

Izrada voznog reda na autobusnoj liniji 212 Dubec - Sesevete u Zagrebu

Bartolović, Krešo

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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:119:820930>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-06**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Krešo Bartolović

**IZRADA VOZNOG REDA NA AUTOBUSNOJ LINIJI 212
DUBEC – SESVETE U ZAGREBU**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2020.

Zagreb, 11. ožujka 2020.

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

ZAVRŠNI ZADATAK br. 5510

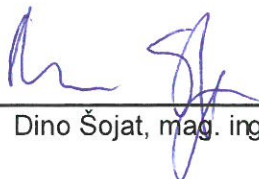
Pristupnik: **Krešo Bartolović (0135230311)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Gradski promet**

Zadatak: **Izrada voznog reda na autobusnoj liniji 212 Dubec - Sesvete u Zagrebu**

Opis zadatka:

U završnom radu potrebno je predočiti postojeće metodologije za izradu voznog reda. Za navedenu liniju javnog gradskog prijevoza, potrebno je analizirati parametre prijevoznog procesa i donijeti zaključak o učinkovitosti prijevoznog procesa na liniji. Na temelju zaključaka, potrebno je izraditi optimalan vozni red za liniju.

Mentor:



Dino Šojat, mag. ing. traff.

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**IZRADA VOZNOG REDA NA AUTOBUSNOJ LINIJI 212
DUBEC – SESVETE U ZAGREBU**

**TIMETABLE DESIGN FOR THE BUS LINE 212
DUBEC – SESVETE IN THE CITY OF ZAGREB**

Mentor: Dino Šojat, mag. ing. traff.
Student: Krešo Bartolović, 0135230311

Zagreb, srpanj 2020.

IZRADA VOZNOG REDA NA AUTOBUSNOJ LINIJI 212 DUBEC – SESVETE U ZAGREBU

SAŽETAK

Javni gradski prijevoz putnika koji se odvija na prometnicama karakteriziraju velika prijevozna potražnja i velik udio nepravilnosti koje nastaju u prijevoznom procesu. Prema tome vozni red autobusne linije mora zadovoljiti prijevozne zahtjeve, pružiti adekvatnu prijevoznu ponudu za prijevoznu potražnju i istovremeno osigurati točnost i redovitost dolazaka autobusa. U završnom radu opisan je postupak planiranja i osnovni elementi za izradu voznog reda te disponiranje vozila i raspored vozača. Potom je prikazana izrada voznog reda za autobusnu liniju 212 u Zagrebu, prijevoznika Zagrebački električni tramvaj na temelju prikupljenih podataka, vremena putovanja, vremena obrta za svaki polazak i brojanja putnika u jutarnjem i poslijepodnevnom vršnom periodu.

KLJUČNE RIJEČI: autobusna linija, Grad Zagreb, javni gradski prijevoz, vozni red

TIMETABLE DESIGN FOR THE BUS LINE 212 DUBEC – SESVETE IN THE CITY OF ZAGREB

SUMMARY

Urban public transport is characterized by high transport demand and high proportion of irregularities arising from transport process. Accordingly, bus timetables must satisfy all transport requirements, provide an adequate transport supply for transport demand and, at the same time, ensure the punctuality and regularity of bus arrivals. This undergraduate thesis describes the planning process and the basic elements for timetable design, as well as vehicle scheduling and crew rostering. Therefore, the timetable for bus route 212 in Zagreb by Zagrebački električni tramvaj, was then shown based on collected data, travel time, cycle time for each departure and passenger counts in morning and afternoon peak periods.

KEYWORDS: bus line, City of Zagreb, public transport, timetable

SADRŽAJ

1	UVOD.....	1
2	OSNOVNI ELEMENTI IZRADE VOZNOG REDA I RASPOREDA VOZAČA	2
2.1	Autobusna mreža linija gradskog prijevoza	3
2.2	Vozni park javnog gradskog prijevoza.....	5
2.3	Disponiranje vozila i rasporeda vozača u AP Dubrava.....	6
3	POSTUPAK PLANIRANJA VOZNOG REDA	9
3.1	Određivanje elementa prijevoznog procesa	10
3.2	Izrada voznog reda	11
3.3	Određivanje službi vozača	14
3.4	Grafički prikaz planiranja	15
4	ANALIZA PRIJEVOZNOG PROCESA NA LINIJI 212.....	17
4.1	Stajališta	18
4.2	Terminali	19
4.3	Tipovi autobusa na liniji.....	21
4.4	Postojeći vozni red i službe vozača.....	23
4.5	Metodologija prikupljanja podataka	26
4.6	Dijagram vremena.....	27
4.7	Dijagram popunjenosti	28
5	PRIJEDLOG NOVOG VOZNOG REDA	31
6	ZAKLJUČAK	34
	LITERATURA.....	35
	POPIS SLIKA I TABLICA	37

1 UVOD

Objektivna je činjenica da je izrada voznog reda u javnom gradskom prijevozu putnika veoma složen proces i važan čimbenik u funkcioniranju grada i okolnog područja. Problematika se očituje u nedostatku alternativnih pravaca, zagušenosti i problema vanjskih utjecaja.

U završnom radu se opisuje analiza prijevoznog procesa linije 212 Dubec – Sesvete. Metodom prikupljanja podataka, odnosno brojanjem putnika pri ulazu i izlazu na svakom autobusnom stajalištu linije u jutarnjem i poslijepodnevnom vršnom satu, utvrđeno je funkcioniranje linije kao i moguća izmjena voznog reda. Ciljevi prijevoznog procesa su zadovoljiti potrebe odnosno zahtjeve korisnika omogućiti udoban, brz, jeftin i učinkovit prijevoz, uz što manje troškove.

Rad je podijeljen u šest cjelina. Polazi se od uvida u problematiku pri izradi voznog reda u javnom gradskom prijevozu putnika te cilja prijevoznog procesa. U drugom poglavlju koji govori o osnovnim elementima izrade voznog reda i rasporeda vozača opisuju se elementi koji utječu na izradu voznog reda te se prikazuje mreža linija. Opisuje se heterogeni vozni park za obavljanje javnog gradskog prijevoza kao i disponiranje vozila i raspored vozača. U trećem poglavlju definira se postupak planiranja voznog reda koji prethodi izradi voznog reda te su prikazani grafički prikazi. Analiza prijevoznog procesa linije 212 s temeljitim brojanjem putnika prilikom ulaza i izlaza na svakom stajalištu opisano je u četvrtom poglavlju. U petom poglavlju, prikazan je prijedlog novog voznog reda i definirane su službe za vozače na temelju istog. Na kraju završnog rada nalazi se Zaključak, koji predstavlja sintezu svih prikupljenih i obrađenih informacija.

2 OSNOVNI ELEMENTI IZRADE VOZNOG REDA I RASPOREDA VOZAČA

Izrada voznog reda je odgovoran i zahtjevan posao. Kako bi se vozni red kvalitetno izradio, potrebno je najprije upoznati se s karakteristikama putnika u gradskom prometu, što se posebno odnosi na: razlog i svrhu putovanja putnika, vrijeme putovanja i duljinu putovanja. Gradski prijevoz putnika, u ovom slučaju prijevoz putnika koji vrši Zagrebački električni tramvaj (kratica: ZET), očituje se autobusnim prijevozom putnika i jedan je od elemenata prilikom izrade voznog reda.

Vozni red sadrži:

- naziv prijevoznika
- liniju na kojoj se obavlja prijevoz
- redosljed autobusnih stajališta
- međustanične udaljenosti
- vrijeme dolaska i polaska sa stajališta
- režim održavanja linije
- razdoblje održavanja linije
- rok važenja voznog reda.

Linija javnog gradskog putničkog prijevoza definira se s dvije grupe elemenata: statičkim i dinamičkim elementima linije. Statički elementi linije su [1]:

- trasa
- terminal
- stajalište.

Trasa linije javnog gradskog putničkog prijevoza je putanja između dva autobusna početna i završna terminala. Prolazi određenim gradskim ili prigradskim ulicama i poklapa se s osnovnim tokovima putnika koji se kreću između dva terminala.

Terminali su početne i krajnje stanice koje služe za promjenu smjera kretanja autobusa javnog gradskog putničkog prijevoza i za izvršavanje obvezne pauze vozača te čekanje vremena odlaska na sljedeći vozni red vožnje. Terminali, također služe za promjenu vozača poslije radne osmosatne službe, kao i za privremeno kraće ili duže parkiranje u slučaju oštećenja ili kvara autobusa.

Stajalište je mjesto na liniji na kojima se zaustavljaju vozila. Prilagođena su za izlaz i ulaz putnika iz vozila javnog gradskog putničkog prijevoza. Postavljena su na temelju analize kretanja i priljeva putnika.

Stajališta mogu biti stalna ili povremena. Stalna stajališta su ona stajališta na koja vozila obavezno staju neovisno o tome ima li ili nema putnika za ulaz u vozilo ili izlaz iz vozila. Povremena, odnosno stajališta prema potrebu su stajališta na kojima vozila staju samo ako ima putnika za ulaz u vozilo, odnosno putnika za izlaz iz vozila. Stalna stajališta se u pravilu nalaze u gradskom području, dok se povremena stajališta nalaze na prigradskom području, odnosno na području gdje je manja frekvencija putnika. Autobusna stajališta javnog gradskog prijevoza izgrađena su i posebno označena površina gdje se prometna sredstva zaustavljaju radi sigurnog ulaska i izlaska putnika.

Dinamički elementi transportne usluge na liniji utvrđuju se voznim redom, a mijenjaju se prema prijevoznim zahtjevima potražnje na određenoj liniji. Dije se na osnovne dinamičke elemente, kao što su broj vozila i vrijeme obrta, te izvedene dinamičke elemente, kao što su frekvencija i interval vozila.

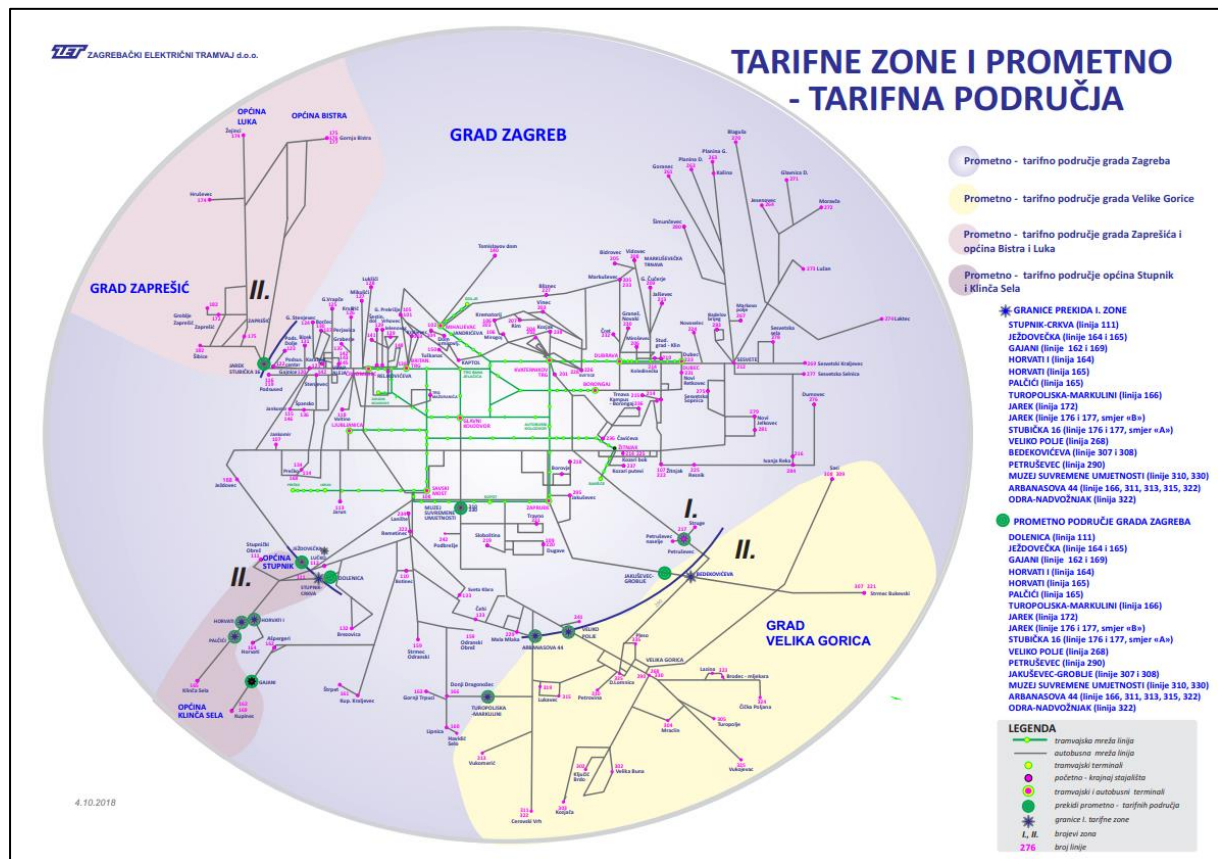
Uz prethodno navedene elemente, bitna funkcija prilikom obavljanja prijevoza je brzina u cestovnom gradskom prometu. Razlikuju se: prijevozna, prometna, brzina obrta i eksploatacijska brzina. Navedene brzine se mogu promatrati u odnosu na prijevozno sredstvo, put i predmet prijevoza.

