

Pametno upravljanje prometom u gradu Rijeci

Perković, Mario

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:962550>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-01**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

MARIO PERKOVIĆ

**PAMETNO UPRAVLJANJE PROMETOM U GRADU
RIJECI**

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2024.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET

PAMETNO UPRAVLJANJE PROMETOM U GRADU RIJECI
SMART TRAFFIC CONTROL IN THE CITY OF RIJEKA

DIPLOMSKI RAD
MASTER THESIS

Kolegij: Inteligentni transportni sustavi

Mentor: izv. prof. dr. sc. Jasmin Čelić

Student: Mario Perković

Studijski smjer: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112077505

Rijeka, rujan 2024.

Student: Mario Perković

Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112077505

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom „Pametno upravljanje prometom u gradu Rijeci“ izradio samostalno pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Jasmina Čelića

U radu sam primijenio metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju diplomskog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u diplomskom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezao s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student



Student: Mario Perković

Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112077505

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG DIPLOMSKOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor diplomskog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa diplomskim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog diplomskog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student - autor

Mario

SAŽETAK

Implementacija automatiziranog upravljanja prometom postala je nezamjenjiva za moderne gradove u rješavanju izazova kao što su zagušenja, sigurnost i smanjenje emisija. Sustav automatskog upravljanja prometom to postiže koristeći se naprednim tehnologijama kao što su inteligentni transportni sustavi (ITS) i Internet Stvari (IoT). Sustavi automatske kontrole olakšavaju optimizaciju prometa, povećavajući protok i smanjujući negativan utjecaj na okoliš. Naime, grad Rijeka u Hrvatskoj postao se kao pionir u postavljanju ovih sustava, obuhvaćene vitalne prometne zone i raskrižja kroz višefaznu inicijativu. Ovaj rad daje sveobuhvatan pregled tehnologija koje podupiru sustav automatskog upravljanja prometom. Detaljno se opisuje promet u Rijeci općenito i zašto je integracija sustava automatskog upravljanja prometom bitna za budućnost prometovanja.

Ključne riječi: promet, automatsko upravljanje, inteligentni transportni sustavi, internet stvari, grad Rijeka.

SUMMARY

The implementation of automated traffic management has become indispensable for modern cities in solving challenges such as congestion, safety and emission reduction. Automatic traffic control systems achieve this by using advanced technologies such as Intelligent Transportation Systems (ITS) and Internet of Things (IoT). Automatic control systems facilitate traffic optimization by increasing traffic flow and reducing negative environmental impact. Namely, the city of Rijeka in Croatia has become a pioneer in the installation of these systems, covering vital traffic zones and intersections through a multi-phase initiative. This thesis provides a comprehensive overview of the technologies that support the automatic traffic management system. The traffic in Rijeka in general is described in detail and why the integration of the automatic traffic management system is essential for the future of traffic.

Keywords: traffic, automatic control, intelligent transportation systems, internet of things, city of Rijeka.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA.....	1
1.2. RADNA HIPOTEZA	2
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	2
1.4. ZNANSTVENE METODE	3
1.5. STRUKTURA RADA.....	3
2. OPĆENITO O PROMETU GRADA RIJEKE.....	4
2.1. POVIJEST JAVNOG PRIJEVOZA U GRADU RIJECI.....	4
2.1.1. Električni tramvaj.....	5
2.1.2. Autobus	6
2.1.3. Trolejbus.....	7
2.2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ I UTJECAJ NA PROMET.....	8
2.3. VRSTE PROMETA U GRADU RIJECI	9
2.3.1. Cestovni promet.....	10
2.3.2. Pomorski promet	10
2.3.3. Željeznički promet	12
2.3.4. Zračni promet.....	13
3. TEHNOLOGIJE AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA PROMETOM.....	14
3.1. OPĆENITO O INTELIGENTNIM TRANSPORTNIM SUSTAVIMA I AUTOMATSKOM UPRAVLJANJU PROMETOM.....	14
3.2. TRADICIONALNA SIGNALIZACIJA	20
3.3. SVJETLOSNA SIGNALIZACIJA	24
3.3.1. Vrste semaforских uređaja.....	25
3.3.2. Vrste signala za upravljanje prometom.....	28

3.4.	PROMETNI DETEKTORI	29
3.5.	PROMETNI INFORMACIJSKI SUSTAVI	33
3.5.1.	<i>SPECTRA</i>	34
3.5.2.	<i>ImCity</i>	35
3.5.3.	<i>ImFlow</i>	37
4.	SUSTAV AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA U GRADU RIJECI	39
4.1.	FAZE IZGRADNJE SUSTAVA AUP	40
4.2.	ANALIZA AKTUALNOG SUSTAVA AUP	44
4.2.1.	<i>Semaforiska raskrižja u sustavu AUP</i>	44
4.2.2.	<i>Prometni centar grada Rijeke</i>	46
4.2.3.	<i>Pametni parkirno-garažni sustav</i>	49
4.2.4.	<i>Pametni javni gradski prijevoz</i>	50
4.3.	SWOT ANALIZA RIJEČKOG SUSTAVA AUP	52
5.	ZAKLJUČAK	54
	LITERATURA	56
	KAZALO KRATICA	61
	POPIS SLIKA	62
	POPIS TABLICA	62
	POPIS GRAFIKONA	62

1. UVOD

Ubrzana urbanizacija i napredak tehnologije doveli su do znatno povećanog broja vozila na našim cestama. Sudionici prometa diljem svijeta svakodnevno se suočavaju s prometnim zagušenjima, alarmantnim porastom emisija štetnih plinova i, nažalost, sve većim brojem prometnih nesreća. U ovom kontekstu, automatizacija prometnog toka i autonomna vozila nameću se kao obećavajući odgovor na ozbiljne probleme modernog prometa.

