

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA**

ZAVRŠNI RAD br. 1246

**VIZUALIZACIJA PROMETA JAVNOG PRIJEVOZA  
U STVARNOM VREMENU UPORABOM  
FORMATA GTFS**

Luka Miličević

Zagreb, lipanj, 2024.

Zagreb, 4. ožujka 2024.

## ZAVRŠNI ZADATAK br. 1246

Pristupnik: **Luka Miličević (0036543289)**  
Studij: Elektrotehnika i informacijska tehnologija i Računarstvo  
Modul: Računarstvo  
Mentorica: izv. prof. dr. sc. Ivana Bosnić

Zadatak: **Vizualizacija prometa javnog prijevoza u stvarnom vremenu uporabom formata GTFS**

### Opis zadatka:

Proučiti problematiku pružanja informacija o javnom prijevozu te dostupne norme za razmjenu takvih podataka. Posebnu pažnju posvetiti formatima namijenjenima slanju informacija u stvarnom vremenu. Istražiti normu General Transit Feed Specification (GTFS), a posebno podskup GTFS Realtime (GTFS RT). Za odabrani grad koji pruža usluge javnog prijevoza i daje informacije u formatu GTFS RT potrebno je razviti web-aplikaciju za vizualizaciju trenutnog položaja vozila javnog prijevoza na karti. S obzirom na moguća ograničenja izvora podataka i njihovo slanje u "skoro stvarnom vremenu" (near real-time), potrebno je ostvariti jednostavno predviđanje i animaciju kretanja vozila do sljedeće stanice. Aplikacija treba omogućiti korisniku odabir pojedine prijevozne linije koju želi pratiti i pružiti mu dodatne informacije, poput vremena dolaska vozila na određenu postaju, kašnjenja i slično. S obzirom na način uporabe, aplikacija treba imati responzivni dizajn uz korisničko sučelje prilagođeno i uređajima manjih zaslona.

Rok za predaju rada: 14. lipnja 2024.

*Hvala na kavi...*

# Sadržaj

<b>1. Uvod</b>	<b>2</b>
<b>2. Glavni dio</b>	<b>3</b>
2.1. Zagrebački Električni Tramvaj	3
2.2. GTFS	4
2.2.1. GTFS static	5
2.2.2. GTFS realtime	7
2.3. Protobuf	7
2.4. Arhitektura sustava	8
2.4.1. Baza podataka	8
2.4.2. Pomoćne skripte	8
2.4.3. Backend - node.js	8
2.4.4. Frontend - REACT	8
2.5. Izgled aplikacije	8
<b>3. Rezultati i rasprava</b>	<b>9</b>
<b>4. Zaključak</b>	<b>10</b>
<b>Literatura</b>	<b>11</b>
<b>Sažetak</b>	<b>12</b>
<b>Abstract</b>	<b>13</b>
<b>A: The Code</b>	<b>14</b>

# 1. Uvod

U velikim urbanim gradovima poput Zagreba, javni gradski prijevoz predstavlja neizostavan dio svakodnevnog života. On je temeljni stup mobilnosti, pružajući vitalnu infrastrukturu za povezivanje građana i omogućujući lakše i efikasnije kretanje unutar grada. Velika većina građana svakodnevno koristi javni prijevoz te s obzirom na važnost vremena u užurbanom ritmu gradskog života, dobra organizacija i planiranje putovanja su ključni, jer svi bi htjeli 15 minuta koje potroše na čekanju prijevoza iskoristiti na drukčiji način. Upravo s tim ciljem, ideja završnog rada je stvoriti web aplikaciju, koja pruža stvarno praćenje tramvaja u realnom vremenu, olakšavajući korisnicima efikasno planiranje svojih putovanja, osiguravajući im precizne informacije o dolasku tramvaja i informacijama o pojedinim gradskim linijama prijevoza. Kroz ovaj zadatak, istražiti ćemo tehničke izazove s kojima se susrećemo u razvoju takve web aplikacije. Dublje ćemo istražiti ključne elemente koji oblikuju temelje naše aplikacije poput analize API-ja pruženog od strane Zagrebačkog Električnog Tramvaja, proučavanje otvorenih standarda GTFS i GTFS realtime, te detaljniju analizu strukture web-aplikacije, od PostgreSQL baze podataka, backend dijela ostvarenog s node.js i Express.js, do frontend dijela implementiranog s React.js i bibliotekama poput Leaflet.js

