Analiza procesa izrade voznog reda u tramvajskom prometu

Šljivar, Giuliano

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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:119:172269

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

Giuliano Šljivar

ANALIZA PROCESA IZRADE VOZNOGA REDA U TRAMVAJSKOM PROMETU

Završni rad

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 22. ožujka 2019.

Zavod: **Zavod za gradski promet**
Predmet: **Tehnologija gradskog prometa II**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 5039

Pristupnik: **Giuliano Šljivar (0135214613)**
Studij: Promet
Smjer: Gradski promet

Zadatak: **Analiza procesa izrade voznog reda u tramvajskom prometu**

Opis zadatka:

U radu je potrebno opisati proces planiranja i izrade voznog reda kao i pojedine faze modeliranja voznog reda. Također je potrebno grafički i numerički prikazati vozni red i predočiti primjer izrade voznog reda u tramvajskom prometu pružatelja usluge javnog prijevoza Grada Zagreba, Zagrebačkog električnog tramvaja.

Mentor:

Dino Šojat, mag. ing. traff.

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

ANALIZA PROCESA IZRADE VOZNOGA REDA U TRAMVAJSKOM PROMETU

ANALYSIS OF TIMETABLE DEVELOPMENT IN TRAM TRANSPORT

Mentor: Dino Šojat, mag. Ing. traff.

Student: Giuliano Šljivar

JMBAG: 0135214613

Zagreb, rujan 2019.

SAŽETAK

Vozni red je važan čimbenik u pružanju usluge javnoga prijevoza koji mora odgovoriti na zahtjeve prometne potražnje. Za izradu voznoga reda su potrebni podaci kao i specifični programi koje biraju prijevoznici kako bi zadovoljili potrebe putnika. U ovome radu su opisani određeni programi kao i programi i sustav koje koristi Zagrebački električni tramvaj u izradi voznoga reda. Za primjer izrade voznoga reda je odabrana tramvajska linija broj 4 koja prometuje na relaciji Savski most- Dubec te su opisani koraci u planiranju linije sa priloženim slikama.

KLJUČNE RIJEČI: vozni red, tramvajska linija, javni prijevoz

SUMMARY

The timetable is an important factor in providing a public transport service that has to respond to request for traffic demand. In order to produce the timetable, data is required as well as specific programs chosen by the carriers to meet the needs of the passengers. In this paper are described certain programs as well as the programs and system used by the Zagreb electric tram in the production of the timetable. For example, the tram line number 4, which runs on the Savski most-Dubec route, is described, and the steps in the line planning with the attached pictures are described.

KEYWORDS: timetable, tram line, public trasport

Sadržaj

SAŽETAK 4
SUMMARY 4
1 UVOD....1
2 PLANIRANJE I IZRADA VOZNOGA REDA 2
3 FAZE MODELIRANJA VOZNOGA REDA 4
4 PROGRAM ZA IZRADU VOZNOGA REDA....6
4.1 INTERPLAN I ATRON RBL....7
4.2 MTRAM 7
4.3 HASTUS....8
4.4 TRAPEZE....10
5 GRAFIČKI I NUMERIČKI PRIKAZ VOZNOG REDA 11
6 IZRADA VOZNOG REDA U ZAGREBAČKOM ELEKTRIČNOM TRAMVAJU 13
6.1 SUSTAV ZA IZRADU VOZNOG REDA ZET-a ATRON 14
6.2 TRAMVAJSKA LINIJA BROJ 4 ZAGREBAČKOG ELEKTRIČNOG TRAMVAJA (ZET-a)....16
6.3 PRIMJER IZRADE VOZNOG REDA ZA TRAMVAJSKU LINIJU BROJ 4 17
7 ZAKLJUČAK 27
LITERATURA....28
POPIS SLIKA I TABLICA 29

1 UVOD

Analiza procesa izrade voznoga reda je složen i vrlo zahtjevan posao za kojeg su zaduženi tehnolozi prometa kako bi što uspješnije odgovorili sve većim zahtjevima za prometnom uslugom od strane korisnika javnog gradskog prijevoza.

U ovom završnom radu se opisuje postupak izrade voznoga reda, kao i primjer izrade voznoga reda u Zagrebačkom eletričnom tramvaju na tramvajskoj liniji broj 4 koja prometuje na relaciji Savski most- Dubec. Planiranje i izrada voznoga reda je jedan od glavnih čimbenika u planiranju i organiziranju javnog prijevoza koji mora zadovoljiti potrebe korisnika prijevoza. Glavni ciljevi procesa izrade voznoga reda su minimiziranje ukupnih troškova uz zadovoljavanje prometne potražnje kao što je dovoljan broj vozila na određenoj liniji, učestalost polazaka prijevoznih jedinica na linijama odnosno slijed vozila, točnost i informiranje putnika koji planiraju svoje putovanje od točke A do točke B radi posla, škole, rekreacije i drugih potreba.

Kroz rad se susrećemo sa šest poglavlja u kojem se opisuje izrada i postupak planiranja voznoga reda te načini za određivanjem prometne usluge koji su opisani u poglavlju broj 2.. Treće poglavlje nam govori o modeliranju voznoga reda, tj. o izradi voznoga reda kroz pet ciklusa. U četvrtom se poglavlju opisuju pojedini programi za izradu voznih redova koji se koriste u svijetu, a u petom poglavlju grafički i numerički prikaz voznoga reda koji prikazuju podatke o određenim linijama javnog prijevoza. Primjer izrade voznoga reda u Zagrebačkom električnom tramvaju i program koji koristi Zagrebački električni tramvaj u izradi voznoga reda na tramvajskoj liniji broj 4 je opisan u šestom poglavlju. Opisuju se pojedini koraci od brojenja i anketiranje do ubacivanja podataka u program i ispravljanja mogućih pogrešaka. U sedmom poglavlju je prikazano završno razmatranje odnosno zaključak rada.

2 PLANIRANJE I IZRADA VOZNOGA REDA

Planiranje voznog reda je vrlo bitna u dobroj ponudi prometne usluge putnicima, a počinje od dva osnovna zahtjeva koji se trebaju zadovoljiti na linijama javnog gradskog prijevoza [1]:

1. Ponuditi potreban kapacitet prijevoznih sredstava za planirani broj putnika na linijama,
2. Ponuditi minimalnu učestalost odnosno frenkvenciju usluge uz maksimalno prihvatljivo slijeđenje sa stajališta razine prometne usluge u javnom gradskom prijevozu.

Kako bi se zadovoljili ovi uvjeti potrebno je prikupiti podatke na linijama javnog gradskog prijevoza za koje je zadužen prijevoznik, a u slučaju Zagreba Zagrebački električni tramvaj. Podaci se prikupljaju anketiranjem, mjerenjem, istraživanjem i najvažnijim načinom brojenjem putnika na željenim linijama kako bi se izradio vozni red, uvele nove linije, poboljšale postojeće i kako bi se ispravile neispravnosti u ovom slučaju kašnjenje prijevoznih sredstava.

Postupak planiranja izrade voznoga reda se može podijeliti u tri faze [2]:

1. Ulaz- priprema podataka potrebnih za planiranje izrade voznoga reda, uključujući različite karakteristike linije, planiranje voznog reda linija gradskog prijevoza koje se sureću i imaju transfere, broj putnika, standardne usluge, karakteristike vozila i garniture vlakova, operativne faktore i prakse za svaku liniju, te radna pravila i standarde,
2. Planiranje voznoga reda predstavlja središnju komponentu postupka koja se dijeli na tri glavna elementa:
   a)pripremu voznih redova ili izradu putovanja koja je zadužena za razmake između slijedova vozila, vremena provedenog na terminalima ili okretištima i dr.,
   b)određivanje TU-a (prometne jedinice) za sva putovanja specificirana u voznom redu
   c)podjela vožnje ili određivanje obveza za vozače tijekom dana,
3. Izlaz- planovi, preformanse podatakai njihove uporabe koja sadrži postupke planiranja u izradi voznog reda, uz izravne vozne redove, vožnje itd., sastoji se od različitih podataka preformansi kao što su TU i vozilo/km, plaća/sat, rad/sat i dr. Dobiveni podaci se koriste za izračunavanje troškova, različitih izvješća pri operacijama javnog gradskog prijevoza, te analizirane planirane učinkovitosti.

Postoje četiri načina za određivanje prometne usluge koji su važni u planiranju voznoga reda [2]:

1. Distribucijom putničkog obujma prema udaljenosti putovanja i vremenu- to su osnovne informacije potrebne za planiranje linije javnog gradskog prijevoza,
2. Pomoću perioda planiranja avoznog reda i projekta obujma putnika- zasnivaju se na vremenskoj distribuciji obujma putnika za jednu liniju, broj i trajanje različitih perioda planiranja voznoga reda, a određeni su za cijelu mrežu linija javnog prijevoza,
3. Traženim kapacitetom- na manje opterećenim linijama tijekom sat izvan vršnog optrerećenja. Traženi kapacitet na liniji obično diktira politika slijeđenja, odnosno obujam ponuđene usluge je određen traženim razmakom slijeđenja usluge, a ne obujmom putnika. Kada je obujam putnika velik, ponuđeni kapacitet na liniji mora pokrivati opterećenje putnicima, a njegova je razina određena odabirom maksimalne vrijednosti faktora opterećenja α,
4. Odabirom veličine prijevozne jedinice(TU), učestalosti i čimbenika opterećenja kojim se u bilo kojem periodu dana odabire optimalna kombinacija veličine prometne jedinice, učestalosti usluge frenkvencije (f), razmaka slijeđenja intervala(i) i čimbenika opterećenja.

Prema [3] izrada voznog reda je optimizacijski problem koji spada u klasu nelinerarnih cjelobrojnih problema, te se kao takav ne može riješiti u polinomijalnom vremenu, što može stvarati velike probleme u kompleksnijim mrežama linija, te je zbog toga kvaliteta voznog reda kompromis između kompleksnosti (kako bi model dovoljno precizno opisao zadanu mrežu linija) i jednostavnosti (kako bi se problem uz pomoć suvremene računalne tehnike riješio u smislenom vremenu).

3 FAZE MODELIRANJA VOZNOGA REDA

Modeliranje voznoga reda je postupak računanja učestalosti usluge, broja potrebnih vozila koja će zadovoljiti prijevoznu potražnju, vremena utrošenog na putovanja, vremena obrta i drugih elemenata koji su potrebni za funkcioniranje javnog gradskog putničkog prijevoza, pri čemu se izrađuju grafički i numerički vozni redovi. Postupak modeliranja ovisi o vremenskom periodu u noćnim satima i u vršnom ili izvan vršnoog vremena, metodama uvođenja prijevoznih vozila na određenim linijama, povratka vozila u spremišta odnosno povlačenje sa linija, praksi osoblja koje sudjeluje u procesu i dr. Postoje pet osnovnih faza koje se primjenjuju pri modeliranju voznoga reda [2]:

- ***prva faza*** -odnosi se na pripremu podataka i utvrđivanje čimbenika, gdje je potrebno odrediti:
    - duljinu linije: L (km);
    - vrijeme obrta: T_0 (min);
    - kapacitet transportnih jedinica TU-a: C_v(mjesta/vozila) i n(TU/vozila);
    - interval: i (TU/min);
    - popunjenost vozila na maksimalno opterećenoj dionici linije: α (put/put. mjestu);
    - planirani obujam putnika: P_d (put/h)- uključuje koeficjent vršnih sati
    - minimalno vrijeme na terminalima: t_{min} ;
- ***druga faza*** -izračunavanje intervala i frenkvencije, gdje se interval dobiva iz jednadžbe:

$$i = \frac{\alpha \times n \times Cv}{Pd} \tag{1}$$

Frenkvencija i stvarna vrijednost od α izračunava se iz prethodne jednadžbe(1), a izravno iz jednadžbe:

$$f = \frac{60}{i}\ , \alpha = \frac{Pd \times i}{n \times Cv} \tag{2}$$

- ***treća faza*** -odrediti veličinu voznoga parka uvođenjem poznatih T_0 i t_t ili y u prvom ili drugom od sljedećih izraza:

$$T = 2(T_O + t_t) = 2T_O(1 + y) \tag{3}$$

Kako bi se dobila približna vrijednost od T, označena kao T', potrebno je izračunati veličinu veličinu voznoga parka pomoću sljedeće jednadžbe zaokružujući dobiveni N do najbližeg cijelog broja:

$$N = \frac{T}{i} = fT \tag{4}$$

- ***četvrta faza*** -izračunavanje ciklusa i vremena zadržavanja na terminalu pomoću jednadžbe:

$$T = iN_{TU}\,, t = \frac{T - 2T_0}{2} \tag{5}$$

Formula za t dobiva se zaokruživanjem vrijednosti N_{TU}. Dobiveni t_t predstavlja prosječnu vrijednost zadržavanja vozila na dva terminala, koja možda nisu jednaka.