Ovaj rad će istražiti kako najnoviji trendovi u automatizaciji prometne signalizacije i autonomnom upravljanju vozilima mogu preobraziti prometne sustave, učiniti ih sigurnijima, efikasnijima i ekološki prihvatljivijima. Detaljno će se analizirati kako će takva tehnološka revolucija utjecati na svakodnevicu, kako u užurbanim gradovima, tako i u ruralnim sredinama.

Cilj je razumjeti kako automatizacija može biti ključ za stvaranje održivih prometnih rješenja za budućnost, koja će omogućiti brže i sigurnije kretanje s manjim utjecajem na okoliš.

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

Grad Rijeka, kao i mnogi drugi gradovi u razvoju, susreće se s mnogim izazovima u prometu. Povećan broj vozila, ograničena prometna infrastruktura, mnogobrojni radovi i zastarjeli sustavi upravljanja prometom rezultiraju sve većim prometnim zagušenjima, produženim vremenima putovanja, povećanom potrošnjom goriva i većim emisijama štetnih plinova. Ovi problemi ne samo da utječu na kvalitetu života građana, već predstavljaju i značajan teret za gospodarstvo grada.

Pod predmetom istraživanja razmotrit će se kako na pametno upravljanje prometa utječu napredne tehnologije poput umjetne inteligencije (AI), strojnog učenja (ML), senzora u stvarnom vremenu (koji tvore mrežu IoT uređaja) i povezanih vozila (CAD). Takve napredne tehnologije mogu značajno pridonijeti efikasnosti prometnih tokova, smanjenju zagušenja, povećanju sigurnosti na cestama i smanjenju negativnog utjecaja prometa na okoliš.

Posebna pažnja će se posvetiti ključnim prometnim čvorištima i kritičnim točkama u gradu Rijeci gdje se najčešće javljaju zagušenja – poput: parkirališta, trgovačkih zona i lučkog

područja. Istraživanje će se usredotočiti na analizu prikupljenih podataka o prometu kako bi se prikazale specifične potrebe automatskog upravljanja i implementacije pametnih rješenja.

1.2. RADNA HIPOTEZA

Sukladno prema postavljenom problemu, predmetu i objektima istraživanja, radna hipoteza koju rad prati je:

Primjena takvih IoT tehnologija i umjetne inteligencije u smislu integracije u postojeće sustave upravljanja prometom koji imaju mogućnost softverskog upravljanja i povezivanja putem internetske mreže značajno će povećati sigurnost i protočnost, a samim time, kao nusprodukt, i ekološki standard prometa.

Prethodno nabrojene tehnologije su ustvari podrška hardverskoj infrastrukturi i softveru koji vrši administraciju operacija, ali, isto tako su i neophodne za brz, efikasan, pouzdan i pojednostavljen rad sustava automatskog upravljanja prometom (AUP).

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Svrha ovog istraživanja je dokazati da će primjena IoT tehnologija i umjetne inteligencije, u skladu sa sustavima upravljanja prometa, povećati sigurnost, protočnost i ekološki standard prometa. Nadalje, analizirati postojeći sustav automatskog upravljanja prometom u gradu Rijeci te ispitati učinkovitost postojećih tehnoloških i infrastrukturnih rješenja u prometu u Rijeci.

Ciljevi istraživanja proizlaze iz kulminacije problema, predmeta i objekata istraživanja, radne hipoteze te same svrhe istraživanja, a ti ciljevi su:

- Identificirati i analizirati ključne probleme i izazove u prometu grada Rijeke
- Istražiti potencijal pametnih sustava automatskog upravljanja prometom
- Razviti konkretne prijedloge za unaprjeđenje prometnog sustava u Rijeci
- Procijeniti učinkovitost predloženih rješenja
- Usporediti sustav automatskog upravljanja prometa Rijeke s drugim gradovima

1.4. ZNANSTVENE METODE

Znanstvene metode korištene prilikom istraživanja i pisanja rada su: metoda analize i sinteze, metoda deskripcije, metoda klasifikacije, statistička metoda, metoda generalizacije, metoda specijalizacije, induktivna metoda zaključivanja, deduktivna metoda zaključivanja, metoda konkretizacije, metoda dokazivanja, metoda opovrgavanja i metoda kompilacije.

1.5. STRUKTURA RADA

Rad je strukturalno podijeljen u pet poglavlja koja će se međusobno sintetizirati. Struktura rada biti će dodatno potkrijepljena radnim iskustvom autora u službi prometa grada Rijeke.

U uvodnom dijelu biti će definirani predmet, problem i objekti istraživanja, kao i radna hipoteza, svrha i ciljevi istraživanja, navedene znanstvene metode i definirana struktura cijeloga rada.

Drugo poglavlje prikazati će povijesni razvoj prometa u gradu Rijeci, pojava javnog prijevoza, kakvi su oblici prometa u gradu rijeci i na koji način se reguliraju, utjecaj geografskog položaja na promet u gradu Rijeci te od kakvog je značaja položaj grada.

