakon Horvata prošao je dionicu na kojoj je jednim dijelom uvedena lagana vožnja te je iz tog razloga svoje kašnjenje u Hrvatski Leskovac povećao na 5 minuta i 10 sekundi. U Zagreb Glavni kolodvor vlak je zakasnio 4 minute i 12 sekundi.

| Course ID | Station | Arrival | Departure | Use | Dwell | Stop |
|-----------|-----------------------|----------|-----------|-----|-------|------|
| 4050 | Zagreb Gl. kol. | HH:MM:SS | 06:36:00 | ✓ | 0 | ✓ |
| 4050 | Tresnjevka rasputnica | HH:MM:SS | 06:39:00 | ✓ | 0 | ✓ |
| 4050 | Zagreb delta | HH:MM:SS | 06:43:00 | ✓ | 0 | ✓ |
| 4050 | Remetinec | 06:44:00 | 06:44:00 | ✓ | 30 | ✓ |
| 4050 | Hrv. Leskovac | 06:48:00 | 06:48:00 | ✓ | 30 | ✓ |
| 4050 | Horvati | 06:53:00 | 06:53:00 | ✓ | 30 | ✓ |
| 4050 | Mavracici | 06:56:00 | 06:56:00 | ✓ | 30 | ✓ |
| 4050 | Zdencina | 07:00:00 | 07:00:00 | ✓ | 30 | ✓ |
| 4050 | Desinec | 07:03:00 | 07:03:00 | ✓ | 30 | ✓ |
| 4050 | Jastrebarsko | 07:07:00 | 07:08:00 | ✓ | 30 | ✓ |
| 4050 | Domagovic | 07:11:00 | 07:11:00 | ✓ | 30 | ✓ |
| 4050 | Lazina | 07:14:00 | 07:14:00 | ✓ | 30 | ✓ |
| 4050 | Draganici | 07:18:00 | 07:18:00 | ✓ | 30 | ✓ |
| 4050 | Karlovac | 07:25:00 | 07:26:00 | ✓ | 60 | ✓ |

Slika 18. Vozni red vlaka 4050 nakon simuliranja izvanredne situacije

4.2. Drugi scenarij za simulaciju željezničkog prometa uslijed pojave neplaniranog događaja koji uzrokuje poremećaje u prometu

U drugom scenariju zbog kvara signalno - sigurnosnog uređaja za osiguranje željezničko – cestovnog prijelaza između kolodvora Jastrebarsko i stajališta Desinec u km 454 + 426, vlakovi su se morali zaustavljati na ŽCP-u. Kvar je trajao u periodu od 17:00 do 17:50h. Simulacija prometovanja vlakova promatrana je u periodu od 16:30 do 18:30h. Na slici 19. prikazan je grafikon voznog reda nakon simulacije spomenutog kvara.



Slika 19. Grafikon voznog reda simulacije prometa na relaciji Zagreb Glavni kolodvor - Karlovac uslijed kvara uređaja za osiguranje ŽCP-a

Na grafikonu voznog reda vidljivo je da vlakovi 4102 i 29003 nakon prolaska dionice na kojoj je kvar na željezničko - cestovnom prijelazu kasne u naredne kolodvore i stajališta. Na vlak 4001 kvar nije imao utjecaj, budući da je otklonjen u 17:50h, nekoliko minuta prije prolaska tog vlaka preko željezničko - cestovnog prijelaza.