- ***peta faza*** -izračunavanje ciklusa pomoću jednadžbe:

$$V_C = \frac{L}{iN_{TU}} \tag{6}$$

Rezultati koji se u konačnici dobiju su u obliku numeričkih i grafičkih prikaza koje tehnolozi prometa izrađuju za putnike, tj. javnost za potrebe linija koje prometuju u javnom gradskom putničkom prijevozu. Numerički prikazi voznih redova služe tehnolozima prometa i voznom osoblju u planiranju procesa prometovanja od izlaska iz garaže do povratka, dok tablični prikazi se daju kontrolorima prometa na linijama javnog prijevoza, a vozni redovi za putnike se formiraju u određenim formatima.

4 PROGRAM ZA IZRADU VOZNOGA REDA

Programi koji se koriste za izradu voznih redova znatno olakšavaju posao tehnolozima prometa tako da istražuju i kombiniraju stotine varijacija voznih redova te izračunavaju ukupne troškove željenih linija. Pomoću programa se mogu izračunavati operativni troškovi, potreban broj osoblja, prelazak vozača na drugu liniju, dolazak prijevoznog sredstva na stajališta koji pomažu putnicima u planiranju njihovih putovanja, ispravljanje i kreiranje novih linija i voznih redova, mogu se i preusmjeravati vozne jedinice ako je došlo do nesreće ili drugih nepovoljnih okolnosti koji utječu na prijevoz putnika, dobivaju se i potrebne statistike određenih linija itd.. Postoje brojne prednosti i nedostaci u izradi voznih redova pomoću programa.

Prednosti u izradi voznih redova pomoću programa [2]:

a) reducirani zahtjevi potrebne radne snage;
b) povećana vjerovatnost pronalaženja optimalnog rješenja između vozila i vozača;
c) sposobnost brzog testiranja raznih varijacija, organizaciju rada vozača nakon odmora, modificiranje voznog reda promjenom broja i količine putnika, razmatranje troškova na različitim razinama usluge itd.;
d) povečanje točnosti računanja;
e) automatizacija podataka i rezultata prometnih operacija poput voznih redova;
f) prikupljene informacije se mogu koristiti u stvarnom vremenu za vozne redove, podatke o vremenu putovanja, planiranju održavanja vozila i drugim potrebnim informacijama.

Nedostaci u izradi voznih redova pomoću programa:

a) potrebni veći zahvati, nadogradnja i orijentacija potrebne infrastrukture informacijske tehnologije u planiranju voznih redova i potrebno obrazovanje radnog osoblja;
b) prijevoznik treba nabaviti odgovarajući softver i hardver;
c) prijevoznih mora imati kompletne programere odnosno tehnologe prometa koji razumiju prometne operacije u javnom prijevozu.

4.1 INTERPLAN I ATRON RBL

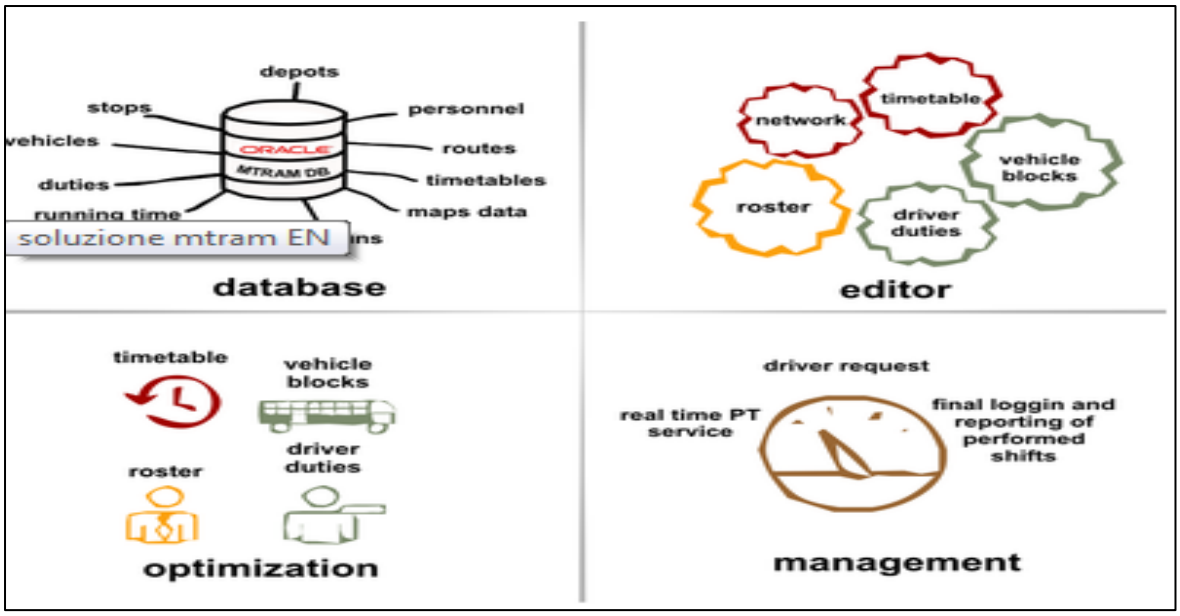
Programi INTERPLAN I ATRON RBL se koriste u izradi voznih redova. INTERPLAN je program za izradu voznoga reda njemačke tvrtke PTV, dok je ATRON RBL program koji nadzire i upravlja prijevozom i dolazi od njemačke tvrke ATRON elektronic Gmbh. INTERPLAN se koristi pomoću središnjeg softvera ATRIESA iz kojeg preuzima podatke koje smo prije upisali te nakon toga izrađuje vozne redove. ATRIES je ovisan o INTERPLANU, dok INTERPLAN može samostalno funkcionirati bez ATRIES-a. Dobiveni vozni redovi iz INTERPLANA služe sustavu ATRON RBL za automatsko lociranje vozila koje se temelji na komunikaciji pomoću različitih komunikacijski sustava, najčešće pomoću sustava TETRA. (Detaljniji opis programa u tezi 6.1.) [4]

4.2 MTRAM

MTRAM je program talijanske tvrtke M.A.I.O.R. i služi nadležnim službama i operaterima u javnom prijevozu kao napredni alat u rješavanju prijevoza, rasporeda vožnje, planiranju prometne mreže i izradi optimiziranih voznih redova. Program omogućava tehnolozima da mogu istodobno upravljati kalendarima i različitim verzijama voznih redova, zadaćama vozača i transportnih mreža kako bi se omogućilo korisniku da napravi različite simulacije kako bi procjenio troškove svakoga scenarija i došao do optimalnog, koji bi zadovoljavao postavljene uvjete. [5]

Sastoji se od baze podataka u kojoj se pohranjuju svi podaci koji su nužni za rad sustava. Podaci pohranjeni u bazi su karte grada, trase odnosno linije na kojima prometuju vozne jedinice javnog gradskog prijevoza, podaci o uslugama koje pruža sustav, potrebnom radnom osoblju na određenoj liniji i prijevoznim sredstvima koji se koriste na linijama, a koji služe za prijevoz putnika. (Slika 1).

Program se sastoji od sustava za uređivanje u kojem se izrađuju vozni redovi, zadaće vozača, prometna mreža gradskog prijevoznika, raspoređivanje vozila na željene linije i upravljanje službom za vozače.



Slika 1.Struktura programa MTRAM. Izvor: [6]

Postoji i sustav optimizacije koji tehnolozima pomaže u stvaranju alata koji su inovativni i koji traže najbolja rješenja za ukupne operativne troškove čineći MTRAM kao jedinstvenu vrijednost. Sustav menadžment koristi određene algoritme, a sastoji se od softverskih modula te korisnicima omogućuje upravljanje dnevnim operacijama kao što su upravljanje vozilima koje se mogu ručno ili automatski dodijeljivati po linijama koje je korisnih zadao i postavio. Također se i upravlja sa izostancima radnog osoblja, zahtjevima koje postavljaju vozači kao i završenim smjenama vozača. MTRAM menadžment također integrira i snažan instrument u upravljanje kartama u realnom vremenu na mreži. Pomoću grafičkog sučelja moguće je kreirati odnosno iscrtati obilazak na mreži, gdje će sustav automatski izračunati koje linije, trase i rute izabrati izračunavajući tako duljinu i vrijeme potrebno za odstupanje [7].

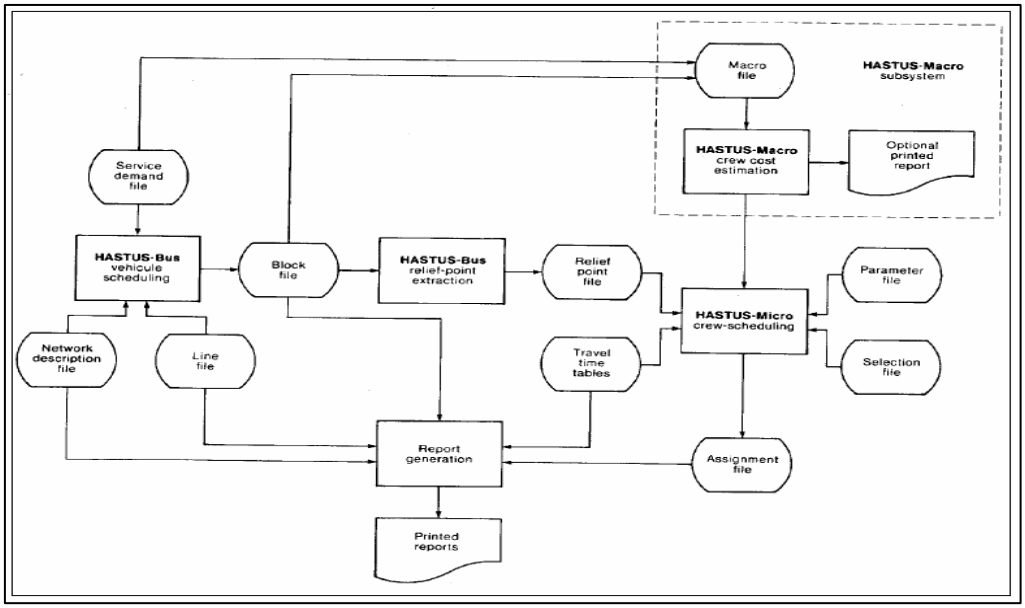
4.3 HASTUS

HASTUS je program za izradu voznog reda vozila i rasporeda vozača kojeg je razvila tvrtka GIRO sa sjedištem u Montrealu, Quebec, Kanada. Program je razvijen prije 25 godina kao zbirka optimiziranih algoritama na Sveučilištu u Montrealu te ga danas koristi više od 250 prijevozničkih tvrtki u svijetu. Ovaj alat za optimizaciju se razvio kako bi se prilagodio potrebama pojedinih prijevozničkih tvrtki i sada je u stanju riješiti probleme sa rasporedom prijevoznih jedinica i radnog osoblja odvojeno ili kombinirano [8].

Sastoji se od tri podsustava ondosno koraka:

1. HASTUS- Macro;
2. HASTUS- Bus;
3. HASTUS- Micro.

Kako bi se riješio problem rasporeda, postoji nekoliko optimizacijskih pristupa od kojih su većina bazirani na matematičkim programskim metodama. Pomoću linearnog programiranja koje se koristi u sustavu HASTUS- Macro kako bi se utvrdio prosječan trošak pokrivanja rasporeda određenog vozila sa potrebnim radnim osobljem pod zadanim uvjetima korisnika tj. operatera. Sustav traži smjene sa minimalnim troškovima koji će omogućiti potreban broj vozača za vrijeme svakog razdoblja te zadovoljiti sva ograničenja koje zahtijeva korisnik. Temeljem dobivenih analiza i podataka određuje se broj vozača koji je potreban na liniji, broj sati koji su dodijeljeni i koje radno osoblje mora odraditi, broj putnika na linijama, broj sati prekovremenih koji moraju biti isplaćeni, broj sati u pauzi koji se moraju isplatiti te ukupni troškovi [9].



Slika 2. Shema HASTUS podsustava. Izvor [7]

Sljedeći podsustav HASTUS- Bus zahtijeva unos cjelokupne strukture sustava i strukture prijevoznih linija koje se mogu iskoristiti za planiranje i izgradnju svih ruta i trasa. Ova procedura rezultira sa dodijeljivanjem voznih jedinica na određene linije koje moraju zadovoljiti zahtjeve korisnika sustava. Zadnji korak uključuje podsustav HASTUS- Micro koji proizvodi detaljan raspored vozača i izračunava ukupan trošak (Slika 2).