U trećem poglavlju detaljno će se prezentirati tehnologija i infrastrukture koja se koristi u automatskom upravljanju prometom te će se opširno opisati definicija i značaj inteligentnih transportnih sustava i koje sve komponente čine sustav AUP i ITS-a.

Četvrto poglavlje govoriti će o metodologiji upravljanja i primjene sustava automatskog upravljanja prometom; organizacijom javnog poduzeća koje upravljaju organizacijom, regulacijom, signalizacijom i infrastrukturom prometa u gradu Rijeci. Također, biti će spomenuta integracija prometnog sustava grada Rijeke u sustav pametnog grada putem digitalnih platformi kojima mogu pristupiti građani, značaj takvih tehnologija, beneficije istih za društvo te SWOT analiza integriranih ITS i AUP sustava u gradu Rijeci.

Zaključnim poglavljem prikazati će se kritično mišljenje o automatskom upravljanju prometa općenito i kakav bi utjecaj to kritično mišljenje moglo imati kroz budućnost te osvrnuti se na pravno-ekonomsku problematiku i njen utjecaj na promet i mobilnost u gradu Rijeci i republici Hrvatskoj.

2. OPĆENITO O PROMETU GRADA RIJEKE

Grad Rijeka je glavna teretna a ujedno i najvažnija luka Republike Hrvatske i treći po veličini grad. Izrazito povoljan geografski položaj grada čini ga idealnim da bude lučki i prometni. Kroz povijest je, zahvaljujući svom položaju bio trgovačko žarište protoka dobara. Frekventan protok robe i dobara značilo je da je kroz povijest grad bio od velikog značaja ondašnjim silama Europe. Rijeka je smještena na krajnjem sjeveru kvarnerskog zaljeva. Važni prometni koridori tiču i riječko područje koji su značajne važnosti kako Republici Hrvatskoj tako i Europi. Danas je jedan od glavnih ciljeva europske politike spajanje lučkih područja direktno na europske TEN-T koridore kako bi se povećala sigurnost u prometu, povećala efikasnost prometovanja, smanjili negativni ekološki učinci, smanjilo oštećenje gradskih prometnica, smanjilo zagušenje prometa te smanjilo vrijeme putovanja [1]. U radu će se opširnije objasniti značaj takve europske politike, na koji način se to tiče grada Rijeke i što to znači za grad.

2.1. POVIJEST JAVNOG PRIJEVOZA U GRADU RIJECI

Promet na području grada Rijeke potiče još iz antičkog doba, kada je grad bio poznat kao Tarsatica. Pod vlasti rimskog carstva, na području grada, bile su izgrađene prve prometnice koje su povezivale Rijeku s drugim dijelovima carstva. Ostaci antičkih prometnica su vidljivi i danas u nekim dijelovima grada i njegovoj okolici.

Sve do kraja 19. stoljeća promet se isključivo odvijao pomoću zaprega, kočija i kola koje su vukli konji ili magarci. Glavne prometnice unutar zidina ondašnje Rijeke bile su uske i strme. Rijeka je postala važno prometno središte za vrijeme vladavine Habsburške monarhije kada su se gradile mnoge prometnice koje su povezale Rijeku sa unutrašnjosti europskog kontinenta. Primjer jedne takve prometnice je cesta Karolina, izgrađena u prvoj polovici 18. stoljeća, koja je spajala Rijeku i Bakar sa Karlovcom. Karolina je omogućila brži, lakši i sigurniji prijevoz robe i putnika te je imala značajan utjecaj na razvoj gospodarstva grada Rijeke [2].

Pojava javnog prijevoza označila je početak modernog i suvremenog prometa u gradu Rijeci. Rijeka je također bila među prvim gradovima na prostoru današnje Republike Hrvatske koja je dobila moderan i suvremen javni prijevoz. Takva odličja omogućila su i uvjetovala gradu Rijeci da se ulaže u promet i prometnu infrastrukturu.

2.1.1. Električni tramvaj

Tokom 19. stoljeća javni prijevoz putnika u gradu Rijeci odvijao se kočijama i omnibusima koje su vukli konji. Krajem 19. stoljeća uoči velike industrijske evolucije, riječke su vlasti 1892. godine objavile javno nadmetanje kojim se navodi uvođenje izgradnje tramvajske infrastrukture i nabavu tramvaja za prijevoz putnika. Vlasti su odredile da tramvaji moraju biti električni umjesto na konjsku vuču [3].

Općina Rijeka je 1896. godine sklopila Ugovor o izgradnji i prometu električnog tramvaja u gradu Rijeci. Prometovanje tramvaja određeno je koncesijom pod koncesionarskim društvom u vlasništvu Komercijalne banke u Pešti koja je izdana na pedeset godina [3].



Prikaz 1. Riječki električni tramvaj na Jadranskom trgu

Izvor: <https://www.primorskihrvat.hr/bastina/igor-zic-rijecki-tramvaj-od-1899-do-1952/>

(Preuzeto 13.08.2024.)

Jednotračna pruga duljine 4.4 kilometara izgrađena je kroz centar grada Rijeke. Napajanje pruge nalazilo se u neposrednoj blizini tramvajskog hangara na Školjiću. Pruga se pružala od mosta na Rječini, odnosno Školjića, uzduž Fiumare do zadnje stanice na Pioppi, odnosno industrijskoj zoni. Dan 7. studeni 1899. godine obilježio je prvi prolazak tramvaja sa putnicima uzduž pruge na kojoj je prometovao, a ujedno označava dan prvog organiziranog

javnog prijevoza putnika u gradu Rijeci. Riječki električni tramvaj raspolagao je sa 8 elektromotornih tramvajskih kola, svaki sa kapacitetom od 28 putnika [3].