Timetable

| Course ID | Station | Arrival | Departure | Use | Dwell | Stop |
|-----------|------------------------|----------|-----------|-----|-------|------|
| 4 102 | Zagreb Gl. kol. | 16:31:00 | 16:31:00 | ✓ | 0 | ✓ |
| 4 102 | Tresnjevska rasputnica | 16:34:00 | 16:38:46 | ✓ | 0 | ✓ |
| 4 102 | Zagreb delta | 16:38:00 | 16:38:03 | ✓ | 0 | ✓ |
| 4 102 | Remetinec | 16:39:00 | 16:38:34 | ✓ | 30 | ✓ |
| 4 102 | Hrv. Leskovac | 16:43:00 | 16:42:26 | ✓ | 60 | ✓ |
| 4 102 | Horvati | 16:49:00 | 16:48:23 | ✓ | 60 | ✓ |
| 4 102 | Mavracci | 16:53:00 | 16:52:01 | ✓ | 30 | ✓ |
| 4 102 | Zdencina | 16:57:00 | 16:56:07 | ✓ | 60 | ✓ |
| 4 102 | Desinec | 17:01:00 | 17:00:14 | ✓ | 30 | ✓ |
| 4 102 | Jastrebarsko | 17:05:00 | 17:07:16 | ✓ | 60 | ✓ |
| 4 102 | Domagovic | 17:09:00 | 17:10:56 | ✓ | 30 | ✓ |
| 4 102 | Lazina | 17:12:00 | 17:14:08 | ✓ | 30 | ✓ |
| 4 102 | Draganici | 17:16:00 | 17:18:27 | ✓ | 60 | ✓ |
| 4 102 | Karlovac | 17:24:00 | 17:25:39 | ✓ | 300 | ✓ |

Slika 20. Vozni red vlaka 4102 nakon simuliranja izvanredne situacije

Na slici 20. prikazana su vremena odlazaka i dolazaka vlaka 4102 u kolodvore, te planirani vozni red. Možemo vidjeti da je vlak do stajališta u Desinecu pratio vremena planiranog voznog reda i nije imao kašnjenja. Nakon prolaska dionice na kojoj je neplanirana situacija rezultirala zaustavljanjem vlaka na željezničko - cestovnom prijelazu vlak je u kolodvor Jastrebarsko zakasnio 2 minute i 16 sekundi. U sljedećim je kolodvorima nastavio kasniti, ali uz malo nadoknađivanje odnosno smanjenje tog kašnjenja, kako bi na kraju u Karlovcu kasnio 1 minutu i 39 sekundi.

Timetable ×

| Course ID | Station | Arrival | Departure | Use | Dwell | Stop |
|-----------|-----------------------|-------------------|-------------------|-----|-------|------|
| 29003 | Karlovac | HH:MM:SS HH:MM:SS | 16:48:00 16:48:00 | ✓ | 0 | ✓ |
| 29003 | Draganici | HH:MM:SS HH:MM:SS | 16:54:00 16:53:51 | ✓ | 0 | ✓ |
| 29003 | Lazina | HH:MM:SS HH:MM:SS | HH:MM:SS 16:57:07 | ✓ | 0 | ✓ |
| 29003 | Domagovic | HH:MM:SS HH:MM:SS | HH:MM:SS 16:59:26 | ✓ | 0 | ✓ |
| 29003 | Jastrebarsko | 17:03:00 17:09:03 | 17:07:00 17:13:03 | ✓ | 240 | ✓ |
| 29003 | Desinec | HH:MM:SS HH:MM:SS | HH:MM:SS 17:19:10 | ✓ | 0 | ✓ |
| 29003 | Zdencina | HH:MM:SS HH:MM:SS | 17:12:00 17:21:28 | ✓ | 0 | ✓ |
| 29003 | Mavraci | HH:MM:SS HH:MM:SS | HH:MM:SS 17:24:11 | ✓ | 0 | ✓ |
| 29003 | Horvati | 17:16:00 17:25:48 | 17:20:00 17:29:08 | ✓ | 200 | ✓ |
| 29003 | Hrv. Leskovac | 17:24:00 17:34:39 | 17:34:00 17:44:39 | ✓ | 600 | ✓ |
| 29003 | Remetinec | HH:MM:SS HH:MM:SS | HH:MM:SS 17:47:36 | ✓ | 0 | ✓ |
| 29003 | Zagreb delta | HH:MM:SS HH:MM:SS | 17:37:00 17:47:49 | ✓ | 0 | ✓ |
| 29003 | Tresnjevka rasputnica | HH:MM:SS HH:MM:SS | 17:41:00 17:52:07 | ✓ | 0 | ✓ |
| 29003 | Zagreb Gl. kol. | 17:44:00 17:55:32 | HH:MM:SS HH:MM:SS | ✓ | 0 | ✓ |