4.4 TRAPEZE

Trapeze je program koji se primjenjuje u javnom prijevozu, a kojeg je razvila tvrtka TRAPEZE GROUP sa sjedištem u gradu Mississauga, Ontario, Kanada. Trapeze softver koristi optimizacijski pristup u rješavanju problema rasporeda vozača i vozila te je sposoban riješiti problem zajedno ili odvojeno, sa svrhom smanjivanja ukupnih troškova.

Troškovi vozača su funkcija sadržaja rada, količina i kapacitet rada, stopi plaće te dodanim varijabilnim i fiksnim troškovima. Pri planiranju voznih redova stvaraju se troškovi kao što su priprema vozne jedinice na rad odnosno za prijevoz putnika, sigurnosne provjere voznih jedinica prije rada, vrijeme potrebno za zamjenu vozača itd.. Vozačima je potrebno osigurati minimalan broj radnih sati kao i plaćene prekovremene i vrijeme pauze i užine. Troškovi vozila su bazirani na prijeđenoj kilometraži tijekom rada, vremenu utrošenog na radu, troškovima goriva i slično [7].

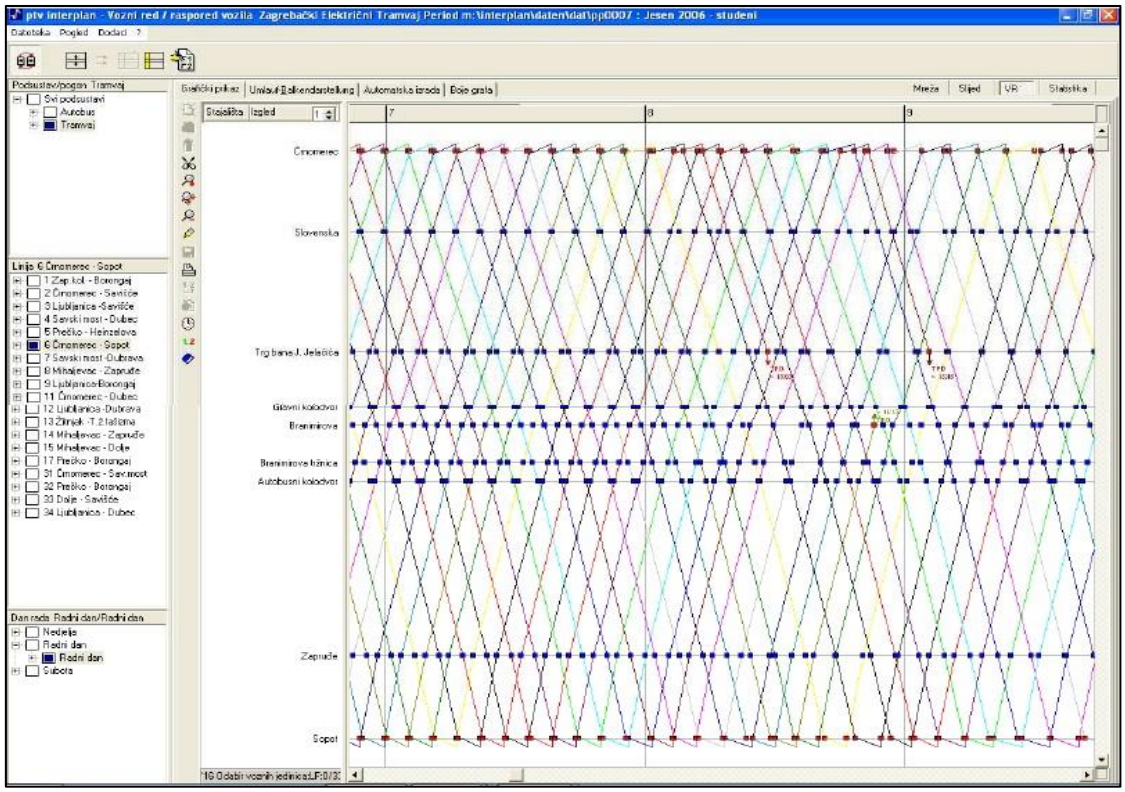
Pomoću sustava TRAPEZE se mogu pratiti vozne jedinice na linijama kojima prometuju, vozačev rad i raspored, vozni red voznih jedinica, prijave i odjave vozača (Slika 3).



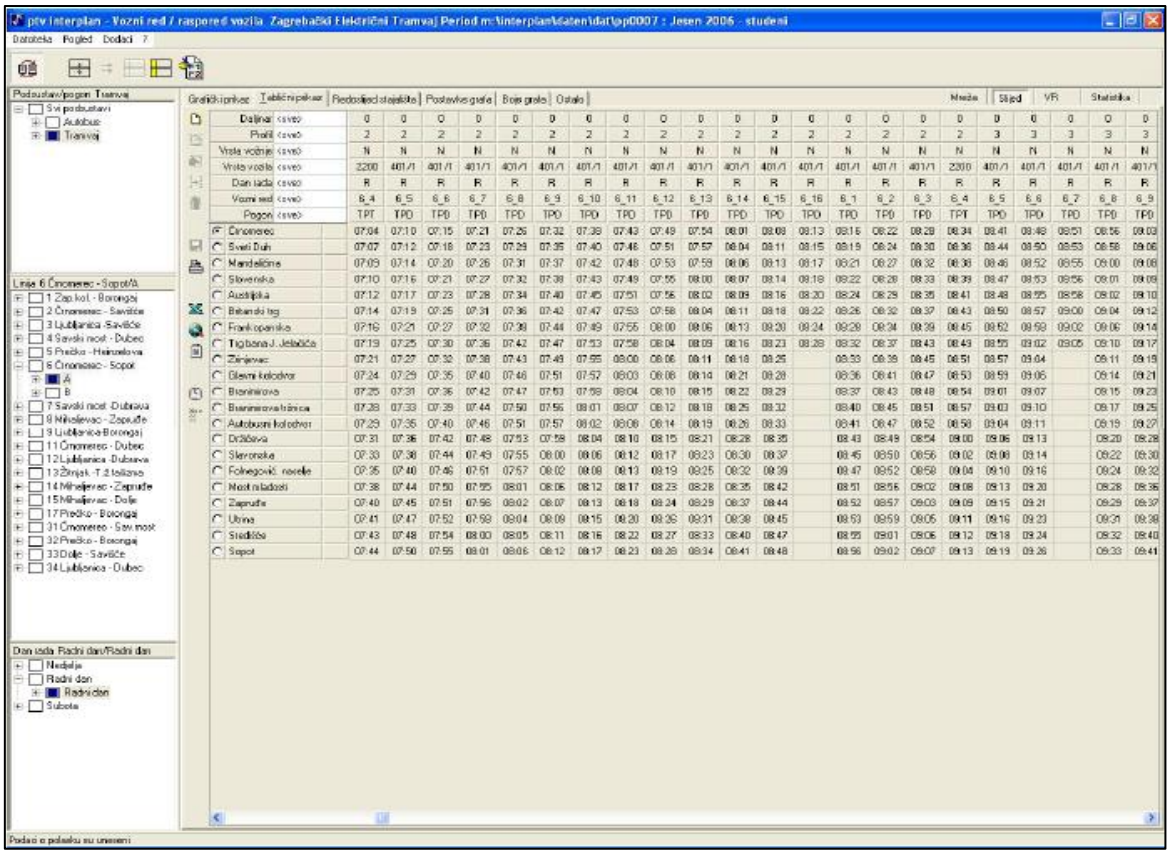
Slika 3. Prikaz praćenja vozila u sustav TRAPEZE. Izvor: [10]

5 GRAFIČKI I NUMERIČKI PRIKAZ VOZNOG REDA

Iz tabličnog se prikaza mogu iščitati numerički i grafički vozni redovi kojima se služe tehnolozi prometa u izradi voznoga reda, a koji prikazuju podatke o imenima i redoslijedu stajališta linije javnog prijevoza, vremenu dolazaka i polazaka prijevoznih sredstava na i sa stajališta, brzini kojom putuju prijevozna sredstva, broj i vrsta vožnje te prikaz dana u tjednu. Grafički prikazi omogućuju jednostavniji uvid u redovitost intervala, promjene u voznim redovima i detalje na liniji kojom se prometuje za razliku od numeričkog koji je malo složenije izrađen. Najjednostavniji grafički prikaz voznog reda je put odnosno trasa linije na kojoj su prikazana imena svih stajališta u određenom smjeru i vremena putovanja na liniji. Linije u dijagramu bojama označavaju vozne jedinice koje se uključuju u promet u unaprijed dogovorenim i određenim slijedovima kao i vremena dolaska na određeno stajalište te njihove obrte i vrijeme isključivanja iz prometa. Iz Slika 4 je vidljivo da se približavanjem vršnom vremenu povećava broj jedinica na liniji.



Slika 4. Grafički prikaz voznog reda linije broj 6 gdje su vidljiva imena i redoslije tramvajskih stajališta i vrijeme putovanja. Izvor: [4]

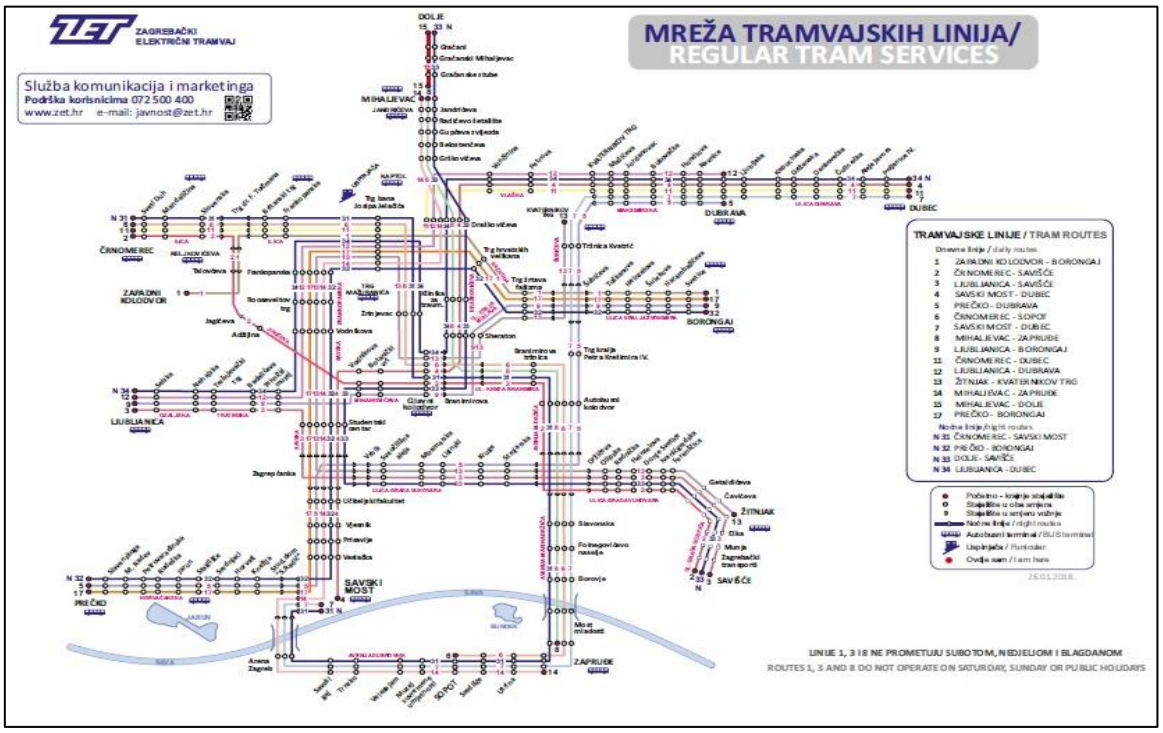


Slika 5. Numerički prikaz voznih redova linije broj 6. Izvor: [4]

Dobivanjem grafičkog prikaza moguće je vidjeti i numerički prikaz voznoga reda (Slika 5). Za razliku od grafičkog prikaza, numeričkim prikazom vidljivo je točno vrijeme polaska vozne jedinice iz određenog pogona, tj. pogona kojem pripadaju vozila, broj voznog reda linije, vrstu prijevoznog sredstva koje prometuje na liniji, kao i vrijeme dolaska za svako pojedino stajalište na liniji. Dobiveni podaci u numeričkom prikazu mogu se prikazivati za oba smjera linije. Numeričkim prikazom prikazanim na slici se koriste tehnologi prometa u planiranju i izradi voznoga reda, a zbog svoga složenijeg izgleda putnicima se izrađuju jednostavniji numerički prikazi voznih redova koji samo prikazuju vrijeme polaska sa terminala kao i vrijeme dolaska na stajališta.