2.1 Autobusna mreža linija gradskog prijevoza

Mreža linija je skup linija javnog gradskog prijevoza koje se međusobno preklapaju ili presijecaju. Predstavlja glavnu komponentu infrastrukture sustava javnog prijevoza, dok je linija javnog gradskog putničkog prijevoza dio mreže na kojoj se obavlja javni prijevoz prema unaprijed utvrđenoj tarifi i voznom radu. Mreža linija dostupna je svakom korisniku. Kako bi se definirao i obavljao javni linijski prijevoz putnika određene linije je potrebno analizirati i istražiti adekvatnu prijevoznu ponudu i potražnju.

Na području mreže javnog gradskog putničkog prijevoza postoji više vrsta linija. Prema teritoriju prometovanja linije se dijele na:

- gradske linije
- prigradske linije.



Slika 1. Mreža linija gdje je prijevoznik Zagrebački električni tramvaj
 izvor: [2]

Gradske linije su one linije čije se trase pružaju na užem području grada. Opisuju ih manje međustanične udaljenosti, velika izmjena putnika i kratko vrijeme putovanja po jednoj vožnji.

Prigradske linije su linije koje povezuju uže područje grada s okolnim naseljima. Prigradske linije opisuju veće međustanične udaljenosti, veća dužina linije i dulje vrijeme putovanja [3].

Osim razlikovanja prema teritoriju prometovanja, linije se mogu razlikovati prema načinu pružanja u odnosu na grad. Tada se razlikuju [4]:

- radijalne linije
- dijametralne linije
- kružne linije
- tangencijalne linije

- polukružne linije
- periferne linije.

Slika 1 prikazuje primjer mreže gradske linije prijevoznika Zagrebačkog električnog tramvaja.

2.2 Vozni park javnog gradskog prijevoza

Svako specijalizirano poduzeće koje se bavi organizacijom javnog gradskog i prigradskog putničkog prijevoza, a kako bi bilo konkurentno na tržištu, mora raspolagati s odgovarajućim voznim parkom, koji će u svakom trenutku moći zadovoljiti potražnju tržišta u obavljanju prijevoza.

Pod pojmom voznog parka podrazumijeva se skup svih transportnih sredstava određenog poslovnog subjekta, odnosno poduzeća. Sam vozni park može se podijeliti prema veličinu i prema broju transportnih jedinica:

- mali vozni park
- srednji vozni park
- veliki vozni park
- jako veliki vozni park.

U slučaju Zagrebačkog električnog tramvaja, kroz povijest se nastojalo raspolagati sa što kvalitetnijim voznim parkom, koji će moći udovoljiti postavljenim zadacima u tehnološkom procesu prijevoza putnika. Kvaliteta i sigurnost su od neprocjenjive važnosti ne samo za korisnike usluga, nego i za same vozače javnog gradskog prijevoza.

Zagrebački električni tramvaj raspolaže s najsuvremenijim voznim parkom za obavljanje gradskog i prigradskog prijevoza putnika. Raspoloživim voznim parkom podrazumijeva se skup svih vozila koji se vode u knjigovodstvu prijevoznih sredstva poduzeća javnog gradskog prijevoza. Prema sastavu vozni park može se razvrstati na homogeni i heterogeni vozni park. Vozni park sastavljen od iste marke vozila označava homogeni vozni park, dok je heterogeni voznom park sastavljen od različite marke vozila.

Vozni park Zagrebačkog električnog tramvaja sastoji se od heterogenog voznog parka, koji se sastoji od autobusa marke: MAN, MERCEDES-BENZ i IVECO. Tablica

1 prikazuje broj vozila prema markama autobusa. Vozila su raspoređena u tri garaže, odnosno autobusna pogona: Dubrava, Podsused i Velika Gorica.

Tablica 1. Marke i broj vozila u voznom parku AP Dubrava

Marka vozila	Broj vozila
Mercedes-Benz	92
Man	51
Iveco	65
Iveco Cacciamali	5
Iveco Daily	2

Izvor: autor

Kao što je vidljivo iz prethodne tablice, najzastupljeniji je autobus marke Mercedes-Benz. Iako je cijenom jedan od skupljih vozila, dugoročno gledano daje: vrhunsku udobnost, sigurnost i izdržljivost te nakon dužih perioda i isplativost.

Danas za potrebe prometa, kupuju se isključivo nova vozila marki Mercedes-Benz i Man. Prvenstveno se nabavljaju niskopodna vozila, u zglobnoj ili solo izvedbi, a sve kako bi se javni gradski prijevoz napravio što pristupačnijim svim kategorijama korisnika, odnosno putnika.

Tablica 2. Prikaz broja vozila prema izvedbi u AP Dubrava

Marka vozila	Broj vozila
Klasični solo	87
Zglobni	97
Mini	5
Turistički	6
Školski	20

Izvor: autor

Vozni park autobusnog pogona (AP) Dubrava posjeduje 215 vozila, odnosno autobusa (Tablica 2). Od navedenog broja autobusa, najviše se posjeduje zglobnih, a zatim klasičnih solo autobusa.

2.3 Disponiranje vozila i rasporeda vozača u AP Dubrava

Javni gradski i prigradski putnički prijevoz predstavlja transportnu djelatnost i od posebnog je društvenog interesa. Odnosi se na promet putnika u okolici većih gradova i na njihovom urbanom području s ciljem da se optimalno zadovolje želje i potrebe korisnika prijevozne usluge na relaciji grad - okolica i obrnuto. Sastoji se od prijevoznih sredstva s ustaljenim voznim redom i vremenom vožnje, a korištenje je dozvoljeno svakom tko plati određenu tarifu cijene prijevoza.

Kako bi se proces prijevoza putnika što kvalitetnije odvijao bez nastanka prekida prijevoznog procesa u kojem će biti zadovoljeni svi parametri vezani za sigurnost putnika u prijevozu, te će prijevoz biti obavljen u zadanom vremenskom periodu moraju se pravilno disponirati vozila i vozači na linijama.

Disponiranje vozila obavlja dispečer i to u službi od 22:00 do 06:00. Vozila po povratku s linija idu na točenje goriva, pranje i čišćenje, a zatim na preventivni pregled i na parking. S obzirom na to kako se svaku noć za jutarnji izlaz treba pripremiti 125 vozni jedinica veliku ulogu u procesu imaju djelatnici servisa koji moraju prirediti potrebna vozila za izlaz. Posebni vozači rade na poslovima noćne pripreme autobusa, a zovu se parkirni vozači. Servis daje dispečeru tri smjene, svoj plan zadržavanja i ispravnosti vozila po potrebi prometa te prema tim materijalima dispečer radi dispoziciju autobusa za sljedeći dan.

ZET PA Dubrava				Dispozicija - radni dan		U prometu od 03.03.2020.		
lin	VR	garažni broj/rad	lin	VR	garažni broj/rad	lin	VR	garažni broj/rad
								13.03.2020.
								lin VR garažni broj/rad
107	A1	205 R	216	I	451 R	230	I	671
	A2	534		B2	530 R		A2	628
	A3	537		3	452		231	I
	A4	558		217	I	549		A2
	A5	195 R		2	661		232	I
201	I	327		3	203		2	625
	2	474		4	544		233	I
202	I	329		218	I	585		2
	2	401		2	340		234	I
	2	402		219	I	228		2
	3	403		220	I	202		3
204	I	96		2	210		235	I
205	I	475		B3	206 R		236	I
	2	476		4	222		237	I
206	B1	477		221	I	223		238
	2	556		B2	533		241	I
207	I	90		3	220		242	I
208	I	330		4	225		261	I
	2	332		222	A1	557		2
	3	268/1		A2	532		262	I
209	I	334		B3	553 R		2	466
	2	336		223	I	337		A
	3	678		2	454		263	I
B4	665			224	I	457		B2
210	I	658		C2	437		3	412
	2	674		225	I	409		4
	3	669		A2	453 R		264	I
212	I	546		226	I	458		267
	2	197		2	460		268	I
	3	469		B3	667		2	193
213	I	433		227	I	404		3
	2	434		2	465		4	200
214	I	435		3	405		5	547
215	I	552		4	668		6	201
	2	550		C5	664		7	542
	3	536		228	I	338		8
	4	545		2	339		9	551
	5	539		229	I	407		N
								339

Brojno stanje autobusa:	206
Broj ispravnih autobusa:	
Broj neispravnih autobusa:	
Zatraženo za promet:	144+16
Stvarno izašlo u promet:	
U pričuvi autobusa:	

SLOBODAN PRIJEVOZ:		
Naručilac:	Relacija	Garažni broj
Službeni autobus:	Kašina - Lužan	
	Sesvetski Kraljevec	
	Ivanja Reka	
	Velika Gorica	

Noćna linija Sesvete:	
- II - Velika Gorica:	339
- II - 33 - 1:	
- II - 33 - 2:	
- II - 34 - 1:	545
- II - 34 - 2:	553

Šef smjene:	Dispečer:
-------------	-----------

Slika 2. Dispozicija autobusa za radni dan
Izvor: autor

Slika 2 prikazuje dispoziciju za jedan radni dan a sadrži: broj linije autobusa, vozni red, garažni broj, brojno stanje autobusa za određeni dan, broj ispravnih, neispravnih vozila, zatraženi broj i stvarni izlazak i vozila u pričuvi. U dispoziciji se

također nalaze i garažni brojevi službenih autobusa namijenjeni za vozača koji dolaze u rane službe do garaže kao i popis vozila za noćne linije.

Ako se tijekom preventivnog pregleda ustanovi kvar, a nije ga moguće tijekom noći otkloniti tada se vozilo povlači iz prometa i ostavlja u servisu za popravak u prvoj smjeni. Kada dispečer napravi dispoziciju tada se piše predispozicija za lakše snalaženje, nakon čega se unose kompjuterski zapisi s garažnim brojevima po linijama za jutarnji izlaz. Kada je napravljen potpuni izlaz autobusa te su sve linije opslužene vozilima i vozačima dispečerski posao završava.

Disponiranje i raspored vozača obavlja disponentska služba s četiri disponenta, a svaki disponent ima određen broj vozača za disponirati na linije. Obično je to podjela na parne i neparne brojeve. Da bi se lakše mogli snalaziti disponenti imaju izrađen računalni program (Slika 3), koji vodi brigu o popunjenosti svih linija s vozačima, jer u protivnom se signalizira propust nedovoljnog broja vozača na pojedinoj liniji.

Slika 3. Prikaz službi u Argosy programu
Izvor: autor

Vozači Zagrebačkog električnog tramvaja rade u smjenama, koje su najčešće:

- rana (od 04:00 do 11:00)
- srednja (od 11:00 do 17:00)
- kasna (od 17:00 do 24:00)
- dvokratna (od 04:00 do 08:00 i od 12:00 do 16:00).

