Modeliranje i analiza učinkovitosti željezničkog prometa na relaciji zagreb Glavni kolodvor-Dugo Selo-Koprivnica

Herceg, Alen

Master's thesis / Diplomski rad

2015

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:119:421466

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Alen Herceg

MODELIRANJE I ANALIZA UČINKOVITOSTI ŽELJEZNIČKOG PROMETA NA RELACIJI ZAGREB GLAVNI KOLODVOR – DUGO SELO – KOPRIVNICA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2015.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

MODELIRANJE I ANALIZA UČINKOVITOSTI ŽELJEZNIČKOG PROMETA NA RELACIJI ZAGREB GLAVNI KOLODVOR – DUGO SELO – KOPRIVNICA

MODELLING AND EFFICINCY ANALYSIS OF RAILWAY OPERATION ON THE LINE ZAGREB GLAVNI KOLODVOR – DUGO SELO – KOPRIVNICA

Mentor: Doc.dr.sc. Hrvoje Haramina
Student: Alen Herceg, 0135211926

Zagreb, 2015.

SAŽETAK

Primjena simulacijskog modeliranja omogućava analizu željezničkog sustava s ciljem njegovog unapređenja. U ovom radu izrađen je model željezničkih pruga M102 (Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo) i M201 (Dugo Selo – Koprivnica) u simulacijskom programu OpenTrack. Simulacijski model upotrijebljen je za analizu stabilnosti voznog reda i testiranje predloženih mjera za unapređenje učinkovitosti željezničkog prometa na relaciji Zagreb Glavni kolodvor – Koprivnica.

KLJUČNE RIJEČI: željeznički promet; simulacijsko modeliranje; stabilnost voznog reda

The use of simulation modelling enables the railway system analysis with the aim of its improvement. In this work the model of railway lines M102 (Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo) and M201 (Dugo Selo – Koprivnica) is created. The simulation model is used for the timetable stability analysis and testing of the proposed measures for improvement of the railway traffic efficiency on the railway line between Zagreb Glavni kolodvor and Koprivnica.

KEYWORDS: railway transport; simulation modelling; timetable stability

SADRŽAJ:

1. UVOD 1
2. IZRADA RAČUNALNOG MODELA DIONICE ŽELJEZNIČKE PRUGE ZAGREB GLAVNI KOLODVOR – KOPRIVNICA 3
2.1. Postupak izrade računalnog modela 4
2.1.1. Zagreb Glavni kolodvor 4
2.1.2. Kolodvor Sesvete i podređena službena mjesta 10
2.1.3. Kolodvor Dugo Selo 12
2.1.4. Kolodvor Vrbovec i podređena službena mjesta 15
2.1.5. Kolodvor Križevci i podređena službena mjesta 18
2.1.6. Kolodvor Lepavina i podređena službena mjesta 20
2.1.7. Kolodvor Mučna Reka 22
2.1.8. Kolodvor Koprivnica 23
2.2. Formiranje putova vožnje, skupova putova vožnji i itinerara 28
2.3. Modeliranje vučnih vozila i vlakova 29
2.4. Modeliranje trasa vlakova i voznog reda 30
3. SIMULACIJSKA ANALIZA STABILNOSTI VOZNOG REDA NA RELACIJI ZAGREB GLAVNI KOLODVOR – KOPRIVNICA 32
3.1. Analiza stabilnosti voznog reda 33
3.1.1. Prvi scenarij za analizu stabilnosti voznog reda 34
3.1.2. Drugi scenarij za analizu stabilnosti voznog reda 35
3.1.3. Treći scenarij za analizu stabilnosti voznog reda 36
3.1.4. Četvrti scenarij za analizu stabilnosti voznog reda 38
4. MJERE ZA UNAPREĐENJE ŽELJEZNIČKOG PROMETA NA RELACIJI ZAGREB GLAVNI KOLODVOR – KOPRIVNICA 40
4.1. Dodavanje novih trasa vlakova u postojeći vozni red 40
4.2. Povećanje brzine vlakova i izgradnja drugog kolosijeka na relaciji Dugo Selo – Koprivnica 42
5. ZAKLJUČAK 43
LITERATURA 44
POPIS SLIKA 45
POPIS TABLICA 45
PRILOZI 46

1. UVOD

Željeznička relacija Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo – Koprivnica nalazi se na mediteranskom koridoru TEN-T (*Trans-European transport network* – Trans-europska prometna mreža) mreže. TEN-T mreža sastoji se od devet glavnih koridora koji bi trebali predstavljati kralježnicu prometa u Europi. Na relaciji od Zagreb Glavnog kolodvora do Koprivnice nalaze se kolodvori Zagreb Glavni kolodvor, Zagreb Borongaj, Sesvete, Dugo Selo, Vrbovec, Križevci, Lepavina, Mučna Reka i Koprivnica. Stajališta koja se nalaze na toj relaciji su Maksimir, Trnava, Čulinec, Sesvetski Kraljevec, Božjakovina, Gradec, Repinec, Majurec, Vojakovački Kloštar, Carevdar i Sokolovac.

Prugom od Zagreb Glavnog kolodvora do Koprivnice prometuju prigradski, regionalni, daljinski vlakovi u unutarnjem prometu i međunarodni putnički vlakovi. Također prometuju i teretni vlakovi u unutarnjem i međunarodnom prometu. Dnevno na toj relaciji prometuje približno tristo vlakova te stoga ona predstavlja najopterećeniji dio pružne mreže u Republici Hrvatskoj. Pri izradi novog voznog reda potrebno je obratiti pozornost na njegovu stabilnost. Za provjeru stabilnosti voznog reda koriste se različiti programski alati za modeliranje i simulaciju željezničkog prometa, pomoću kojih je nakon provedene simulacije analizom izlaznih podatka moguće utvrditi utjecaj poremećaja pri realizaciji voznog reda na njegovu stabilnost.

U ovom radu napravljena je simulacijska analiza voznog reda na relaciji Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo – Koprivnica u programu OpenTrack.

Rad je podijeljen u pet cjelina:

1. Uvod
2. Izrada računalnog modela željezničkih pruga na relaciji Zagreb Glavni kolodvor – Koprivnica
3. Simulacijska analiza stabilnosti voznog reda na relaciji Zagreb Glavni kolodvor – Koprivnica
4. Mjere za unapređenje željezničkog prometa na relaciji Zagreb Glavni kolodvor – Koprivnica
5. Zaključak

U drugom poglavlju opisan je način izrade računalnog modela te osnovne karakteristike svih kolodvora na cijeloj relaciji pruge. U trećem poglavlju opisuje se stabilnost voznog reda simulacijskom analizom uz pomoć četiri scenarija. Četvrto poglavlje obuhvaća mjere za unapređenje željezničkog prometa na ispitanoj relaciji, odnosno dodavanjem novih trasa vlakova i potrebnom rekonstrukcijom i izgradnjom drugog kolosijeka na relaciji Dugo Selo – Koprivnica – državna granica. Za izradu računalnog modela opisanog u ovome radu korišteni su podaci koji se odnose na vozni red 2014./2015.

2. IZRADA RAČUNALNOG MODELA DIONICE ŽELJEZNIČKE PRUGE ZAGREB GLAVNI KOLODVOR – KOPRIVNICA

Pri izradi diplomskog rada korišten je računalni program OpenTrack. OpenTrack je program koji koristi podatke o infrastrukturi, voznom redu i tehnološkim procesima kako bi se mogao modelirati i simulirati realni način odvijanja željezničkog prometa. Za prikupljanje podataka o infrastrukturi su vrlo korisni uzdužni profili pruge ili pojedinog kolosijeka u slučaju dvokolosiječne ili višekolosiječne pruge. Pomoću uzdužnog profila se mogu dobiti podaci kao što su duljine pojedinih dionica, pozicije signala na otvorenoj pruzi, počeci i završeci nagiba pruge ili dionica bez nagiba, tunela te prijelaznih kružnih odnosno kružnih lukova. Podaci se odnose na modeliranje željezničkih vučnih i vučenih vozila u koje spadaju njihova duljina, masa, snaga, vučna masa, adhezijska masa i vučni pasoš mogu se naći u Uputi 52 i tehničko – eksploatacijskim karakteristikama željezničkih vozila. Podaci za izradu voznog reda iščitavaju se iz grafikona odnosno knjižice voznog reda za putnički i teretni promet.

Relacija pruge Zagreb Glavni kolodvor – Koprivnica sastoji se od dvije pruge, dvokolosiječne pruge Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo (oznake M102) te jednokolosiječne pruge Dugo Selo – Koprivnica (oznake M201). Obje pruge su elektrificirane sustavom 25kV, 50Hz, od međunarodnog su značaja i predstavljaju dio mediteranskog koridora TEN-T mreže. Duljina pruge Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo (duljina otvorene pruge zajedno s duljinama kolodvorskih kolosijeka) iznosi 20,732 km mjereno od kilometarskog položaja kolodvorske zgrade u kolodvoru Zagreb Glavni kolodvor do kolodvorske zgrade u kolodvoru Dugo Selo. Na pruzi Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo nalaze kolodvori: Zagreb Glavni kolodvor, Zagreb Borongaj, Sesvete te kolodvor Dugo Selo i stajališta: Maksimir, Trnava, Čulinec i Sesvetski Kraljevec. Duljina pruge Dugo Selo – Koprivnica iznosi 65,705 km mjereno do kilometarskog položaja zgrade u kolodvoru Koprivnica. Na pruzi Dugo Selo – Koprivnica nalaze se kolodvori: Dugo Selo, Vrbovec, Križevci, Lepavina, Mučna Reka i Koprivnica, te stajališta: Božjakovina, Gradec, Repinec, Majurec, Vojakovački Kloštar, Carevdar i Sokolovac.

2.1. Postupak izrade računalnog modela

Za modeliranje kolodvora koriste se podaci iz poslovnih redova kolodvora kako bi se znao točan broj kolosijeka i njihova namjena. Također u poslovnom redu kolodvora mogu se pronaći i podaci o točnom položaju skretnica i signala.

Pri modeliranju otvorene pruge koriste se podaci iz uzdužnog profila pruge koji se još mogu nadopuniti podacima iz poslovnih redova kolodvora. Bitni podaci iz uzdužnih profila pruga su stacionaže koje označavaju svaku promjenu na kolosijeku (nagib, radijus kružnog luka), kao i stacionaže željezničkih signala.

U odlomcima 2.1.1. – 2.1.8. objašnjen je princip izrade modela kao i detaljniji opis infrastrukture koja se nalazi na prugama (kolodvori i stajališta).

2.1.1. Zagreb Glavni kolodvor

Sredina kolodvorske prihvatne zgrade nalazi se u KM 424+423 glavne magistralne pruge Tovarnik DG – Novska – Sisak – Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo. Nadmorska visina Zagreb Glavnog kolodvora je 120 m. Iz Zagreb Glavnog kolodvora odvajaju se pruge:

- M101 Zagreb Glavni kolodvor – Savski Marof – DG od KM 424+423,
- M202 Zagreb Glavni kolodvor – Rijeka od KM 424+423.

Prema zadaći u reguliranju prometa Zagreb Glavni kolodvor je **rasporedni** kolodvor, a rasporedni odsjeci su prikazani u tablici 1. [3], [11].

Tablica 1. Rasporedni odsjeci za Zagreb GK korišteni u modelu

PRUGA	RASPOREDNI ODSJEK	NAPOMENA
Zagreb GK – Rijeka	Zagreb GK – Karlovac	Za putničke vlakove iz smjera Zagreb GK
Dg – Tovarnik – Dugo Selo – Zagreb GK	Zagreb GK – Dugo Selo – Novska	Za putničke vlakove iz smjera Zagreb GK
Dugo Selo – Koprivnica – Botovo Dg	Zagreb GK – Dugo Selo – Koprivnica	Za putničke vlakove iz smjera Zagreb GK
Zagreb GK – Savski 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 – Zapadni kolodvor	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

Izvor: [3], [11]

Zagreb Glavni kolodvor otvoren je za prihvat i otpremu putnika, prijevoz pošiljaka vlasnika i korisnika industrijskih kolosijeka, prijevoz pošiljaka za potrebe HŽ Carga d.o.o. i prijevoz poštanskih pošiljaka.

Zbog više kolosiječnih skupina u Zagreb Glavnom kolodvoru kolosijeci su prikazani u tablicama 2, 3, 4. Dio sheme kolosiječnih veza je prikazan na slici 1 gdje su i označeni kolosijeci iz tablica 2, 3, 4.

Tablica 2. Kolosijeci za putničke vlakove

KOLOSIJEK	NAMJENA
S-1	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
S-2 / S-2a	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
S-3 / S-3a	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
S-4 / S-4a	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
S-5 / S-5a	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
VD-1	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
VD-2	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
VD-3	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
VL-1	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika

Izvor: [3]

Tablica 3. Kolosijeci za teretne vlakove

KOLOSIJEK	NAMJENA
9/9a	prijem i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova
10	prijem i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova

Izvor: [3]

Tablica 4. Kolosijeci za ranžiranje garnitura

KOLOSIJEK	NAMJENA
11	ranžiranje, prijem i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova
12	ranžiranje, prijem i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova
13	ranžiranje, prijem i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova
14	za ulaza/izlazak lokomotiva u/iz depoa

Izvor: [3]

Kolodvor je zaštićen sljedećim ulaznim i izlaznim signalima:

- ulazni signal G (KM 425+788), a štiti skretnicu br. 62 (KM 425+185),
- ulazni signal H (KM 425+788), a štiti skretnicu br. 63 (KM 425+185),
- ulazni signal C1 (KM 425+393), a štiti skretnicu br. 2Z (KM 425+031), koji nema propisanu daljinu vidljivosti pa je ucrtan ponavljač predsignaliziranja PpC1 u KM 425+644,
- ulazni signal C2 (KM 425+393), a štiti skretnicu br. 1Z (KM 424+958), koji nema propisanu daljinu vidljivosti pa je ucrtan ponavljač predsignaliziranja PpC2 u KM 425+644,
- ulazni signal A (KM 423+484), a štiti skretnicu br. 4 (KM 423+924),
- ulazni signal B (KM 423+299), a štiti skretnicu br. 1a/b (KM 423+898),
- izlazni signal DVD1 (KM 424+738), a štiti skretnicu br. 9 (KM 424+796),
- izlazni signal DVD2 (KM 424+729), a štiti skretnicu br. 8 (KM 424+795),
- izlazni signal DVD3 (KM 424+729), a štiti skretnicu br. 8 (KM 424+795),
- izlazni signal DS1 (KM 424+201), a štiti skretnicu br. 13 (KM 424+699),
- izlazni signal DS2 (KM 424+250), a štiti skretnicu br. 14a/b (KM 424+206),
- izlazni signal DS3 (KM 424+316), a štiti skretnicu br. 16 (KM 424+251),
- izlazni signal DS4 (KM 424+324), a štiti skretnicu br. 17 (KM 424+277),
- izlazni signal DS5 (KM 424+387), a štiti skretnicu br. 18 (KM 424+378),

- izlazni signal D9 (KM 424+385), a štiti skretnicu br. 22 (KM 424+328),
- izlazni signal D10 (KM 424+411), a štiti skretnicu br. 23 (KM 424+355),
- izlazni signal D11 (KM 424+442), a štiti skretnicu br. 24 (KM 424+382),
- izlazni signal D12 (KM 424+485), a štiti skretnicu br. 1L (KM 424+438),
- izlazni signal D13 (KM 424+525), a štiti skretnicu br. A (KM 424+477),
- izlazni signal FVL1 (KM 424+972), a štiti skretnicu br. 58a/b (KM 424+999),
- izlazni signal F1 (KM 424+987), a štiti skretnicu br. 57 (KM 424+998),
- izlazni signal F2 (KM 424+987), a štiti skretnicu br. 51 (KM 425+040),
- izlazni signal F3 (KM 424+915), a štiti skretnicu br. 49 (KM 424+981),
- izlazni signal F4 (KM 424+908), a štiti skretnicu br. 48 (KM 424+954),
- izlazni signal F5 (KM 424+851), a štiti skretnicu br. 48a (KM 424+857),
- izlazni signal F9 (KM 424+938), a štiti skretnicu br. 43 (KM 424+912),
- izlazni signal F10 (KM 424+821), a štiti skretnicu br. 42 (KM 424+885),
- izlazni signal F11 (KM 424+801), a štiti skretnicu br. 41 (KM 424+858),
- izlazni signal F12 (KM 424+750), a štiti skretnicu br. 40 (KM 424+825),
- izlazni signal F13 (KM 424+774), a štiti skretnicu br. 40 (KM 424+825).