6 IZRADA VOZNOG REDA U ZAGREBAČKOM ELEKTRIČNOM TRAMVAJU

Zagrebački električni tramvaj je podružnica Zagrebačkog holdinga u vlasništvu grada Zagreba koja osigurava i omogućuje javni gradski prijevoz putnika na području Zagreba i Zagrebačke županije. Prijevoz putnika se vrši pomoću tramvaja, autobusa i uspinjače. Jedan od simbola Zagreba je tramvaj koji godišnje preveze oko 200 milijuna putnika što ga čini najmasovnijim prijevozom putnika koji je organiziran u 15 dnevnih i 4 noćne linije čija je ukupna duljina mreža 116 kilometara sa kolosijekom širine 1000 milimetara (Slika 6).



Slika 6. Mreža dnevnih tramvajskih linija. Izvor: [8]

Jedan od najvažnijih sustava u organizaciji i vođenju tramvajskog prometa je vozni red. Vozni red u tramvajskom prometu predstavlja dokument koji omogućuje informacije o vremenima polazaka i dolazaka tramvaja sa terminala i stajališta koji treba što učinkovitije odgovoriti na zahtjeve i potrebe putnika u javnom gradskom putničkom prijevozu. Sustav za izradu voznog reda koji se koristi u Zagrebačkom električnom tramvaju zove se ATRIES RBL od tvrtke Atron iz Njemačke.

6.1 SUSTAV ZA IZRADU VOZNOG REDA ZET-a ATRON

Tvrtka Atron je jedan od vodećih pružatelja usluga u polju javnog prijevoza kojeg je Zagrebački električni tramvaj 2001. godine izabrao između nekoliko ponuđača. Tvrtka Atron koristi sustav ATRIES RBL kao automatizirani sustav za organizaciju, vođenje i praćenje prometa te za informiranje punika. Sustav se sastoji od dva međuovisna podsustava koji se koriste za izradu voznog reda, nadzor i upravljanje prijevozom i informiranje putnika [4].

INTERPLAN je računalni program u kojem tehnolozi tramvajskog i autobusnog odjela ZET-ove službe koja je nalazi u Službi za organizaciju i upravljnje prometom izrađuju tramvajski i autobusni vozni red. Nakon izrade voznog reda, podaci o linijama, trasama, stajalištima, polascima, tipovima vozila, službama i pogonima se generiraju i transferiraju u sustav ATRIES koji je središnji softwer, u kojem se podaci poput datuma važenja voznog reda, garažnih brojeva vozila, popisa vozača i servisnih radnika, popisa radio stanica, displeya u vozilima i na stajalištima i dr., spajaju u jednu cjelinu i nakon toga se bežićnim putem šalju u putna računala, u ATRIES RBL softwer na radna mjesta prometnika i na displeye koji su postavljeni na stajalištima i terminalima.

Sustav INTERPLAN, u Zagrebačkom električnom tramvaju odnedavno INITPLAN, sastoji se od određenih modula koji su potrebni tehnolozima prometa, ali pojedini nisu instalirani ili nisu u funkciji [4]:

- Baza podataka sa podacima koji su potrebni za izradu voznog reda;
- Modul za izradu voznog reda sa odgovarajućom statistikom kao što su brzine, kilometri vožnje i sati rada;
- Modul za raspoređivanje vozila na odgovarajuće tramvajske linije;
- Modul za izradu voznog reda koji su potrebni vozačima tramvaja, a koji se pri radu nazivaju toplomjerima;
- Modul za izradu koncepta linije koji se koriste za polaske sa terminala po odgovarajućem voznom redu te slijedovi tramvajskih vozila po vremenu polaska i voznim redovima;
- Modul za izradu izlaznih i povratnih listi vozila koja se koriste za polaske i vraćanje u tramvajski pogon;
- Modul za izradu izvadka iz voznog reda za informiranje putnika na stajalištima koji čekaju tramvajsko vozilo;

- Modul za provjeru logičnosti, gdje se provjeravaju pogreške koje se mogu dogoditi pri izradi voznoga reda;
- Modul za pridruživanje voznoga reda kalendarskim danima;
- Modul za transfer podataka u središnji softwer odnosno sustav ATRIES koji su nužni za upravljanje i nadzor prometa.

Sustav ATRON RBL se koristi za automatsko lociranje vozila koji je ovisan o INTREPLANU, odnosno u ZET-u INITPLANOM i dobivenim voznim redovima. Sastoji se od softwera kojeg koriste tehnolozi prometa, a sustav se povezuje raznim komunikacijskim sustavima poput sustava TETRA koji se koristi u Zagrebačkom električnom tramvaju te predstavlja jedan od najvažnijih stavki u komunikaciji između tehnologa prometa i vozača u procesu vođenja prometa. TETRA se koristi za točno vrijeme polaska tramvaja sa terminala, zamjenu tramvajskih vozila, u slučaju kvara vozila gdje servisni mehaničari mogu izaći i obaviti popravak tramvaja na mjestu kvara te u slučajevima nesreće, nezgode ili zastoja u gradu gdje se tramvaji mogu preusmjeriti na druge optimalne rute. Osim komunikacijskim sustavom TETRA, komunikacija se može odvijati i GPSR, GSM te u budućnosti i GPS-om.

Sustav ATRON RBL se kao i INITPLAN sastoji od različitih modula koji služe za nadzor i upravljanje prometom, putnim računalima koji su smješteni i instalirani u tramvajskim vozilima i koja služe za bilježenje svih podataka u vožnji koji se šalju u softwer koji je smješten u centrali na analizu, komunikacijskim serverom odnosno sustavom TETRA koji se koristi u ZET-u, DFI displayu za informiranje putnika na stajalištima i terminalima o polasku ili dolasku tramvaja, softwerom kojeg koriste tehnolozi prometa i dr.

Korištenjem sustava ZET bi trebao ostvariti sljedeće ciljeve [4]:

- povećanje atraktivnosti javnog prijevoza kao i prihvaćanje od strane putnika na osnovi kvalitete (pouzdanost i raspoloživost):
  - poboljšanje sigurnosti veza kod presjedanja;
  - postizanje maksimalne točnosti i redovitosti;
  - bolja informiranost putnika na stajalištima i u vozilima javnog prijevoza;
- pojednostavljenje radnih procesa i povečanje ekonomičnosti za korisnike javnog prijevoza:
  - optimizacija vremena prometovanja vozila;
  - optimizacija korištenja osoblja i vozila;
  - učinkovitosti rada prometnika u centru za nadzor i upravljanje prometom;

- povećanje flekibilnosti (korištenje vozila na temelju potražnje i potrebe);
- ranog dijagnosticiranja tehničkih i radnih nepravilnosti.

6.2 TRAMVAJSKA LINIJA BROJ 4 ZAGREBAČKOG ELEKTRIČNOG TRAMVAJA (ZET-a)

Tramvajska linija broj 4 se proteže u daljini od 12630 metara u jednom smjeru povezivajući tako terminal Dubec na istoku grada prolazeći užim centrom grada do terminala Savski most na zapadom dijelu grada (Slika 7). Linija sadrži 2 terminala i 57 stajališta u oba smjera.



Slika 7. Ruta tramvajske linije broj 4 Savski most- Dubec. Izvor: Google karte

Tramvajska linija broj 4 jedna je od najduljih i najzahtjevnijih linija u kojoj je većina tramvajske pruge i stajališta postavljeno simetrično odnosno sa obje strane prometnice, osim kod Branimirove ulice gdje je pruga i stajalište postavljeno asimetrično odnosno s jedne strane prometnice. Linija prometuje trasom terminal Savski most- Savska cesta- Vodnikova ulica- Glavni kolodvor (željeznički kolodvor)- Branimirova ulica- Draškovićeva ulica- Vlaška ulica- terminal Kvaternikov trg- Maksimirska cesta- terminal Dubrava- Avenija Dubrava do terminala Dubec [5].

Prednosti linije su dobra povezanost rubnih dijelova grada i periferija sa užim centrom i željezničkim kolodvorom, dok su nedostatak mala obrtna brzina i nepoštivanje žutih trakova zbog kojih dolazi do većih repova čekanja posebice kod Kvaternikovog trga kada je više vozila u nizu, skretanja iz Vlaške ulice u Draškovićevu, skretanja iz Vodnikove u Savsku i prolazak kroz Vukovarsku ulicu.

Na liniji prometuju tramvajska motorna kola 401 sa prikolicom 801 sa 217 putničkih mjesta i tramvajska motorna kola 2200 sa 202 putnička mjesta. Tramvajska motorna kola 2200 su niskopodni model tramvaja. Na liniji u posebnim slučajevima prometuju i drugi tipovi tramvaja, ali ova dva tipa su predviđeni za tramvajsku liniju broj četiri.

Tablica 1 Eksploatacijski pokazatelji linije broj 4. Izvor: [4]

Linija broj 4	Vršno vrijeme	Izvanvršno vrijeme
Broj vlakova(tip)- 401/2200	14+3	12+3
Slijed vlakova- i(minuta)	9,43	9,42
Frekvencija vlakova- f(vlakova/satu)	6,36	6,37
Dinamički kapacitet- Q(putničkih mjesta/satu)	1311	1313
Vrijeme obrta- To(minuta)	65+67	57+56
Brzina obrta- Vo(kilometara/satu)	11,66	13,29

6.3 PRIMJER IZRADE VOZNOG REDA ZA TRAMVAJSKU LINIJU BROJ 4

Prvi korak u izradi voznog reda tramvajske linije broj 4 je prikupljanje podataka anketiranjem, mjerenjem, brojenjem, gdje dobiveni podaci moraju biti točni i istini iz razloga jer su temelj za izradu voznog reda. Jedan od važnijih koraka pri prikupljanju podataka je brojenje putnika koja se mogu provoditi svaki mjesec, jedanput godišnje ili svakih pet godina. Brojenjem se određuje protok putnika na određenoj liniji, u ovom slučaju liniji broj 4. Pri brojenju putnika su potrebni određeni podaci kao što su tramvajska linija koja se promatra, broj sjedećih i stajaćih mjesta odnosno kapacitet prijevoznog sredstva, vrijeme brojanja putnika jer je prijevozna potražnja u vršnom ili izvanvršnog vremena različita,a zatim vremenski i prometni uvjeti. Na temelju prikupljenih podataka o liniji započinje se proces izrade voznoga reda od strane tehnologa, a u ovom slučaju tehnologa Centra za sustav i nadzor prometa u Zagrebačkom električnom tramvaju.

Nakon što se prikupljeni podaci obrade, potrebno ih je preuzeti u ATRIES programu, gdje se pri izradi voznog reda koristi program INTERPLAN (Slika 8).