3 POSTUPAK PLANIRANJA VOZNOG REDA

Postupak planiranja voznog reda linije javnog gradskog putničkog prijevoza počinje s prikupljanjem važnih podataka koji su potrebni za planiranje voznog reda. Anketiranje, brojanje i mjerenje su jedna od vrsta prikupljanja podataka na temelju kojih se izrađuje baza podataka gdje se svi podaci temeljito analiziraju kako bi se dobio cjelovit i učinkovit vozni red.

Poduzeće koje planira vozni red i obavlja prijevoz putnika u javnom gradskom prijevozu mora zadovoljiti određene zahtjeve, pružiti sigurnost i kvalitetu te ponuditi potreban kapacitet prijevoznog sredstva za planirani broj putnika, ponuditi maksimalno prihvatljivo slijeđenje, sa stajališta razine prometne usluge i ponuditi minimalnu frekvenciju usluge. Propusna moć i kapacitet određuju prijevoznu potražnju, pa je potrebno znati interval, frekvenciju, broj obrta i zahtjeve korisnika za uslugom.

Postoji nekoliko načina određivanja zahtjeva za prometnom uslugom: distribucijom putničkog obujma prema udaljenosti putovanja i vremena, pomoću perioda planiranja voznog reda i projekta obujma putnika, traženim kapacitetom i odabirom veličine prijevozne jedinice, učestalosti i čimbenika opterećenja [5].

Komponente planiranja voznog reda mogu se podijeliti u tri faze [5]:

- ulaz: priprema podataka potrebnih za planiranje izrade voznog reda, uključujući različite karakteristike linije, planiranje voznog reda linija gradskog prijevoza koja se susreću i imaju transfere, broj putnika, standardne usluge, karakteristike vozila i garniture vlakova, operativne faktore i prakse za svaku liniju te radna pravila i standarde
- planiranje voznog reda predstavlja središnju komponentu postupka koja se temelji na tri glavna elementa:
 - priprema voznih redova ili izradu putovanja koja je zadužena za razmake između sljedova vozila, vremena provedenog na terminalima ili okretištima
 - određivanje TU-a (prometne jedinice) za sva putovanja specificirana u voznom redu
 - podjela vožnje ili određivanje obveza za vozače tijekom dana.

- izlaz: planovi, performanse podataka i njihove uporabe koja sadrži postupke planiranja u izradi voznog reda, uz izravne vozne redove, sastoji se od različitih podataka performansi kao što su vozila/km, plaća/sat, rad/sat i dr. Dobiveni podaci se koriste za izračunavanje troškova, različitih izvješća pri operaciji javnog gradskog prijevoza te analizirane planirane učinkovitosti.

3.1 Određivanje elementa prijevoznog procesa

Organizacija i tehnika elementi su prijevoznog procesa. Tehnološki elementi linije određuje se prema broju vozila na liniji, vrijeme obrta, interval vožnje, frekvenciju polazaka, prijevozna sposobnost linije, brzina, protok putnika kao i ostvareni učinak.

Dinamički elementi kao elementi prijevoznog procesa prometne usluge neke određene linije utvrđuju se voznim redom koji se mijenja prema prijevoznim zahtjevima na liniji. Elementi su podijeljeni na osnovne dinamičke elemente i izvedene elemente.

Osnovne dinamičke elemente čine vrijeme obrta kao i broj vozila linije. Da bi se odredio potreban broj vozila linije bitno je vrijeme obrta. Vrijeme obrta autobusa linije da napravi cijeli obrt ubrajamo i vrijeme čekanja na ulazak i izlazak putnika, vrijeme vožnje kao i vrijeme provedeno na terminalima [4].

Broj vozila kojima se obavlja prijevoz putnika duž određene linije mijenja su u skladu s promjenom zahtjeva u prijevozu putnika. Parametri za izračun su brzina, protok i gustoća.

Interval i frekvencija jedni su od izvedenih elemenata za određivanje prijevoznog procesa. Interval je vremenski razmak između dvaju uzastopnih vozila linije javnog gradskog prijevoza. Dobije se kao odnos vremena obrta i broja vozila na radu, a računa se po formuli:

$$i = \frac{T_o}{N} \quad (1)$$

Interval sadrži maksimalnu i minimalnu vrijednost. Maksimalni interval jednak je vremenu obrta što znači da određenom linijom prometuje samo jedno vozilo, dok najmanje moguće vrijeme provedeno između dva prijevozna sredstva na liniji predstavlja minimalni interval.

Frekvencija je ukupan broj vozila koji u jedinici vremena prođu kroz određenu točku linije. Vremenski interval koji se najčešće uzima je jedan sat. Odnosom broja vozila i vremena praćenja izražena je frekvencija a formula glasi:

$$f = \frac{N}{T_0} \quad (2)$$

Jedan od bitnih faktora pri obavljanju prijevoza je brzina prijevoznog sredstva. Postoji nekoliko osnovnih brzina kretanja prijevoznog sredstva: prometna, prijevozna, eksploatacijska i obrtna brzina.

Prometna brzina je brzina koju ostvari prijevozno sredstvo radeći na radnom zadatku, uzimajući u obzir samo vrijeme vožnje (rada motora), a isključujući stajanje zbog usputnog zadržavanja koje ne uzrokuju prometni tijek. Za homogeni vozni park prometna brzina je omjer udaljenosti koju je vozilo prošlo i sati provedenog vozila u vožnji.

Prijevozna brzina razlikuje se od prometne tako što uzima u obzir i vrijeme mogućeg zadržavanja od polaska do dolaska bez obzira na razloge zadržavanja. Međutim, u vrijeme provedeno u prijevozu nisu uključena vremena ukrcaja i iskrcaja u polaznoj i završnoj točki relacije na kojoj je prijevoz obavljen. Zbog toga je prijevozna brzina manja od prometne brzine ili joj jednaka.

Eksploatacijska brzina je prosječna brzina koju vozilo ostvari radeći na radnom zadatku tijekom ukupnog radnog vremena, dok je brzina obrta brzina koju ostvari prijevozno sredstvo radeći na radnom zadatku pri čemu se uzima u obzir vrijeme ukrcaja i iskrcaja te moguće zadržavanja i sama vožnja tijekom obrta [6].

U javnom gradskom prijevozu bitne stavke prijevoznog procesa određene linije čine vrijeme vožnje, zadržavanje na stajalištima kao i vrijeme zadržavanje na terminalima koje su sastavni dio vremena poluobrtu zadanog voznog reda. Popunjenost se može izraziti kao gustoća stajaćih putnika a dobije se dijeljenjem brojem putnika sa sjedećim mjestima.

3.2 Izrada voznog reda

Osnovne zahtjeve koje vozni red za svaku liniju mora zadovoljiti su [3]:

- pružanje adekvatne prijevozne ponude za prijevoznu potražnju (protok putnika)

- pružanje minimalne potrebne frekvencije usluge, tj. maksimalno prihvatljivog vremena slijeđenja vozila gledano sa stajališta usluga.

Anketiranje je jedna od bitnih informacija pri izradi voznog reda. Svrha samog anketiranja se odnosi na različite vrste putovanja, kao što su: putovanje na posao i s posla, putovanja koje nisu vezana za posao i putovanja između dviju lokacija od kojih ni jedna nije dom. Kod brojanja putnika potrebni su podaci određene autobusne linije na kojoj će se provesti brojanje.

Brojanje se izvodi u toku vršnog opterećenja ili kao cjelodnevno brojanje, gdje se iz prikupljenih podataka može vidjeti da li određena linija zadovoljava uvjete korisnika ili je liniju potrebno reducirati kako bi postala profitabilna. Brojanje izvode brojači koji svojim brzim brojanjem i procjenom upisuju putnike pri ulazu i izlazu na svakom autobusnom stajalištu. Samo brojanje se može izvoditi i automatski pomoću validatora. Validator (Slika 4) je uređaj za automatsko brojanje putnika a radi na principu prisanjanja valjane kartice kod samog ulaza, gdje putnik registrira svoj ulazak u autobus, a i time kupnju vozne karte za određeni smjer. Budući da bi prije svakog izlaska iz autobusa putnik trebao registrirati svoj izlazak takvo brojanje nije potpuno točno.



Slika 4. Validator u vozilu Zagrebačkog električnog tramvaja
izvor: [7]

Uređaj pokazuje datum i vrijeme, trenutnu zonu i stajalište. Povezan je s ATRON-om. ATRON (Slika 5) je sustav kojeg posjeduje svaki autobus, a služi automatskom lociranju vozila i ostvarivanju komunikacije između centra i vozila. Najveći problem

ATRON-a je nedovoljna pokrivenost signala pa je komunikacija između vozača i zaposlenika u centru teško ostvariva.



Slika 5. ATRON FR city
Izvor: autor

Sustav ATRON aktivira se prilikom svakog korištenja vozila i kretanja na liniju. Vozač je dužan se prijaviti prilikom početka službe upisivanjem službenog broja i pripadajuće lozinke. Nakon prijave vozač treba unijeti podatke broja vozila, broja linije i broja voznog reda.

ATRON se u autobusu nalazi na vidljivom i pristupačnom mjestu, kako bi vozač prilikom vožnje mogao nesmetano pratiti trenutno i nadolazeće stajalište koje je istaknuto u metrima kao i vrijeme kretanja s polaznog i odlaznog terminala. Osim terminala, sučelje ATRON-a sadrži i:

- vozni red
- broj linije
- datum i vrijeme
- trenutno i sljedeće stajalište.

Također, ATRON prati i prijevremeni dolazak autobusa, kao i zakašnjenje na predviđeno stajalište koje se ne može predvidjeti zbog nastale ili trenutne situacije u prometu.

Prometni centar pomoću ATRON-a ima uvid u određeno vozilo i vozača te ga u slučaju potrebe može kontaktirati.

3.3 Određivanje službi vozača

Vozačke službe određuje disponent. Izlaze svaki petak. Vozači su na službe upisani pod službenim brojevima, a službe su upisane pod rednim brojevima (Slika 6).

Službe vozači mogu pogledati na web stranicama Zagrebačkog električnog tramvaja, a u subotu mogu pogledati u svim terminalnim prostorijama. Tako svaki vozač zna koju službu radi kroz naredni tjedan i koje dane u tjednu je slobodan.

Kako ponekad i program zna zatajiti dolazi do propusta pa se na linije disponiraju vozači pričuve koji svakodnevno postoje u garaži i to:

- dva vozača u ranoj službi
- jedan vozač u dvokratnoj službi
- dva vozača u srednjoj službi
- dva vozača u kasnoj službi.

Ako dolazi do većeg odstupanja vozača s ranih službi tada se odlučuje na ukidanje voznih redova na linijama koje imaju više voznih redova.