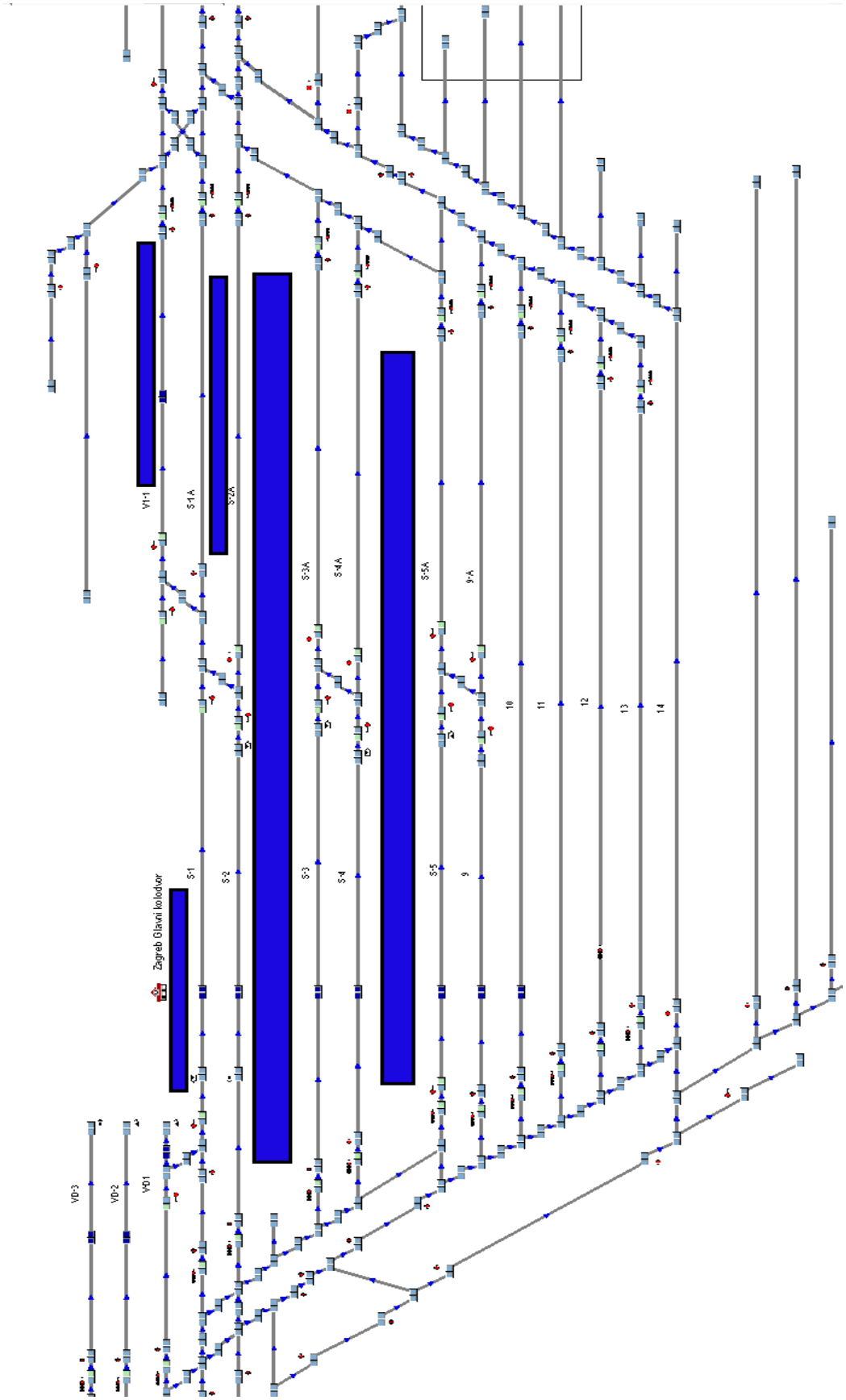
U Zagreb Glavnom kolodvoru su ugrađeni i granični signali zbog podijeljenosti kolosijeka, ali se isto postavljaju i na granici između kolodvorskog područja i lokomotivskog depoa i tamo gdje iz tehničkih razloga nije moguća ugradnja manevarskog signala za zaštitu voznog puta. Oni su u modelu u izrađenom u programu OpenTrack predstavljeni izlaznim signalima s jednim aspektom, tj. signalima koji pokazuju signalni znak "stoj" ili "slobodna vožnja". Granični signali koji su ucrtani u modelu su:

- Gr 19V u KM 424+241, ispred skretnice br. 19 (KM 424+247),
- Gr 20V u KM 424+317, ispred skretnice br. 20 (KM 424+314),
- Gr 35D u KM 424+584, ispred skretnice br. 35 (KM 424+652),
- Gr 30V u KM 424+569, ispred skretnice br. 30 (KM 424+575),
- Gr 34D u KM 424+586, ispred skretnice br. 34 (KM 424+647),
- Gr 31V u KM 424+578, ispred skretnice br. 31 (KM 424+581),
- Gr 33D u KM 424+579, ispred skretnice br. 33 (KM 424+646),
- Gr 32V u KM 424+579, ispred skretnice br. 32 (KM 424+581),
- Gr 37V u KM 424+739, ispred skretnice br. 37 (KM 424+734),

- Gr 30D u KM 424+640, ispred skretnice br. 30 (KM 424+575),
- Gr 34V u KM 424+651, ispred skretnice br. 34 (KM 424+647),
- Gr 31D u KM 424+642, ispred skretnice br. 31 (KM 424+581),
- Gr 33V u KM 424+650, ispred skretnice br. 33 (KM 424+646),
- Gr 32D u KM 424+650, ispred skretnice br. 32 (KM 424+581),
- Gr 37D u KM 424+671, ispred skretnice br. 37 (KM 424+734),
- Gr 59AV u KM 425+070, ispred skretnice br. 59a (KM 425+066),
- Gr 14KV u KM 424+549, ispred skretnice br. 14K (KM 424+545),
- Gr 44D u KM 425+022, ispred skretnice br. 44 (KM 424+966),
- Gr 45D u KM 425+076, ispred skretnice br. 45 (KM 425+025),
- Gr 18V u KM 424+387, ispred skretnice br. 18 (KM 424+378),
- Gr 8KD u KM 424+488, ispred skretnice br. 8k (KM 424+443),
- Gr 56L u KM 424+921, ispred skretnice br. 56 (KM 424+974),
- Gr 66V u KM 425+410, ispred skretnice br. 66 (KM 425+400).

Prostorni signali koji su unutar elektroničkog signalno-sigurnosnog uređaja u Zagreb Glavnom kolodvoru su:

- prostorni signal 581 u KM 427+051 – predsignalizira ulazni signal B kolodvora Zagreb Borongaj, a predsignaliziran je izlaznim signalima F u Zagreb Glavnom kolodvoru,
- prostorni signal 011 u KM 427+051 – predsignalizira ulazni signal C kolodvora Zagreb Borongaj, a predsignaliziran je izlaznim signalima F u Zagreb Glavnom kolodvoru,
- prostorni signal 582 u KM 427+051 – predsignalizira ulazni signal G Zagreb Glavnog kolodvora, a predsignaliziran je izlaznim signalima H (HG) kolodvora Zagreb Borongaj,
- prostorni signal 012 u KM 427+051 – predsignalizira ulazni signal H Zagreb Glavnog kolodvora, a predsignaliziran je izlaznim signalima H (HG) kolodvora Zagreb Borongaj [3].



Slika 1. Dio kolosiječne sheme Zagreb Glavnog kolodvora iz programa OpenTrack

2.1.2. Kolodvor Sesvete i podređena službena mjesta

Kolodvor Sesvete, tj. sredina prihvatne zgrade nalazi se u KM 435+000 pruge M102 Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo na nadmorskoj visini od 118 m. Po zadaći u reguliranju prometa kolodvor Sesvete je:

- međukolodvor na pruzi Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo (M102),
- odvojni na pruzi Sesvete – Sava rasputnica (M401).

Kolodvor Sesvete, u pogledu obavljanja transportno-komercijalnih poslova, je otvoren za prijem i otpremu putnika i za prijem i otpremu vagonskih pošiljaka, izuzet pošiljaka eksplozivnih materija i ostalih pošiljaka RID-a.

Kolodvoru Sesvete je podređeno stajalište **Sesvetski Kraljevec**, koje se nalazi u KM 439+839. U stajalištu postoje peroni za manipulaciju putnika s obje strane kolosijeka, i to od KM 439+828 do KM 439+989 (161 m) uz desni kolosijek i od KM 439+836 do KM 439+996 (160 m) uz lijevi kolosijek [4].

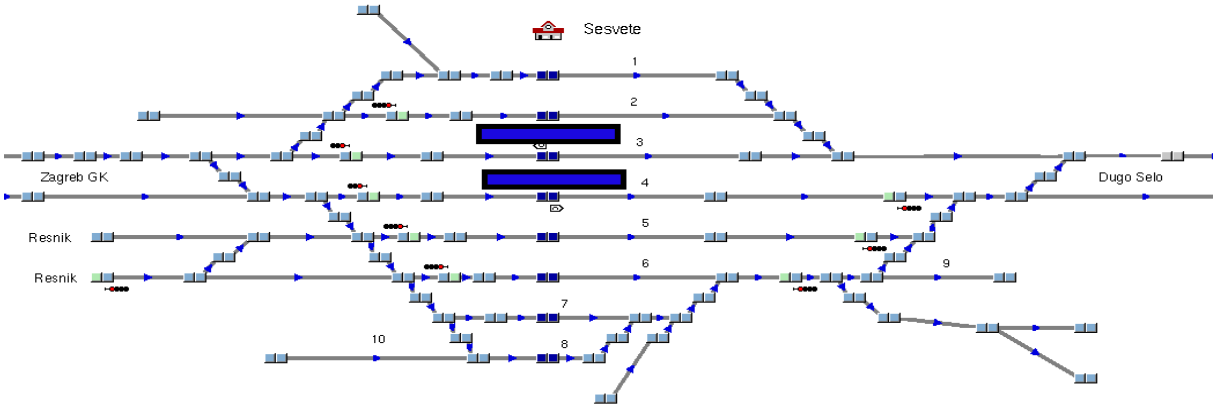
Kolosiječna mreža (slika 2) kolodvora Sesvete se sastoji od šest glavnih prijemno-otpremnih kolosijeka koji su numerirani na slici brojevima od jedan do šest. Kolosijeci sedam i osam su sporedni kolosijeci a devet i deset ostali kolosijeci. Namjena kolosijeka u kolodvoru Sesvete je sljedeća:

- **prvi kolosijek (1)** – glavni prijemno otpremni kolosijek za pravac Dugo Selo – Zagreb Glavni kolodvor,
- **drugi kolosijek (2) –** služi za pretjecanje vlakova koji dolaze iz pravca Dugo Selo,
- **treći kolosijek (3)** – glavni prolazni kolosijek za pravac Dugo Selo – Zagreb Glavni kolodvor,
- **četvrti kolosijek (4)** – glavni prolazni kolosijek za pravac Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo,
- **peti kolosijek (5)** – služi za prolaz vlakova u pravcu Dugo Selo – Zagreb Ranžirni kolodvor,
- **šesti kolosijek (6)** – služi za prolaz vlakova u pravcu Zagreb Ranžirni kolodvor – Dugo Selo,

- **sedmi i osmi kolosijek (7 i 8)** – sporedni kolosijeci koji služe za smještanje bruta za otpremu, kao i prijem istoga u dolasku, osim toga osmi kolosijek može poslužiti za utovar i istovar vagonskih pošiljaka,
- **deveti kolosijek (9)** – produžetak šestog kolosijeka, a služi za smještanje vagonskih radiona,
- **deseti kolosijek (10)** – odvaja se u produžetku osmog kolosijeka, a služi za smještanje vagonskih radiona [4].

Kolodvor Sesvete osiguran je sljedećim signalima:

- ulazni signal A (KM 436+054), a štiti skretnicu br. 1 (KM 435+754),
- ulazni signal B (KM 434+253), a štiti skretnicu br. 21 (KM 434+700),
- ulazni signal C (KM 0+873), a štiti skretnicu br. 22a (KM 434+648),
- izlazni signal D4 (KM 435+609), a štiti skretnicu br. 5 (KM 435+673),
- izlazni signal D5 (KM 435+565), a štiti skretnicu br. 6 (KM 435+628),
- izlazni signal D6 (KM 435+450), a štiti skretnicu br. 7a (KM 435+517),
- izlazni signal E2 (KM 434+774), a štiti skretnicu br. 19a/b (KM 434+724),
- izlazni signal E3 (KM 434+728), a štiti skretnicu br. 22 (KM 434+648),
- izlazni signal E5 (KM 434+814), a štiti skretnicu br. 17a/b (KM 434+768),
- izlazni signal E6 (KM 434+861), a štiti skretnicu br. 16a/b (KM 434+804).



Slika 2. Shematski prikaz kolosijeka kolodvora Sesvete iz programa OpenTrack

Prostorni signali koji se nalaze na pravcu Sesvete – Zagreb Borongaj su:

- prostorni signal PS 562 u KM 433+740,
- prostorni signal PS 572 u KM 432+710,
- prostorni signal AT u KM 431+720, koji je zaštitni signal stajališta Čulinec, a i predsignal ulaznom signalu A kolodvora Borongaj.

Prostorni signali koji se nalaze na pravcu Zagreb Borongaj – Sesvete su:

- prostorni signal CT u KM 431+236,
- prostorni signal PS 561 u KM 433+070, koji je ujedno i predsignal ulaznom signalu B kolodvora Sesvete.

2.1.3. Kolodvor Dugo Selo

Kolodvorska prihvatna zgrada nalazi se u KM 445+148 pruge M102 Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo na nadmorskoj visini od 103 m. U pogledu mjesta položaja na mreži kolodvor Dugo Selo je:

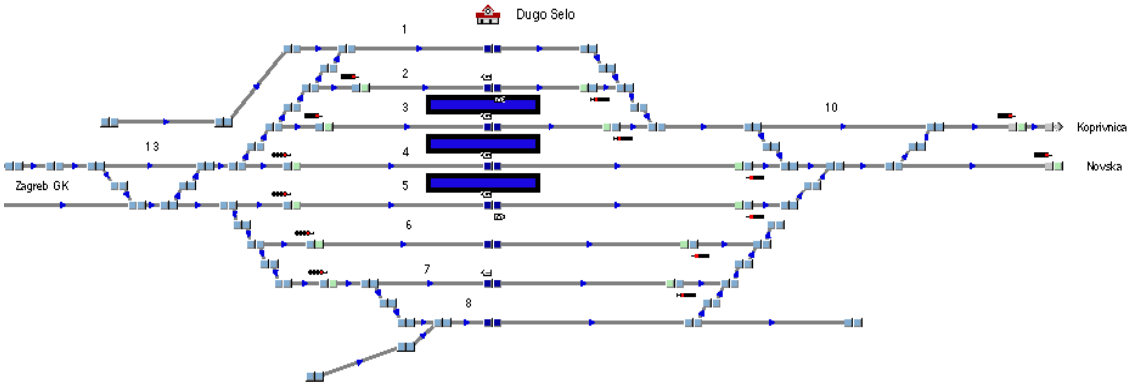
- međukolodvor na pruzi M201/M102/M202, tj. relaciji Koprivnica – Zagreb Glavni kolodvor – Rijeka,
- odvojni kolodvor za magistralnu prugu M103 Dugo Selo – Novska, a nastavno za prugu Novska – Tovarnik.

Po zadaći u reguliranju prometa kolodvor Dugo Selo je **međukolodvor** između rasporednih kolodvora Koprivnica – Zagreb Glavni kolodvor (za putničke vlakove), Koprivnica – Zagreb Ranžirni kolodvor (za teretne vlakove) i između rasporednih kolodvora Zagreb Glavni kolodvor/Zagreb Ranžirni kolodvor – Novska.

Kolodvor je otvoren za prijam i otpremu putnika u unutarnjem i međunarodnom pograničnom prometu, te prijem i otpremu vagonskih pošiljaka u unutarnjem i međunarodnom prometu. Nadzorni je kolodvor za stajalište Ostrna, ali nema nijedno podređeno mjesto na pruzi M102 Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo, dok stajalište Božjakovina na pruzi M201 pripada kolodvoru Vrbovec [5].

U računalnom modelu je ucrtano osam glavnih kolosijeka (na slici 3 Numerirani brojevima 2-7, 10 i 13). Na slici su također označeni i sporedni/manipulativni kolosijeci jedan i osam. Namjena glavnih kolosijeka je:

- **drugi kolosijek** – glavni prijemno-otpremni kolosijek za smjerove Zagreb Glavni kolodvor – Koprivnica/Novska i Koprivnica/Novska – Zagreb Glavni kolodvor,
- **treći kolosijek** – glavni prijemno-otpremni kolosijek i nepravilni glavni prolazni kolosijek za smjer Koprivnica/Novska – Dugo Selo,
- **četvrti kolosijek** – glavni prolazni kolosijek za smjerove Zagreb Glavni kolodvor – Koprivnica/Novska i Koprivnica/Novska – Zagreb Glavni kolodvor,
- **peti kolosijek** – nepravilni glavni prolazni kolosijek za smjer Zagreb Glavni kolodvor – Koprivnica/Novska,
- **šesti kolosijek** – glavni prijemno-otpremni kolosijek,
- **sedmi kolosijek** – glavni prijemno-otpremni kolosijek,
- **deseti kolosijek** – produžetak trećeg kolosijeka prema smjeru Koprivnica, služi za prolaz vlakova kod ulaza i izlaza, a kod manevriranja može poslužiti za obilazak lokomotive oko vagona,
- **trinaesti kolosijek** – produžetak četvrtog kolosijeka u smjeru Zagreb Glavni kolodvor, služi za prolaz vlakova kod ulaza i izlaza, a kod manevriranja može poslužiti za obilazak lokomotive oko vagona [5].