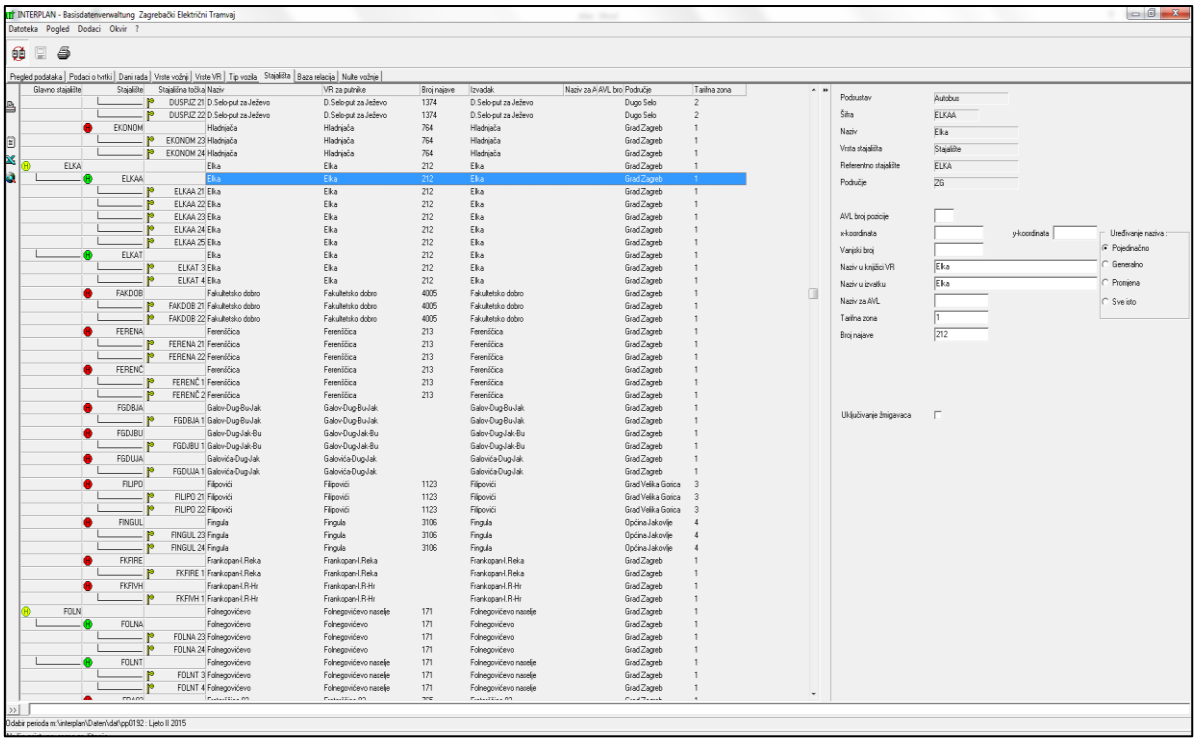
Slika 8. Prikaz programa INTERPLAN. Izvor: [4]

INTERPLAN se sastoji od zasebnih modula koji služe za izradu voznoga reda. Svaki modul odnosno potprogram ima svoju funkciju koja pomaže tehnolozima u izradi voznoga reda. U program odnosno bazu podataka se ubacuju određeni prikupljeni podaci i proračuni koji su potrebni za izradu voznog reda.

Bazu podataka je potrebno popuniti sa određenim podacima koji su potrebni pri izradi voznoga reda kao što su:

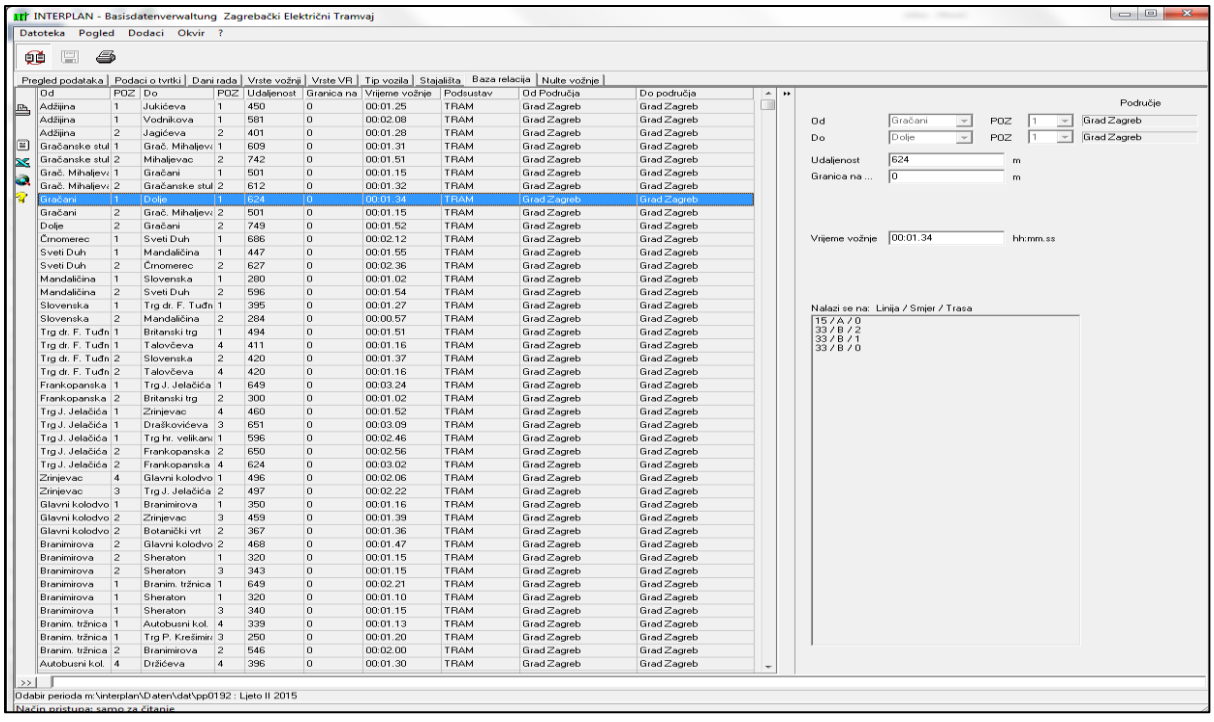
- Dani rada (radni dan, rad subotom, nedjeljom ili blagdanima);
- Vrste vožnji (redovna, izvanredna, vožnja za vrijeme trajanja škole, interna);
- Vozila (tip vozila koji će se koristiti, kapacitet prijevoznog sredstva, cijena koštanja kilometra kojeg vozilo prijeđe);
- Popis stajališta (udaljenost između stajališta izraženog u metrima);
- Prazne odnosno nulte vožnje pri polasku i vraćanju tramvaja u tramvajski pogon u kilometrima i vremenima vožnje.

Kako bi se pristupilo u kreiranju tramvajske linije potrebno je unjeti u bazu podataka sva stajališta na mreži koja će se koristiti u kreiranju željene tramvajske linije i ona stajališta koja će biti korištena u budućnosti prema potrebama i zahtjevima linije, odnosno ukoliko se pojavi nepredviđena situacija kao što su radovi na liniji ili neka manifestacija u centru grada i u kojoj je potrebna izmjena postojećih stajališta sa novima. Postoje glavna i sporedna stajališta koja su vezana uz glavna (Slika 9).



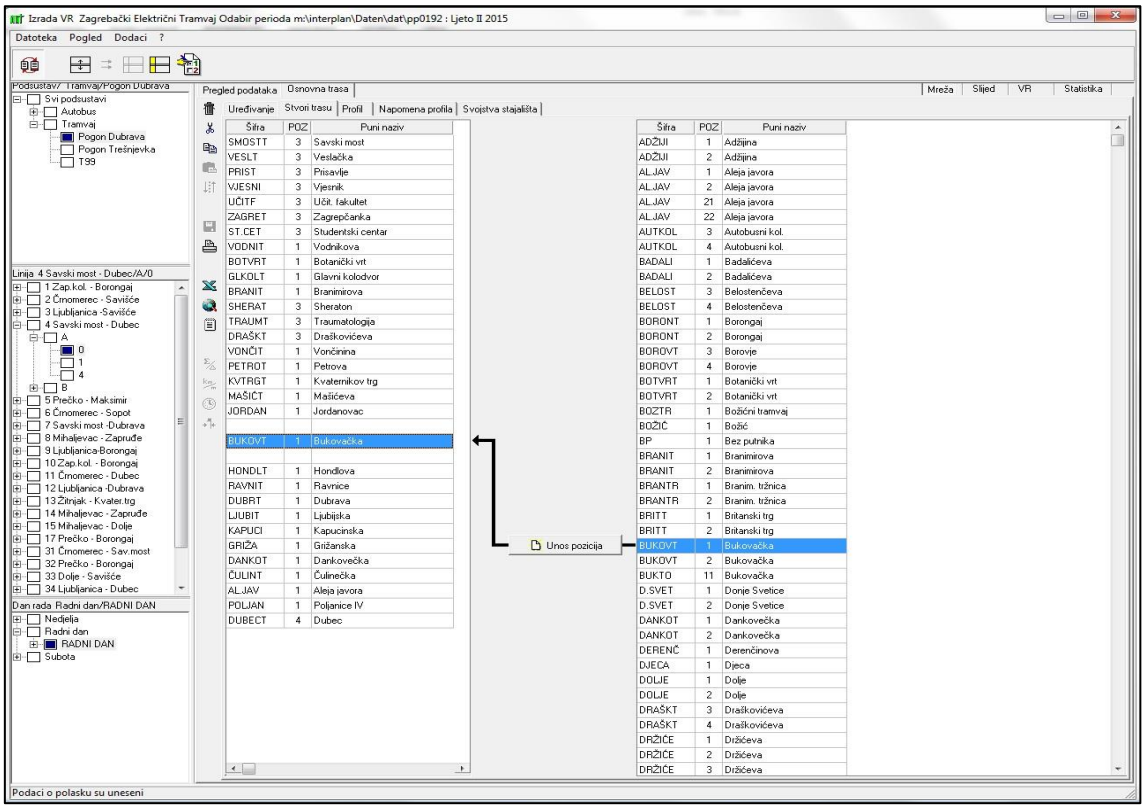
Slika 9. Popis stajališta u ZET-ovoj bazi. Izvor: [4]

Udaljenost između stajališta je prilikom stvaranja linije vrlo važna iz razloga što se iz udaljenosti izračunava obrt i poluobrt linije, odnosno u daljnim fazama izrade voznoga reda za određenu liniju, udaljenost definira broj voznih jedinica koje su potrebne na liniji kao i kapacitet (Slika 10).



Slika 10. Udaljenost između stajališta i vrijeme vožnje u vršnom satu. Izvor: [4]

U sljedećem se koraku prikazuju stajališta koja će se koristiti u izradi tramvajske linije broj 4 koja su uzeta iz baze podataka spomenuta kod slike broj 6.4. Lijeva strana na slici prikazuje trasu odnosno rutu, a desna strana sva stajališta iz baze koja se mogu koristiti kod formiranja zadane linije (Slika 11).

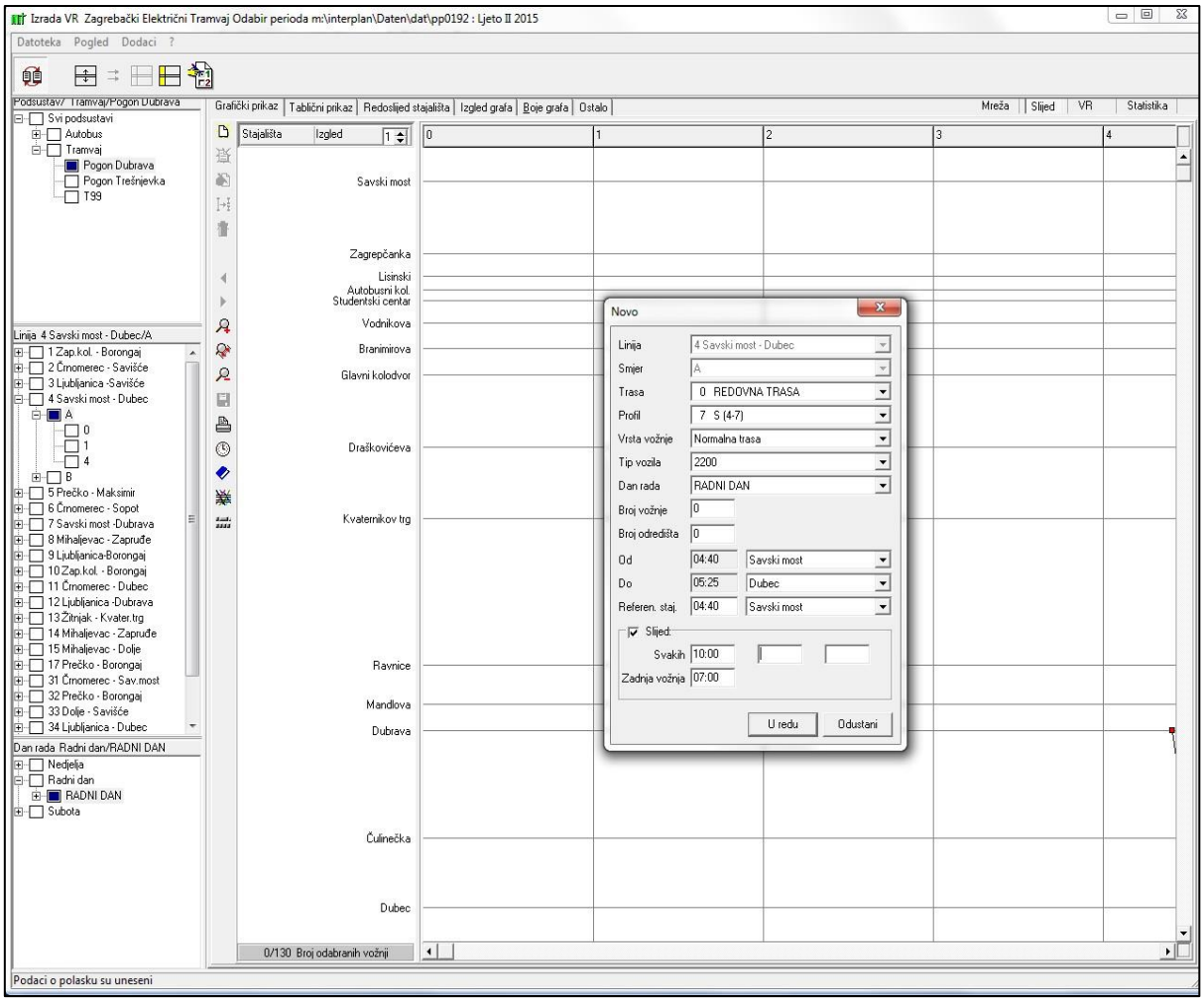


Slika 11. Kreiranje trase tramvajske linije broj 4. Izvor: [4]