Godine 1909., u siječnju, općina Rijeka upravu svih komunalnih službi formira u jedinstveno poduzeće Javne službe grada Rijeke. Pod upravu Javne službe grada Rijeke došli su Gradski vodovod, Gradska električna centrala, Spalionica smeća, Služba za skupljanje i odvoz smeća i pranje ceste te Gradski električni tramvaj. Javne službe grada Rijeke tvore povezanu cjelinu, te direktno i indirektno imaju utjecaj jedna na drugu a neke direktno ovise jedna o drugoj [3], [4].

Pruga je u međuvremenu 1910. godine produžena prema Kantridi na sveukupno 5350 metara te je tako tramvaj išao od granice do granice Rijeke. Godine 1914. započinje gradnja drugog kolosijeka pruge zbog nedovoljnog pokrivanja sve većeg zahtjeva i gustoće prijevoza, kojeg jednotračni sustav jednostavno nije mogao pokriti. Zbog utjecaja Prvog svjetskog rata pruga je dovršena tek 1921. godine. Promet tramvaja popeo se na 9.1 milijuna putnika 1941. godine. Međutim, tramvajska kola i kolosijek bili su u jako lošem stanju te se tražila solucija kako zamijeniti tramvaj. Riječki električni tramvaj je konačno prestao sa radom 1952. godine u lipnju što je bio rezultat surovog stanja samih tramvaja i pruge, ali i pojava autobusa i trolejbusa koji su u konačnici bolje povezali grad i ostale dijelove grada na uzvisinama na koje tramvaj nije mogao ići niti je to bilo moguće [3][4].

2.1.2. Autobus

Autobusni prijevoz u Rijeci uveden je 1931. godine s tri linije i četiri autobusa. Prednost uvođenja autobusnog prijevoza u Rijeci bio je taj što su tako povezana i naselja grada koja su bili na brežuljcima iznad samog centra. Tako su naselja Valscurigne (Škurinje) na liniji broj 2, Gelsi (Podmurvice) na liniji broj 3 i Kozala na liniji broj 4 dobili direktnu vezu sa centrom grada. Tim linijama prometovalo je 4 autobusa s benzinskim pogonom marke Ceirano, a mogli su istovremeno prevesti 39 putnika po autobusu. Promet se odvijao cestovno po ondašnjim putevima kada je cestovna infrastruktura i signalizacija bila u svojim počecima. Autobusi su vozili od 7 do 21 sat, polazeći svakih 20 minuta sa svojih okretišta. Godine 1933. uvode se autobusne linije koje povezuju Rijeku sa Opatijom, Lovranom i Matuljima na kojoj je od 1908. godine do tada vozio tramvaj. Širenje autobusnih linija i povećanje broja vozila na cesti podrazumijevalo je razvoj prometne signalizacije te prilagodbu prometne infrastrukture i signalizacije kako bi se osigurala sigurnost i efikasnost prometa [3][4].

Autobusni promet imao je značajan utjecaj na razvoj Rijeke, omogućio je bolju povezanost centra i šireg područja grada. Uz tramvajski prijevoz služio je kao glavna poveznica dijelova grada koje tramvaj nije pokrивao. Godine 1969. autobusi postaju jedino prijevozno sredstvo javnog prijevoza. Iste je godine komunalno društvo Autotrolej kupio 52 autobusa velikog kapaciteta, tipa Mercedes 0317-K. Novi autobusi imali su kapacitete od preko 100 putnika te su isti takav broj putnika mogli voziti i po najvećim riječkim uzbrdicama.

Kako se tramvajski prijevoz suočavao sa dotrajalošću pruge i kola, uz autobusni promet razmatralo se uvođenje trolejbusa koji bi zamijenili tramvaj. Imali su karakteristike i autobusa i tramvaja, s time da trolejbus ne koristi željeznicu već su napravljeni za prometovanje cestom. Međutim projekt uvođenja trolejbusa, koji je već 1937. godine bio napravljen, nije bio izvediv zbog svoje neekonomičnosti. U usporedbi sa jednim trolejbusom koji je imao kapacitet 70-80 putnika, tramvaj sa tramvajskom prikolicom imao je kapacitet od 250 do 300 putnika [3].

Autobusi i danas voze riječkim prometnicama pod organizacijom komunalnog društva Autotrolej. Autotrolej posjeduje 187 vozila od kojih su 73 zglobna autobusa, 100 solo autobusa, 13 minibusa i jedan turistički autobus na kat [3].

Javni autobusni prijevoz u Rijeci i okolici se danas odvija na 44 linije koje povezuju 12 gradova i općina. Linije se dijele na gradske (lokalne) i županijske (prigradske). Lokalni se gradski prijevoz obavlja na 18 linija koje obuhvaćaju cjelokupno gradsko područje. Grad Rijeka danas ima dva polazna terminala: Delta i Trg bana Josipa Jelačića, dok se treći polazni terminal nalazi na Slatini u Opatiji za linije na gravitacijskom području grada Opatije.