Slika 3. Shematski prikaz kolosijeka u kolodvoru Dugo Selo iz programa OpenTrack

Kolodvor je osiguran sljedećim ulaznim i izlaznim signalima:

- ulazni signal B (KM 445+997), a štiti skretnicu br. 1 (KM 445+698),
- ulazni signal A (KM 82+330), a štiti skretnicu br. 2a (KM 445+628),
- ulazni signal C (KM 444+183), a štiti skretnicu br. 21 (KM 444+577),
- izlazni signal D2 (KM 445+409), a štiti skretnicu br. 10 (KM 445+465),
- izlazni signal D3 (KM 445+455), a štiti skretnicu br. 8 (KM 445+508),
- izlazni signal D4 (KM 445+531), a štiti skretnicu br. 3 (KM 445+588),
- izlazni signal D5 (KM 445+517), a štiti skretnicu br. 4 (KM 445+588),
- izlazni signal D6 (KM 445+482), a štiti skretnicu br. 5 (KM 445+562),
- izlazni signal D7 (KM 445+471), a štiti skretnicu br. 7 (KM 445+535),
- izlazni signal E2 (KM 444+867), a štiti skretnicu br. 14 (KM 444+791),
- izlazni signal E3 (KM 444+817), a štiti skretnicu br. 16 (KM 444+736),
- izlazni signal E4 (KM 444+753), a štiti skretnicu br. 18 (KM 444+688),
- izlazni signal E5 (KM 444+753), a štiti skretnicu br. 17 (KM 444+692),
- izlazni signal E6 (KM 444+813), a štiti skretnicu br. 15 (KM 444+742),
- izlazni signal E7 (KM 444+813), a štiti skretnicu br. 15 (KM 444+742).

Prostorni signali uz prugu u pravcu Dugo Selo – Sesvete su:

- prostorni signal PS 502 u KM 443+447,
- prostorni signal PS 512 u KM 442+080,
- prostorni signal PS 522 u KM 440+880, koji je i zaštitni signal stajališta Sesvetski Kraljevec,
- prostorni signal PS 532 u KM 439+650,
- prostorni signal PS 542 u KM 438+350,
- prostorni signal PS 552 u KM 437+052, koji je ujedno i predsignal ulaznom signalu A kolodvora Sesvete.

Prostorni signali uz prugu u pravcu Sesvete – Dugo Selo su:

- prostorni signal PS 551 u KM 436+950,
- prostorni signal PS 541 u KM 438+250,
- prostorni signal PS 531 u KM 439+550, koji je i zaštitni signal stajališta Sesvetski Kraljevec,
- prostorni signal PS 521 u KM 440+775,
- prostorni signal PS 511 u KM 441+980,
- prostorni signal PS 501 u KM 443+183, koji je ujedno i predsignal ulaznom signalu C kolodvora Dugo Selo.

2.1.4. Kolodvor Vrbovec i podređena službena mjesta

Kolodvorska zgrada kolodvora Vrbovec nalazi se u km 461+401, pruge M201 DG – Botovo – Dugo Selo. Prema zadaći u reguliranju prometa kolodvor Vrbovec je međukolodvor i otvoren je za cjelokupan rad u prometnom i transportnom smislu.

Kolodvor Vrbovec prema obavljanju zadaće u prijevozu putnika i stvari, kolodvor je otvoren za prijem i otpremu putnika u unutarnjem prometu. Dok je u teretnom prijevozu kolodvor otvoren za prijem i otpremu vagonskih pošiljaka u unutarnjem i međunarodnom prometu.

Službena mjesta podređena kolodvoru Vrbovec su stajališta Božjakovina, Gradec i Repinec.

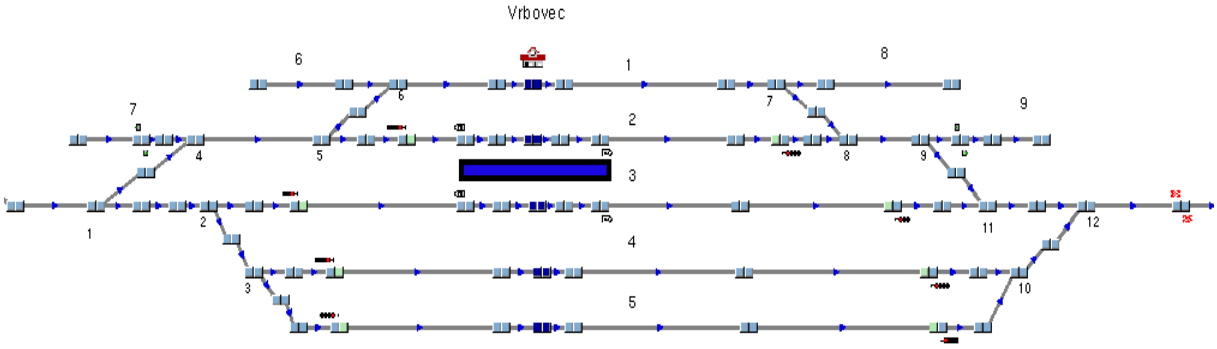
Stajalište **Božjakovina** nalazi se između kolodvora Dugo Selo i kolodvora Vrbovec u KM 451+474 pruge M201 DG – Botovo – Dugo Selo, te ima peron za manipulaciju putnika uz kolosijek i to od KM 451+459 do KM 451+543, duljine 84m.

Stajalište **Gradec** nalazi se između kolodvora Vrbovec i kolodvora Križevci u KM 469+859. Na stajalištu je izgrađen peron duljine 160m od KM 469+745 do KM 469+905.

Stajalište **Repinec** nalazi se između kolodvora Vrbovec i kolodvora Križevci u KM 474+100. Na stajalištu je izgrađen peron od KM 473+955 do KM 474+115, duljine 160m [6].

Kolosiječna mreža (slika 4) kolodvora Vrbovec raspolaže s devet kolosijeka i to:

- **prvi kolosijek** je manipulativni i služi za utovar i istovar vagonskih pošiljaka,
- **drugi, treći, četvrti i peti kolosijeci** su glavni kolosijeci, namijenjeni za prihvat i otpremu vlakova. Glavni prolazni kolosijek je treći (3) koji čini izravno produljenje pružnog kolosijeka,
- **šesti 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.
- **sedmi 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.
- **osmi 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
- **deveti kolosijek** ("drugi krnji koprivnički") je produžetak drugog kolosijeka,a završava prsobranom. U funkciji je puta proklizavanja za vožnje vlakova na drugi kolosijek, služi za obavljanje manevarskog rada i za smještaj vozila [6].



Slika 4. Shematski prikaz kolosijeka kolodvora Vrbovec iz programa OpenTrack

Kolodvor je osiguran sljedećim ulaznim i izlaznim signalima:

- ulazni signal A (KM 460+557), a štiti skretnicu br. 1 (KM 461+046),
- ulazni signal B (KM 462+668), a štiti skretnicu br. 12 (KM 462+123),
- izlazni signal C2 (KM 461+292), a štiti skretnicu br. 5 (KM 461+230),
- izlazni signal C3 (KM 461+174), a štiti skretnicu br. 2 (KM 461+095),
- izlazni signal C4 (KM 461+235), a štiti skretnicu br. 3 (KM 461+161),
- izlazni signal C5 (KM 461+253), a štiti skretnicu br. 3 (KM 461+161),
- izlazni signal D2 (KM 461+860), a štiti skretnicu br. 8 (KM 461+912),
- izlazni signal D3 (KM 462+005), a štiti skretnicu br. 11 (KM 462+074),
- izlazni signal D4 (KM 461+972), a štiti skretnicu br. 10 (KM 462+067),
- izlazni signal D5 (KM 461+993), a štiti skretnicu br. 10 (KM 462+067).

Prostorni signali uz prugu u pravcu Dugo Selo – Vrbovec su:

- prostorni signal PS 012 u KM 447+080,
- prostorni signal PS 022 u KM 449+819,
- prostorni signal PS 032 u KM 452+151,
- prostorni signal PS 042 u KM 454+484,
- prostorni signal PS 052 u KM 456+800,
- prostorni signal PS 062 u KM 459+250 koji je ujedno i predsignal ulaznom signalu A kolodvora Vrbovec.

Prostorni signali uz prugu u pravcu Vrbovec – Dugo Selo su:

- prostorni signal PS 011 u KM 447+187 koji je ujedno i predsignal ulaznom signalu B kolodvora Dugo selo,
- prostorni signal PS 021 u KM 449+819,
- prostorni signal PS 031 u KM 452+251,
- prostorni signal PS 041 u KM 454+584,
- prostorni signal PS 051 u KM 456+919,
- prostorni signal PS 061 u KM 459+350.

2.1.5. Kolodvor Križevci i podređena službena mjesta

Željeznički kolodvor Križevci nalazi se u KM 481+082 međunarodne pruge M201, DG – Botovo – Koprivnica – Dugo Selo i nadmorskoj visini 127,93m. U pogledu mjesta položaja na mreži kolodvor Križevci je:

- međukolodvor na pruzi M201, tj. na pruzi DG – Botovo – Koprivnica – Dugo Selo,
- odvojni kolodvor za lokalnu prugu L203 Križevci – Bjelovar – Kloštar.

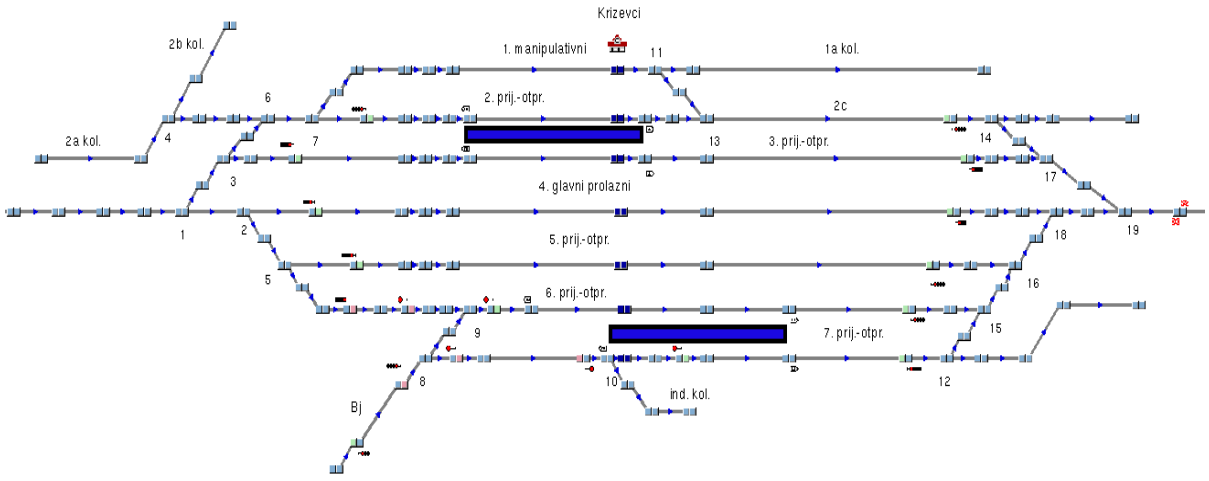
Kolodvor Križevci u tom je smislu otvoren za cjelokupno obavljanje prometne i transportne službe. Nadzorni je kolodvor za stajališta Majurec, Vojakovački Kloštar i Carevdar koji se nalaze između kolodvora Križevci i kolodvora Lepavina.

Stajalište **Majurec** ima peron uz kolosijek, i to od KM 485+320 do KM 485+420, duljine 100m.

Stajalište **Vojakovački Kloštar** nalazi se u KM 488+930. Na stajalištu je izgrađen peron duljine 100m od KM 488+835 do KM 488+935.

Stajalište **Carevdar** nalazi se u KM 471+742 i ima peron uz kolosijek od KM 491+635 do KM 491+735 [7].

Shema kolodvora Križevci iz programa OpenTrack prikazana je na slici 5, na kojoj su numerirani glavni kolosijeci (2 – 7). Namjena glavnih kolosijeka u kolodvoru Križevci su za prijem i otpremu vlakova su slijedeći: drugi (2.), treći (3.), četvrti (4.), peti (5.), šesti (6.), sedmi (7.) kolosijek.



Slika 5. Shema kolodvora Križevci iz programa OpenTrack

Signali kojima se osiguravaju putovi vožnje kroz kolodvor Križevci, a ucrtani u programu OpenTrack su:

- ulazni signal A (KM 479+889), a štiti skretnicu br. 1 (KM 480+398),
- ulazni signal B (KM 481+965), a štiti skretnicu br. 19 (KM 481+474),
- ulazni signal C (KM 0+661), a štiti skretnicu br. 8 (KM 480+796),
- izlazni signal D2 (KM 480+615), a štiti skretnicu br. 7 (KM 480+559),
- izlazni signal D3 (KM 480+542), a štiti skretnicu br. 3 (KM 480+454),
- izlazni signal D4 (KM 480+520), a štiti skretnicu br. 2 (KM 480+447),
- izlazni signal D5 (KM 480+574), a štiti skretnicu br. 5 (KM 480+504),
- izlazni signal D6 (KM 480+590), a štiti skretnicu br. 5 (KM 480+504),
- izlazni signal E2 (KM 481+198), a štiti skretnicu br. 14 (KM 481+258),
- izlazni signal E3 (KM 481+345), a štiti skretnicu br. 17 (KM 481+418),
- izlazni signal E4 (KM 481+350), a štiti skretnicu br. 18 (KM 481+426),
- izlazni signal E5 (KM 481+279), a štiti skretnicu br. 16 (KM 481+367),
- izlazni signal E6 (KM 481+237), a štiti skretnicu br. 15 (KM 481+309),
- izlazni signal E7 (KM 481+175), a štiti skretnicu br. 12 (KM 481+179).

Prostorni signali uz prugu u pravcu Vrbovec – Križevci su:

- prostorni signal PS 072 u KM 463+868,
- prostorni signal PS 082 u KM 466+388,
- prostorni signal PS 092 u KM 468+800,
- prostorni signal PS 102 u KM 471+228,
- prostorni signal PS 112 u KM 473+590,
- prostorni signal PS 122 u KM 476+065,
- prostorni signal PS 132 u KM 478+590, koji je ujedno i predsignal ulaznom signalu A kolodvora Križevci.

Prostorni signali uz prugu u pravcu Križevci – Vrbovec su:

- prostorni signal PS 131 u KM 478+690,
- prostorni signal PS 121 u KM 476+165,
- prostorni signal PS 111 u KM 473+708,
- prostorni signal PS 101 u KM 471+338
- prostorni signal PS 091 u KM 468+908,

- prostorni signal PS 081 u KM 466+488,
- prostorni signal PS 071 u KM 463+968, koji je ujedno i predsignal ulaznom signalu B kolodvora Vrbovec.

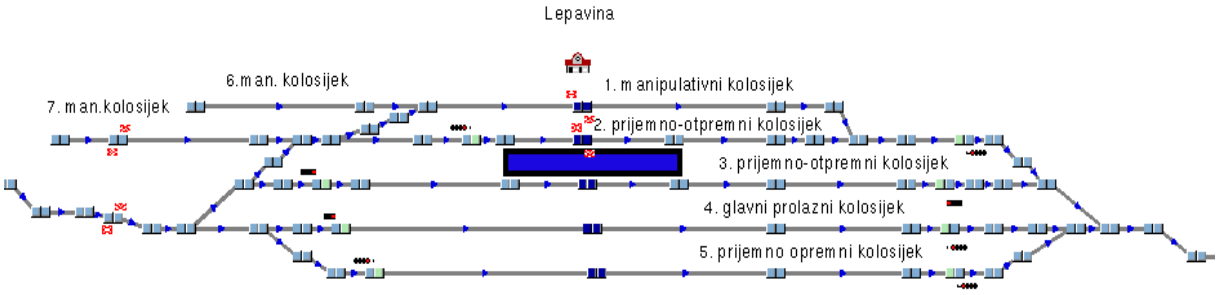
2.1.6. Kolodvor Lepavina i podređena službena mjesta

Kolodvor Lepavina je međukolodvor na pruzi M201 Dugo Selo – Koprivnica – Botovo – DG, a nalazi se u KM 497+631. Nadmorska visina kolodvora iznosi 185,66m i najviši je kolodvor na ovoj pruzi. U pogledu obavljanja transportno-komercijalnih poslova, je otvoren za prijem i otpremu putnika u unutarnjem prometu i za prihvat i otpremu vagonskih pošiljaka u unutarnjem i međunarodnom prometu. Kolodvor nije otvoren za promet komadnih pošiljaka.

Službeno mjesto podređeno kolodvoru Lepavina je stajalište Sokolovac. Nalazi se u KM 499+779. Na stajalištu je izgrađen peron uz prugu od KM 499+683 do KM 499+783, duljine 100m [8].

Kolosiječna mreža (slika 6) kolodvora Lepavina se sastoji od četiri glavna prijemna-otpremna kolosijeka koji su numerirani na slici brojevima od dva do pet. Kolosijeci jedan, šest i sedam su sporedni kolosijeci. Namjena glavnih kolosijeka u kolodvoru Lepavina je sljedeća:

- **drugi kolosijek (2)** – prijemno-otpremni kolosijek za sve putničke vlakove,
- **treći kolosijek (3)** – prijemno-otpremni kolosijek za sve putničke vlakove,
- **četvrti kolosijek (4)** – glavni prolazni kolosijek,
- **peti kolosijek (5)** – prijemno-otpremni kolosijek za teretne vlakove koji dolaze na križanje s drugim vlakovima, služi i kao kolosijek za povremeno deponiranje raspuštenih vlakova [8].



Slika 6. Shema kolodvora Lepavina iz programa OpenTrack

Kolodvor Lepavina osiguran je sljedećim signalima:

- ulazni signal A (KM 496+818), a štiti skretnicu br. 1 (KM 497+314),
- ulazni signal B (KM 498+763), a štiti skretnicu br. 10 (KM 498+271),
- izlazni signal C2 (KM 497+518), a štiti skretnicu br. 5 (KM 497+458),
- izlazni signal C3 (KM 497+419), a štiti skretnicu br. 3 (KM 497+359),
- izlazni signal C4 (KM 497+500), a štiti skretnicu br. 2 (KM 497+347),
- izlazni signal C5 (KM 497+419), a štiti skretnicu br. 2 (KM 497+347),
- izlazni signal D2 (KM 498+165), a štiti skretnicu br. 8 (KM 498+225),
- izlazni signal D3 (KM 498+169), a štiti skretnicu br. 8 (KM 498+225),
- izlazni signal D4 (KM 498+162), a štiti skretnicu br. 9 (KM 498+237),
- izlazni signal D5 (KM 498+174), a štiti skretnicu br. 9 (KM 498+237).