Zagrebački električni tramvaj d.o.o. PROMET AUTOBUSA AP DUBRAVA														3	
Radnici raspoređeni na službe od 23.3.2020. do 29.3.2020.								VOZAČI TRAMVAJA, AUTOBUSA I USPINJAČE							
Radnik	P	U	S	Č	P	S	N	Radnik	P	U	S	Č	P	S	N
	23	24	25	26	27	28	29		23	24	25	26	27	28	29
04534	I-DK	308	308	308	308	O	O	04634	222	199	196	179	194	O	740
04535	259	259	259	259	O	335	773	04635	323	323	323	Oz	293	542	O
04537	I-GO	I-GO	I-GO	I-GO	I-GO	O	O	04640	331	331	331	331	331	571	O
04538	I-BO	I-BO	I-BO	I-BO	I-BO	Ob	Ob	04641	191	191	191	191	191	493	O
04539	126	126	126	126	126	500	O	04642	O	Oz	264	309	312	595	O
04543	I-BO	I-BO	I-BO	I-BO	I-BO	Ob	Ob	04644	19	19	O	19	19	O	633
04547	330	230	230	230	O	O	738	04646	I-PR	I-PR	I-PR	I-PR	I-PR	O	O
04556	190	190	190	O	190	539	O	04651	355	355	O	380	360	605	821
04557	148	148	148	148	148	225	O	04653	I-GO	112	139	112	139	O	O
04558	150	O	150	150	150	469	O	04660	I-GO	I-GO	I-GO	I-GO	I-GO	Oa	Oa

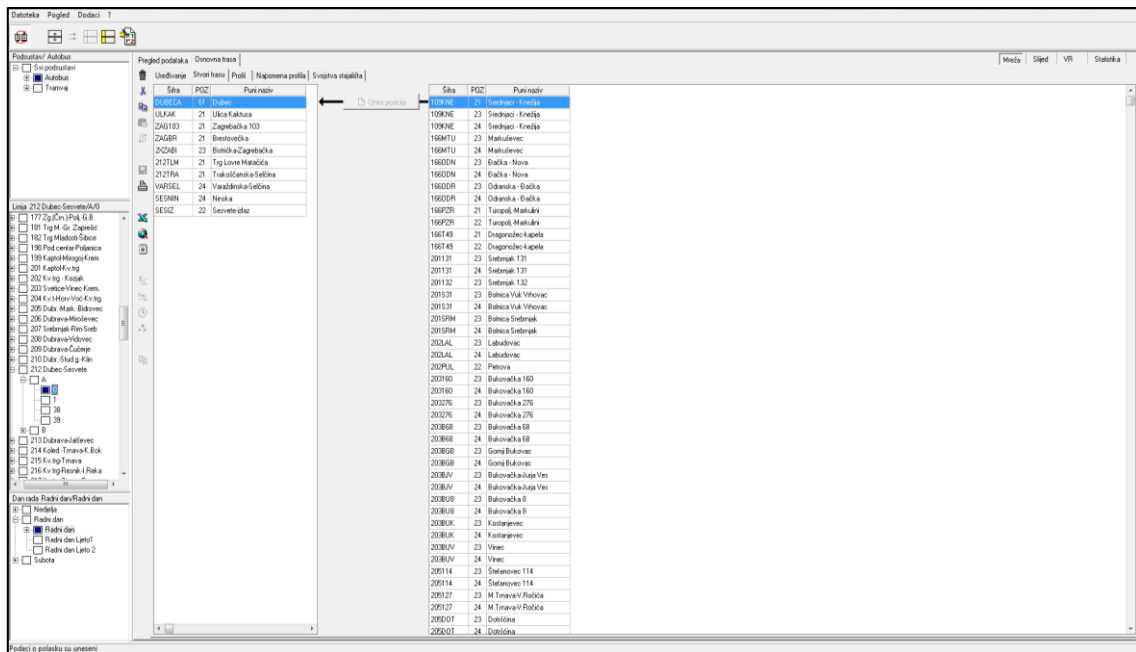
Slika 6. Tjedne službe vozača

Izvor: autor

Službe vozača podijeljene su tako da svaki vozač ima u službi 20 minuta prije i 20 minuta po završetku plaćenog rada za pripremanje autobusa i predaju službe drugom vozaču.

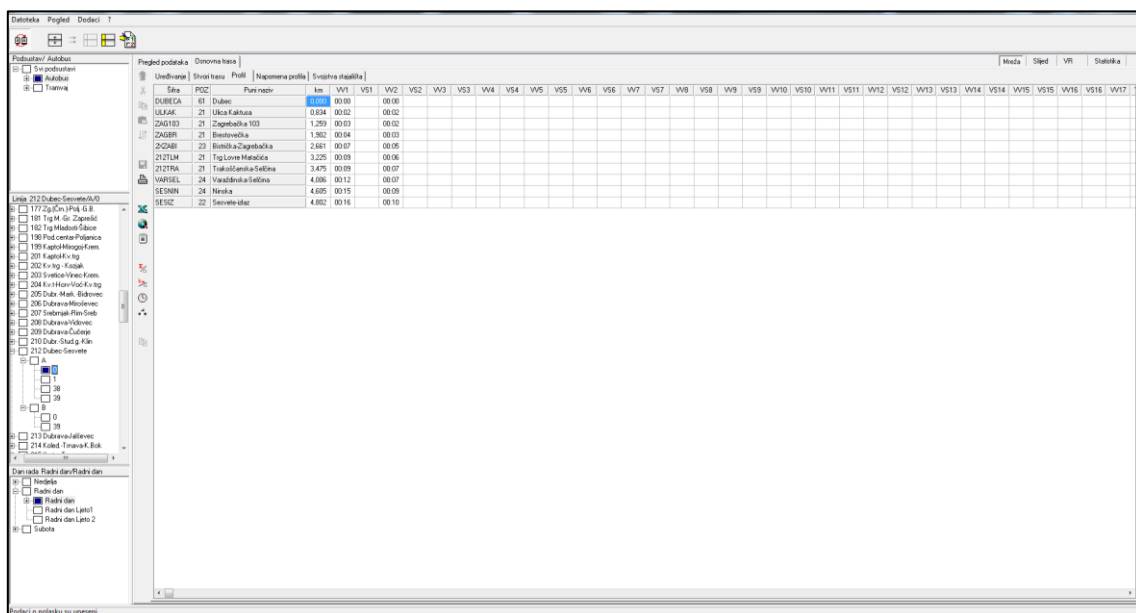
3.4 Grafički prikaz planiranja

Zagrebački električni tramvaj vozni red izrađuje programom Interplan gdje slijedi kreiranje trase, dodavanje stajališta i određivanje rute bitne za kretanje autobusne linije.



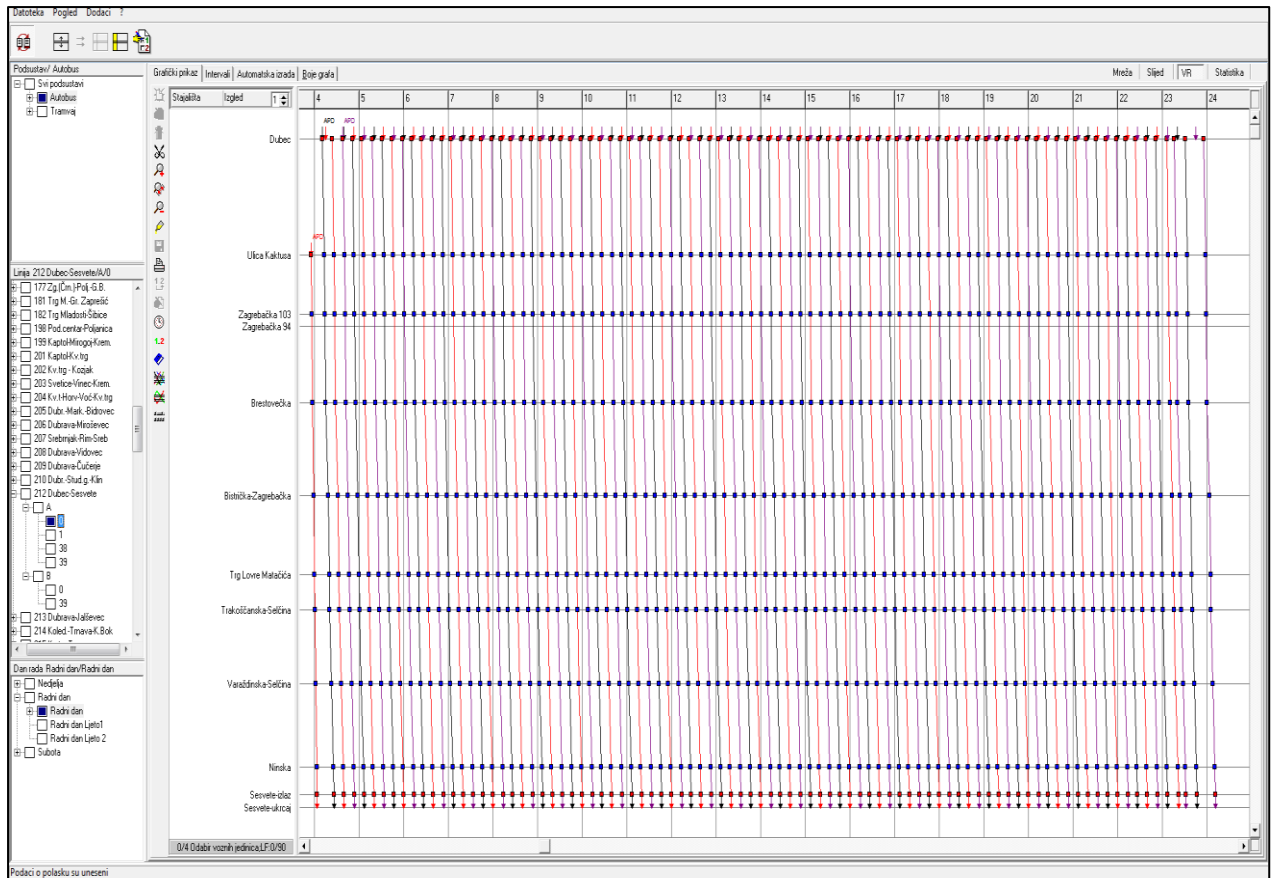
Slika 7. Kreiranje trase za novu liniju
Izvor: autor

Slika 7 prikazuje kreiranje trase u programu, dok Slika 8 prikazuje sučelje u kojem se dodaju međustajališne udaljenosti, kao i vremena vožnje.



Slika 8. Trasa linije s vremenima vožnje
Izvor: autor

Kreiranjem se određuju međustajališne udaljenosti. Promatra se cijela linija, broj putnika pri ulazu i izlazu pa i raspodjela protoka putnika. Dodanim međustajalištima unose se svi podaci za liniju i dobiva se grafički (Slika 9).



Slika 9. Grafički prikaz linije
Izvor: autor

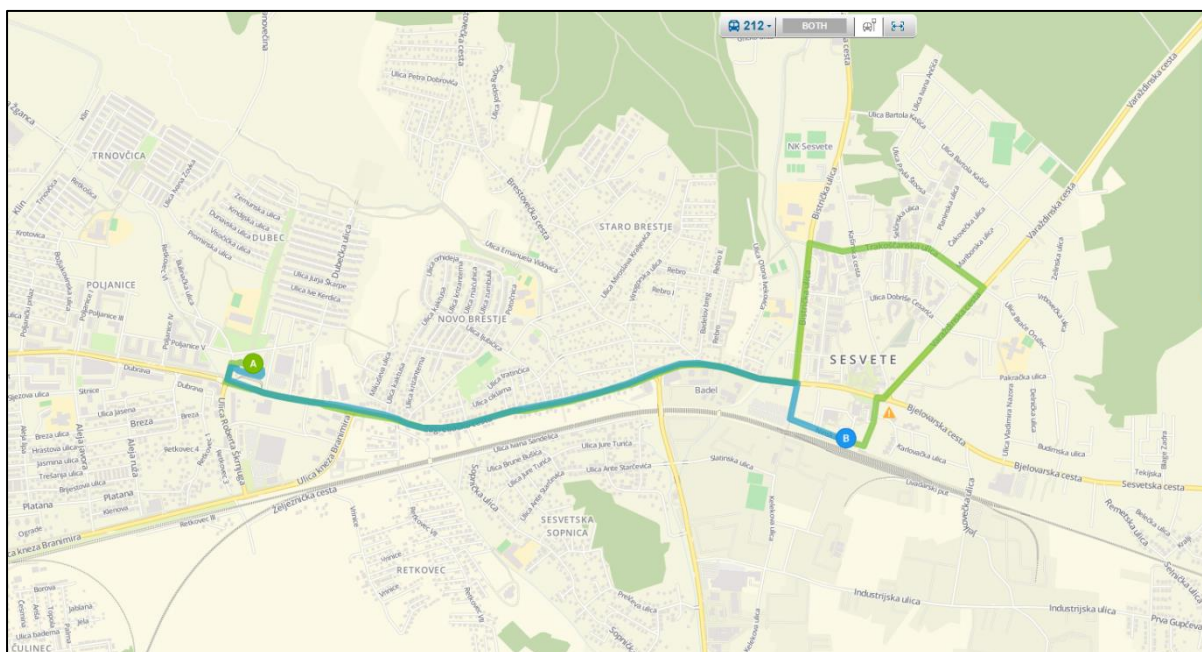
Iz grafičkog se prikaza može iščitati:

- nazivi svih autobusnih stajališta u A i B smjeru
- vremenski periodi između stajališta
- redoslijed stajališta
- duljina putovanja
- autobusni polasci.