Danas komunalno društvo Autotrolej ima sustav elektroničke naplate pretplatnih karata, geo-informacijski sustav svih linija koji u realnom vremenu dobiva podatke o prometovanju, moderan sustav za najavu dolazaka autobusa na stajališta [3].

2.1.3. Trolejbus

U procesu ukidanja tramvajskog prometa 1951. godine u Rijeci, vlasti su dobile suglasnosti za uvođenje trolejbusa [3]. Trolejbus je u to vrijeme činio usluge javnog prijevoza suverene i rentabilne za grad i građane. Razvoj grada i gradske infrastrukture, a tako i porast stanovništva uvjetovalo je proširenje mreže javnog gradskog prijevoza. Vlasti su se nakon tadašnjih ekonomskih računica odlučile za nabavku trolejbusa, jer su se u konačnici pokazali jeftinijima. Gradsko auto-tramvajsko poduzeće tako 1953. godine službeno mijenja naziv u Autotrolej. Reorganizacijom poduzeća uvedene su i nove

mogućnosti – pretplatničke karte koje su služile za dvije vožnje po danu što je bilo pogodno radnoj klasi stanovništva [3].

Trolejbus je, poput tramvaja, bio napajan električnom energijom iz mreže i pogonjen elektromotornom propulzijom. Svojim izgledom podsjećali su na ondašnje autobuse koji su tada povezivali i dijelove grada koji nisu bili na ravnim trasama, već i naselja prema sjeveroistoku i sjeverozapadu. Prvi trolejbusi koji su stigli u službu javnog prijevoza bili su od talijanske tvrtke C.G.E. – FIAT koja je dala najjeftiniju ponudu [3].

Proširenje linije prometovanja trolejbusa 1961. godine bilo je neophodno zbog naglo rastućeg broja putnika i zbog boljeg povezivanja grada. Trolejbusna linija koja je tada formirana povezivala je područje grada od Trsata do Kantride zatim od Pećina do Zameta. Također, Autotrolej je tada kupio 10 novih trolejbusa, od kojih je devet proizveo Rade Končar a jedan Erlikon. Autotrolej je tada raspolagao sa 29 trolejbusa koji su aktivno prometovali na linijama i spajali istočni i zapadni dio grada. Početak kraja prometovanja trolejbusa uzrokovalo je javno tumačenje kako je prometovanje trolejbusa preskupo. Počelo je postepeno povlačenje trolejbusa iz prometa. Autotrolej je naišao na kritike i prosvjedovanja građana zbog ukidanja trolejbusa. Kako je trolejbus bio napajan električnom strujom, to ga je činilo iznimno ekološki čistim načinom prijevoza. Upravo to je bio glavni razlog nezadovoljstva građana prema ukidanju istog. Trolejbusi su 1969. godine u potpunosti povučeni iz prometa. Zamijenili su ih noviji i moderniji autobusi koji su bili puno isplativiji u dobu jeftine nafte koje je došlo krajem 1960.-ih. Statistički podaci Autotroleja kazuju da su trolejbusi prešli sveukupno 22,5 milijuna kilometara i preveli više od 260 milijuna putnika unutar 18 godina operativnosti [3].

2.2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ I UTJECAJ NA PROMET

Grad Rijeka je treći po veličini grad u Hrvatskoj. Geografski je smješten duboko u zaleđe Kvarnera što mu daje jedinstven i strateški važan položaj na sjevernoj obali Jadrana. Grad okružuju planine, čineći ga prirodnom lukom koja je bila ključna kroz cijelu njegovu povijest. Položaj grada na raskrižju srednje Europe i Mediterana utjecao je na njegov razvoj i ulogu u prometnim mrežama. Riječku luku krase i prilično velika dubina morskog dna što ju čini povoljnom za smještaj najvećih teretnih i putničkih brodova [5]. Takav zaštićeni položaj grada i blizina glavnih europskih tržišta smjestilo je Rijeku na glavni trgovački koridor i time je Rijeka dobila značajnu prometnu ulogu. Kroz povijest, od doba rimskog carstva, kroz srednji vijek, vladavinu Mlečana, Habsburgovaca, Austro-Ugarske, Italije i

Jugoslavije, Rijeka je imala važnu ulogu kao trgovačka luka koja je kroz svoj značaj i utjecaj opravdala ulaganja u lučku i prometnu infrastrukturu. Upravo to čini grad Rijeku strateški bitnim prometnim i lučkim čvorištem za Europu. Danas je Rijeka povezana sa ostatkom Hrvatske i Europe kroz mrežu cesta, autocesta, željeznicom ali i zračnim prometom. Autocesta A6 spaja Rijeku sa kontinentalnom Hrvatskom, točnije, čini direktnu vezu sa glavnim gradom Zagrebom, dok autocesta A7 povezuje Rijeku sa Republikom Slovenijom i tako čini najbližu poveznicu sa centralnom Europom.

Bogata povijest Rijeke, kulturna baština i prirodne ljepote čine grad zanimljivom turističkom destinacijom pa tako potiče i kulturnu razmjenu.