Prostorni signali uz prugu u pravcu Križevci – Lepavina su:

- prostorni signal PS 142 u KM 483+190,
- prostorni signal PS 152 u KM 485+727,
- prostorni signal PS 162 u KM 487+979,
- prostorni signal PS 172 u KM 490+618,
- prostorni signal PS 182 u KM 492+348,
- prostorni signal PS 192 u KM 495+523, koji je ujedno i predsignal ulaznom signalu A kolodvora Lepavina.

Prostorni signali uz prugu u pravcu Lepavina – Križevci su:

- prostorni signal PS 191 u KM 495+620,
- prostorni signal PS 181 u KM 492+912,
- prostorni signal PS 171 u KM 490+720,
- prostorni signal PS 161 u KM 488+081,
- prostorni signal PS 151 u KM 485+851,
- prostorni signal PS 141 u KM 483+298, koji je ujedno i predsignal ulaznom signalu B kolodvora Križevci.

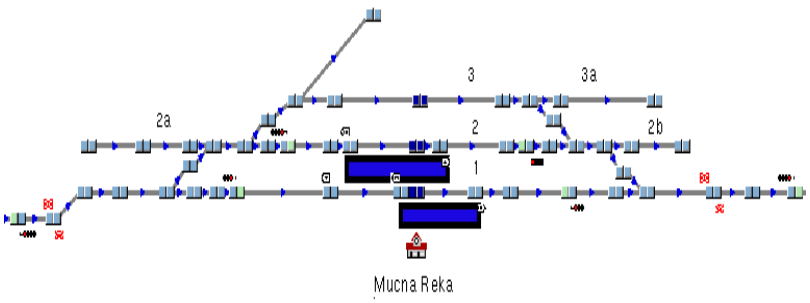
2.1.7. Kolodvor Mučna Reka

Kolodvor Mučna Reka nalazi se u KM 504+331 magistralne pruge M201 DG – Botovo – Koprivnica – Dugo Selo. Kolodvor ima status međukolodvora na rasporednom odsjeku Koprivnica – Zagreb – Koprivnica. Nadmorska visina kolodvora je 155m. Kolodvor je otvoren za prijam i otpremu putnika u unutarnjem putničkom prometu, dok za otpremu vagonskih pošiljaka nije otvoren [9].

U računalnom modelu (slika 7) ucrtano je dva glavna kolosijeka (numerirani jedan i dva). Na slici su također označeni i sporedni/manipulativni kolosijeci 2a, 2b, 3, i 3a. Namjena glavnih kolosijeka je:

- **prvi kolosijek (1)** – glavni prolazni, prijemno-otpremni kolosijek za sve vrste vlakova,

- **drugi kolosijek (2)** – glavni, prijemno-otpremni kolosijek za sve vrste vlakova.



Slika 7. Shema kolodvora Mučna Reka iz programa OpenTrack

Kolodvor je osiguran sljedećim ulaznim i izlaznim signalima:

- ulazni signal A (KM 503+474), a štiti skretnicu br. 1 (KM 503+968),
- ulazni signal B (KM 505+385), a štiti skretnicu br. 8 (KM 504+888),
- izlazni signal C1 (KM 504+042), a štiti skretnicu br. 1 (KM 503+968),
- Izlazni signal C2 (KM 504+175), a štiti skretnicu br. 4 (KM 504+114),
- izlazni signal D1 (KM 504+815), a štiti skretnicu br. 8 (KM 504+888),
- izlazni signal D2 (KM 504+725), a štiti skretnicu br. 7 (KM 504+790).

Prostorni signali uz prugu u pravcu Lepavina – Mučna Reka su:

- prostorni signal PS 202 u KM 499+975,
- prostorni signal PS 212 u KM 502+224, koji je ujedno i predsignal ulaznom signalu A kolodvora Mučna Reka.

Prostorni signali uz prugu u pravcu Mučna Reka – Lepavina su:

- prostorni signal PS 211 u KM 502+340,
- prostorni signal PS 201 u KM 500+083, koji je ujedno i predsignal ulaznom signalu B kolodvora Lepavina.

2.1.8. Kolodvor Koprivnica

Sredina kolodvorske prihvatne zgrade nalazi se u KM 510+860 glavne magistralne pruge M201 (Gyekenyes) DG – Botovo – Koprivnica – Dugo Selo. Te u KM 207+866 regionalne pruge R202 Varaždin – Dalj. Nadmorska visina kolodvora Koprivnice je 131,5m. U pogledu prometne službe kolodvor Koprivnica je:

- ranžirni,
- rasporedni,
- granični.

Prema zadaći u reguliranju prometa kolodvor Koprivnica je rasporedni kolodvor, a rasporedni odsjeci su prikazani u tablici 5. [10], [12].

Tablica 5. Rasporedni odsjeci za kolodvor Koprivnica

PRUGA	RASPOREDNI ODSJEK
Dugo Selo – Koprivnica – Botovo Dg	Koprivnica – Dugo Selo – Zagreb GK (Zagreb RK)
	Koprivnica – Gyekenyes (MAV)
	Koprivnica – Botovo
Varaždin – Dalj	Koprivnica – Varaždin
	Koprivnica – Virovitica

Izvor: [10]

Kolodvor Koprivnica po transportno-komercijalnoj službi otvoren je za potpuni prijem i otpremu putnika i vagonskih pošiljaka u unutarnjem i međunarodnom prometu.

Zbog više kolosiječnih skupina u kolodvoru Koprivnica kolosijeci su prikazani tablično u tablicama 6, 7, 8. Dio sheme kolosiječnih veza je prikazan na slici 8 gdje su i označeni kolosijeci iz tablica 6, 7, 8.

Tablica 6. Kolosijeci za putničke vlakove

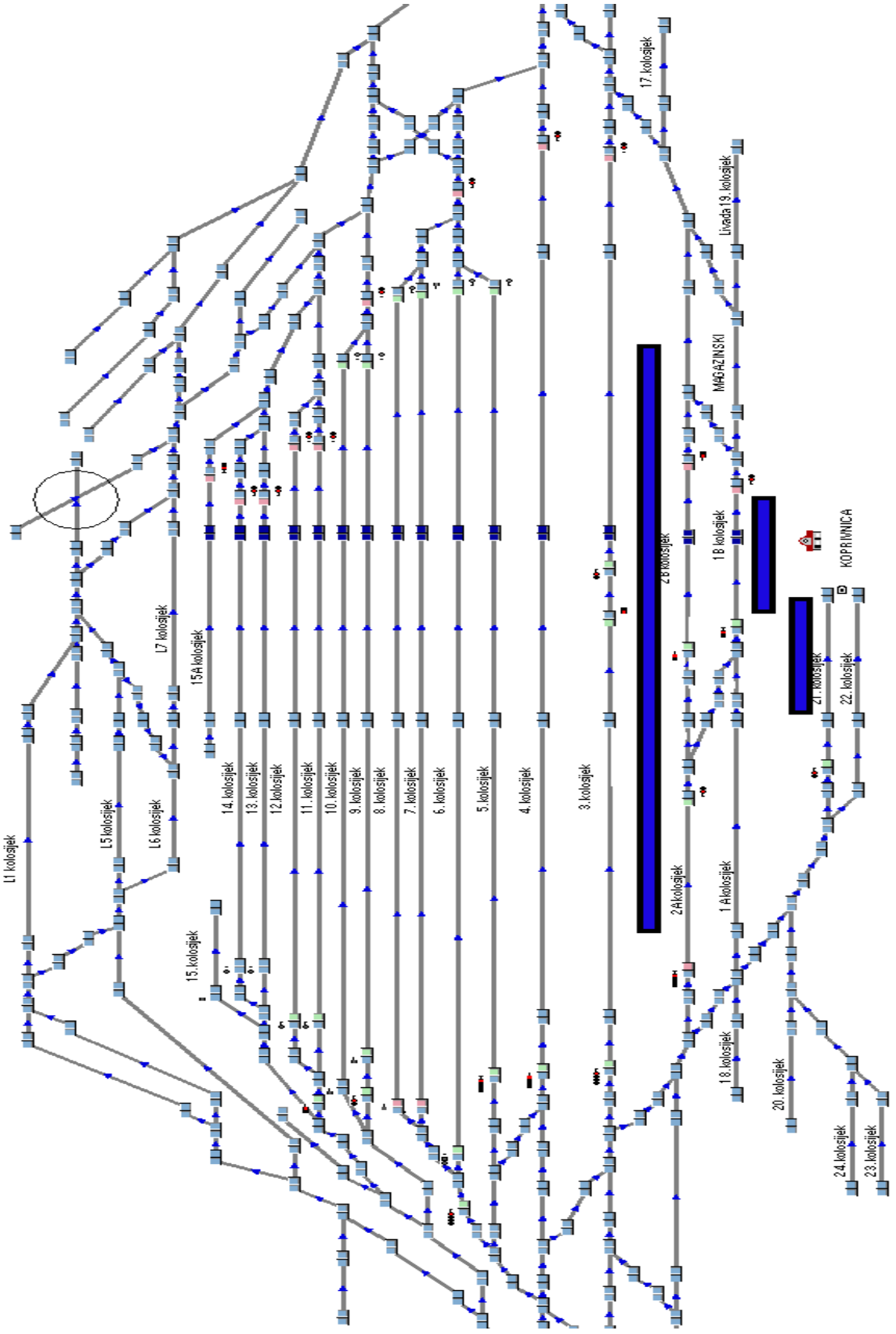
KOLOSIJEK	NAMJENA
1	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
2	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
2a	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
2b	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
3	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
21	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika

Izvor: [10]

Tablica 7. Kolosijeci za teretne vlakove

KOLOSIJEK	NAMJENA
4	prijem i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova
5	prijem i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova
6	prijem i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova
7	prijem i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova
8	prijem i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova

Izvor: [10]



Slika 8. Shema kolodvora Koprivnica iz programa OpenTrack

Kolodvor je zaštićen sljedećim ulaznim i izlaznim signalima:

- ulazni signal A (KM 509+600), a štiti skretnicu br. 2 (KM 509+988),
- ulazni signal B (KM 206+519), a štiti skretnicu br. 1 (KM 509+945),
- ulazni signal C (KM 511+800), a štiti skretnicu F-1 (KM 511+379),
- ulazni signal D (KM 208+650), a štiti skretnicu F-2 (KM 511+413)
- izlazni signal E21 (KM 510+570), a štiti skretnicu br. 30 (KM 510+528),
- izlazni signal E2 (KM 510+390), a štiti skretnicu br. 22 (KM 510+340),
- izlazni signal E3 (KM 510+295), a štiti skretnicu br. 14 (KM 510+254),
- izlazni signal E4 (KM 510+276), a štiti skretnicu br. 18 (KM 510+264),
- izlazni signal E5 (KM 510+270), a štiti skretnicu br. 11 (KM 510+221),
- izlazni signal E6-8 (KM 510+224), a štiti skretnicu br. 9 (KM 510+179),
- izlazni signal E9-10 (KM 510+305), a štiti skretnicu br. 15 (KM 510+257),
- izlazni signal E11-15 (KM 510+328), a štiti skretnicu br. 20 (KM 510+319),
- izlazni signal F1 (KM 510+907), a štiti skretnicu br. 33 (KM 510+929),
- izlazni signal F2 (KM 510+920), a štiti skretnicu br. 35 (KM 510+973),
- izlazni signal F3 (KM 511+133), a štiti skretnicu br. 49 (KM 511+181),
- izlazni signal F4 (KM 511+186), a štiti skretnicu br. 53 (KM 511+226),
- izlazni signal F5-8 (KM 511+119), a štiti skretnicu br. 47 (KM 511+137),
- izlazni signal F9-10 (KM 511+058), a štiti skretnicu br. 46 (KM 511+103),
- izlazni signal F11 (KM 510+964), a štiti skretnicu br. 37 (KM 511+009),
- izlazni signal F12 (KM 510+948), a štiti skretnicu br. 37 (KM 511+009),
- izlazni signal F13 (KM 510+920), a štiti skretnicu br. 34 (KM 510+970),
- izlazni signal F14 (KM 510+919), a štiti skretnicu br. 34 (KM 510+970),
- izlazni signal F15a (KM 510+951), a štiti skretnicu br. 36 (KM 511+000).

Tablica 8. Kolosijeci za ranžiranje garnitura

KOLOSIJEK	NAMJENA
9	ranžiranje i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova
10	ranžiranje i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova
11	ranžiranje i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova
12	ranžiranje i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova
13	ranžiranje i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova
14	ranžiranje i otprema teretnih i lokomotivskih vlakova

Izvor: [10]

U kolodvoru Koprivnica ugrađeni su i granični signali zbog podijeljenosti kolosijeka, ali se isto postavljaju i na granici između kolodvorskog područja i lokomotivskog depoa i tamo gdje iz tehničkih razloga nije moguća ugradnja manevarskog signala za zaštitu voznog puta. Oni su u modelu izrađenom u programu OpenTrack predstavljeni izlaznim signalima s jednim aspektom, tj. signalima koji pokazuju signalni znak "stoj" ili "slobodna vožnja". Granični signali koji su ucrtani u modelu su:

- Gr 32V u KM 510+765, ispred skretnice br. 32 (KM 510+743),
- Gr 31V u KM 510+676, ispred skretnice br. 31 (KM 510+699),
- Gr 3b u KM 510+851, ispred graničnog signala br. 3a (KM 510+801),
- Gr 31L u KM 510+740, ispred skretnice br. 30 (KM 510+699),
- Gr 3a u KM 510+801, ispred graničnog signala br. 3b (KM 510+851).

Prostorni signali uz prugu u pravcu Mučna Reka – Koprivnica su:

- prostorni signal PS 222 u KM 506+567,
- prostorni signal PS 232 u KM 508+300, koji je ujedno i predsignal ulaznom signalu A kolodvora Koprivnica.

Prostorni signali uz prugu u pravcu Koprivnica – Mučna Reka su:

- prostorni signal PS 231 u KM 508+400,
- prostorni signal PS 221 u KM 506+667, koji je ujedno i predsignal ulaznom signalu B kolodvora Mučna Reka.

2.2. Formiranje putova vožnje, skupova putova vožnji i itinerara

Nakon završetka postupka digitalizacije pruga, nastavak modeliranja željezničkog sustava podrazumijeva definiranje sustava osiguranja prometa. Program OpenTrack koristi nekoliko struktura sustava osiguranja kojima se opisuje vožnja određenog vlaka. Strukture se razlikuju po razini i količini podataka koje sadrže.

Prva razina strukture sustava osiguranja predstavlja put vožnje (eng. *route*). Put vožnje pripada onom čvoru gdje je ucrtan glavni signal od kojeg započinje put vožnje. Također postoje i neka sigurnosna svojstva npr: vrijeme razrješenja tog puta, vrste signalnih znakova koje će signalizirati signal, grupe razrješenja ili dijelovi gdje je određena lagana vožnja. Program dodjeljuje prilikom izvođenja simulacije određenom vlaku put vožnje po kojem se kreće. Nakon prolaska vlaka preko zadnje točke puta vožnje i nakon prolaska vremena razrješenja, on se oslobađa i može ga koristiti drugi vlak.

Skup više putova vožnji (eng. *path*) čini drugu razinu strukture sustava osiguranja prometa. Taj skup se sastoji od jednog ili više uzastopnih putova vožnje u jednom smjeru putovanja. Pathovi nemaju nikakva značajna svojstva, nego se pomoću njih više putova vožnje grupira u jedan put što olakšava izradu itinerara. Jedan *path* može sadržavati neograničen broj putova vožnje.

Itinerar (eng. *itinerary*) je najveća razina strukture kojem se opisuje vožnja vlaka. Njime se opisuje cijeli put kojim prolazi vlak. Sastoji se od jednog ili više *pathova* koji ne moraju svi biti u jednom smjeru, pa se tako itinerari koriste i za definiranje vožnji unatrag. Postoje dva tipa itinerara, potpuni i lokalni. Potpuni itinerari opisuju cijeli put vožnje (od kolodvora A do kolodvora D kroz više drugih kolodvora). Lokalni itinereri opisuju dio tog cijelog puta (od kolodvora B do kolodvora C na A – D cijelom putu). Lokalni itinerari se koriste kao alternativa potpunim u slučaju zauzeća nekog dijela kolosijeka i pridodaju im se prioriteti, tj. po kojem će itineraru prvotno putovati vlak, a koji će biti alternativa.

2.3. Modeliranje vučnih vozila i vlakova

Vlak je naziv za skup željezničkih vozila, koja se kreću po tračnicama. Vlak je sastavljen od jedne ili više lokomotiva (vučnih vozila) i jednog ili više vagona (vučenih vozila). U modelu su u programu OpenTrack korištene sljedeće kategorije vlakova:

- putnički, regionalni vlakovi,
- brzi, Intercity – IC vlakovi,
- teretni vlakovi.