4 ANALIZA PRIJEVOZNOG PROCESA NA LINIJI 212

Jedna od važnijih autobusnih linija terminala Dubec linija je 212 Dubec – Sesevete, zato što povezuje autobusni terminal sa željezničkim terminalom Sesevete. Linija kreće s terminala Dubec, Zagrebačkom cestom gdje se nalaze tri stanice u rasponu od 500 do 850 metara. To su stanice: Ul. Kaktusa, Zagrebačka 103 i Brestovečka.

Dolaskom na križanje Zagrebačka ulica – Bistrička, nailazi na istoimenu stanicu te svoju trasu nastavlja Bistričkom do ulice Trakošćanska. Linija nastavlja prema stanicama Trg Lovre Matačića te Trakošćanska – Selčina sve do Varaždinske ulice. Nakon stanice Varaždinska – Selčina nastavlja do ulice i stanice Ninska pa do terminala Sesevete gdje i na kraju završava svoj poluobr. Slika 10 prikazuje trasu linije.



Slika 10. Prikaz trase linije 212 Dubec – Sesevete
Izvor: [8]

Trasa linije 212 u interakciji je s nekoliko drugih linija na mreži, a sljedeće linije su:

- linija 225 (Sesevete – Kozari Bok) – prometuju zajedno Zagrebačkom ulicom Dubec –Sesevete i obrnuto
- linija 224 (Dubec – Novoselec) – prometuju zajedno Zagrebačkom ulicom do ulice Brestovečka gdje linija skreće u ulicu Anke Krizmanić

- linija 279 (Dubec – Jelkovec) – prometuju Zagrebačkom ulicom do ulice Ljudevita Posavskog i dalje svojom trasom.

Također najčešća interakcija linije 212 je s linijom 269 Sesevski Kraljevec – Borongaj gdje veliki broj srednjoškolaca zbog blizine škole, radnika koji rade u manjim obrtničkih firmama te kupaca koji odlaze u obližnji trgovački centra presjedaju i koriste liniju 212 zbog dvije ili tri stanice.

4.1 Stajališta

Linija 212 ima deset stajališta, a započinje na samom terminalu Dubec. U smjeru Seseveta prevladava veći broj stajališta pa se samim time smanjuje brzina i vrijeme putovanja, dok u smjeru Dupca nalazi manji broj stajališta. Zbog blizine poslovnih objekata, škole, vrtića, trgovačkog centra te velikog broja stambenih zgrada u naselju Selčina najviše izmjena putnika događa se na stajalištu Zagrebačka – Bistrička (Slika 11) i Trakošćanska – Selčinska.



Slika 11. Stajalište Zagrebačka – Bistrička
Izvor: autor

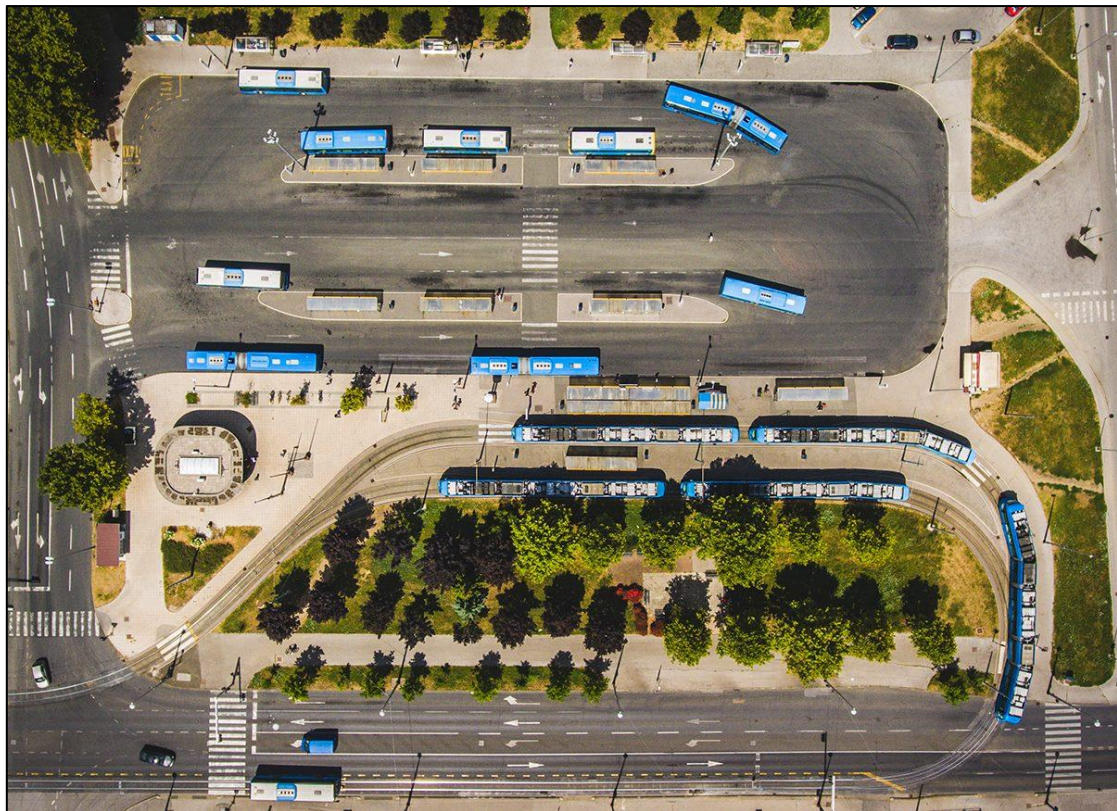
U nekim periodima vršnih sati voznog reda na spomenutim stajalištima ulazak putnika je povećan, a sam izlazak se ne ostvaruje na terminalu Seseveta nego putnici svoje putovanje nastavljaju do terminala Dubec.

Iz smjera Seseveta u nekim vremenskim periodima koji i nisu vršni sati dolazi do prometnih repova i gužvi Ninskom ulicom, a sve zbog blizine željezničkog terminala,

doma zdravlja i poslovnih objekata, pa samim time dolazi do kašnjenja autobusa na linijama.

4.2 Terminali

Terminal Dubec (Slika 12) od velike je važnosti cijelog okruženja jer sa svojih 11 stajališnih perona povezuje veliki dio okolnih naselja te s dva perona koje se nalaze izvan terminala, a pripadaju terminalu Dubec. Od 17 linija koje polaze s terminala Dubec važnu funkciju također ima i tramvajski promet ZET-a koji pripada samom terminalu, a svojim kapacitetom linija velik broj putnika nastavlja svoje putovanje prema središtu grada.



Slika 12. Terminal Dubec
Izvor: [9]

U peron se ulazi iz Ulice Dubrava skretanjem u Dubečku ulicu te skretanjem u terminal Dubec. Ulaskom na terminal, s desne strane se nalaze izlazni peroni za sve linije kojima je početni terminal Dubec. Nakon izlaska putnika na izlaznom peronu, autobus se upućuje na ulazni peron čime započinje još jedan obrt po voznom redu. Ulazni peron linije 212 je peron 2. Slika 13 prikazuje izlazne i ulazne perone terminala Dubec.

- 275 Sesvete – Sesevetska Sopnica
- 277 Sesvete – Sesevetska Selnica, itd.



Slika 14. Slika izlazno-ulazne stanice terminala Sesvete
Izvor: autor

4.3 Tipovi autobusa na liniji

Tipovi autobusa linije 212 pretežno su zglobne verzije, s puštanjem u promet 2008. godine. Slika 15 prikazuje zglobni autobus marke Mercedes – Benz, tipa Citaro, modela 530 G s četiri dvokrilna vrata.

Zadnja i predzadnja vrata povezana su sensorima koji zatvara vrata tek kada na udaljenosti od pola metra nema putnika za izlaz. Otvaraju se samo kada vozač daje dozvolu za izlaz („*privolu*“) a putnik pritiskom tipke aktivira svoje napuštanje autobusa. Od sljedećih podatak vozila uključeni su:

- Sjedeća mjesta: 42
- Stajaća površina: 118
- Ukupni broj putnika: 160
- Duljina autobusa: 17940 mm
- Dopuštena nosivost: 13000 kg
- Broj osovina: 3.



Slika 15. Mercedes - Benz Citaro
izvor: [10]



Slika 16. MAN Lion's City
izvor: [11]

Slika 16 prikazuje solo autobus marke MAN, tipa Lion's City, modela NL 313, pušten u promet 2009 godine s troja dvokrilna vrata. Vozač ima mogućnosti otvaranja i zatvaranja svih vrata, a postoji i funkcija aktiviranja otvaranja privolom kao i u tipu autobusa Citaro.

U podacima autobusa MAN još se nalaze:

- Sjedeća mjesta: 33
- Stajaća površina: 60
- Ukupna broj putnika: 93
- Duljina autobusa: 11980 mm
- Dopuštena nosivost: 7425 kg
- Broj osovina: 2.

Ovi tipovi i modeli koriste se i namijenjeni su isključivo za javni gradski prijevoz. Pripadaju niskopodnim konstrukcijama autobusima, gdje sa svojim funkcijama spuštanja autobusa i središnjom rampom mogu prilagoditi ulazak osobama s posebnim potrebama, u većini slučajeva osobama u kolicima. Svi autobusi opremljeni su klimatskim uređajem, gdje sa svojom udobnošću i kvalitetom putniku pruža ugodnu i sigurnu vožnju.


4.4 Postojeći vozni red i službe vozača

Nakon detaljnih prikupljenih i obrađenih podataka, ranije anketiranja i brojanja, od strane tehnologa kreće izrada voznog reda. U programu Interplan bazu podataka je potrebno ispuniti s podacima vozila, danima rada, vrstama vožnje, popisom stajališta i vremenima nulte vožnje pri polasku i dolasku autobusa u samu garažu

Liniju 212 tijekom tjedna opslužuju dva vozila, odnosno dva autobusa. Vozni red linije je izrađen tako da se u svakom satu ostvare tri polaska sa svakog terminala, odnosno tri polaska u svakom smjeru liniju, s dvadesetminutnim razmacima. Iznimka navedenom su kasni noćni sati radnim danom i rani jutarnji sati nedjeljom. Slika 17 prikazuje vozni red linije 212 Dubec – Sesvete.

Kroz dan na svakom vozilu je disponirano na rad šest vozača kroz tri službe: ranu, srednju i kasnu. Vozači raspoređeni na rane službe preuzimaju vozila u garaži u ranim jutarnjim satima i završavaju smjenu na terminalu Dubec. Vozači srednjih

službi preuzimaju vozilo i završavaju s radom na istom terminalu. U kasnim službama vozači preuzimaju vozila na terminalu Dubec, dok završavaju sa službom u garaži.