Slika 21. Vozni red vlaka 29003 nakon simulacije prometa uslijed pojave kvara na ŽCP-u

Događaj kvara na željezničko-cestovnom prijelazu imao je puno veći utjecaj na vlak 29003 nego prethodno analiziranog vlaka 4102, budući da je na vlak 29003 osim zaustavljanja na željezničko cestovnom – prijelazu, imao utjecaj i vlak 4102 koji je kasnio u kolodvor Jastrebarsko. Zbog križanja ova dva vlaka u kolodvoru Jastrebarsko kašnjenje vlaka 4102 imalo je posljedice na kašnjenje vlaka 29003. Nakon polaska iz kolodvora Jastrebarsko vlak 29003 također se morao zaustaviti na željezničko-cestovnom prijelazu, te je u kolodvor Horvati zakasnio 9 minuta i 48 sekundi. Vlak je nastavio kasniti sve do Zagreba s istim iznosom kašnjenja.

Smanjenje kašnjenja vlaka 29003 moguće je reducirati smanjenjem vremena zadržavanja u kolodvorima Jastrebarsko, Horvati i Hrvatski Leskovac.

5. ZAKLJUČAK

Svrha ovog rada bila je analiza željezničke infrastrukture i prometa na relaciji Zagreb Glavni kolodvor – Karlovac. Na temelju provedene simulacije željezničkog prometa primjenom računalnog programa za modeliranje i simuliranje željezničkog prometa OpenTrack, izvršena je analiza stabilnosti postojećeg voznog reda. Provedene su simulacije za dvije situacije koje su imale utjecaj na uredno odvijanje željezničkog prometa. Rezultati simulacija u obliku voznog reda i grafikona pokazuju poremećaje u realizaciji planiranog voznog reda, odnosno kašnjenju vlakova zbog ograničenja brzine vožnje na dijelovima kolosijeka gdje je smanjena sigurnost željezničkog prometa. Uporabom simulacijskog programa OpenTrack moguće je provođenje niza analiza koje rezultiraju korisnim podacima o trenutnom ili budućem stanju željezničkog prometa i infrastrukture. Implementacija takvog programa u rad subjekata koji sudjeluju u planiranju i pružanju usluga željezničkog prijevoza može doprinjeti povećanju razvoja, sigurnosti te efikasnosti željezničkog prometa.

LITERATURA

1. HŽ infrastruktura d.o.o.: Poslovni red kolodvora Zagreb Glavni kolodvor, 1. dio, Zagreb, 2014/2015.
2. HŽ infrastruktura d.o.o.: Poslovni red kolodvora Hrvatski Leskovac 1. dio, 2014/2015.
3. HŽ infrastruktura d.o.o.: Poslovni red kolodvora Horvati, 1. dio, HŽ infrastruktura, 2014/2015.
4. HŽ infrastruktura d.o.o.: Poslovni red kolodvora Zdenčina, 1. dio, 2014/2015.
5. HŽ infrastruktura d.o.o.: Poslovni red kolodvora Jastrebarsko, 1. dio, 2014/2015.
6. HŽ infrastruktura d.o.o.: Poslovni red kolodvora Draganići, 1. dio, 2014/2015.
7. HŽ infrastruktura d.o.o.: Poslovni red kolodvora Karlovac, 1. dio, 2014/2015.
8. HŽ infrastruktura d.o.o.: Grafikon voznog reda za prugu Zagreb GK – Rijeka, 2016/2017.
9. HŽ infrastruktura d.o.o.: Knjižica voznog reda za putnički promet, Vozni red 2016/2017.
10. HŽ infrastruktura d.o.o.: Knjižica voznog reda za teretni promet, Vozni red 2016/2017.
11. Huerlimann, D., Nash, A. B.: OpenTrack Simulation of Railway Networks manual, Version 1.6

POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika 1. Shema kolodvora Zagreb Glavni kolodvor izrađena u programu OpenTrack | 7 |
| Slika 2. Shema kolodvora Hrvatski Leskovac izrađena u programu OpenTrack | 10 |
| Slika 3. Shema kolodvora Horvati izrađena u programu OpenTrack | 11 |
| Slika 4. Shema kolodvora Zdenčina izrađena u programu OpenTrack..... | 13 |
| Slika 5. Shema kolodvora Jastrebarsko izrađena u programu OpenTrack..... | 15 |
| Slika 6. Shema kolodvora Draganići izrađena u programu OpenTrack..... | 17 |
| Slika 7. Route – put vožnje u kolodvoru od ulaznog do izlaznog signala (označen crvenom bojom) | 22 |
| Slika 8. Route – put vožnje u kolodvoru od ulaznog do izlaznog signala | 23 |
| Slika 9. Prozori (Itinerary) s popisom itinerara i (Itinerary – Edit) za izradu itinerara..... | 24 |
| Slika 10. Podaci uneseni u funkciju Engines za elektromotorni vlak serije HŽ 6112 | 25 |
| Slika 11. Izbornik Trains za odabir kompozicije vlakova..... | 26 |
| Slika 12. Podaci uneseni u funkciju Trains - Edit za izradu kompozicije vlaka | 27 |
| Slika 13. Prozor Courses/Services na kojem su vidljivi podaci vlaka | 28 |
| Slika 14. Prozor Courses/Services - Edit | 29 |
| Slika 15. Sučelje za izradu voznog reda za vlak 4052 lijevo, | 30 |
| izvadak iz EKVR-PP 2016_17 za vlak 4052 desno | 30 |
| Slika 16. Grafikon voznog reda u periodu od 6 do 9 sati nakon simulacije prometa na relaciji Zagreb Glavni kolodvor – Karlovac..... | 32 |
| Slika 17. Vozni red vlaka 4053 nakon simulacije izvanredne situacije | 32 |
| Slika 18. Vozni red vlaka 4050 nakon simuliranja izvanredne situacije..... | 33 |
| Slika 19. Grafikon voznog reda simulacije prometa na relaciji Zagreb Glavni kolodvor - Karlovac uslijed kvara uređaja za osiguranje ŽCP-a | 34 |
| Slika 20. Vozni red vlaka 4102 nakon simuliranja izvanredne situacije..... | 34 |
| Slika 21. Vozni red vlaka 29003 nakon simulacije prometa uslijed pojave kvara na ŽCP-u .. | 35 |

POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Popis kolosijeka, njihova namjena i položaj za kolodvor Zagreb Glavni kolodvor.. | 5 |
| Tablica 2. Popis signala i njihov položaj za kolodvor Hrvatski Leskovac..... | 8 |
| Tablica 3. Namjene i brojevi kolosijeka, te njihove korisne duljine za kolodvor Hrvatski Leskovac..... | 9 |
| Tablica 4. Popis signala i njihov položaj za kolodvor Horvati | 10 |
| Tablica 5. Brojevi kolosijeka, njihova namjena i korisne duljine za kolodvor Horvati..... | 11 |
| Tablica 6. Brojevi kolosijeka, njihova namjena i korisne duljine za kolodvor Zdenčina | 12 |
| Tablica 7. Brojevi kolosijeka, njihove namjene i korisne duljine za kolodvor Jastrebarsko ... | 14 |
| Tablica 8. Popis signala i njihov položaj za kolodvor Jastrebarsko | 14 |
| Tablica 9. Brojevi kolosijeka i korisne duljine za kolodvor Draganići | 16 |
| Tablica 10. Popis signala i njihov položaj za kolodvor Draganići | 16 |
| Tablica 11. Brojevi kolosijeka i korisne duljine za kolodvor Karlovac | 19 |
| Tablica 12. Popis signala i njihov položaj za kolodvor Karlovac | 20 |