Ta se klasifikacija kasnije koristi pri izradi grafikona voznog reda vlakova radi lakšeg raspoznavanja kategorije vlakova. Putnički i regionalni vlakovi u grafikonu su obilježeni crnom bojom, brzi i Intercity – IC vlakovi crvenom bojom te teretni plavom bojom. Vlakovi (eng. *trains*) u programu OpenTrack su kao jedna baza podataka i pri svakoj novoj izradi modela i projekata je moguće koristiti jednu te istu bazu podataka s vlakovima. Također je moguće kreirati nove, vlastite modele vlakova.

Vučna vozila (eng. *engines*) odnosno željeznička vozila s vlastitim pogonom nalaze se u posebnoj bazi podataka koja se naziva depo (eng. *depot*). Moguće je dodati neograničen broj modela vučnih vozila koji se kasnije mogu koristiti u bilo kojem računalnom modelu željezničkog sustava. Svojstva koja opisuju vučna vozila su naziv vučnog vozila, masa vozila, duljina vozila, maksimalna brzina, vučni pasoš, vrsta vuče ili sustav napajanja i dr. Vučna vozila korištena u modelu su prikazana u tablici 9. Prilikom simulacije program će vlakovima s obzirom na kategoriju davati prioritet zauzimanja elemenata infrastrukture. Tako će se vlakovi s manjom kategorijom "ponašati" defenzivnije, tj. pri preklapanju trasa s vlakovima s višom kategorijom (ofenzivniji vlakovi) program će dati prednost u zauzimanju infrastrukture vlaku s višom kategorijom. Također se može odrediti različita duljina ili vrijeme ispred vlaka za različite kategorije koji trebaju biti slobodni da bi vlak mogao nastaviti svoju vožnju bez smanjivanja brzine.

Tablica 9. Vučna vozila s važnijim karakteristikama korištena u modelu

OZNAKA	VRSTA VUČE	MASA [t]	DULJINA [m]	V MAKS. [km/h]	MAKS SILA [kN]
1141 (lokomotiva)	električna	82	15	120	177
1142 (lokomotiva)	električna	82	16	160	168
2041 (lokomotiva)	dizel-električna	67	14	80	155
2044 (lokomotiva)	dizel-električna	100	17	124	195
2062 (lokomotiva)	dizel-električna	103	17	124	246
6111 (motorni vlak)	električni	172	72	120	100
6112 (motorni vlak)	električni	130	75	160	200
7022 (motorni vlak)	dizel-električni	133	70	160	125
7121 (motorni vlak)	dizel- hidraulični	86	44	120	54
7123 (motorni vlak)	dizel- hidraulični	108	52	160	140

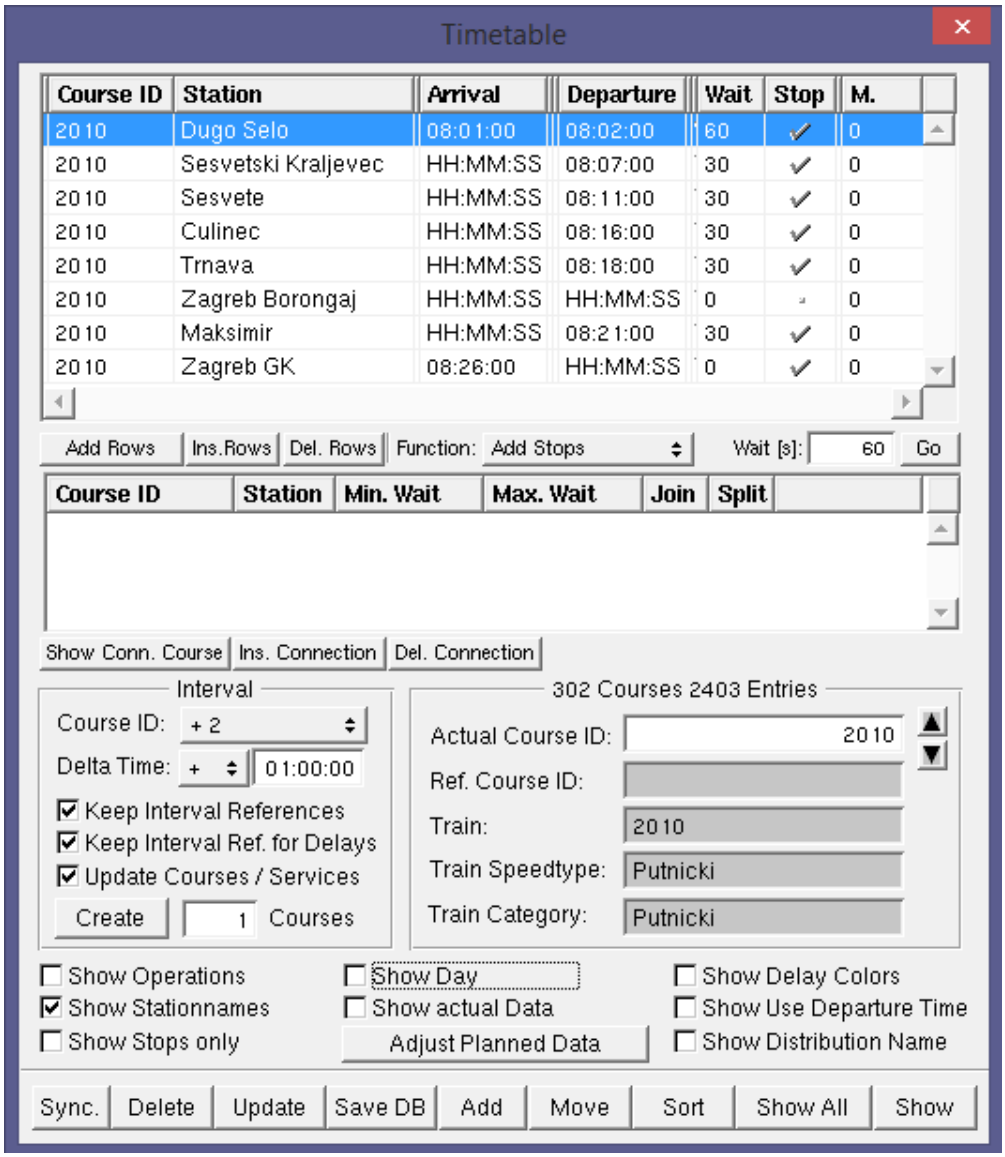
Izvor: [1]

Vagoni ili vučena vozila su vozila bez vlastitog pogona koja mogu služiti za javni prijevoz putnika (putnički vagon), za prijevoz stvari (teretni vagon) i kao vagoni posebne namjene. Oni u programu OpenTrack nemaju svoju posebnu bazu podataka nego se pri svakom novom kreiranju vlaka dodaju vučnom vozilu i pridodaju im se sljedeća svojstva: masa vagona, duljina vagona, potrošnja energije, maksimalna brzina i faktor rotacijskih masa.

2.4. Modeliranje trasa vlakova i voznog reda

Trase vlakova (eng. *Courses*) u programu se sastoje od jednog ili više itinerara, voznog reda (vremena dolaska, prolaska i odlaska vlaka) uz odabir vlaka te definiranje broja ili oznake trase (svaka trasa mora imati svoju jedinstvenu oznaku) i vrste vlaka s obzirom na njegovu maksimalnu brzinu. Svi vlakovi u modelu se kreću u sustavu APB-a (automatskog pružnog bloka). S obzirom na dolazak na vrijeme ili kašnjenje pojedinog vlaka može se definirati i ponašanje strojovođe. Prilikom svakog dolaska vlaka na stajalište ili u kolodvor uspoređuje se stvarno vrijeme s planiranim (voznim redom). Na primjer, nekom vlaku se može odrediti da u slučaju redovitog dolaska u kolodvor ili stajalište vozi s maksimalno 95% snage. To znači da će vlak ubrzavati i voziti s 95% od svoje maksimalne brzine. A u slučaju kašnjenja, vlaku se povećava mogućnost iskorištenja svoje maksimalne brzine i ubrzanja na 100%.

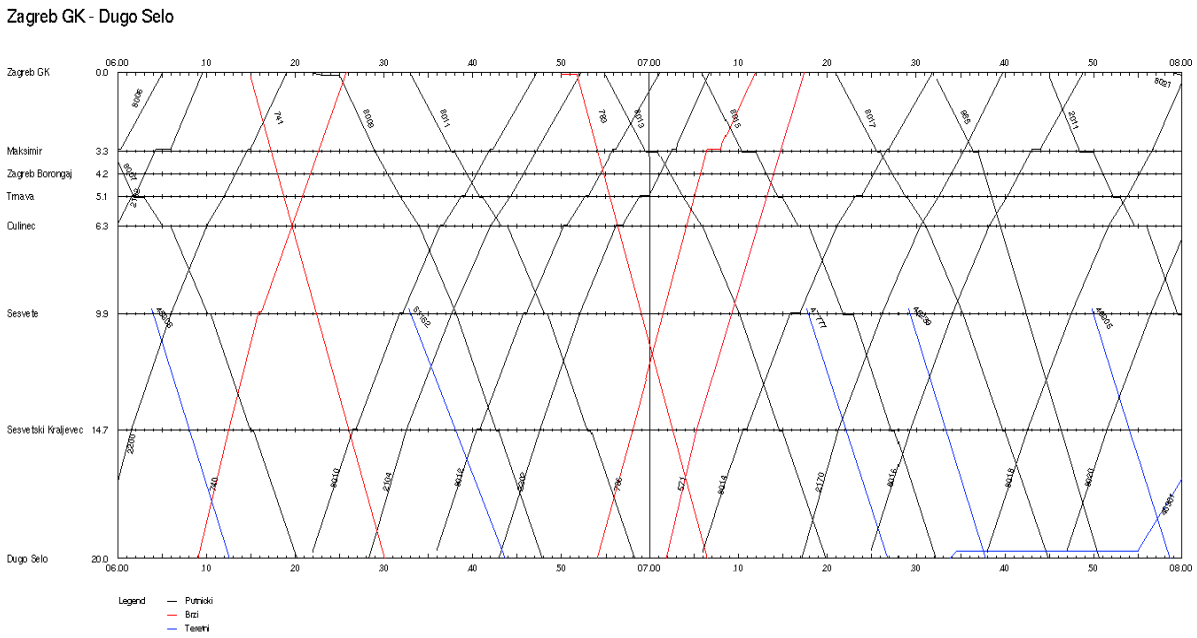
Vozni red (eng. *Timetable*) upisuje se za svaku trasu vlaka posebno. Podaci koji se upisuju u vozni red su polazak i odlazak vlaka iz/u kolodvor ili stajalište, minimalno vrijeme koje vlak mora biti zaustavljen u kolodvoru ili stajalištu, i moguće povezanosti nekih vlakova, što znači da jedan vlak ne može krenuti iz kolodvora dok vlak s kojim je povezan nije došao u kolodvor. Slika 9 prikazuje izbornik za uređivanje voznog reda na primjeru vlaka (trase) 2010. Sa slike 9 se može vidjeti da vlak 2010 dolazi u kolodvor Dugo Selo u 08:01 i ima minimalno 60 sekundi zadržavanja u kolodvoru. Nakon polaska u 08:02 vlak ima zaustavljanja u svim službenim mjestima sa minimalnim zadržavanjem od 30 sekundi. Odredište mu je Zagreb Glavni kolodvor gdje po voznom redu dolazi u 08:26. Vlak 2010 nije povezan s nekim drugim vlakom.



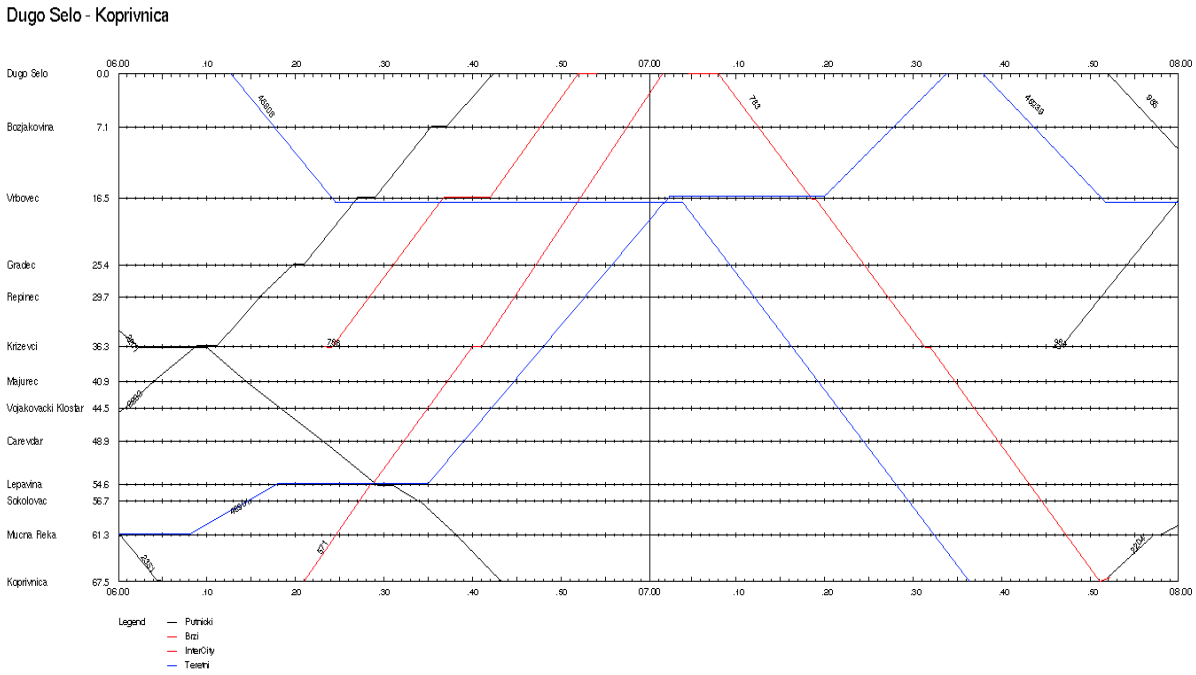
Slika 9. Izbornik voznog reda u programu OpenTrack

3. SIMULACIJSKA ANALIZA STABILNOSTI VOZNOG REDA NA RELACIJI ZAGREB GLAVNI KOLODVOR – KOPRIVNICA

S obzirom na vrste željezničkog prometa, na relaciji Zagreb Glavni kolodvor – Koprivnica odvija se prigradski, regionalni, daljinski i međunarodni promet vlakova. Pri tome je vršno prometno opterećenje ujutro od 6:00 sati do približno 8:00 sati zbog povećanog broja prigradskih i regionalnih vlakova. Daleko je veći promet prigradskih vlakova u smjeru prema Zagreb Glavnom kolodvoru nego od njega zbog migracije velikog broja putnika u Zagreb na posao. Zbog toga će se sve simulacije izvoditi u tom vremenskom razdoblju. Slika 10 prikazuje grafikon voznog reda od Zagreb Glavnog kolodvora do kolodvora Dugo Selo, a slika 11 grafikon voznog reda od kolodvora Dugo Selo do kolodvora Koprivnica od 6:00 do 8:00 sati koji su izrađeni u programu OpenTrack.



Slika 10. Grafikon voznog reda od Zagreb Glavnog kolodvora do kolodvora Dugo Selo



Slika 11. Grafikon voznog reda od kolodvora Dugo Selo do kolodvora Koprivnica

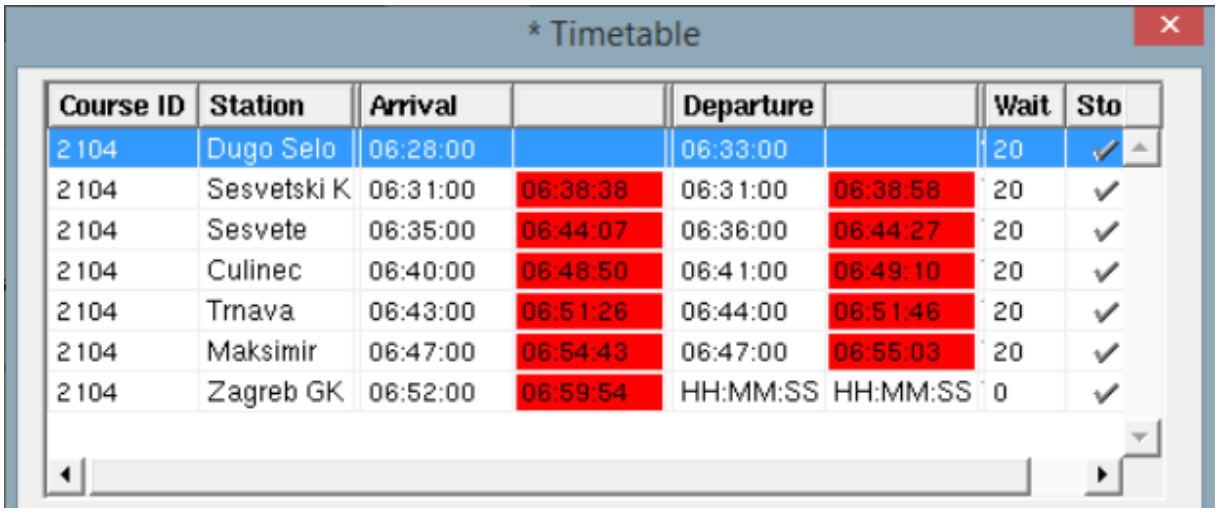
Na grafikonu voznog reda (slika 10) može se vidjeti veći broj trasa vlakova u smjeru prema Zagreb Glavnom kolodvoru gdje na toj relaciji od kolodvora Dugo Selo prometuje prigradski promet zajedno sa regionalnim i daljinskim vlakovima čine prilično gustu mrežu trasa u grafikonu voznog reda. Dok u grafikonu voznog reda (slika 11) možemo vidjeti da u smjeru Koprivnica – Dugo Selo od kolodvora Križevci prema Dugom Selu prometuje samo nekoliko vlakova u smjeru Zagreb Glavni kolodvor. Važno je napomenuti da su oba grafikona izrađena nakon provedene simulacije prometa u navedenom periodu na tom dijelu pruge.