 www.zet.hr Pozivni centar: 072 500 400 e-mail: javnost@zet.hr Ozaljaska 105, 10 000 ZAGREB		VOZNI RED			
BROJ LINIJE: 212		U PROMETU OD: 23.03.2020.			
NAZIV LINIJE: Dubec - Sesvete					
DUBEC		RADNI DAN		SESVETE	
sati	minute	sati	minute	sati	minute
4	15 35 55	4	15 35 55	4	15 35 55
5	15 35 55	5	15 35 55	5	15 35 55
6	15 35 55	6	15 35 55	6	15 35 55
7	15 35 55	7	15 35 55	7	15 35 55
8	15 35 55	8	15 35 55	8	15 35 55
9	15 35 55	9	15 35 55	9	15 35 55
10	15 35 55	10	15 35 55	10	15 35 55
11	15 35 55	11	15 35 55	11	15 35 55
12	15 35 55	12	15 35 55	12	15 35 55
13	15 35 55	13	15 35 55	13	15 35 55
14	15 35 55	14	15 35 55	14	15 35 55
15	15 35 55	15	15 35 55	15	15 35 55
16	15 35 55	16	15 35 55	16	15 35 55
17	15 35 55	17	15 35 55	17	15 35 55
18	15 35 55	18	15 35 55	18	15 35 55
19	15 35 55	19	15 35 55	19	15 35 55
20	15 35 55	20	15 35 55	20	15 35 55
21	15 35 55	21	15 35 55	21	15 35 55
22	15 35 55	22	15 35 55	22	15 35 55
23	15 30 55	23	15 35 50	23	15 35 50
0	* 25	0	15	0	15
1		1	00	1	00
2		2		2	
3	! 30	3		3	
DUBEC		SUBOTA		SESVETE	
sati	minute	sati	minute	sati	minute
4	15 35 55	4	15 35 55	4	15 35 55
5	15 35 55	5	15 35 55	5	15 35 55
6	15 35 55	6	15 35 55	6	15 35 55
7	15 35 55	7	15 35 55	7	15 35 55
8	15 35 55	8	15 35 55	8	15 35 55
9	15 35 55	9	15 35 55	9	15 35 55
10	15 35 55	10	15 35 55	10	15 35 55
11	15 35 55	11	15 35 55	11	15 35 55
12	15 35 55	12	15 35 55	12	15 35 55
13	15 35 55	13	15 35 55	13	15 35 55
14	15 35 55	14	15 35 55	14	15 35 55
15	15 35 55	15	15 35 55	15	15 35 55
16	15 35 55	16	15 35 55	16	15 35 55
17	15 35 55	17	15 35 55	17	15 35 55
18	15 35 55	18	15 35 55	18	15 35 55
19	15 35 55	19	15 35 55	19	15 35 55
20	15 35 55	20	15 35 55	20	15 35 55
21	15 35 55	21	15 35 55	21	15 35 55
22	15 35 55	22	15 35 55	22	15 35 55
23	15 30 55	23	15 35 50	23	15 35 50
0	* 25 50	0	15	0	15
1	24 58	1	00 07 41	1	00 07 41
2	32	2	15 49	2	15 49
3	06 30	3	18 47	3	18 47
DUBEC		NEDJELJA		SESVETE	
sati	minute	sati	minute	sati	minute
4	15	4	35	4	35
5	10 30 50	5	30 50	5	30 50
6	10 30 50	6	10 30 50	6	10 30 50
7	10 30 50	7	10 30 50	7	10 30 50
8	10 30 50	8	10 30 50	8	10 30 50
9	10 30 50	9	10 30 50	9	10 30 50
10	10 30 50	10	10 30 50	10	10 30 50
11	10 30 50	11	10 30 50	11	10 30 50
12	10 30 50	12	10 30 50	12	10 30 50
13	10 30 50	13	10 30 50	13	10 30 50
14	10 30 50	14	10 30 50	14	10 30 50
15	10 30 50	15	10 30 50	15	10 30 50
16	10 30 50	16	10 30 50	16	10 30 50
17	10 30 50	17	10 30 50	17	10 30 50
18	10 30 50	18	10 30 50	18	10 30 50
19	10 30 50	19	10 30 50	19	10 30 50
20	10 30 50	20	10 30 50	20	10 30 50
21	10 30 50	21	10 30 50	21	10 30 50
22	10 30 50	22	10 30 50	22	10 30 50
23	10 30 55	23	10 30 50	23	10 30 50
0	* 25	0	15	0	15
1		1	00	1	00
2		2		2	
3	30	3		3	

Napomena * polasci do i od Sesvetskog Kraljevca
 ! polasci ne prometuju preko Selčine u satima označenim sivom bojom nema polazaka
 Na predviđeno vrijeme polaska/dolaska, mogu utjecati poremećaji u prometu, vremenski uvjeti ili druge izvanredne okolnosti.

Slika 17. Postojeći vozni red linije 212
 Izvor: [12]

Iznimka od prethodno opisanog je vozni red 1, gdje se kroz dan izmjeni četiri, umjesto tri vozača. Četvrti vozač je vozač noćne smjene, koji dio smjene provede vozeći liniju 212. Tablica 3 prikazuje primjer vozačkih službi za liniju 212.

Tablica 3. Primjeri službi za liniju 212

DAN	V.R.	NAST.SL.	OD	DO	ZAV.SL	EF.SATI
RAD	1	GAR	04:05	10:55	DUB	06:50
RAD	2	GAR	04:25	11:15	DUB	06:50
RAD	1	DUB	10:55	14:55	DUB	04:00
RAD	2	DUB	11:15	17:55	DUB	06:40
RAD	1	DUB	14:55	21:35	DUB	06:40
RAD	2	DUB	17:55	00:40	GAR	06:45
RAD	1	DUB	21:35	01:35	GAR	03:00
SUB	1	GAR	04:05	10:15	DUB	06:10
SUB	2	GAR	04:25	11:15	DUB	06:50
SUB	1	DUB	10:15	16:15	DUB	06:00
SUB	2	DUB	11:15	17:55	DUB	06:40
SUB	1	DUB	16:15	22:15	DUB	06:00
SUB	2	DUB	17:55	00:40	GAR	06:45
SUB	1	DUB	22:15	01:35	GAR	03:20
NED	1	GAR	05:20	12:10	DUB	06:50
NED	2	GAR	05:00	11:50	DUB	06:50
NED	1	DUB	12:10	18:50	DUB	06:40
NED	2	DUB	11:50	17:50	DUB	06:00
NED	1	DUB	18:50	01:35	GAR	06:45
NED	2	DUB	17:50	00:40	GAR	06:50

izvor: autor

Obrazloženja kratica iz prethodne tablice:

- LIN – linija
- RD – radni dan
- SUB – subota
- NED – nedjelja (vozni red vrijedi i za praznik te blagdan)
- V.R. – vozni red
- NAST. SL. – nastupanje službe
- ZAV.SL. – završavanje službe
- EF – efektivno
- GAR – garaža
- DUB – Dubec.

4.5 Metodologija prikupljanja podataka

Prikupljanje podataka i obrada linije 212 vršila se autobusom marke Solo Citaro MB 0530, s puštanjem u promet 2004 godine. (Slika 18). Ukupni broj putnika koji se mogu voziti u navedenom autobusu je 65 putnika, s 28 sjedećih mjesta i troja krilna vrata. Sjedeća mjesta u prvom dijelu autobusa su samo s jedne i druge strane najčešće po jedno sjedeće mjesto u redu, zbog mogućnosti većeg broja putnika koji bi stajali, dok je zadnji dio povezan duplim sjedištima s jedne i druge strane, čime je povećan broj sjedećih mjesta, a smanjen broj stajaćih mjesta.

Pretežno se na liniju disponiraju zglobni autobusi marke MB Citaro s četiri dvokrilna vrata koja daju brzi protok putnika pri ulazu i izlazu u vršnim satima. Ali zbog trenutnog nedostatka takvih tipova autobusa dolazi do disponiranja solo autobusa, najčešće MAN Lion's City.



Slika 18. Solo Citaro MB 0530 autobus
Izvor: autor

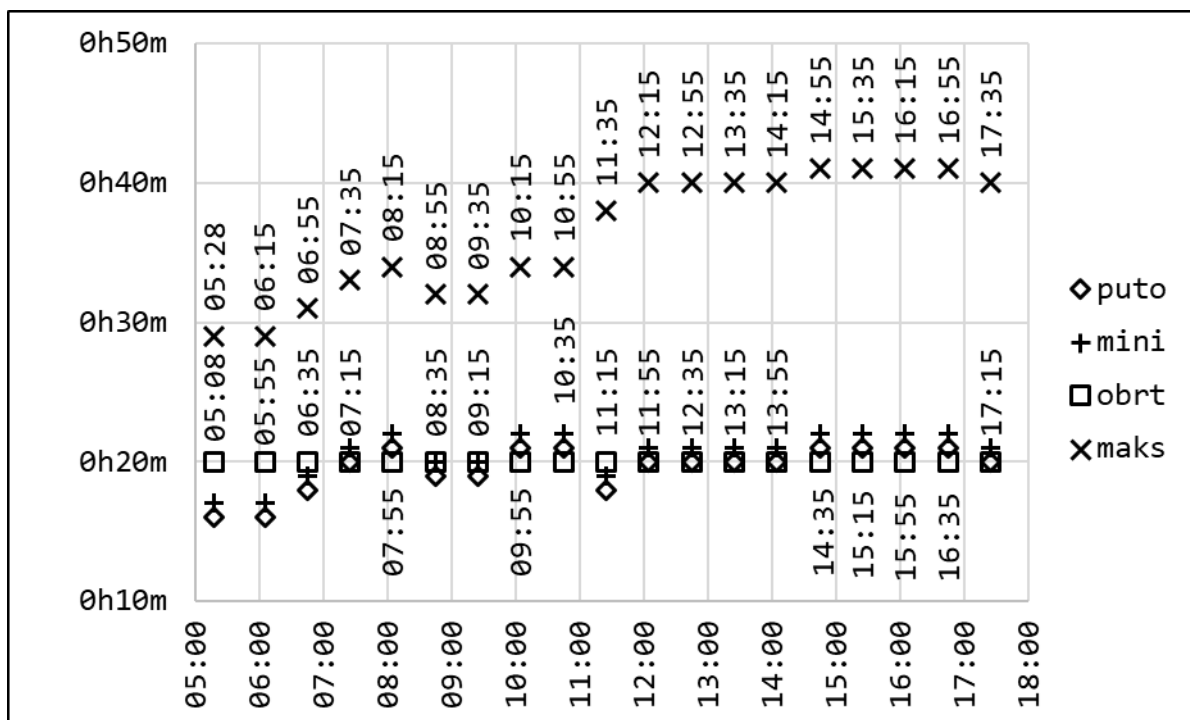
Prikupljeni podaci vršili su se 28.02.2020. s terminala Dubec u razdoblju od 04.26 sati do 17.55 sati, gdje su odrađene jutarnje i popodnevne vozačeve službe. Uz pridržavanje vremena polaska i odlaska s terminala, detaljno se obavljalo i brojanje putnika. Brojenje putnika se vršilo ručno te se upisivao svaki ulazak i izlazak na stajalištu linije, kao i ulazak i izlazak na samim terminalima. Vremena su dobivena

korištenjem lokatora GPS signal koji su bili uključeni prije polaska autobusa s terminala.

4.6 Dijagram vremena

Dijagram vremena je grafički prikaz uspješnosti realizacije voznog reda određene linije. Za putovanje postoji donja i gornja granica vremena putovanja. Donja granica vremena putovanja dobiva se iz minimalnog vremena putovanja, broja perona na odredišnom terminalu i slijeda vozila. Gornja granica vremena putovanja dobiva se jer vozačima treba dopustiti minimalan odmor na odredišnom terminalu.

Slika 19 prikazuje dijagram vremena na trasi linije između terminala Dubec i Sesvete. Sa slike je vidljivo kako su vremena putovanja u okvirima voznog reda za promatrano razdoblje. Međutim, zna se dogoditi kako autobusi, zbog različitih i nepredvidljivih situacija, kao što je gužva na raskrižju Bistrička-Zagrebačka, znaju kasniti u polasku s terminala Sesvete.