Najveću prepreku urbanom prometu danas čini upravo brdoviti reljef grada. Planiranje izgradnje novih prometnica izrazito je zahtjevno i skupo, te zahtjeva veliku količinu novčanih i ljudskih resursa. Istovremeno, to podrazumijeva primjenu inovativnih solucija i poticanje razvoja tehnologija i studija. Kao primjer možemo uzeti nedavno dovršenu državnu cestu DC403 koja se još naziva i najskupljom cestom u Republici Hrvatskoj. Niz izazova koji su nametnuli projektu izgradnje te ceste su: složen teren, pravno-imovinski problemi, iskop tunela koji je smješten direktno ispod komunalne infrastrukture koja povezuje zapadni dio grada, izgradnja vijadukta 'Mlaka' koji povezuje Zagrebačku obalu luke Rijeka na cestu DC403 pa zatim na Riječku obilaznicu kod čvora Škurinje – odnosno Autocestu A7. Vrijednost projekta dosegla je 520,010,000 kuna ili 69,017,187.60 eura od kojih je 442,008,500.00 kn ili 58,664,609.46 eura (80%) bespovratnih sredstava država osigurala iz Europskih strukturnih i investicijskih fondova, odnosno putem Operativnog programa za konkurentnost i koheziju [6]. Izgradnja ceste DC403 bila je strateški projekt koji je omogućio bolju prometnu povezanost grada kao i bolju povezanost riječke luke na sustav autoceste. Cesta DC403 predstavlja vezu sa autocestom A7 koja veže područje Rijeke i riječkog zaleđa sa transeuropskom prometnom mrežom (TEN-T) [5]. Plan vlade Republike Hrvatske je dodatno proširenje autoceste A7 prema Žutoj Lokvi gdje bi se ona spajala sa autocestom A1 i tako bi postala povezana sa koridor TEN-T mreže Zapadni Balkan – Istočni Mediteran. Takvi projekti samo dodatno dodaju značaj geografskom položaju grada Rijeke i pokazuju koliko su važna ulaganja u prometni sustav grada.

2.3. VRSTE PROMETA U GRADU RIJEKI

Rijeka, grad kojeg definira uloga pomorskih vrata Hrvatske, izravno je povezan s njegovom lukom. Kao najveća hrvatska luka, Rijeka je grad čiji je identitet danas uglavnom

povezan s kretanjem tereta, koji oblikuje njegovu prometnu mrežu i utječe na vrste prijevoza koje se kreću i tiču gradom. U ovom poglavlju analizirati će se vrste prometa koje obuhvaćaju grad Rijeku te kako međusobno tvore jedinstvenu prometnu cjelinu.

2.3.1. Cestovni promet

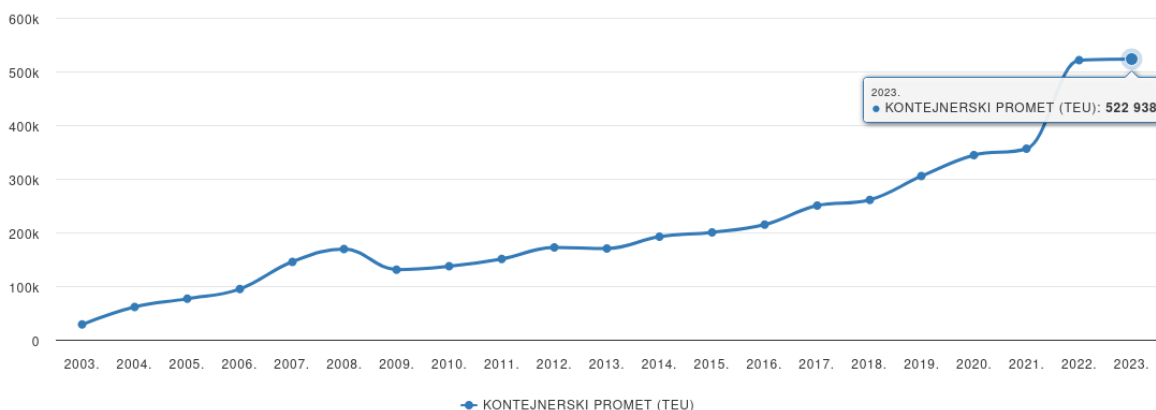
Cestovni promet najzastupljeniji je oblik prometa u gradu. Prometni sustav grada Rijeke gravitira boljom povezanošću grada Rijeke i njene luke sa centralnom Europom, kao i sa primorskom i kontinentalnom Hrvatskom. Sustav prometnica u gradu, iako je u procesu obnove, proširenja i rasterećenja, i dalje se suočava sa izazovima karakterističnim za gradove sa sličnim geografskim obilježjima. Kolnik je prilično uzak u širem području grada što vrlo često znači da se grad nalazi u problemu s uskim grlom koje predstavljaju takve prometnice, a posebno tokom turističke sezone. Rastući broj vozila na cesti pa tako i gabariti vozila utječu na konstantno poboljšanje i obnavljanje cestovne infrastrukture. Kako bi se rasteretio promet u centru i široj okolini grada ključna je riječka obilaznica na koju se usmjerava promet, dok istovremeno grad potiče građane na korištenje usluga *carpoolinga* i *carsharinga* te korištenjem javnog prijevoza i taksi prijevoza kao i alternativnih oblika prijevoza poput bicikala i električnih romobila. Konstantno ulaganje u promet i prometnice te izgradnja nove i moderne prometne infrastrukture je ključ za funkcioniranje Riječke luke i gospodarski razvoj grada zato jer to omogućuje brzu i pouzdanu distribuciju robe ali i rasterećenje prometa u tranzitu. Revitalizaciji riječkih prometnica prednjači smanjenje negativnog utjecaja prometa na okoliš, te održivost i smanjenje zagušenja na prometnicama.