U programu INITPLAN koji se koristi u ZET-u, a koji je osnova za izradu voznoga reda kao u tramvajskom tako i u autobusnom podsustavu, izrada voznog reda je u grafičkom prikazu. Prilikom početka kreiranja voznoga reda određene linije potrebno je unjeti određene parametre kao što su:

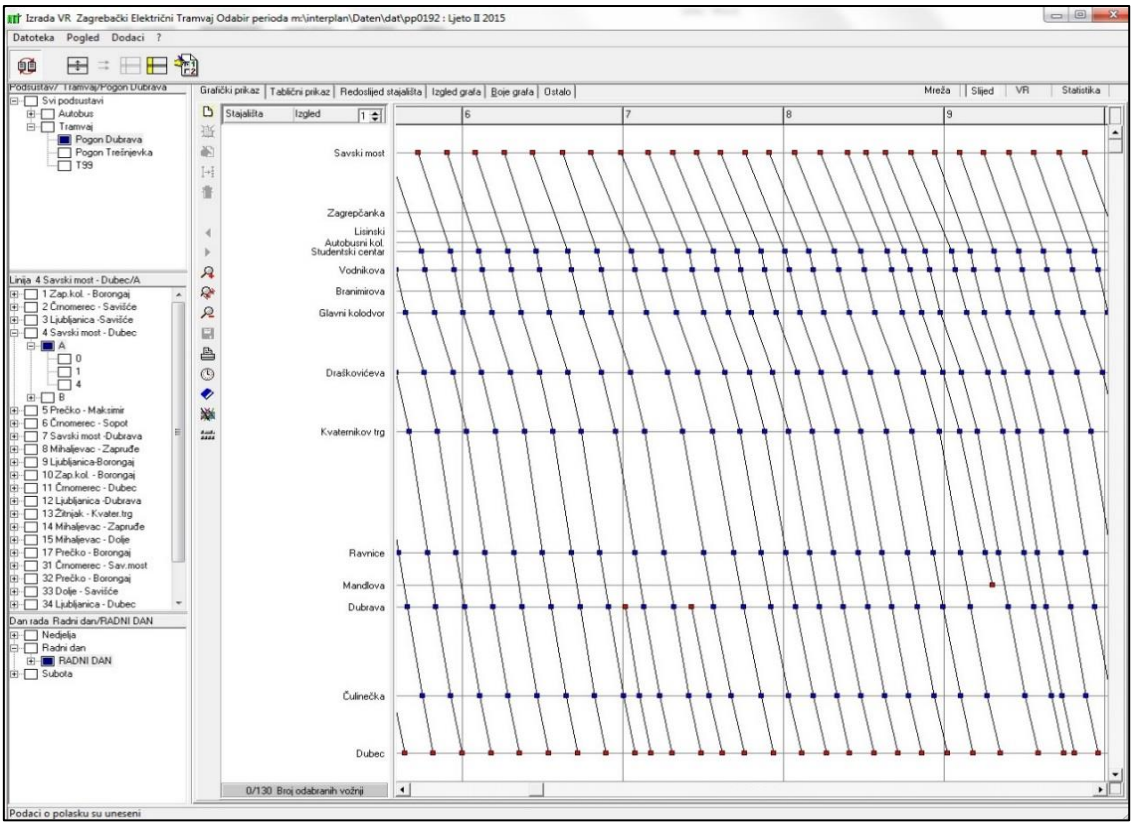
- Trasa tramvajske ili autobusne linije;
- Vrijeme vožnje u vršnom ili izvan vršnog vremena;
- Smjer A ili B linije;
- Ciljni broj odredišta koji određuje naslove na prednjim i bočnim displeyima voznih jedinica kao što su u ZET-u autobusi i tramvaji.

Nakon toga se uz navedene podatke izračunava i unosi slijed vozila koji postaje vrlo važan faktor. Kreiranje smjera linije kao i slijeđenja vozila obavlja se u dijelu programa koji se naziva slijed. U prozoru se odabere linija, smjer vožnje, trasa vožnje, vrsta prijevoznog sredstva, dan kada se započinje sa radom te slijed koji se želi kao i vrijeme zadnjeg slijeda (Slika 12).



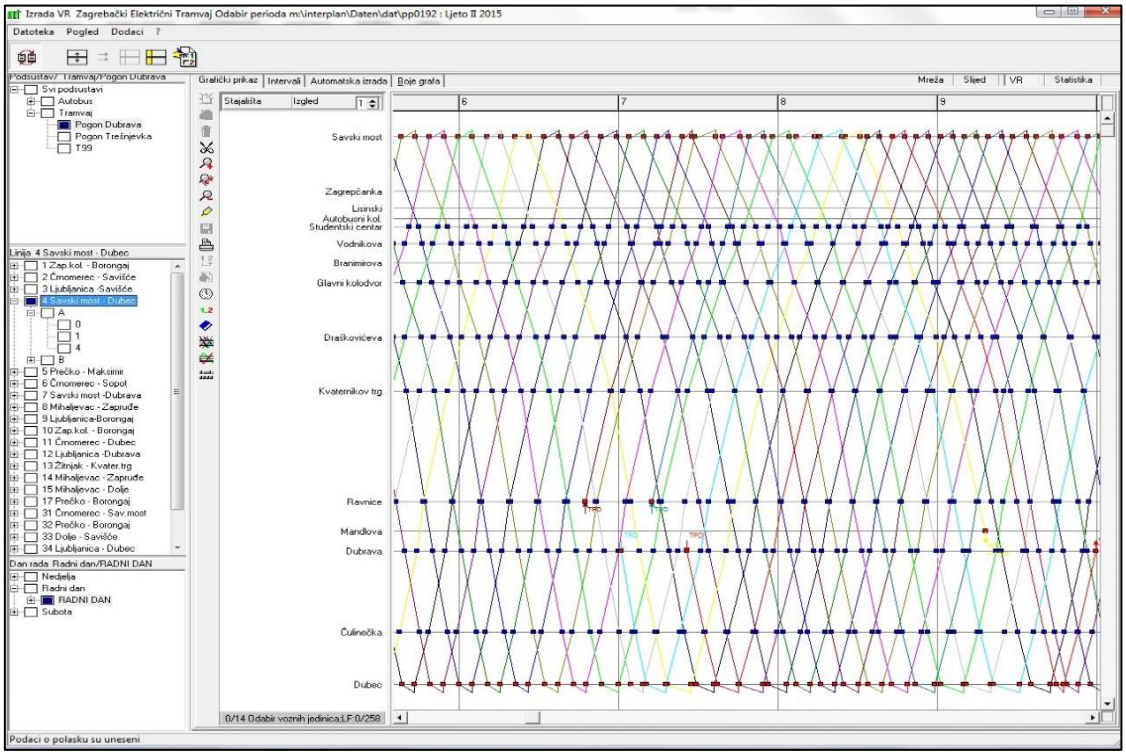
Slika 12. Odabir željenog slijeda linije. Izvor: [4]

U sljedećem koraku je vidljivo slijeđenje vozila iste linije sa odredišnog terminala. Tijekom dana postoje više profila vožnji, odnosno nije isto voziti se u ranojutarnjim satima i tijekom vršnoga sata kada je opterećenost prometnica veća, odnosno kada je gužva. Iz grafa je moguće primjetiti da je slijed u jutarnjim satima rjeđi, dok je u vremenu od 6:30 do 9:00 ili 15:00 do 17:00 tj. u vremenu vršnoga sata gušći. (Slika 13). Također je u koraku moguće odabrati mjesto polaska odnosno pogon (terminal). Na temelju izabranog pogona moguće je odabrati smjer i radni dan i iz grafa vidjeti broj polazaka na tramvajskoj liniji i vrijeme dolaska na pojedine stanice u jednom smjeru tražene tramvajske linije broj 4. Vikendima, a pogotovo nedjeljom za razliku od radnog tjedna vidljiv je znatno manji broj polazaka i uključivanja voznih jedinica u promet radi manje prometne potražnje. Na nekim se tramvajskim linijama promet nedjeljom ukida, ali na liniji broj 4 slijed se vozila smanji radi smanjene potražnje za prometnom uslugom na liniji.



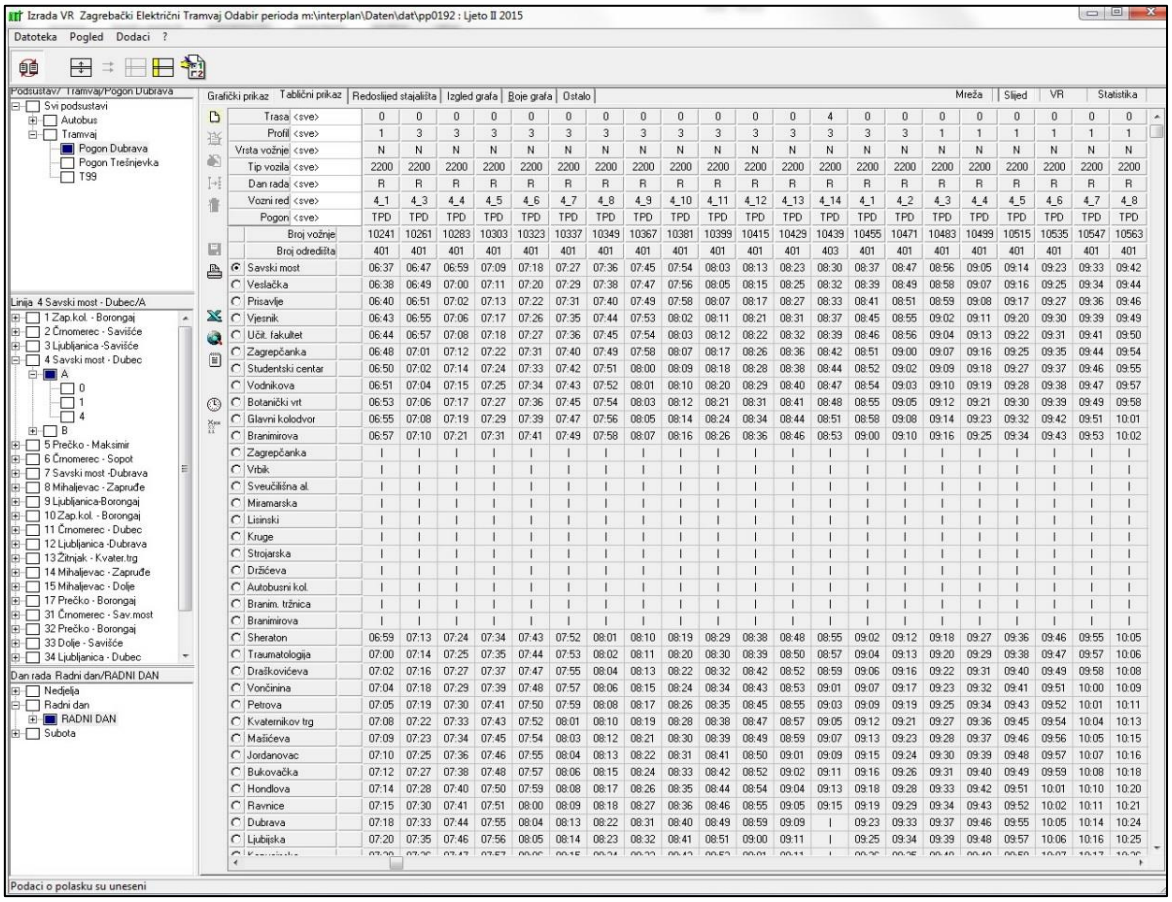
Slika 13. Polasci vozila iz smjera A sa terminala na liniji broj 4. Izvor: [4]

Grafički prikaz linije je prikazan na Slika 14., u kojoj svaka boja predstavlja vozni red na liniji gdje je jasno vidljivo uključenje i isključenje voznih jednica tijekom radnoga dana.