## **2. Glavni dio**

### **2.1. Zagrebački Električni Tramvaj**

Zagrebački električni tramvaj, poznatiji kao ZET, je trgovačko društvo koje je u direktnom vlasništvu Grada Zagreba, te ima ključnu ulogu u organizaciji javnog gradskog prijevoza u Zagrebu. Posluje od 1910. godine i svakodnevno pruža prijevozne usluge za gotovo milijun ljudi pomoću tramvaja, autobusa, uspinjače i specijalnih prijevoza [1]. Nedavno je ZET otvorio svoje podatke javnosti pod Otvorenom dozvolom Republike Hrvatske. Ovi podaci obuhvaćaju GTFS static i GTFS realtime podatke 2.2., koji su trenutno parcijalno implementirani te su dostupni na službenoj stranici ZET-a [2]. Ti podaci će biti temelj moje aplikacije i kroz njih ću detaljnije proći u narednim poglavljima 2.2.1.

#### **Slične aplikacije - ZET info**

Jedna popularna aplikacija koja koristi iste ZET-ove podatke je ZET info [3]. Koja primarno koristi GTFS static podatke za prikaz rasporeda tramvaja ZET-a. Ona nije službena ZET-ova aplikacija te dostupna je preko Apple App Store-a i Google play-a. Vrlo je zgodna za imati pri ruci, ali bih ja sa svojom aplikacijom htio imati i stvarne (realtime) podatke za tramvaje.

Vozni red			5 Prečko-Park Maksimir							Park Maksimir	
FAVORITI	LINIJE	POSTAJE	ned 26	pon 27	uto 28	sri 29	čet 30	pet 31			
Linije			Prečko ↔ Park Maksimir								
	5	Prečko-Park Maksimir		16:24	→	17:26				Vrbik Stigao	
	17	Prečko - Borongaj		16:36	→	17:38				Sveučilišna al. Stigao	
	109	Čromerec - Dugave		16:49	→	17:50				Miramarska Stigao	
				16:55	→	17:42				Lisinski Stigao	
				17:03	→	18:05				Kruge Stigao	
				17:14	→	18:16				Strojarska Stigao	
				17:25	...	18:27				Držićeva 17:25	
				17:39	...	18:41				Autobusni kol. 17:27	
				17:54	...	18:55				Trg P. Krešimira 17:30	
				18:09	...	19:06				Šubićeva 17:32	
				18:16	...	19:00				Tržnica Kvatrić 17:34	
				18:24	...	19:21				Mašićeva 17:39	
				18:38	...	19:35				Jordanovac 17:41	
				18:52	...	19:49				Park Maksimir 17:43	
				19:06	...	20:03					
				19:19	...	20:16					
				19:33	...	20:29					
				19:46	...	20:43					