2.3.2. Pomorski promet

Luka Rijeka, najveća i najdiverzificiranija luka u Republici Hrvatskoj, služi kao poveznica pomorskog prometa i cestovne prometne mreže. Njezin strateški položaj na sjevernom Jadranu, zajedno s modernom infrastrukturom i pogodnom dubinom morskoga dna, čini ju ključnom lukom Republike Hrvatske za kretanje tereta između srednje Europe i Mediterana.

Lučki promet primarno čini teret, točnije kontejnerski teret koji godišnje iznosi i do 600,000 TEU [7]. Trenutno sav kontejnerski teret pristiže u teretnu luku Brajdica, točnije *Adriatic Gate Container Terminal*, većinski pod ICTSI grupom. Međutim, u fazi izgradnje je novi kontejnerski terminal *Rijeka Gateway* na zagrebačkoj obali koji bi imao godišnji kapacitet

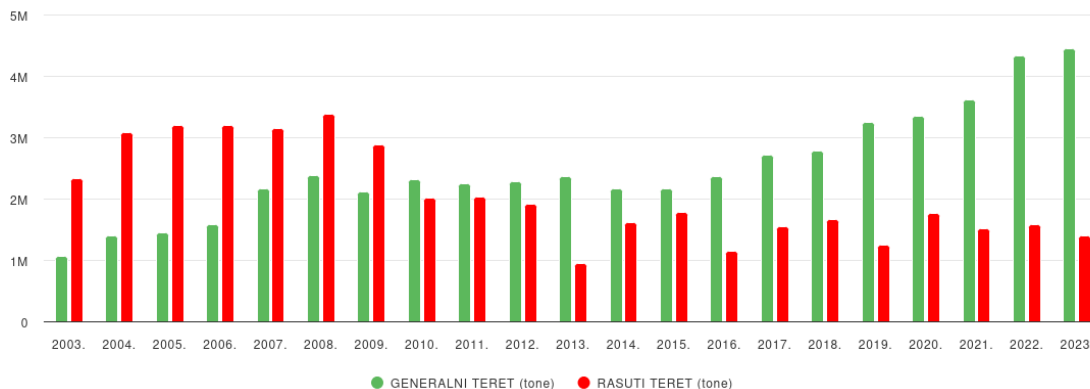
od približno 1,1 milijun TEU-a [8]. Teret u luku dolazi cestovnim prometom, željeznicom i morskim putem odnosno brodovima, isto tako se i isporučuje iz luke.



Grafikon 1 Kontejnerski promet u Riječkoj luci

Izvor: <https://www.portauthority.hr/statistike-i-tarife/> (Preuzeto 22.08.2024.)

U zapadnom dijelu riječkoga lučkog bazena nalaze se još terminali za generalni, rasuti i frigo teret [9]. U prosjeku u riječku luku godišnje stiže preko 4 milijuna tona generalnog tereta, te u nešto manjim količinama, rasutog tereta, otprilike između 1 milijun i 2 milijuna tona [7].



Grafikon 2. Promet generalnog i rasutog tereta u riječkoj luci

Izvor: <https://www.portauthority.hr/statistike-i-tarife/> (Preuzeto 22.08.2024.)

Pomorski promet tereta u luci ne bi mogao funkcionirati bez prisustva cestovnog i/ili željezničkog prometa što ih čini međusobno ovisnima. Međutim, povećanje lučkih kapaciteta značiti će dodatno opterećenje na cestovni i željeznički promet a sukladno time i veće onečišćenje.

Putnički pomorski promet se odvija također u području riječke lučke uprave ali znatno manje od teretnog prometa. Sjedište najvećeg hrvatskog putničkog broдача – Jadrolinije nalazi se u Rijeci. Flota putničkog prometa u Rijeci sastoji se isključivo od brzih katamarana koji povezuju riječku luku sa otocima: Krk, Pag, Rab, Cres, Susak, Mali Lošinj, Ilovik, Silba, Unije te s gradom Zadrom [10].

Rijeka posljednjih nekoliko godina vidi veliki porast dolazaka brodova za kružna putovanja – kruzera. Riječku je luku 2023. godine posjetilo 20 brodova za kružna putovanja i otprilike 50,000 putnika, dok se brzobrodskim linijama prevezlo 138 tisuća putnika [11]. To izaziva ozbiljnu zabrinutost oko turističke strategije grada. Iako ovo povećanje na prvu izgleda pozitivno za riječki turizam, u pitanje se dovodi dugoročna održivost i učinak tako brzog rasta. Porast turizma od kružnih putovanja često donosi više problema nego koristi, uključujući degradaciju okoliša, prenapučenost lokalne infrastrukture i minimalnu ekonomsku dobit za lokalnu zajednicu. Vrijedno je ispitati služi li recentna popularnost Rijeke kao destinacije za kruzere doista u najboljem interesu grada ili se radi samo o kratkovidnom pristupu koji bi mogao dovesti do štetnih posljedica kako za stanovnike tako i za lokalni ekosustav.