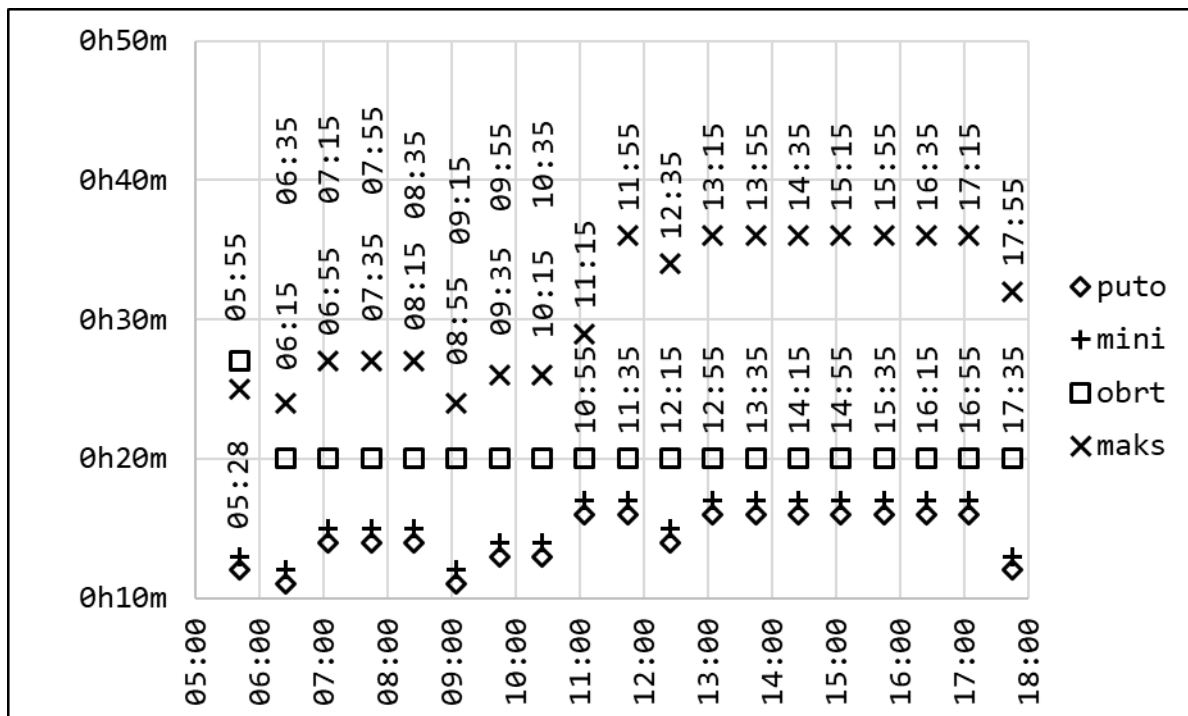


Slika 19. Dijagram vremena na trasi: Dubec – Sesvete
Izvor: autor

Na prethodnom dijagramu vidljivo je kako se dogodilo par polazaka kada je autobus došao na početno stajalište u trenutku kada je trebao krenuti. Na dijagramu

se vidi da je vrijeme putovanja veće od vremena obrta u tim situacijama zato što se vremenu putovanja dodala jedna minuta zadržavanja na terminalu Sesvete.

Slika 20 prikazuje dijagram vremena na trasi linije između terminala Sesvete i Dubec. Sa slike je vidljivo kako su vremena putovanja u okvirima voznog reda za promatrano razdoblje, stoga je u ovom smjeru je vrijeme putovanja u dopuštenim granicama prema voznom redu.



Slika 20. Dijagram vremena na trasi: Sesvete – Dubec
Izvor: autor

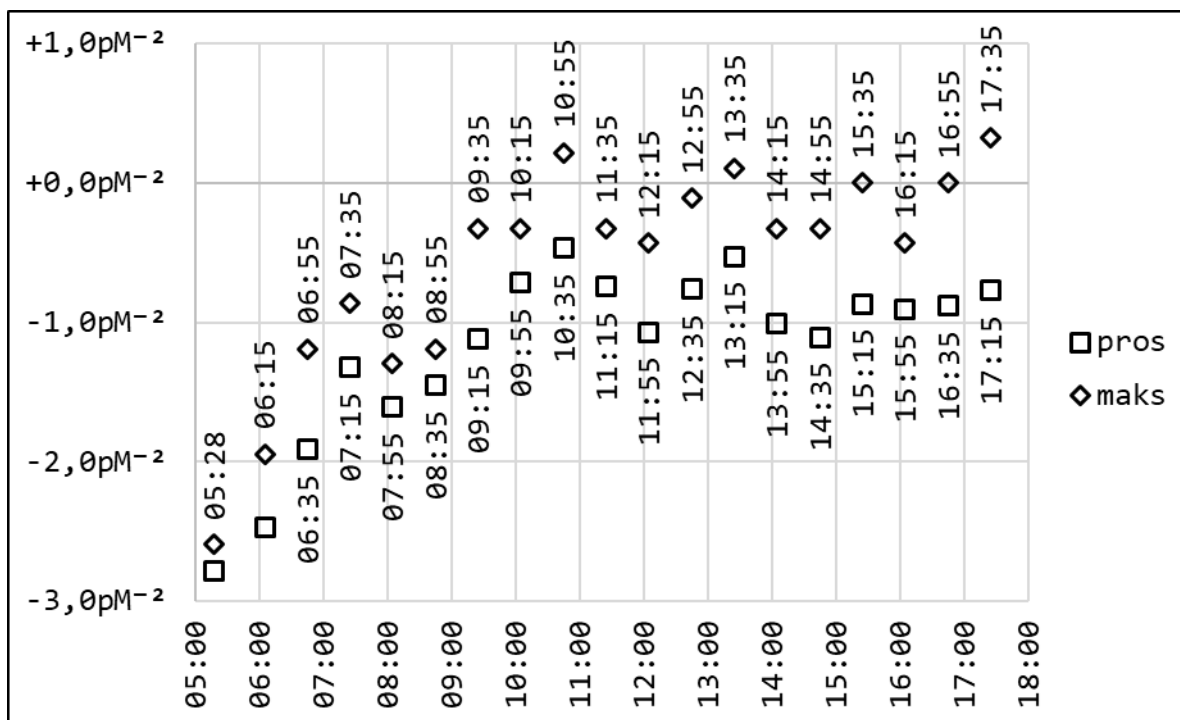
4.7 Dijagram popunjenosti

Dijagramom popunjenosti prikazuje se stanje popunjenosti vozila na cijelom promatranom uzorku. Popunjenost vozila se promatrala kao prosječna i maksimalna. Dijagramima popunjenosti mogu se prepoznati tri situacije:

- Vrijednost dijagrama popunjenosti je iznad nule
- Vrijednost dijagrama popunjenosti je nula
- Vrijednost dijagrama popunjenosti je ispod nule.

Kada je vrijednost dijagrama popunjenosti nula to znači kako su sva sjedeća mjesta u autobusu zauzeta i kako nema stajaćih putnika. Kada je vrijednost dijagrama popunjenosti iznad nule to znači kako su sav sjedeća mjesta u autobusu zauzeta i

kako postoje putnici koji trebaju stajati u autobusu, a kod vrijednosti dijagrama popunjenosti koja je ispod nule znači kako postoje sjedeća mjesta u autobusu koja su zauzeta i kako postoje sjedeća mjesta u autobusu koja su slobodna.



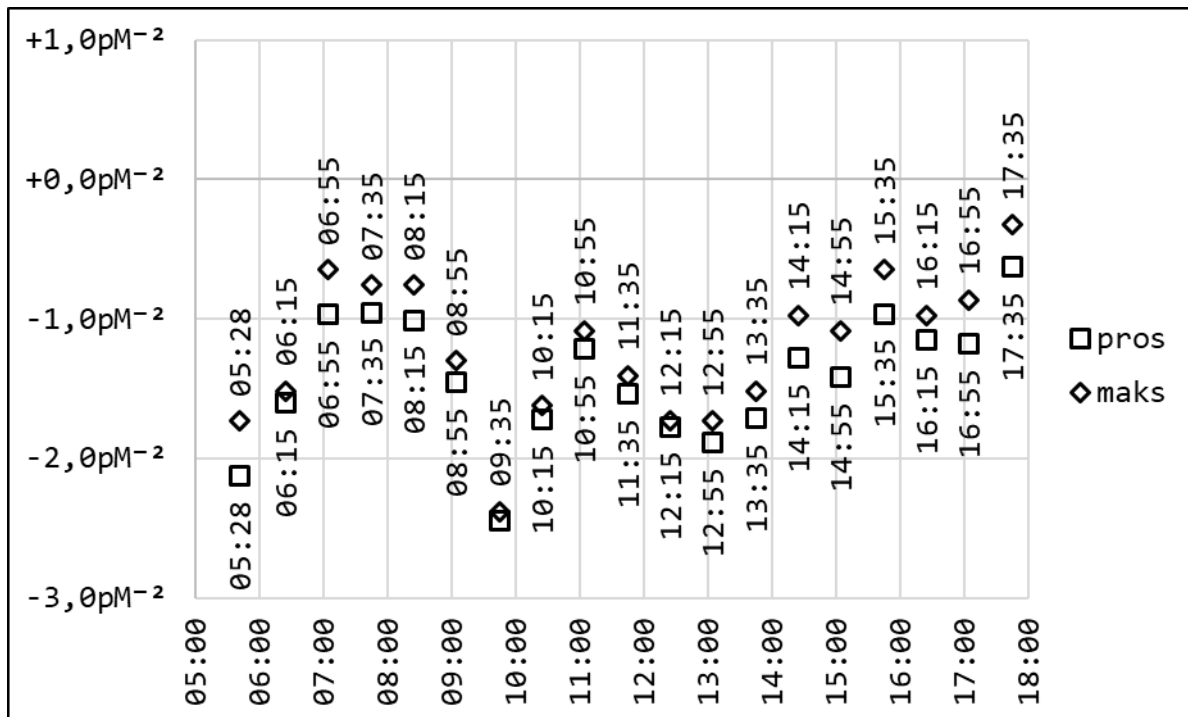
Slika 21. Dijagram popunjenosti na trasi: Dubec – Sesvete
Izvor: autor

Slika 21 i Slika 22 prikazuje dijagrame popunjenosti u oba smjera linije. Slika 21. prikazuje kako postoji par polazaka kada su sva sjedeća mjesta u autobusu bila zauzeta (npr. polasci u 15:35 i 16:35) i nekoliko polazaka kada su sva sjedeća mjesta bila zauzeta i kada su se u autobusu nalazili stajaći putnici (10:55, 13:35, 17:35). Za ostalih polazaka bilo je slobodnih mjesta za sjedenje.

Slika 22 prikazuje kako nema polazaka sa stajaćim putnicima, odnosno u svim polascima s terminala Sesvete prema terminalu Dubec svi putnici koji se voze su mogli sjesti.

Iz navedena dva dijagrama vidljivo je kako u vremenima prikupljanja podataka nije bilo značajne popunjenosti vozila. Također, prema navedenom brojanju putnika, vidljivo je kako za opskrbu linije 212 se mogu koristiti solo autobusi (što će biti predloženo u petom poglavlju ovog završnog rada), s obzirom na to kako je u promatranom razdoblju u većini polazaka nije bilo stajaćih putnika, što znači kako su vozila na liniji bila prekapacitirana.

Iako je prikupljanje podataka rezultiralo zadovoljavajućom situacijom, temeljem iskustva pokazalo se kako postoje dani kada je broj putnika povećan, pa postoje polasci gdje je potrebno da neki putnici stoje, dok su sva sjedeća mjesta zauzeta. Uglavnom se to odnosi na svaki četvrtak u razdoblju od 8 do 12 sati gdje se u Sesvetama odvija poljoprivredni sajam, koji je udaljen par minuta hoda od terminala. U slučaju lošeg vremena broj putnika koji je planirao koristiti liniju 212 za odlazak na sajam Sesvete znatno je manji.



Slika 22. Dijagram popunjenosti na trasi: Sesvete – Dubec
Izvor: autor

Zbog nekoliko linija iz terminala Dubec kao što su linije 261 Dubec – Goranec, 262 Dubec – Planina Donja, 263 Dubec – Kašina, itd., kojima je prvo stajalište terminal Sesvete, a dalje nastavljaju svojom trasom, veći broj putnika koriste te linije do kako bi smanjili svoje vrijeme putovanja. Zbog toga dolazi do rasterećenja linije 212.

5 PRIJEDLOG NOVOG VOZNOG REDA

Linija povezuje istočni dio grada Zagreba preko terminala Dubec sa Sesvetama. Trasa linije nadopunjuje nekoliko naseljenih područja i povezuje javni gradski prijevoz: autobus i tramvaj (preko terminala Dubec) te vlak (terminal Sesvete). Bitna stavka za putnike prilikom izrade voznog reda je poštivanje vremena polazaka i odlazaka, a za vozače dovoljno vrijeme odmora između polazaka s terminala. Prema analizi autora predložen je novi vozni red, za kojeg su prikazani polasci radnim danom s terminala Dubec i Sesvete (Tablica 4).