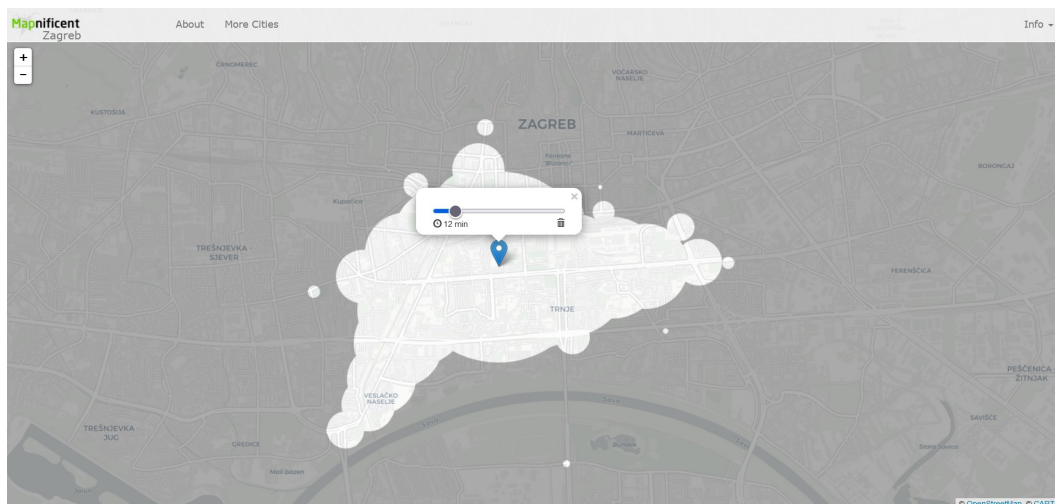
Slika 2.1. ZET info

## 2.2. General Transit Feed Specification

General Transit Feed Specification, kraće GTFS je otvoreni standardizirani format za rasporede javnog prijevoza i pripadajuće geografske informacije. Široko se koristi diljem svijeta te ga podržavaju više od 10 tisuća agencija javnog prijevoza u preko 100 zemalja. Neke od platformi koje koriste GTFS su Google Maps, Apple Maps, Moovit, OpenStreet-Map i druge [4]. GTFS je započeo 2005. godine kao ideja za sporedni projekt Googleovog zaposlenika Chris Harrelsona te je danas De facto standard industrije. GTFS se sastoji od dva glavna dijela GTFS schedule (static) i GTFS realtime.

Činjenica da je GTFS otvoreni standard omogućuje da agencije za prijevoz informacije učine dostupnima pomoću bilo kojeg od mnogih alata koji već podržavaju GTFS i korisnicima da preuzmu i obrađuju te informacije sa proizvoljnom aplikacijom koja podržava GTFS ili ako žele razviju svoje programe za to. Otvoreni standardi dovode do stvaranja podataka koji se mogu lako dijeliti i potiču daljnji razvitak.

Jedan zanimljiv primjer male aplikacije koja koristi GTFS podatke da prikaže područja na karti do kojih možete doći javnim prijevozom u određenom vremenu je otvoreni projekt Mapnificent koji je javno dostupan na Github-u [5]. Na slici 2.2. je prikazano dokle je moguće doći javnim prijevozom od zgrade FER-a unutar 12 minuta.