3.1. Analiza stabilnosti voznog reda

Stabilnost voznog reda očituje se kroz njegovu sposobnost ponovnog neometanog izvođenja nakon pojave određenog poremećaja. Pojam stabilnosti voznog reda se gleda kroz utjecaj kašnjenja pojedinog vlaka na ostale vlakove ili utjecaj prestanka rada nekog sigurnosnog elementa (signala ili skretnica) na daljnju provedbu voznog reda. Stabilnost voznog reda na relaciji Zagreb Glavni kolodvor - Koprivnica je ispitana kroz 4 scenarija gdje su simulirana kašnjenja vlakova, kvar na vučnom vozilu i radovi na željezničkoj infrastrukturi.

3.1.1. Prvi scenarij za analizu stabilnosti voznog reda

U prvom scenariju dolazi do kašnjenja vlaka broj 2104. Vlak u kolodvor Dugo Selo iz smjera kolodvora Novske dolazi redovito u 06:28, ali će iz prometnih razloga doći sa zakašnjenjem od 5 minuta, odnosno u 06:33. Vozni red vlaka broj 2104 nakon kašnjenja prikazan je na slici 12.



Slika 12. Vozni red vlaka 2104 nakon vožnje

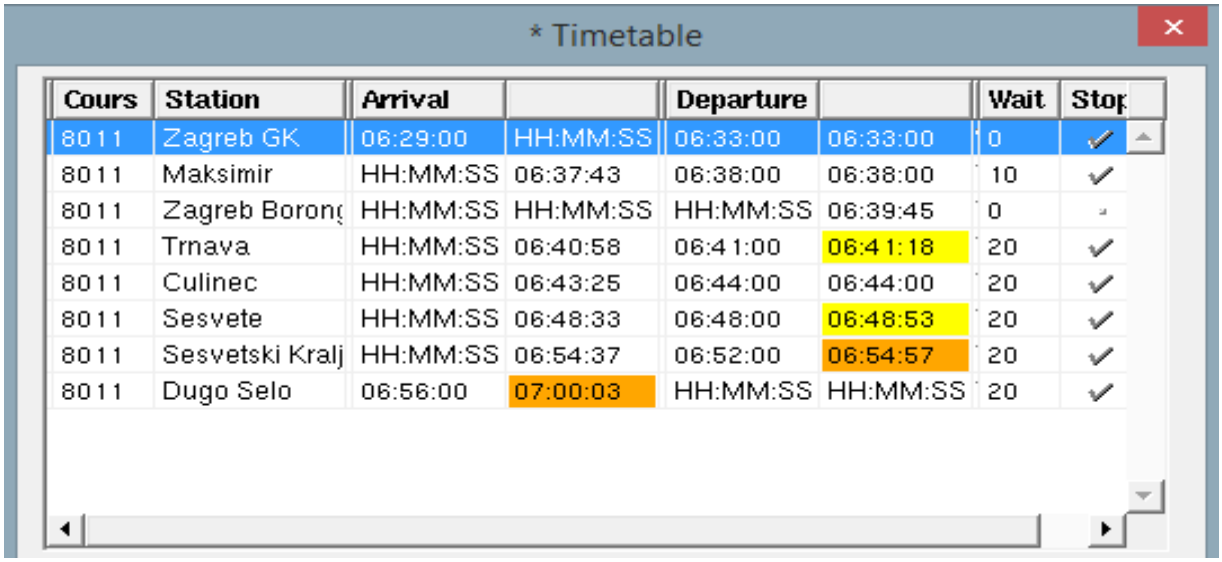
Ovaj scenarij rezultirao je manjim poremećajima u realizaciji voznog reda:

- dolazak vlaka 2104 u Zagreb Glavni kolodvor u 06:59 umjesto redovitog dolaska u 06:52,
- dolazak vlaka 8012 u Zagreb Glavni kolodvor u 07:03 umjesto redovitog dolaska u 07:01.

S obzirom da se na toj dionici radi o dvokolosiječnoj pruzi, vlakovi iz suprotnog smjera odnosno iz Zagreba prometuju redovito bez ikakvih poremećaja. Grafikon voznog reda nakon simulacije prvog scenarija za analizu stabilnosti voznog reda dani su u prilogu 1. Grafikon je izrađen u vremenskom razdoblju od 06:00 do 8:00 s prikazanim incidentom.

3.1.2. Drugi scenarij za analizu stabilnosti voznog reda

U drugom scenariju zbog privremenih radova na pruzi Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo na desnom kolosijeku dvokolosiječne pruge od KM 428+119 do KM 439+839 svi vlakovi voze smanjenom brzinom od 60 km/h. Na slici broj 13 prikazan je vozni red prigradskog vlaka broj 8011 koji prometuje na relaciji Savski Marof – Dugo Selo.



Cours	Station	Arrival		Departure		Wait	Stop
8011	Zagreb GK	06:29:00	HH:MM:SS	06:33:00	06:33:00	0	✓
8011	Maksimir	HH:MM:SS	06:37:43	06:38:00	06:38:00	10	✓
8011	Zagreb Borong	HH:MM:SS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	06:39:45	0	
8011	Trnava	HH:MM:SS	06:40:58	06:41:00	06:41:18	20	✓
8011	Culinec	HH:MM:SS	06:43:25	06:44:00	06:44:00	20	✓
8011	Sesvete	HH:MM:SS	06:48:33	06:48:00	06:48:53	20	✓
8011	Sesvetski Kralj	HH:MM:SS	06:54:37	06:52:00	06:54:57	20	✓
8011	Dugo Selo	06:56:00	07:00:03	HH:MM:SS	HH:MM:SS	20	✓

Slika 13. Vozni red vlaka 8011 nakon vožnje

Ovaj scenarij rezultirao je uzastopnim kašnjenjima svih vlakova u realizaciji voznog reda:

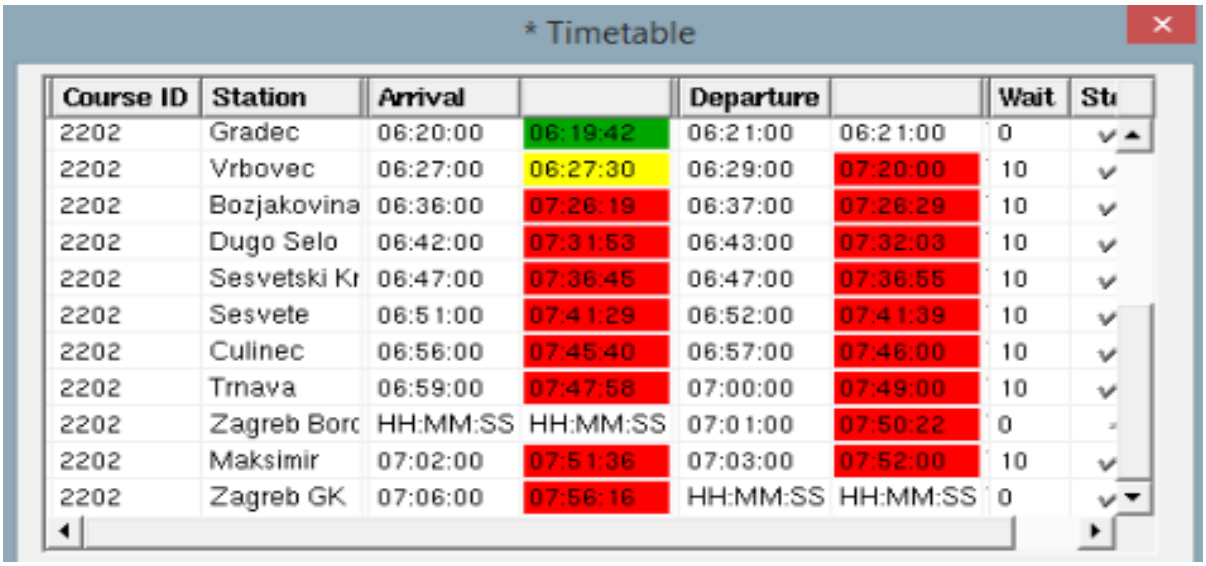
- teretni vlak broj 45906 u kolodvor Dugo Selo dolazi sa zakašnjenjem od 2 minute, umjesto redovitog dolaska u 06:12 dolazi u 06:14,
- prigradski vlak broj 8007 u kolodvor Dugo Selo dolazi sa zakašnjenjem od 4 minute, umjesto redovitog dolaska u 06:18 dolazi u 06:22,
- brzi vlak broj 741 u kolodvor Dugo Selo dolazi sa zakašnjenjem od 2 minute, umjesto redovitog dolaska u 06:32 dolazi u 06:34,
- teretni vlak broj 61152 u kolodvor Dugo Selo dolazi sa zakašnjenjem od 4 minute, umjesto redovitog dolaska u 06:41 dolazi u 06:45,
- prigradski vlak broj 8009 u kolodvor Dugo Selo dolazi sa zakašnjenjem od 4 minute, umjesto redovitog dolaska u 06:47 dolazi u 06:51,
- prigradski vlak broj 8011 u kolodvor Dugo Selo dolazi sa zakašnjenjem od 4 minute, umjesto redovitog dolaska u 06:56 dolazi u 07:00,

- brzi vlak broj 783 u kolodvor Dugo Selo dolazi sa zakašnjenjem od 3 minute, umjesto redovitog dolaska u 07:08 dolazi u 07:11,
- prigradski vlak broj 8013 u kolodvor Dugo Selo dolazi sa zakašnjenjem od 3 minute, umjesto redovitog dolaska u 07:19 dolazi u 07:21,
- teretni vlak broj 47777 u kolodvor Dugo Selo dolazi sa zakašnjenjem od 2 minute, umjesto redovitog dolaska u 07:26 dolazi u 07:28,
- prigradski vlak broj 8015 u kolodvor Dugo Selo dolazi sa zakašnjenjem od 2 minute, umjesto redovitog dolaska u 07:31 dolazi u 07:33,
- teretni vlak broj 46239 u kolodvor Dugo Selo dolazi sa zakašnjenjem od 2 minute, umjesto redovitog dolaska u 07:37 dolazi u 07:39,
- prigradski vlak broj 8017 u kolodvor Dugo Selo dolazi sa zakašnjenjem od 2 minute, umjesto redovitog dolaska u 07:44 dolazi u 07:46,
- ubrzani vlak 985 u kolodvor Dugo Selo dolazi sa zakašnjenjem od 2 minute, umjesto redovitog dolaska u 07:51 dolazi u 07:53.

Grafikon voznog reda od Zagreb Glavnog kolodvora do kolodvora Dugo Selo nakon simulacije drugog scenarija dan je u prilogu 2.

3.1.3. Treći scenarij za analizu stabilnosti voznog reda

Treći scenarij simulira kvar na vučnom vozilu vlaka 2202 na relaciji Koprivnica – Zagreb Glavni kolodvor, gdje u kolodvoru Vrbovec ne može nastaviti daljnje kretanje. Zbog toga je formirana nova trasa vlaka pomoćne lokomotive broj 68560. U daljnjem zakašnjenju vlaka 2202 iz kolodvora Vrbovec, prometni dispečer odredio je da brzi vlak broj 786 od kolodvora Vrbovec ima zaustavljanje u svim služenim mjestima do Zagreb Glavni kolodvor u cilju ulaska/izlaska putnika. Po dolasku vlaka 68560 u kolodvor Vrbovec, vlak 2202 nastavlja kretanje nakon dolaska brzog vlaka broj 783. Utjecaj kvara na izvršenje voznog reda vlaka broj 2202 prikazan je na slici 14.



Slika 14. Vozni red vlaka broj 2202 nakon nastalog kvara

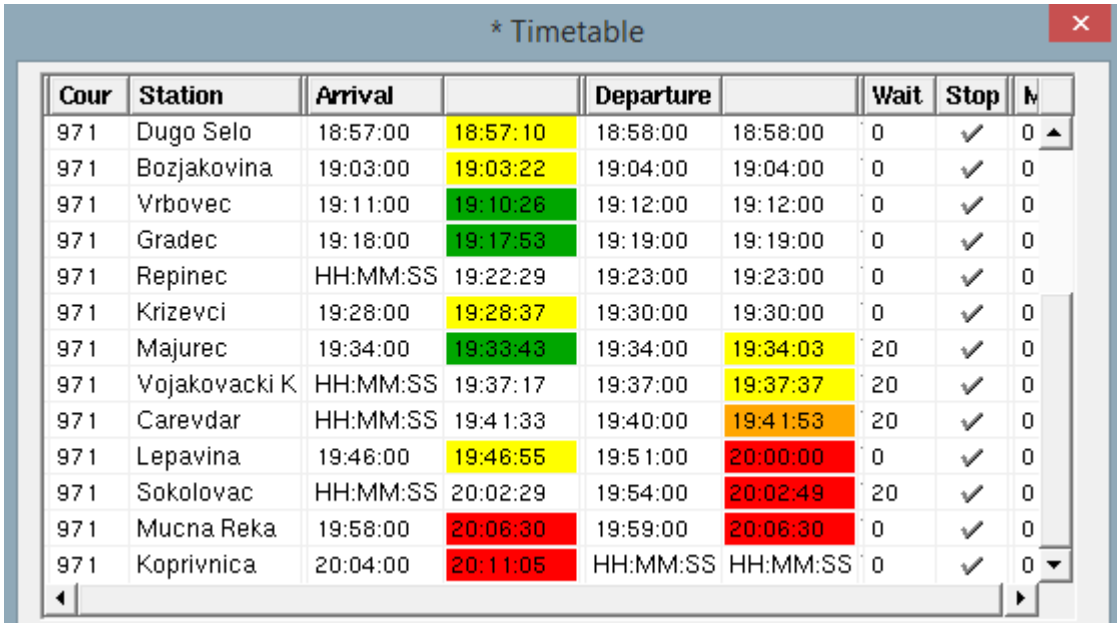
Treći scenarij rezultirao je manjim poremećajima u realizaciji voznog reda pri čemu zakašnjenje pojedinih vlakova značajnije ne utječe na uredan promet drugih vlakova. Grafikoni koji prikazuju izvedbu voznog reda nakon provođenja trećeg scenarija dani su u prilogu 3 i 4.

Utjecaj kvara vlaka broj 2202 na stabilnost voznog reda:

- kvar vučnog vozila na vlaku broj 2202 utjecala je kašnjenje brzog vlaka broj 786 zbog zaustavljanja u svakom službenom mjestu. S redovitim dolaskom u 07:13 dolazi u 07:17,
- zaustavljanje IC vlaka broj 571 ispred prostornog signala na pruzi između kolodvora Zagreb Borongaj i stajališta Maksimir, zbog čega kasni u dolasku u Zagreb Glavni kolodvor 1 minutu. S redovitim dolaskom u 07:18 dolazi u 07:19,
- zaustavljanje vlaka broj 8015 ispred ulaznog signala kolodvora Dugo Selo i čekanje na slobodni kolosijek.
- vlak broj 2202 zbog kvara lokomotive u Zagreb Glavni kolodvor redovitim dolaskom u 07:06, dolazi sa zakašnjenjem od 50 minuta, tj. u 07:56.

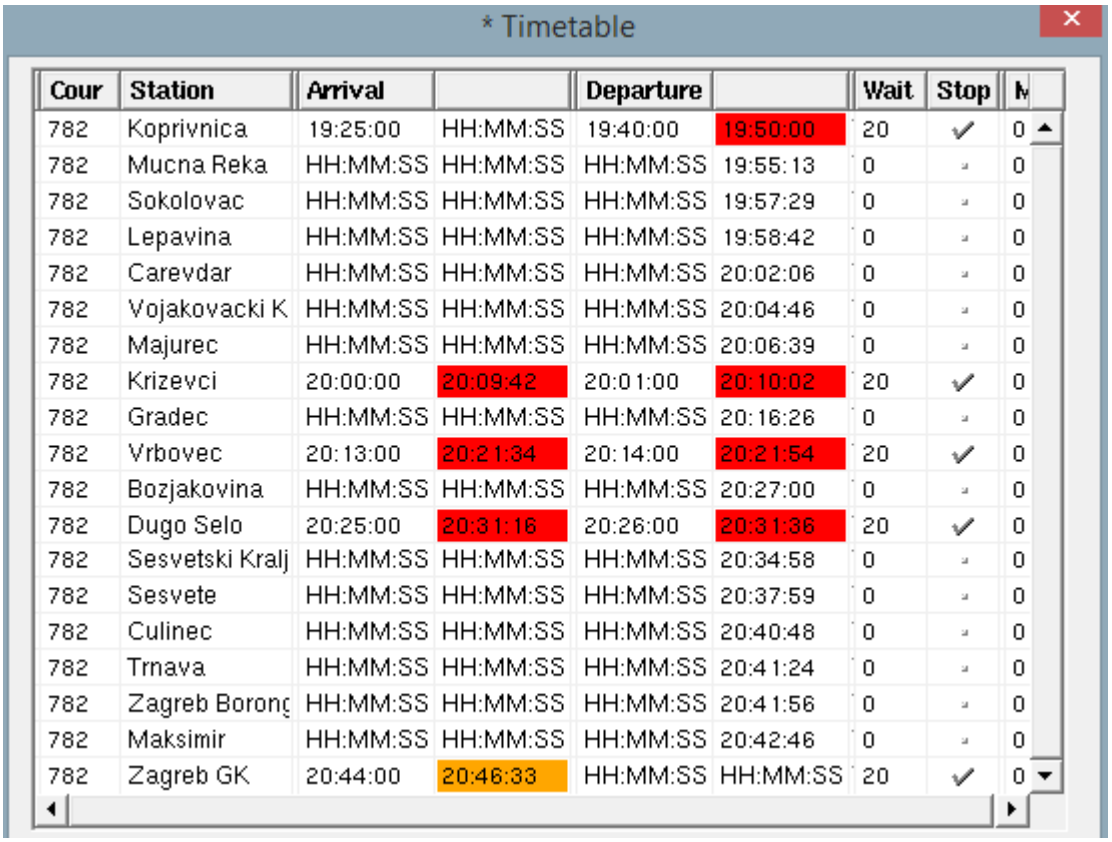
3.1.4. Četvrti scenarij za analizu stabilnosti voznog reda

Četvrti scenarij odvija se u vremenskom razdoblju od 18:30 do 20:30. Ubrzani vlak broj 971 koji prometuje na relaciji Zagreb Glavni kolodvor – Koprivnica, u kolodvoru Lepavina zadržava se 9 minuta dulje od planiranog zbog kašnjenja brzog vlaka broj 782. Vlak broj 782 kasni u polasku iz kolodvora Koprivnica 10 minuta. Na slikama 15 i 16 može se vidjeti vozni red vlaka broj 971 i vlaka broj 782 nakon izvršenog scenarija.