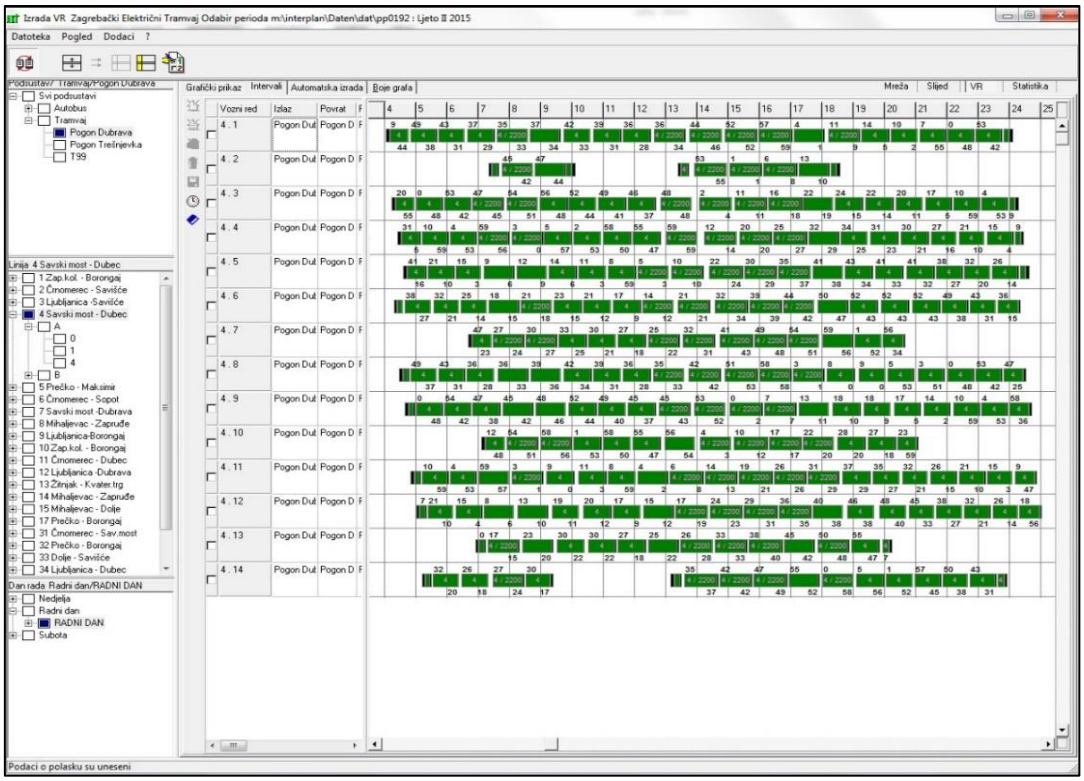
Slika 14. Grafički prikaz tramvajske linije broj 4. Izvor: [4]

Iz grafičkoj je prikaza vidljiv i tablični (numerički) prikaz u kojem se jasno vidi na kojem se stajalištu i u koje se vrijeme nalazi vozni red određenih linija (Slika 15).

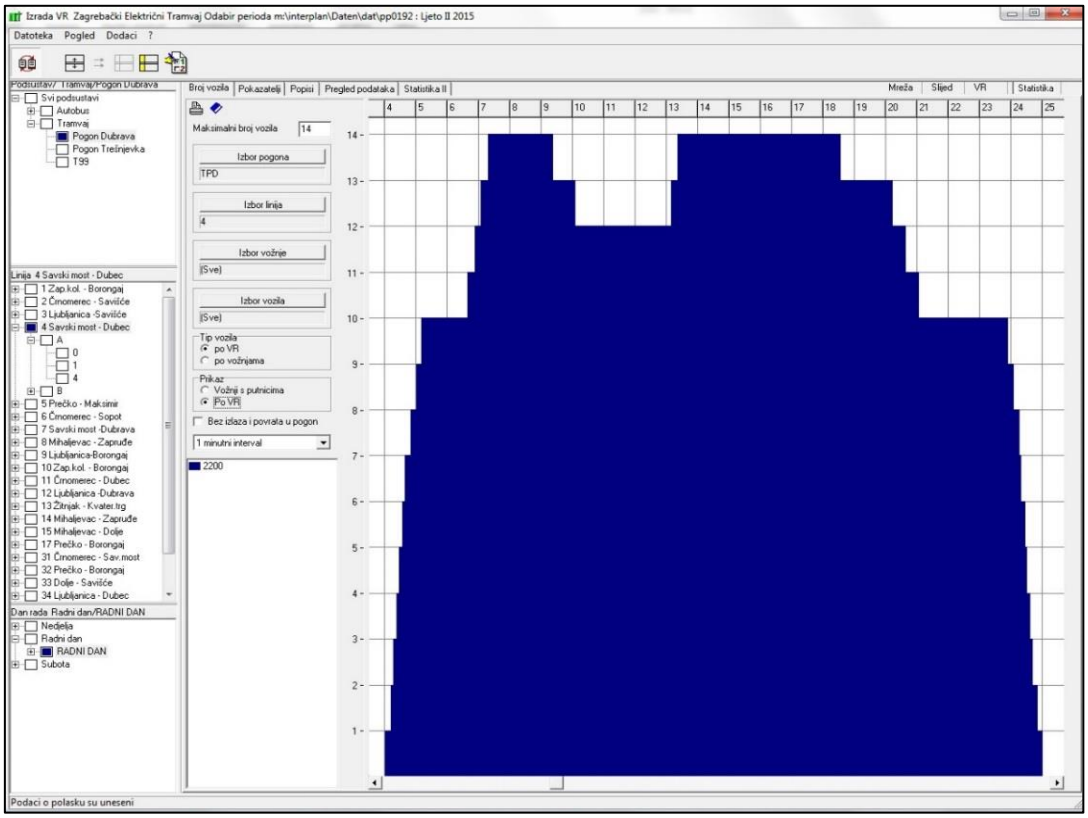


Slika 15. Numerički prikaz tramvajske linije 4. Izvor: [4]

Tijekom izrade voznoga reda smo ranije napomenuli da se obraća pažnja i na kapacitet voznih jedinica jer o njemu ovisi i broj vozila na trasi. Vozila većih kapaciteta će se disponirati na linije koje su više opterećene tj. na linije gdje je veća prometna potražnja. Zeleni pravokutnici označavaju vrstu vozila odnosno prijevoznog sredstva koje prometuju tramvajskom linijom. Na tramvajskoj liniji broj četiri prometuju dva tipa tramvajskih kola, pod šifrom 401 su tramvajska motorna kola 401 (TMK 401) sa 20 sjedećih i 83 stajaća mjesta na koja su priključena prikolica tipa 801 sa 21 sjedećim i 83 stajaća mjesta što čini ukupan kapacitet vozne jedinice od 217 mjesta namjenjenih putnicima, te šifra 2200 što predstavlja tramvajska motorna kola 2200 (TMK 2200), odnosno model niskopodnih motornih kola koja imaju 48 sjedećih mjesta i 154 stajaća mjesta čineći tako ukupan kapacitet od 202 putnička mjesta. Na slici je vidljivo da se povećava broj motornih kola za vrijeme vršnoga vremena kad je broj kola odnosno tramvaja potrebniji radi veće potražnje pometne usluge na liniji radi polaska i odlaska u školu, posao, fakultet itd (Slika 16).



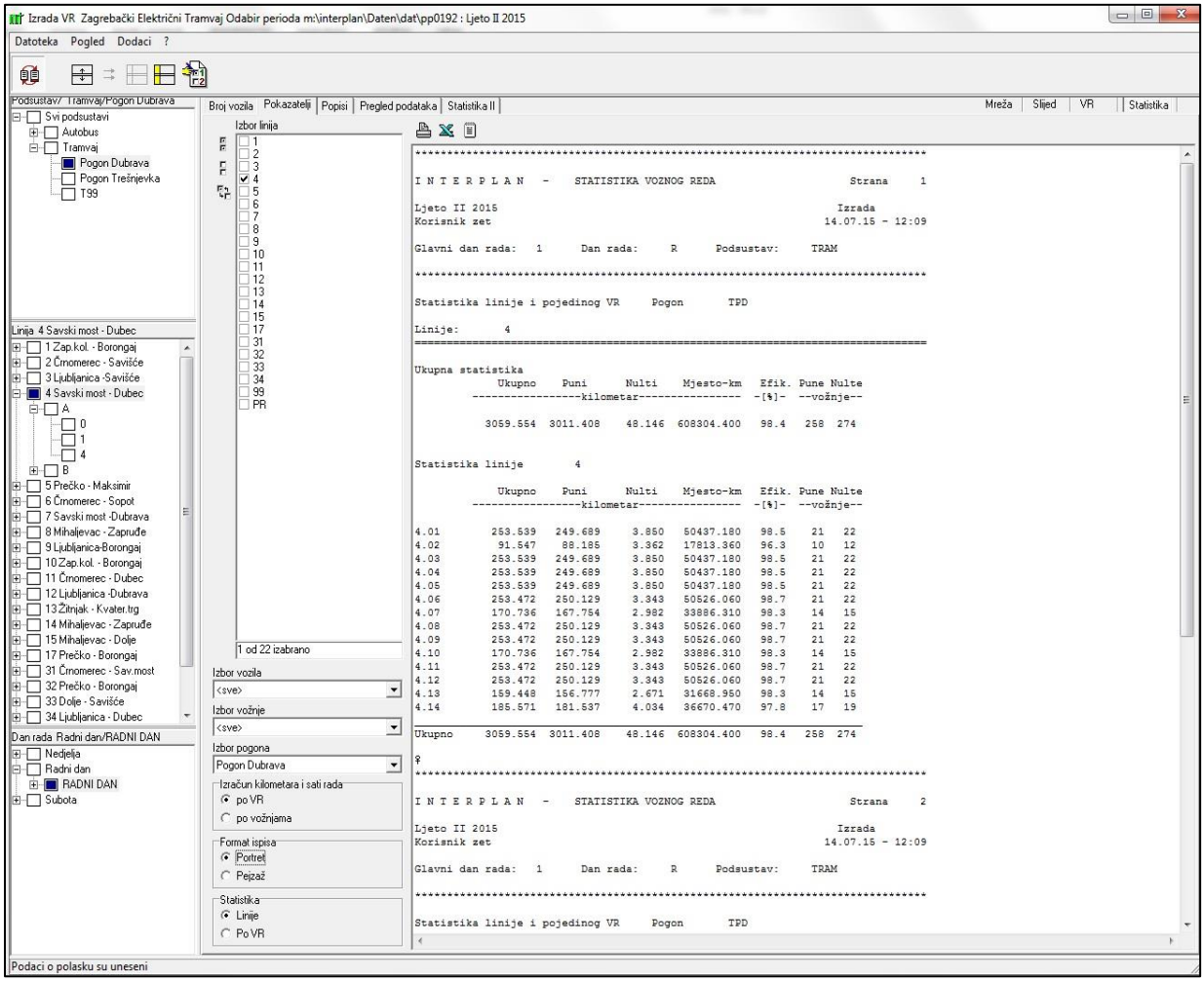
Slika 16. Prikaz vrste vozila na tramvajskoj liniji broj 4. Izvor: [4]



Slika 17. Broj tramvajskih vozila u dnevnim satima linije broj 4. Izvor: [4]

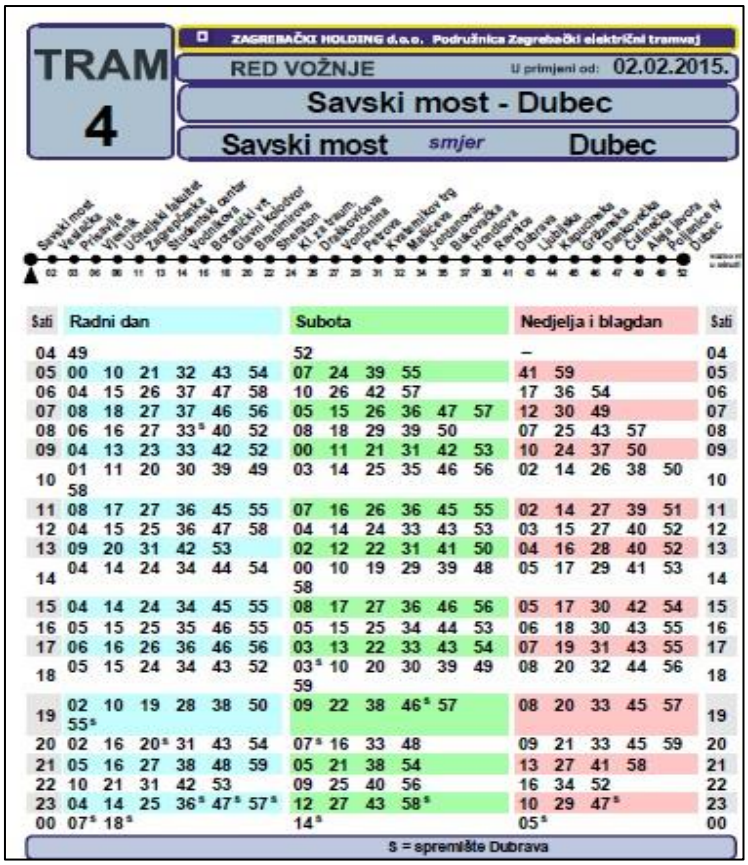
Tijekom dana na liniji prometuje različit broj vozila, na Slika 17., je vidljivo da je u vršnim satima najveći broj vozila, a izvan vršnih sati je potreban manji broj vozila. Prikazuje broj vozila u satima tijekom dana te se iz toga može iščitati ukupan broj vozila na liniji broj 4.