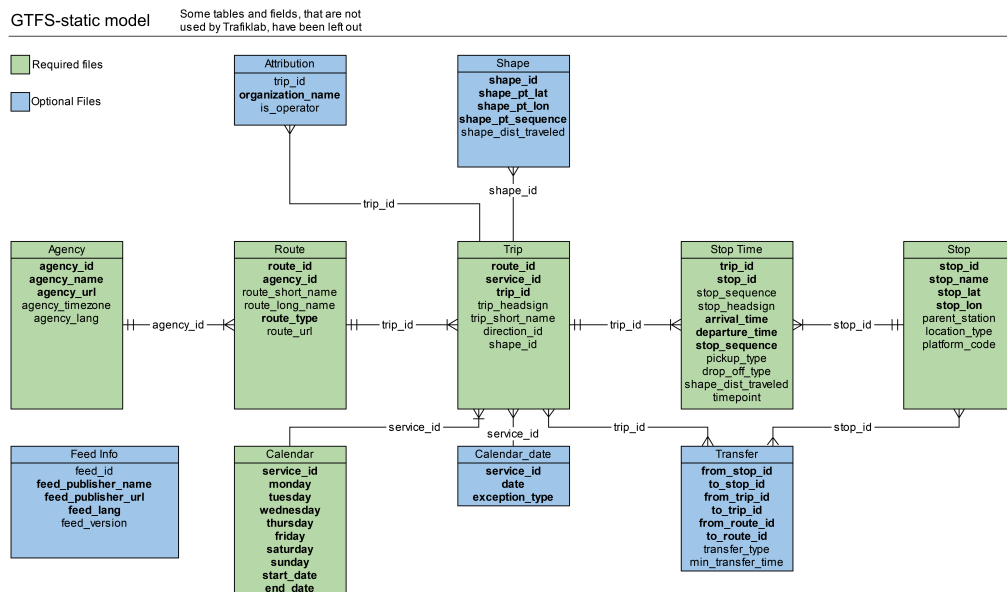
**Slika 2.2.** Mapnificent Zagreb

### 2.2.1. GTFS static

GTFS static ili GTFS schedule je kolekcija od barem 6 osnovnih, do 26 CSV (comma-separated values) datoteka s ekstenzijom .txt zapakiranih unutar jedne komprimirane .zip datoteke. Te datoteke sadrže informacije o rutama, rasporedima, stanicama, i ostalim raznim informacijama o prijevozu [6]. Sam format datoteka koji je CSV pruža otvorenost i jednostavnost rukovanja jer mnogo programskim alata i jezika ima metode za efektivnu obradu CSV što čini implementaciju strojnog čitanja lakoćom. Važno za napomenuti da je način kodiranja datoteka imperativan, obavezuje se korištenje UTF-8 kodiranja (podrжан je i UTF-8 BOM).

Na dijagramu 2.3. prikazan je jedan primjer važeće strukture GTFS static modela kojeg prikladno prikazuju datoteke u ER (Entity-relationship) modelu. Zelenom bojom su označene neophodne datoteke, a plavom par dodatnih opcionalnih datoteka te za svaku od njih struktura i međusobne relacije.





Slika 2.3. GTFS-static model [7]

## Neophodne datoteke

Moraju biti definirane da bi zadovoljili GTFS standard. One zajedno spojene pomoću pojedinih identifikatora čine cjelovitu sliku mreže javnog prijevoza

- **Agency.txt** - Opće informacije o prijevoznoj agenciji, uključujući njezino ime, web stranicu, i vremensku zonu.
- **Routes.txt** - Definira različite linije javnog prijevoza. Svaka ruta obuhvaća informacije o identifikatorima ruta, tipovima vozila i drugim detaljima.
- **Trips.txt** - Informacije o specifičnim putovanjima na određenim rutama, uključujući vremena polaska i druge povezane podatke.
- **Stop\_times.txt** - Informacije o vremenima dolaska i odlaska vozila na svakoj stanici tijekom svakog putovanja.
- **Stops.txt** - Informacije o stanicama, uključujući identifikatore, nazive i geografske koordinate.
- **Calendar.txt** - Informacije o tjednom rasporedu putovanja.

## Opcionalne datoteke

Pored neophodnih datoteka korisno je imati i dodatne opcionalne datoteke poput:

- **Shapes.txt** - Informacije o geografskim koordinatama rute i omogućuje lijepo iscrtavanje rute na karti.
- **Transfers.txt** - Informacije o povezivanju više ruta kako bi se olakšala mogućnost presjedanja i kombiniranja prijevoznih linija.
- **Calendar\_dates.txt** - Omogućuje definiranje iznimaka u redovnom rasporedu kada usluga radi ili ne radi na pojedinoj liniji zbog smetnji ili radova, ili pak posebnih prijevoza.

## ZET GTFS podaci

### 2.2.2. GTFS realtime

GTFS realtime ili GTFS-rt je ekstenzija GTFS-a koja je nastala 2011. godine te je također de facto industrijski standard za dijeljenje stvarnih podataka o prijevozu. Jer je GTFS otvoreni standard, realtime se razvio s ciljem maksimalne interoperabilnosti i lakoće korištenja da bi olakšali programerima razvoj aplikacija i lakoću dijeljenja informacija o prijevozu između agencija. GTFS-rt sadrži informacije u stvarnom vremenu o lokacijama vozila, predviđenim vremenima dolaska te obavijestima o promjenama ruta i otkazivanjima putem web poslužitelja koji koristi protocol buffers (protobuf). Podaci o stvarnoj lokaciji stvaraju se neprekidno od strane agencije putem sustava za automatsko praćenje vozila dok se vremena dolaska na odredište izračunavaju korištenjem modela strojnog učenja koji analiziraju povijesne podatke o položaju i voznom redu

etc...