Tablica 4. Predloženi vozni red

DUBEC						SESVETE					
04	10	23	37	50		04	05	15	30	43	57
05	03	17	30	43	57	05	10	23	37	50	
06	10	23	37	50		06	05	15	30	43	57
07	03	17	30	43	57	07	10	23	37	50	
08	10	23	37	50		08	05	15	30	43	57
09	03	17	30	43	57	09	10	23	37	50	
10	10	23	37	50		10	05	15	30	43	57
11	03	17	30	43	57	11	10	23	37	50	
12	10	23	37	50		12	05	15	30	43	57
13	03	17	30	43	57	13	10	23	37	50	
14	10	23	37	50		14	05	15	30	43	57
15	03	17	30	43	57	15	10	23	37	50	
16	10	23	37	50		16	05	15	30	43	57
17	03	17	30	43	57	17	10	23	37	50	
18	10	23	37	50		18	05	15	30	43	57
19	03	17	30	43	57	19	10	23	37	50	
20	10	23	37	50		20	05	15	30	43	57
21	03	17	30	43	57	21	10	23	37	50	
22	10	23	37	50		22	05	15	30	43	57
23	03	17	30	43	57	23	10	23	37	50	

Izvor: autor

Prema predloženom voznom redu linija bi pratila postojeću trasu. Liniju bi opskrbljivala tri solo autobusa MAN Lion's City. Isključivo je namijenjen javnom gradskom prijevozu putnika. Snagom motora od 228 kW daje zadovoljavajuće rezultate a maksimalna brzina je 70 km/h. U javnom gradskom prijevozu brzina putovanja u prosjeku je između 20 i 35 km/h. Autobus sa svojih tri dvokrilna vrata i kapacitetom od 33 sjedećih i 60 stajaćih mjesta daje odlične rezultate na gradskim linijama, gdje su udobnost, sigurnost, redovitost bit svake autobusne linije. Navedeni

tip autobusa zbog svoje niskopodne konstrukcije i središnje rampe odgovara strukturi putnika na liniji, zato što dio putnika putuje do terminala Sesvete gdje se nalazi općina, dom zdravlja, ljekarna i sl. Također, zbog klimatskog uređaja i udobnih sjedala, pruža putnicima kvalitetnu, ugodnu i sigurnu vožnju. Polasci sa svakog terminala bi se ostvarivali u razmacima od 10 do 15 minuta, čime bi se smanjilo potencijalno vrijeme čekanja putnika na terminalima ili stajalištima. U prethodnoj tablici, prvi polazak vožnje linije 212 ostvario bi se s terminala Sesveta, s prvim stajalištem Bistrička-Zagrebačka. Prema predloženom voznom redu kapaciteti autobusa mogu podnijeti sve iznimne situacije (npr. kašnjenje ili određeni događaji).

Tablica 5. Raspored rada vozača za predloženi vozni red

V.R.	NAST.SL.	OD	DO	ZAV. SL.
1	GAR	3:45	10:23	DUB
2	GAR	3:55	10:37	DUB
3	GAR	4:00	10:50	DUB
1	DUB	10:23	17:03	DUB
2	DUB	10:37	17:17	DUB
3	DUB	10:50	17:30	DUB
1	DUB	17:03	23:43	DUB
2	DUB	17:17	23:57	DUB
3	DUB	17:30	23:30	DUB
1	DUB	23:43	ovisno o daljnjem rasporedu rada	
2	DUB	23:57		
3	DUB	23:30		

Izvor: autor

Tablica 5 prikazuje raspored rada vozača za predloženi vozni red. Prema predloženom rasporedu rada, za liniju bi trebalo predvidjeti 12 vozača. Devet vozača bi radilo u dnevnim smjenama i to po tri vozača u ranoj, tri vozača u srednjoj i tri vozača u kasnoj službi. Tri vozača koja bi preuzela vozila od vozača iz kasne službe, odvezla bi ostatak krugova na liniji 212, a kasnije bi se uputili na ostale noćne linije ili službeni autobus.

Prema predloženom voznom statički elementi linije, odnosno trasa, stajalište i terminali se ne mijenjaju. Za potrebe izračuna dinamičkih elemenata linije, pretpostavka je kako je predviđeno vrijeme putovanja između terminala 15 minuta, a zadržavanje na terminalima 5 minuta. Izračuni dinamičkih elemenata linije su izrađeni za polaske u jutarnjim satima, a odabran je vozni red koji se ostvaruje u ranoj smjeni vozača, prvi polazak s Dupca u 4:10, a zadnji polazak iz Sesveta prema Dupcu u 10:30.

Simulaciju vremena putovanja, odnosno prikaz dijagrama vremena teško je napraviti s obzirom na to kako je teško predvidjeti koliko bi trajalo vrijeme putovanja između dva terminala. Ako bi vrijeme putovanja između terminala bilo manje od 20 minuta, tada bi obrt bio ispod najvećeg vremena putovanja, a ako bi vrijeme putovanja bilo više od 20 minuta, tada bi obrt bio iznad najvećeg vremena putovanja.

Za simulaciju popunjenosti vozila, odnosno za prikaz dijagrama popunjenosti, kao pretpostavka uzeta je činjenica da bi po ovom voznom redu ulazio i izlazio isti broj putnika kao što je na analizirani dan. Neovisno o vremenima polazaka, za predloženi vozni red i prijevozno sredstvo, odnosno autobus marke MAN Lion's City, niti jedan ostvareni polazak s oba terminala linije, u jutarnjim satima, neće imati stajaće putnike, odnosno svi putnici će sjediti. Stoga se može zaključiti kako autobus navedene marke može uspješno zadovoljiti zahtjevima putnika.

6 ZAKLJUČAK

Analizom prikupljenih podataka dobivenih brojanjem putnika, mjerenjem vremena i iskustvom autora došlo se do konkretnih zaključaka vezanih uz liniju 212. Linija 212 prometuje između istoka Grada Zagreba (preko terminala Dubec) do prigradskog naselja Sesveta. Vrijeme putovanja na liniji se kreće između 15 i 20 minuta, a ovisi o dobu dana, kao i ostalim uvjetima na cesti (vremenski uvjeti, gužve i slično).

Analizom je uočeno kako su vremena putovanja između terminala Sesvete i terminala Dubec zadovoljavajuća, iako se u određenim situacijama pojavio problem polaska s polaznog perona terminala Sesvete vozila koje već kasni u usporedbi s voznim redom.

Također, analizom je uočeno kako je popunjenost vozila zadovoljavajuća zato što su u većini polazaka putnici sjedili, odnosno ostvareno je nekoliko polazaka u kojima su putnici trebali stajati. Nadalje, bilo je nekoliko polazaka u kojima su sva sjedeća mjesta u autobusu bila zauzeta.

Sukladno prethodno navedenom, za opisanu autobusnu liniju predložen je novi vozni red. S obzirom na to kako su zglobna vozila na liniji podkapacitirana, odnosno kako je analizom ustanovljeno kako je popunjenost vozila premala i kako se najčešće za liniju koriste zglobni autobusi marke Mercedes Citaro, u novom voznom redu predlaže se korištenje tri solo autobusa marke MAN Lion's City. Vremena polazaka bi se smanjila sa sadašnjih 20 minuta na 10 do 15 minuta, čime bi se smanjilo vrijeme čekanja putnika na terminalima i stajalištima.

Također, za isti vozni red dan je prijedlog rasporeda rada vozača, odnosno prijedlog rasporeda službi. Prema navedenom prijedlogu, niti jedan od vozača ne bi radio najviše dopuštenih sedam sati jednostrukog rada. Nadalje, kako bi se mogli ostvariti kasniji polasci, tim rasporedom je predviđeno kako bi zadnje polaske trebali ostvariti vozači noćnih službi, ili smjena, koji bi nakon što odvezu liniju 212 bili disponirani u garaži na druge linije (noćne linije ili službene autobuse).

LITERATURA

- [1] G. Štefančić, Tehnologija gradskog prometa II, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2008.
- [2] Zagrebački električni tramvaj, »Tarifne zone i prometno-tarifna područja,« ZET, 4 10 2018. [Mrežno]. Available: <https://www.zet.hr/UserDocsImages/Prilozi/PDF/zone%20i%20tarifna%20podru%C4%8Dja%20-4.10.2018..pdf>. [Pokušaj pristupa 2 2020].
- [3] G. Klipa, *Logistički pristup tehnologiji izrade voznog reda za javni gradski prijevoz putnika*, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2016.
- [4] M. Rajsman, *Osnove tehnologije prometa, Graski promet*, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2012.
- [5] G. Štefančić, Tehnologija gradskog prometa I, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2008.
- [6] I. Županović, Tehnologija cestovnog prometa, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2012.
- [7] Zagreb.info, »Platili ste kartu za vožnju tramvajem ili autobusom, ali je došlo do zastoja i prekida prometa pa očekujete odštetu od ZET-a? Sretno s time,« Zagreb.info, 7 2018. [Mrežno]. Available: <https://www.zagreb.info/aktualno/zg/platili-ste-kartu-za-voznju-tramvajem-ili-autobusom-ali-je-doslo-do-zastoja-i-prekida-prometa-pa-ocekujete-odstetu-od-zet-a-sretno-s-time/185712/>. [Pokušaj pristupa 4 2020].
- [8] EasyWay, »Autobus 212,« EasyWay, 6 2020. [Mrežno]. Available: <https://hr.easyway.info/hr/cities/zagreb/routes/65>. [Pokušaj pristupa 6 2020].

- [9] J. Pašić, »Okretište-Dubec,« Viz_kultura, 11 2017. [Mrežno]. Available: <https://vizkultura.hr/pogled-na-zagreb-odozgo/okretiste-dubec/>. [Pokušaj pristupa 6 2020].
- [10] Autobusi.org, »Slike autobusa 2018.,« Autobusi.org, 9 2018. [Mrežno]. Available: <https://www.autobusi.org/forum/index.php?topic=23178.270>. [Pokušaj pristupa 3 2020].
- [11] Autobusi.org, »Tipovi autobusa na linijama 2018. (neuobičajena vozila za tu liniju),« Autobusi.org, 12 2018. [Mrežno]. Available: <https://www.autobusi.org/forum/index.php?topic=23180.780>. [Pokušaj pristupa 3 2020].
- [12] Zagrebački električni tramvaj, »Dnevne linije,« ZET, 5 2020. [Mrežno]. Available: <https://www.zet.hr/autobusni-prijevoz/dnevne-linije-251/251>. [Pokušaj pristupa 5 2020].

POPIS SLIKA I TABLICA

Slika 1. Mreža linija gdje je prijevoznik Zagrebački električni tramvaj	4
Slika 2. Dispozicija autobusa za radni dan	7
Slika 3. Prikaz službi u Argosy programu	8
Slika 4. Validator u vozilu Zagrebačkog električnog tramvaja	12
Slika 5. ATRON FR city	13
Slika 6. Tjedne službe vozača	14
Slika 7. Kreiranje trase za novu liniju.....	15
Slika 8. Trasa linije s vremenima vožnje	15
Slika 9. Grafički prikaz linije.....	16
Slika 10. Prikaz trase linije 212 Dubec – Sesvete	17
Slika 11. Stajalište Zagrebačka – Bistrička.....	18
Slika 12. Terminal Dubec	19
Slika 13. Prikaz perona na terminalu Dubec	20
Slika 14. Slika izlazno-ulazne stanice terminala Sesvete	21
Slika 15. Mercedes - Benz Citaro	22
Slika 16. MAN Lion's City	22
Slika 17. Postojeći vozni red linije 212	24
Slika 18. Solo Citaro MB 0530 autobus.....	26
Slika 19. Dijagram vremena na trasi: Dubec – Sesvete	27
Slika 20. Dijagram vremena na trasi: Sesvete – Dubec	28
Slika 21. Dijagram popunjenosti na trasi: Dubec – Sesvete	29
Slika 22. Dijagram popunjenosti na trasi: Sesvete – Dubec.....	30
Tablica 1. Marke i broj vozila u voznom parku AP Dubrava	6
Tablica 2. Prikaz broja vozila prema izvedbi u AP Dubrava	6
Tablica 3. Primjeri službi za liniju 212.....	25
Tablica 4. Predloženi vozni red	31
Tablica 5. Raspored rada vozača za predloženi vozni red	32



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.

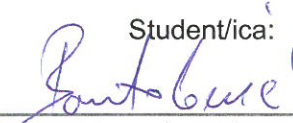
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada
pod naslovom Izrada voznog reda na autobusnoj liniji 212 Dubec - Sesvete u Zagrebu

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

U Zagrebu, 24.06.2020

Student/ica:


(potpis)