Cour	Station	Arrival		Departure		Wait	Stop	M
971	Dugo Selo	18:57:00	18:57:10	18:58:00	18:58:00	0	✓	0
971	Bozjakovina	19:03:00	19:03:22	19:04:00	19:04:00	0	✓	0
971	Vrbovec	19:11:00	19:10:26	19:12:00	19:12:00	0	✓	0
971	Gradec	19:18:00	19:17:53	19:19:00	19:19:00	0	✓	0
971	Repinec	HH:MM:SS	19:22:29	19:23:00	19:23:00	0	✓	0
971	Krizevci	19:28:00	19:28:37	19:30:00	19:30:00	0	✓	0
971	Majurec	19:34:00	19:33:43	19:34:00	19:34:03	20	✓	0
971	Vojakovacki K	HH:MM:SS	19:37:17	19:37:00	19:37:37	20	✓	0
971	Carevdar	HH:MM:SS	19:41:33	19:40:00	19:41:53	20	✓	0
971	Lepavina	19:46:00	19:46:55	19:51:00	20:00:00	0	✓	0
971	Sokolovac	HH:MM:SS	20:02:29	19:54:00	20:02:49	20	✓	0
971	Mucna Reka	19:58:00	20:06:30	19:59:00	20:06:30	0	✓	0
971	Koprivnica	20:04:00	20:11:05	HH:MM:SS	HH:MM:SS	0	✓	0

Slika 15. Vozni red vlaka 971 nakon vožnje



Cour	Station	Arrival		Departure		Wait	Stop	M
782	Koprivnica	19:25:00	HH:MM:SS	19:40:00	19:50:00	20	✓	0
782	Mucna Reka	HH:MM:SS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	19:55:13	0		0
782	Sokolovac	HH:MM:SS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	19:57:29	0		0
782	Lepavina	HH:MM:SS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	19:58:42	0		0
782	Carevdar	HH:MM:SS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	20:02:06	0		0
782	Vojakovacki K	HH:MM:SS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	20:04:46	0		0
782	Majurec	HH:MM:SS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	20:06:39	0		0
782	Krizevci	20:00:00	20:09:42	20:01:00	20:10:02	20	✓	0
782	Gradec	HH:MM:SS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	20:16:26	0		0
782	Vrbovec	20:13:00	20:21:34	20:14:00	20:21:54	20	✓	0
782	Bozjakovina	HH:MM:SS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	20:27:00	0		0
782	Dugo Selo	20:25:00	20:31:16	20:26:00	20:31:36	20	✓	0
782	Sesvetski Kralj	HH:MM:SS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	20:34:58	0		0
782	Sesvete	HH:MM:SS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	20:37:59	0		0
782	Culinec	HH:MM:SS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	20:40:48	0		0
782	Trnava	HH:MM:SS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	20:41:24	0		0
782	Zagreb Borong	HH:MM:SS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	20:41:56	0		0
782	Maksimir	HH:MM:SS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	20:42:46	0		0
782	Zagreb GK	20:44:00	20:46:33	HH:MM:SS	HH:MM:SS	20	✓	0

Slika 16. Vozni red vlaka 782 nakon vožnje

Četvrti scenarij rezultirao je manjim poremećajima u realizaciji voznog reda pri čemu zakašnjenje pojedinih vlakova značajnije ne utječe na uredan promet drugih vlakova. Važno je napomenuti da u slučaju zakašnjenja vlaka broj 971 u kolodvor Koprivnica, vlakovi broj 6403 (smjer Virovitica) s redovitim polaskom u 20:15 i 3618 (smjer Varaždin) s redovitim polaskom u 20:22 čekaju vezu bez obzira na zakašnjenje tog vlaka. Grafikon koji prikazuje izvedbu voznog reda nakon provođenja četvrtog scenarija dan je u prilogu 5.

4. MJERE ZA UNAPREĐENJE ŽELJEZNIČKOG PROMETA NA RELACIJI ZAGREB GLAVNI KOLODVOR – KOPRIVNICA

Unapređenje željezničkog prometa može se promatrati sa više aspekata. Sa aspekta korisnika, unapređenje se može gledati kroz povećanje usluga uvođenjem novih trasa vlakova u postojeći vozni red bez da se mijenjaju već postojeće trase. Uvođenjem novih trasa vlakova smanjuje se mogućnost ugradnje vremenskih rezervi u vozni red pa se u slučaju kašnjenja pojedinih vlakova to kašnjenje u većoj mjeri može negativno odraziti na ostale vlakove u tom dijelu mreže primjerice u pogledu nastanka i širenja posljedičnog kašnjenja.

Sa aspekta infrastrukture, željeznički promet se može unaprijediti rekonstrukcijom postojeće infrastrukture ili izgradnjom nove (izgradnja drugog kolosijeka na dionici Dugo Selo – Koprivnica – državna granica). Također, potrebno je investirati u nova vučna vozila. Investiranje u nova vučna vozila ne bi utjecalo samo kvalitetu željezničkog prometa sa tehničkog aspekta nego i na pružanje bolje i kvalitetnije usluge korisnicima.

4.1. Dodavanje novih trasa vlakova u postojeći vozni red

Dionica pruge Zagreb Glavni kolodvor – Koprivnica namijenjena je za mješoviti putnički i teretni promet. Vršno opterećenje približno je ujutro od 06.00 do 10.00 i poslijepodne od 16.00 do 20.00 sati na cijeloj dionici pruge, zbog povećanja broja prigradskih i regionalnih vlakova u smjeru i iz smjera Zagreb Glavnog kolodvora, zbog dnevnih migracija putnika, dok je u suprotnom smjeru potražnja za prijevoznom uslugom daleko manja. Stoga će se u računalnom programu izvoditi simulacije u spomenutim vremenskim okvirima i testirati će se mogućnost uvođenja novih trasa u vremenu vršnog opterećenja. Nakon provedene simulacije postoji mogućnost uvođenja dvije (2) trase vlakova iz Koprivnice za Zagreb Glavni kolodvor i dvije (2) trase vlakova iz Zagreba prema Koprivnici. U simulacijskom modelu za garniture se koriste novi elektromotorni vlakovi serije 6112. Vozni red dodanih trasa prikazan je u tablicama 10 i 11.

Tablica 10. Prikaz simuliranog voznog reda dodanih trasa vlakova

Kolodvor	Vlak broj 2212		Vlak broj 2214	
	Dolazak	Polazak	Dolazak	Polazak
Koprivnica		06:30		18:20
Mučna Reka	06:35	06:35	18:25	18:25
Sokolovac	06:40	06:45	18:29	18:29
Lepavina	06:43	06:44	18:32	18:33
Carevdar	06:49	06:49	18:38	18:38
Vojakovački Kloštar	06:53	06:53	18:42	18:42
Majurec	06:57	06:57	18:45	18:45
Križevci	07:01	07:02	18:50	18:50
Repinec	07:08	07:08	18:56	18:56
Gradec	07:12	07:12	19:00	19:00
Vrbovec	07:18	07:19	19:07	19:12
Božjakovina	07:26	07:26	19:18	19:18
Dugo Selo	07:31	07:32	19:24	19:24
Sesvetski Kraljevec	07:37	07:37	19:29	19:29
Sesvete	07:42	07:43	19:34	19:34
Čulinec	07:47	07:47	19:38	19:38
Trnava	07:49	07:49	19:40	19:40
Zagreb Borongaj	↓	↓	↓	↓
Maksimir	07:52	07:52	19:43	19:43
Zagreb Glavni kolodvor	07:57		19:48	

Tablica 11. Prikaz simuliranog voznog reda dodanih trasa vlakova

Kolodvor	Vlak broj 2213		Vlak broj 2215	
	Dolazak	Polazak	Dolazak	Polazak
Zagreb Glavni kolodvor		08:35		19:30
Maksimir	08:39	08:39	19:34	19:34
Zagreb Borongaj	↓	↓	↓	↓
Trnava	08:43	08:43	19:37	19:37
Čulinec	08:45	08:45	19:40	19:40
Sesvete	08:50	08:50	19:44	19:44
Sesvetski Kraljevec	08:54	08:54	19:49	19:49
Dugo Selo	08:59	09:00	19:53	19:54
Božjakovina	09:05	09:05	20:00	20:00
Vrbovec	09:12	09:12	20:07	20:14
Gradec	09:18	09:18	20:20	20:20
Repinec	09:22	09:22	20:24	20:24
Križevci	09:28	09:28	20:30	20:31
Majurec	09:32	09:32	20:35	20:35
Vojakovački Kloštar	09:36	09:36	20:39	20:39
Carevdar	09:40	09:40	20:44	20:44
Lepavina	09:46	09:46	20:59	20:59
Sokolovac	09:48	09:48	20:52	20:52
Mučna Reka	09:52	09:52	20:57	20:57
Koprivnica	09:57		21:01	

4.2. Povećanje brzine vlakova i izgradnja drugog kolosijeka na relaciji Dugo Selo – Koprivnica

Prema Priručniku o željezničkim prugama najveća dopuštena brzina na pruzi Dugo Selo – Koprivnica – državna granica na relaciji od kolodvora Dugo Selo do Koprivnice je 140 km/h, osim u brdskom djelu pruge od stajališta Vojakovački Kloštar do kolodvora Lepavina gdje iznosi 100 km/h. Zbog neadekvatnog voznog parka najveća moguća dopuštena brzina vlakova prema voznom redu 2014/2015 iznosi 120 km/h.

Europska komisija 2014. godine donijela je Odluku da će financirati veliki projekt izgradnje drugoga kolosijeka i rekonstrukcije željezničke pruge na dionici Dugo Selo – Križevci. Projekt rekonstrukcije i izgradnje drugog kolosijeka dionice Dugo Selo – Križevci jedan je od prioriteta modernizacije željezničke mreže u Republici Hrvatskoj, a dio je velikog projekta izgradnje dvokolosiječne željezničke pruge visoke učinkovitosti za mješoviti promet na cijelom Mediteranskom koridoru. Pristupanjem Hrvatske u Europsku uniju Luka Rijeka postala točka je ulaska odnosno izlaska za jedinstveno europsko tržište, pa se stoga očekuje pojačan međunarodni promet tereta iz država srednje Europe i prema njima. To predstavlja glavno opravdanje za nadogradnju.

Osim rekonstrukcije infrastrukture, potrebno je nabaviti i nova vozila jer vozni park koji se koristi na promatranoj relaciji je zastario. Trenutno se u sastavu putničkih vlakova na promatranoj relaciji uz klasične garniture koriste elektromotorni vlakovi serije 6111 koji su proizvedeni 1980. godine. Nabavkom novih elektromotornih vlakova serije 6112 postepeno bi se njima trebale zamijeniti klasične garniture što bi omogućilo poboljšanje iskoristivosti samih vozila kao i otvaranje mogućnosti za poboljšanje voznog reda.

5. ZAKLJUČAK

Važan utjecaj na povećanje učinkovitosti željezničkog prometa ima proces planiranja voznog reda koji predstavlja značajan čimbenik u određivanju kvalitete željezničke prijevozne usluge. Dobra prometna politika teži tome da vozni red bude konstantno na usluzi korisnika s tendencijom da se vozni red putničkih vlakova razvija u smjeru uvođenja tzv. taktnog voznog reda na prugama s velikim potencijalom. Obzirom da se promet na relaciji Zagreb Glavni kolodvor – Koprivnica odvija na dvokolosiječnoj i na jednokolosiječnoj pruzi, pred projektante voznog reda stavljen je zahtjevan posao, pa se u današnje vrijeme u svrhu veće efikasnosti u njegovoj realizaciji koriste različiti računalni programi.

U ovom radu za izradu računalnog modela korišten je program OpenTrack, koji omogućava analiziranje postojećeg voznog reda te ispitivanje njegove stabilnosti putem simulacije raznih poremećaja u prometu.

Na relaciji Zagreb Glavni kolodvor – Koprivnica u računalnom modelu simulirano je nekoliko izvanrednih događaja koji su se već događali na toj relaciji. Rezultati pokazuju da ti događaji imaju veliki utjecaj na stabilnost voznog reda. U radu je dokazano da na relaciji od kolodvora Dugo Selo do kolodvora Koprivnica gdje se promet odvija na jednokolosiječnoj pruzi, u slučaju bilo kojeg kašnjenja vlaka održava na kašnjenje ostalih vlakova koji moraju čekati u kolodvorima zbog križanja duže nego što je to planirano voznim redom.

Nakon završenog remonta od kolodvora Zagreb Borongaj do kolodvora Dugo Selo u rujnu 2014., sljedeći cilj je poboljšanje prometa na pruzi Dugo Selo – Koprivnica – državna granica izgradnjom drugog kolosijeka i povećanje dopuštene brzine na 140 km/h. Osim toga, potrebno je nabaviti i nova vozila jer vozni park koji se koristi na promatranoj relaciji je zastario. Nabavkom novih elektromotornih vlakova serije 6112 postepeno bi se njima trebale zamijeniti klasične garniture što bi omogućilo poboljšanje iskoristivosti samih vozila kao i otvaranje mogućnosti za poboljšanje voznog reda.

LITERATURA

1. Švaljek, I., Kožulj, T., Bošnjak, M.: Tehničko – eksploatacijske značajke vučnih vozila Hrvatskih željeznica, Zagreb, 2003.
2. Izvješće o mreži 2015, HŽ Infrastruktura, Zagreb, 2015.
3. Poslovni red kolodvora Zagreb Glavni kolodvor 1. dio, HŽ infrastruktura, Zagreb, 2013.
4. Poslovni red kolodvora Sesvete 1. dio, HŽ infrastruktura, Sesvete, 2013.
5. Poslovni red kolodvora Dugo Selo 1. dio, HŽ infrastruktura, Dugo Selo, 2013.
6. Poslovni red kolodvora Vrbovec 1. dio, HŽ infrastruktura, Vrbovec, 2011.
7. Poslovni red kolodvora Križevci 1. dio, HŽ infrastruktura, Križevci, 2011.
8. Poslovni red kolodvora Lepavina 1. dio, HŽ infrastruktura, Lepavina, 2013.
9. Poslovni red kolodvora Mučna Reka 1. dio, HŽ infrastruktura, Mučna Reka, 2014.
10. Poslovni red kolodvora Koprivnica 1. dio, HŽ infrastruktura, Koprivnica, 2011.
11. Tehnološki proces kolodvora Zagreb Glavni kolodvor, HŽ infrastruktura, Zagreb, 2014.
12. Tehnološki proces kolodvora Koprivnica, HŽ infrastruktura, 2013.
13. Grafikon voznog reda za prugu Dg – Tovarnik – Dugo Selo – Zagreb Glavni kolodvor, 2014/2015.
14. Grafikon voznog reda za prugu Dugo Selo – Koprivnica – dg, 2014/2015.
15. Grafikon voznog reda za prugu Varaždin – Koprivnica, 2014/2015.
16. Uzdužni profil željezničke pruge M102 Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo, HŽ infrastruktura
17. Uzdužni profil željezničke pruge M201 Dugo Selo – Koprivnica – dg, HŽ infrastruktura
18. Knjižica voznog reda za putnički promet, Vozni red 2014/2015.
19. Knjižica voznog reda za teretni promet, Vozni red 2014/2015.
20. Priručnik o željezničkim prugama, HŽ infrastruktura, Zagreb, 2015.
21. Hrvatske željeznice - http://hznet.hr (01.07.2015.)
22. Žejeznice net - http://zeljeznice.net (01.05.2015.)
23. Europska komisija - http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/3/2014/HR/3-2014-9682-HR-F1-1-ANNEX-1 .PDF (01.09.2015.)