Među zadnjim koracima je i statistika linije koja je bitan čimbenik tehnolozima prometa pri kreiranju i izradi voznoga reda. Statistika prikazuje informacije kao što su broj vozila na liniji, broj prijeđenih nultih kilometara, broj prijeđenih ostvarenih kilometara, ukupnog broja sati rada te iskorištenja vozača u smislu efektivnih radnih sati koje je proveo u smjeni. Prilikom traženja najboljeg rješenja u zadovoljavanju prijevozne potražnje statistika pokazuje i pomaže tehnolozima prometa i služi im kao orijentir iz koje se može zaključiti radi li se o trošku ili uštedi na liniji koji je napravljen izmjenama (Slika 18).



Slika 18. Statistika tramvajske linije broj 4 tijekom dana. Izvor: [4]

Nakon toga se provjeravaju pogreške koje su nastale prilikom izrade voznoga reda te se uklanjaju, a zatim se generiraju i transferiraju u program ATRIES, određeni se podaci šalju u pogone kako bi mogle obaviti određene radnje. Pogonima se šalju izlazne i povratne liste vozila u i iz spremišta, slijedovi vozila na terminalima, koncept linije, vozni red u vozilu koji se zove toplomjer i služi vozaču u smislu točnih vremena polazaka sa stajališta ili terminala, statistika određene linije te izvadak iz voznog reda za putnike (Slika 19).



TRAM 4

ZAGREBAČKI HOLDING d.o.o. Podružnica Zagrebački električni tramvaj

RED VOŽNJE — U primjeni od: 02.02.2015.

Savski most - Dubec

Savski most — smjer — Dubec

Savski most, Vedrička, Prisavlje, Vrtlenik, U Športski fakultet, Zagrepčanka, Studentski centar, Vodnikova, Borongajski vrt, Glavni kolodvor, Branimirova, Shenston, Kl.za traum., Dražkovićeva, Vončinina, Petrova, Kvaternikov trg, Mažuranićeva, Jordanovac, Bukovačka, Vrančićeva, Ravnice, Dubrava, Ljubljanska, Kapucinska, Gradanska, Dankovečka, Čulinečka, Alga jarova, Polimlje N, Dubec

Sati	Radni dan						Subota						Nedjelja i blagdan						Sati
04	49						52						–						04
05	00	10	21	32	43	54	07	24	39	55			41	59					05
06	04	15	26	37	47	58	10	26	42	57			17	36	54				06
07	08	18	27	37	46	56	05	15	26	36	47	57	12	30	49				07
08	06	16	27	33[S]	40	52	08	18	29	39	50		07	25	43	57			08
09	04	13	23	33	42	52	00	11	21	31	42	53	10	24	37	50			09
10	01 58	11	20	30	39	49	03	14	25	35	46	56	02	14	26	38	50		10
11	08	17	27	36	45	55	07	16	26	36	45	55	02	14	27	39	51		11
12	04	15	25	36	47	58	04	14	24	33	43	53	03	15	27	40	52		12
13	09	20	31	42	53		02	12	22	31	41	50	04	16	28	40	52		13
14	04	14	24	34	44	54	00 58	10	19	29	39	48	05	17	29	41	53		14
15	04	14	24	34	45	55	08	17	27	36	46	56	05	17	30	42	54		15
16	05	15	25	35	46	55	05	15	25	34	44	53	06	18	30	43	55		16
17	06	16	26	36	46	56	03	13	22	33	43	54	07	19	31	43	55		17
18	05	15	24	34	43	52	03[S] 59	10	20	30	39	49	08	20	32	44	56		18
19	02 55[S]	10	19	28	38	50	09	22	38	46[S]	57		08	20	33	45	57		19
20	02	16	20[S]	31	43	54	07[S]	16	33	48			09	21	33	45	59		20
21	05	16	27	38	48	59	05	21	38	54			13	27	41	58			21
22	10	21	31	42	53		09	25	40	56			16	34	52				22
23	04	14	25	36[S]	47[S]	57[S]	12	27	43	58[S]			10	29	47[S]				23
00	07[S]	18[S]					14[S]						05[S]						00

S = spremište Dubrava

Slika 19. Izvadak voznog reda namjenjen putnicima linije broj 4 u smjeru A. Izvor: [10]

Zagrebački električni tramvaj ima jesenski i ljetni vozni red, te reducirane vozne redove za vrijeme blagdana gdje je broj voznih jedinica manji. Osim blagdana vozni se redovi izrađuju i u posebnim slučajevima poput sportskih događanja kao što su skijaški kup, utrke i dr., a i u slučajevima koncerata, skupova te raznih događanja i manifestacija koje se odvijaju većinom u centru grada pa se određene linije moraju preusmjeravati. Izrada voznog reda za liniju broj 4 je kompleksan posao zbog toga što linija prolazi kroz dosta zahtijevnu rutu na kojoj često dijeli površinu sa ostalim oblicima prometa radi kojih dolazi do prometnih čepova koji su uzrok kašnjenja na stajalištima i kašnjenja kod polazaka sa terminala.

Javni prijevoz tramvajem na liniji broj 4 mora sa stajališta putnika osigurati željene značajke kao što su praktičnost (pouzdanost, udobnost, čistoća vozila, da se omogući putniku putovanje do njegova odredišta...), imidž, informacija (informirnost putnika sa vremenima polazaka i odlazaka sa stajališta) i sigurnost (sigurnost pri vožnji i dobro osigurani i rasvjetljeni pristupi vozilima i stajalištima javnog gradskog prometa) [2].

7 ZAKLJUČAK

Proces izrade voznoga reda tramvajske linije broj 4 je zahtijevan posao zbog specifične rute linije koja prolazi kroz neke od najprometnijih cesta u gradu Zagrebu. Većinu vremena se poštuje slijed i vozni red linije, ali u vršnim satima može doći do zastoja ili čepova na pojedinim dionicama linije što će rezultirati kašnjenjem vozila na stajališta i ne polasku vozila sa terminala po voznome redu. Zahtjevi koje mora organizator prijevoza, u slučaju Zagreba je tvrtka Zagrebački električni tramvaj, zadovoljiti su točnost voznih jedinica, brzina prijevoza putnika, unaprijed određena količina voznih jedinica na liniji odnosno slijed vozila te vozni red na kojemu putnici mogu dobiti informacije o vremenu polaska vozila sa terminala i vremenu dolaska vozila na stajališta na liniji. Povećanje prometa i prometne potražnje u gradu Zagrebu će rezultirati povećanjem prometnog zagušenja i smanjivanjem obrtne brzine linija što će rezultirati lošijom razinom usluge u javnome prijevozu grada Zagreba.

Kako bi Zagrebački eletrični tramvaj zadovoljio sve veću potražnju za kvalitetnom uslugom, ulaže u modernizaciju i organizaciju javnog prijevoza kako bi pratio svjetske standarde u pružanju optimalne usluge javnoga prijevoza korisnicima. Ulaganjem u obnovu voznoga parka i instaliranjem sustava INTERPLAN I ATRON RBL, ZET je ostvario pozitivne pomake u području javnog prijevoza kao što su točnost, kvalitetnije informiranje putnika, bolji slijed vozila te je smanjen broj praznih vožnji kao i operativnih troškova. Na tramvajskoj liniji broj 4 postoji velika mogućnost poboljšanja trase linije, ali zbog zastarjelog sustava i pojedinih konfliktnih točaka na liniji gdje tramvajsko vozilo dijeli prometni trak sa ostalim prometom to je gotovo nemoguće. Za poboljšanje linije su potrebne temeljne rekonstrukcije i korekcije na pojedinim točkama na liniji, u vidu izvajanja traka od ostatka prometa te na pojedinim križanjima s pomoću svjetlosne signalizacije ostvariti brži prolazak vozila. Također potreban je i novi sustav za izradu voznoga reda, zbog toga što je postojeći zastario i ima određene mane, ali zbog visoke cijene novog sustava to je praktički neizvedivo.

LITERATURA

[1] G. Štefančić, Tehnologija gradskog prometa II, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 2008.

[2] G. Štefančić, Tehnologija gradskog prometa I, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 2008.

[3] R. V. Vuchic, Urban Public Transportation, New Jersey: Englewood Cliffs, 1981.

[4] Zagrebački električni tramvaj, »Sustav za nadzor i upravljanje u ZET-u,« Zagrebački električni tramvaj, Zagreb, 2011.

[5] D. Šojat, »Analiza prioriteta tramvajskog podsustava u gradu Zagrebu (diplomski rad),« Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.

[6] Trapeze Gruop, »Trapeze,« [Mrežno]. Available: trapezegroup.eu/. [Pokušaj pristupa 15 05 2019].

[7] Atron, »History,« [Mrežno]. Available: atron.com/en/company/history.html. [Pokušaj pristupa 30 08 2019].

[8] G. Klipa, »Logistički pristup tehmologije izrade voznog reda za javni gradski prijevoz putnika (diplomski rad),« Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.

[9] K. Torrance, A. R. Haire i R. B. Machemehl, »Vehicle and Driver Scheduling for Public Transport,« Southwest Region University Transportation Center, Austin, Texas, 2009.

[10] Zagrebački električni tramvaj, »Dnevne linije,« [Mrežno]. Available: zet.hr/autobusni-prijevoz/dnevne-linije-251/251. [Pokušaj pristupa 30 08 2019].

POPIS SLIKA I TABLICA

Slika 1.Struktura programa MTRAM. Izvor: [6] 8
Slika 2. Shema HASTUS podsustava. Izvor [7] 9
Slika 3. Prikaz praćenja vozila u sustav TRAPEZE. Izvor: [10] 10
Slika 4. Grafički prikaz voznog reda linije broj 6 gdje su vidljiva imena i redoslije tramvajskih stajališta i vrijeme putovanja. Izvor: [4] 11
Slika 5. Numerički prikaz voznih redova linije broj 6. Izvor: [4] 12
Slika 6. Mreža dnevnih tramvajskih linija. Izvor: [8] 13
Slika 7. Ruta tramvajske linije broj 4 Savski most- Dubec. Izvor: Google karte 16
Slika 8. Prikaz programa INTERPLAN. Izvor: [4] 18
Slika 9. Popis stajališta u ZET-ovoj bazi. Izvor: [4] 19
Slika 10. Udaljenost između stajališta i vrijeme vožnje u vršnom satu. Izvor: [4] 19
Slika 11. Kreiranje trase tramvajske linije broj 4. Izvor: [4] 20
Slika 12. Odabir željenog slijeda linije. Izvor: [4] 21
Slika 13. Polasci vozila iz smjera A sa terminala na liniji broj 4. Izvor: [4] 22
Slika 14. Grafički prikaz tramvajske linije broj 4. Izvor: [4] 22
Slika 15. Numerički prikaz tramvajske linije 4. Izvor: [4] 23
Slika 16. Prikaz vrste vozila na tramvajskoj liniji broj 4. Izvor: [4] 24
Slika 17. Broj tramvajskih vozila u dnevnim satima linije broj 4. Izvor: [4] 24
Slika 18. Statistika tramvajske linije broj 4 tijekom dana. Izvor: [4] 25
Slika 19. Izvadak voznog reda namjenjen putnicima linije broj 4 u smjeru A. Izvor: [10] 26

Tablica 1 Eksploatacijski pokazatelji linije broj 4. Izvor: [4] 17

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada pod naslovom **Analiza procesa izrade voznog reda u tramvajskom prometu**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 05.09.2019.

Student/ica:
Giuliano Gjurin
(potpis)