## 2.3. Protocol buffers

Protocol Buffers su jezično i platformski neutralni, proširivi mehanizmi za serijalizaciju strukturiranih podataka. Razvijeni od strane Googlea, prvotno su bili namijenjeni internoj uporabi, ali su kasnije postali dostupni pod otvorenom licencijom. Glavni cilj protocol buffera je pružiti jednostavnost i visoke performanse, te su posebno dizajnirani kako

bi bili manji i brži od XML i JSON formata. Datoteke koje definiraju strukturu podataka u protocol buffer formatu obično imaju ekstenziju .proto.

etc...

## **2.4. Arhitektura sustava**

Sustav će se temeljiti na modelu Klijent-Poslužitelj. Korisnik će koristiti svoje računalo za pristup stranici putem web-preglednika, koji će potom komunicirati s mojom aplikacijom koja će se nalaziti na nekom poslužiteljskom računalu. Frontend dio aplikacije će biti kreiran pomoću React radnog okvira te će koristiti razne biblioteke koje olakšavaju programiranje različitih funkcija. Taj dio će korisnik moći vidjeti i koristit će za upravljanje našom aplikacijom. Backend dio će biti kreiran u JavaScriptu pomoću node.js i raznih paketa poput express.js i drugih. Također u backend dijelu aplikacije će biti PostgreSQL baza podataka koja će se koristiti za pretraživanje informacija o rutama koje preuzmemo s ZET-ove stranice.

etc...

### **2.4.1. Baza podataka**

### **2.4.2. Pomoćne skripte**

### **2.4.3. Backend - node.js**

### **2.4.4. Frontend - REACT**

## **2.5. Izgled aplikacije**

### **3. Rezultati i rasprava**

## **4. Zaključak**

## Literatura

- [1] Zagrebački Električni Tramvaj, “ZET - O nama”, <https://www.zet.hr/o-nama/259>, [Stranica posjećena: 16.05.2024.].
- [2] —, “ZET - GTFS podaci”, <https://www.zet.hr/odredbe/datoteke-u-gtfs-formatu/669>, [Stranica posjećena: 27.05.2024.].
- [3] ZET info, <https://zet-info.com/>.
- [4] General Transit Feed Specification, “GTFS - About”, <https://gtfs.org/>.
- [5] Mapnificent, <https://github.com/mapnificent/mapnificent>.
- [6] General Transit Feed Specification, “GTFS - Schedule/Static”, <https://gtfs.org/schedule/>, <https://gtfs.org/schedule/reference/#dataset-files>. <https://developers.google.com/transit/gtfs/reference>.
- [7] Trafiklab, “Informacije o GTFS schedule modelu i slika modela”, <https://www.trafiklab.se/docs/using-trafiklab-data/using-gtfs-files/static-gtfs-files/>.
- [8] General Transit Feed Specification, “GTFS - Realtime”, <https://gtfs.org/realtime/>.

# Sažetak

## Vizualizacija prometa javnog prijevoza u stvarnom vremenu uporabom formata GTFS

Luka Miličević

Unesite sažetak na hrvatskom.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

**Ključne riječi:** prva ključna riječ; druga ključna riječ; treća ključna riječ

# Abstract

## Visualization of public transport traffic in real time using the format GTFS

Luka Miličević

Enter the abstract in English.

Hello, here is some text without a meaning. This text should show what a printed text will look like at this place. If you read this text, you will get no information. Really? Is there no information? Is there a difference between this text and some nonsense like “Huardest gefburn”? Kjift – not at all! A blind text like this gives you information about the selected font, how the letters are written and an impression of the look. This text should contain all letters of the alphabet and it should be written in of the original language. There is no need for special content, but the length of words should match the language.

**Keywords:** the first keyword; the second keyword; the third keyword



## **Privitak A: The Code**