Popis slika

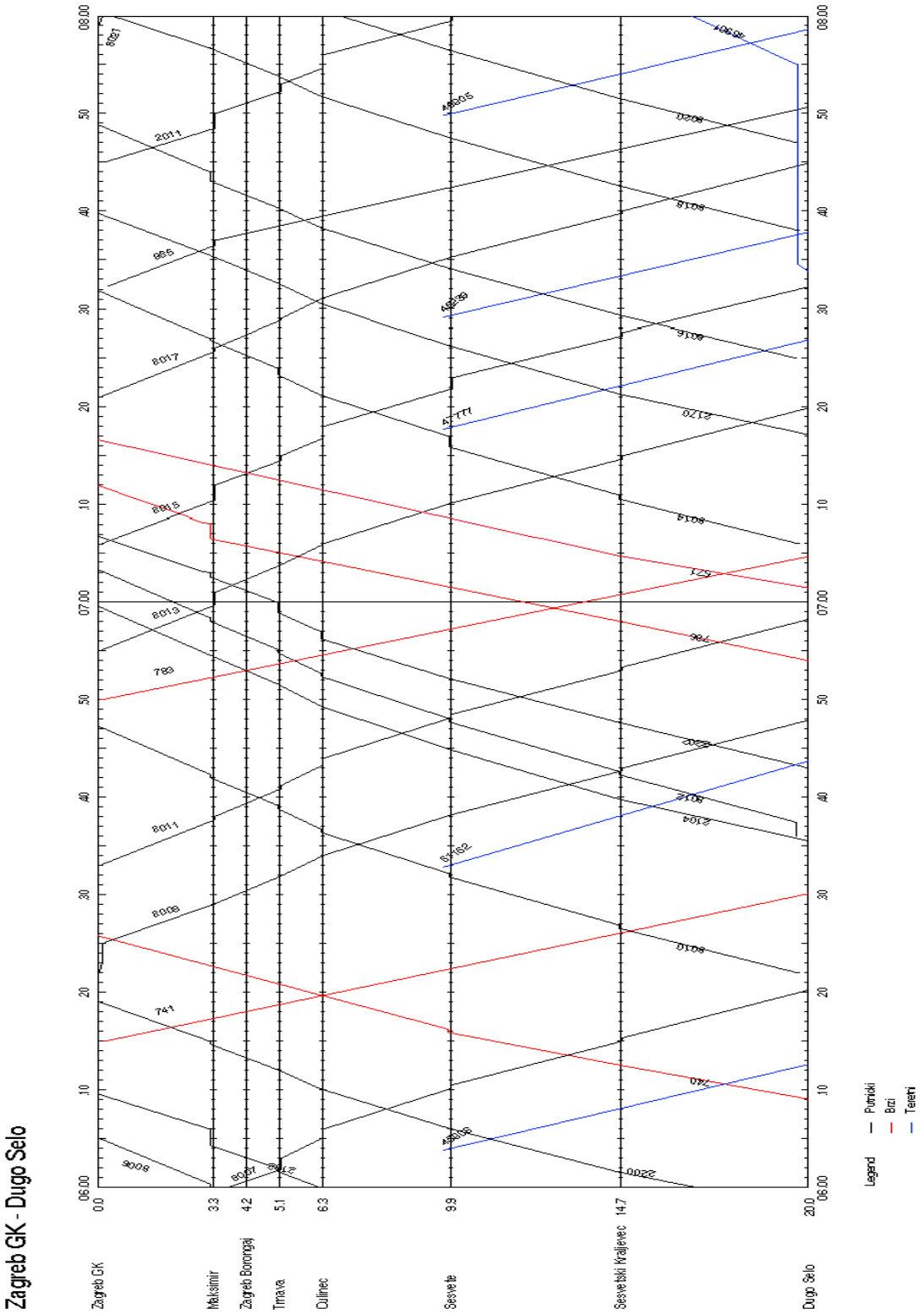
Slika 1. Dio kolosiječne sheme Zagreb Glavnog kolodvora iz programa OpenTrack 9
Slika 2. Shematski prikaz kolosijeka kolodvora Sesvete iz programa OpenTrack 11
Slika 3. Shematski prikaz kolosijeka u kolodvoru Dugo Selo iz programa OpenTrack 13
Slika 4. Shematski prikaz kolosijeka kolodvora Vrbovec iz programa OpenTrack 16
Slika 5. Shema kolodvora Križevci iz programa OpenTrack 18
Slika 6. Shema kolodvora Lepavina iz programa OpenTrack 21
Slika 7. Shema kolodvora Mučna Reka iz programa OpenTrack 22
Slika 8. Shema kolodvora Koprivnica iz programa OpenTrack 25
Slika 9. Izbornik voznog reda u programu OpenTrack 31
Slika 10. Grafikon voznog reda od Zagreb Glavnog kolodvora do kolodvora Dugo Selo 32
Slika 11. Grafikon voznog reda od kolodvora Dugo Selo do kolodvora Koprivnica 33
Slika 12. Vozni red vlaka 2104 nakon vožnje 34
Slika 13. Vozni red vlaka 8011 nakon vožnje 35
Slika 14. Vozni red vlaka broj 2202 nakon nastalog kvara 37
Slika 15. Vozni red vlaka 971 nakon vožnje 38
Slika 16. Vozni red vlaka 782 nakon vožnje 39

Popis tablica

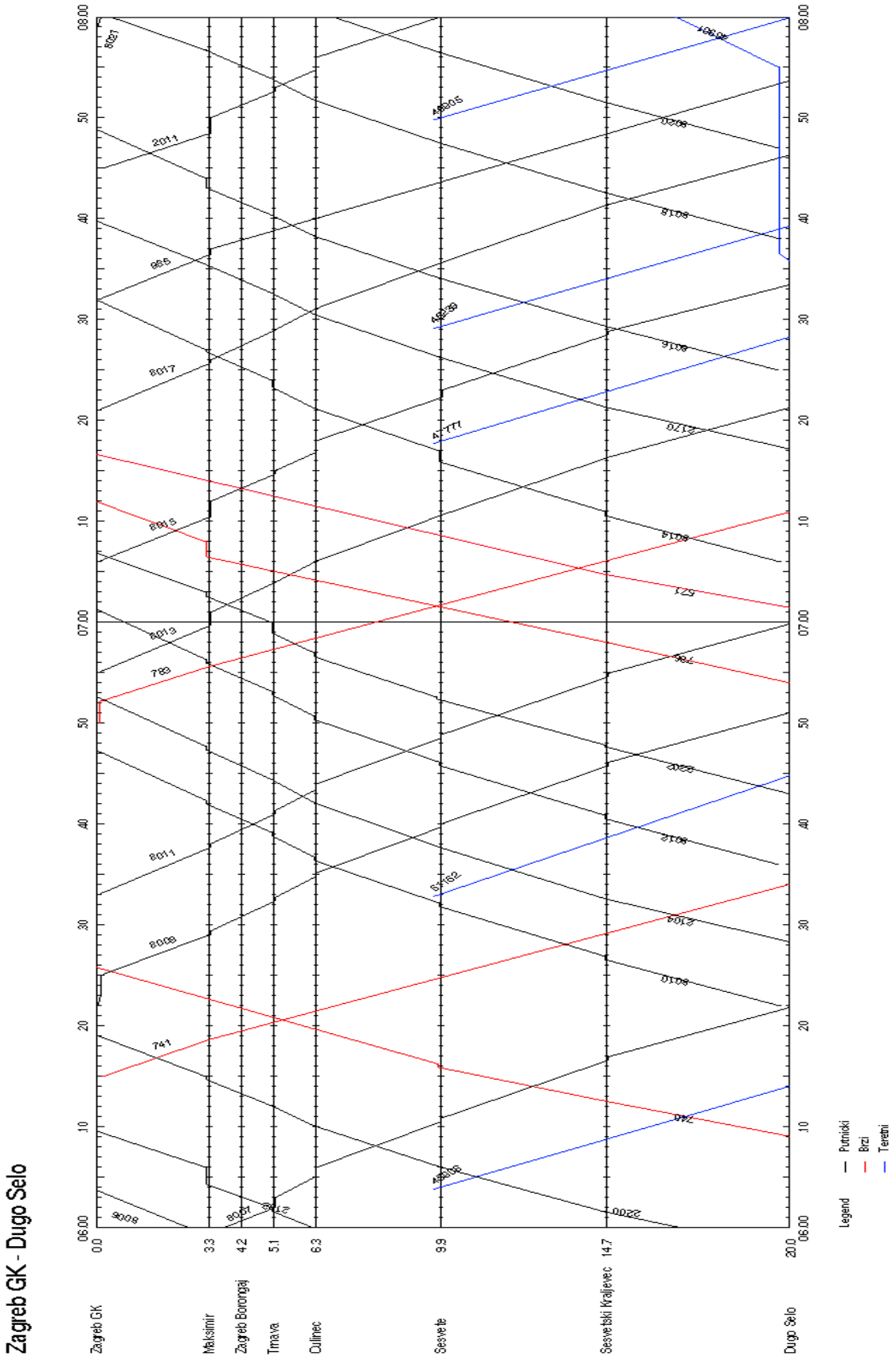
Tablica 1. Rasporedni odsjeci za Zagreb GK korišteni u modelu 5
Tablica 2. Kolosijeci za putničke vlakove 5
Tablica 3. Kolosijeci za teretne vlakove 6
Tablica 4. Kolosijeci za ranžiranje garnitura 6
Tablica 5. Rasporedni odsjeci za kolodvor Koprivnica 24
Tablica 6. Kolosijeci za putničke vlakove 24
Tablica 7. Kolosijeci za teretne vlakove 24
Tablica 8. Kolosijeci za ranžiranje garnitura 26
Tablica 9. Vučna vozila s važnijim karakteristikama korištena u modelu 30
Tablica 10. Prikaz simuliranog voznog reda dodanih trasa vlakova 41
Tablica 11. Prikaz simuliranog voznog reda dodanih trasa vlakova 41

Prilozi

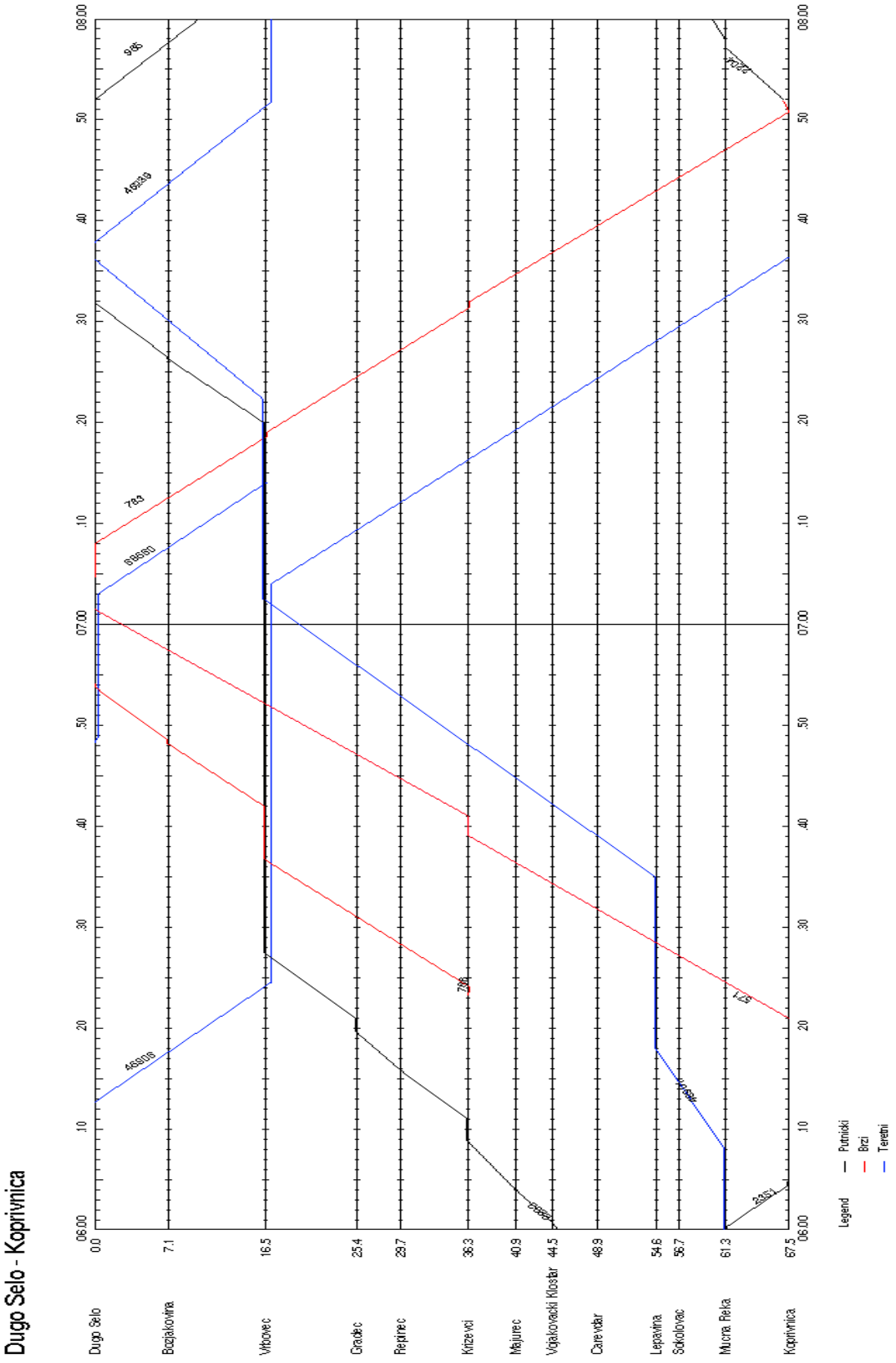
Prilog 1: Grafikon voznog reda na pruzi Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo nakon simulacije prvog scenarija



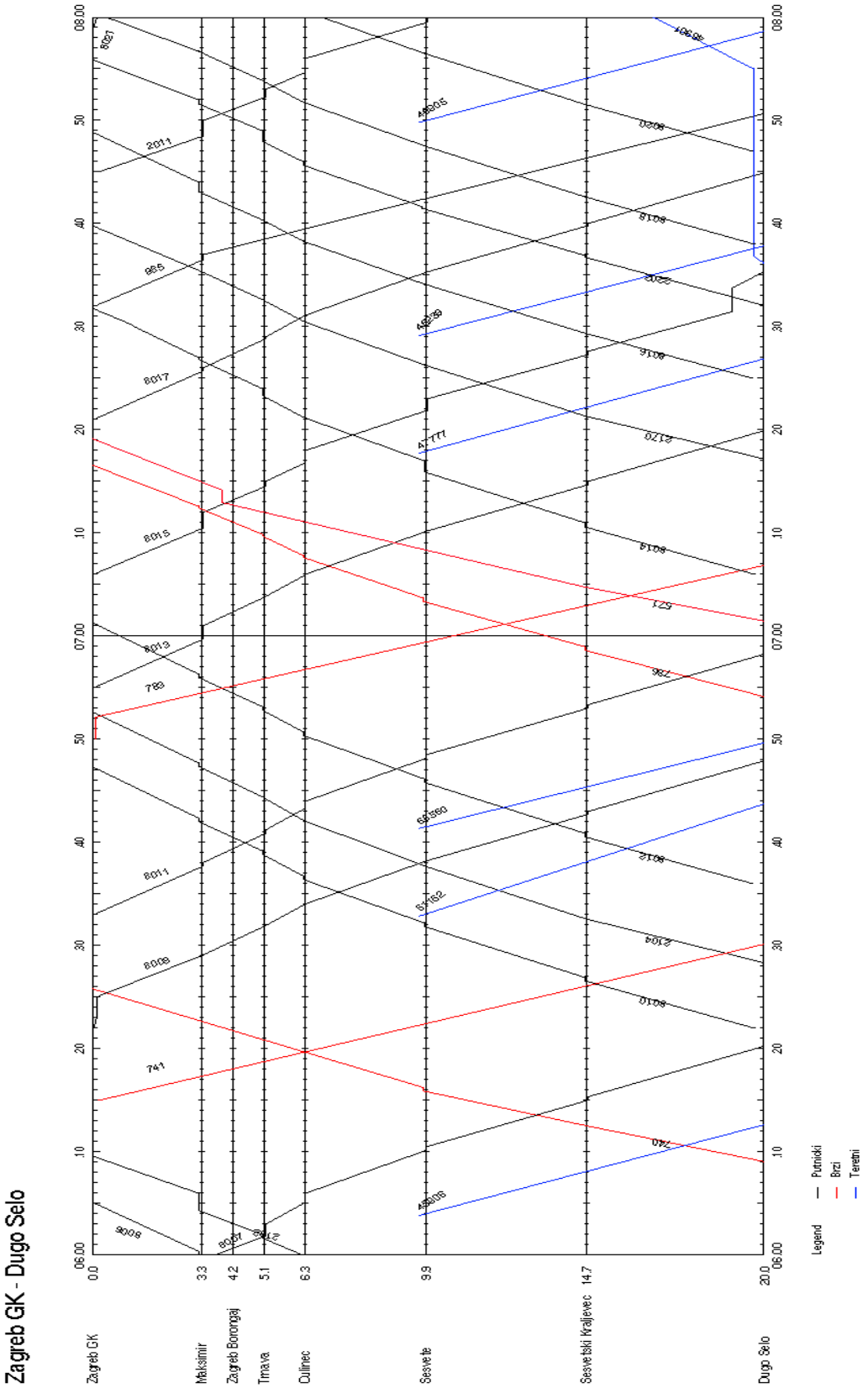
Prilog 2: Grafikon voznog reda na pruzi Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo nakon simulacije drugog scenarija



Prilog 3: Grafikon voznog reda na pruzi Dugo Selo – Koprivnica nakon simulacije trećeg scenarija



Prilog 4: Grafikon voznog reda na pruzi Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo nakon simulacije trećeg scenarija



Prilog 5: Grafikon voznog reda na pruzi Dugo Selo – Koprivnica nakon simulacije četvrtog scenarija