2.3.3. Željeznički promet

Pomorska infrastruktura Rijeke, iako često dobiva više javne i medijske pozornosti, dopunjena je jednako značajnom željezničkom mrežom koja je sastavni dio intermodalnog prometnog sustava grada. Željeznička infrastruktura funkcionira kao ključna poveznica riječke luke sa kontinentom i učinkovito integrira luku s raznim drugim načinima prijevoza. Takva povezanost znači učinkovit prijenos tereta i poboljšava ukupnu konkurentsku poziciju luke. Dijelovi željezničke infrastrukture u Rijeci također prolaze kroz nekoliko dijelova grada što ima utjecaj na urbani cestovni promet i zahtjeva poseban oblik signalizacije za sigurnost prometa i njegovo neometano odvijanje.

Prema godišnjem izvješću Lučke uprave za 2020., željeznički promet činio je približno 15% ukupnog pretovarenog tereta, što je jednako značajnih 2,6 milijuna tona [12]. Značaj željeznice nadilazi teretni promet, jer pruža i osnovne putničke usluge, uspostavljajući veze između Rijeke i velikih urbanih središta u Hrvatskoj i susjednim državama.

Bez obzira na važnost pomorskog sektora, uloga željeznice u multimodalnoj prometnoj infrastrukturi Rijeke od iznimne je važnosti. Omogućuje besprijekorno i učinkovito kretanje roba i pojedinaca, čime značajno pridonosi gradskom prometnom ekosustavu.

2.3.4. Zračni promet

Zračna luka Rijeka, strateški smještena na obližnjem otoku Krku, služi kao zračna poveznica grada koja ima nacionalnu i internacionalnu zračnu vezu.

Iako je značajno manjeg opsega od velikih međunarodnih zračnih luka, Zračna luka Rijeka ima stratešku prednost zbog svoje blizine gradu i povoljnog pristupa popularnim turističkim odredištima duž jadranske obale. Zračna luka uglavnom opskrbljuje sezonske letove, s izraženim povećanjem prometa tijekom ljetnih mjeseci – srpnja i kolovoza kada turisti odlaze na slikovite plaže i otoke u regiji.

Nekoliko zračnih prijevoznika obavlja letove do i od Zračne luke Rijeka, povezujući grad s glavnim europskim središtima kao što su Beč, Berlin, Brisel, Frankfurt, London, Stockholm i München. Ove veze omogućuju praktičan pristup i poslovnim i turističkim putnicima, te na taj način pridonose gospodarskom razvoju grada i jačanju njegove turističke industrije.

Posljednjih godina Zračna luka Rijeka bilježi stalni rast broja putnika, što odražava sve veću popularnost regije kao turističkog odredišta. Zračna luka je u 2019. primila rekordan broj od 200,841 putnika [13], što je značajno povećanje u odnosu na prethodne godine. Iako je pandemija COVID-19 prouzročila privremeni zastoj 2020., zračna luka je pokazala znakove oporavka, a broj putnika postupno raste shodno završetku epidemije.

Zračna luka Rijeka možda se ne može klasificirati kao glavno međunarodno zrakoplovno čvorište, premda je njena uloga u povezivanju grada s globalnom mrežom neosporiva. Kako je turistička industrija u regiji u kontinuiranom porastu, a gospodarske veze se šire, važnost zračne luke će i dalje rasti. Kontinuirano ulaganje u infrastrukturu i širenje letnih ruta biti će presudno kako bi Zračna luka Rijeka postala vitalna komponenta gradske prometne mreže, što bi trebalo omogućiti besprijekorno putovanje i doprinijeti njezinom ukupnom značaju.

3. TEHNOLOGIJE AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA PROMETOM

Način na koji se upravlja prometom značajno se promijenio u zadnja dva desetljeća. Prometna se pravila redovno mijenjaju iz godine u godinu, te se uz inovativni razvoj vertikalne i horizontalne signalizacije vrši implementacija naprednih sustava zvanih Inteligentni transportni sustavi (ITS). Implementacija inteligentnih transportnih sustava postala je moguća zahvaljujući poboljšanjima u umjetnoj inteligenciji, sensorima i bežičnoj komunikaciji. Takvi su sustavi promijenili način na koji se uvelike reduciraju problemi modernog prometa. Oni koriste metodu prikupljanja i obrade podataka u stvarnom vremenu kako bi pomogli poboljšati protok prometa, učiniti putovanje sigurnijim i smanjiti loše učinke prijevoza na okoliš. ITS sustavi mogu se implementirati i na vozila i na infrastrukturu ali isto tako i na živa bića. Inteligentni transportni sustavi tvore kompleksnu cjelinu za prikupljanje, obradu i analizu podataka u realnom vremenu koji se pritom šalju centralnoj jedinici ili više njih kako bi se tim podacima moglo služiti. Primjena i benefiti ITS-a vide se gotovo u svakom sektoru transporta, što će ovo poglavlje i potkrijepiti te dodatno objasniti uz stvarne primjere.

3.1. OPĆENITO O INTELIGENTNIM TRANSPORTNIM SUSTAVIMA I AUTOMATSKOM UPRAVLJANJU PROMETOM

Struktura inteligentnog sustava je višestruki okvir koji se sastoji od pet različitih slojeva: opće, funkcionalne, logičke, fizičke i tehnološke strukture [14]. Prva tri sloja posvećena su formuliranju i realizaciji sveobuhvatnih prometnih ciljeva, koji spadaju u djelokrug prometnih inženjera, prometnih planera i urbanih dizajnera [14]. Posljednja dva sloja, međutim, služe kao instrumentalna sredstva za postizanje ovih ciljeva, a nalaze se u domeni stručnjaka za automatizaciju, elektroniku i informacijsku tehnologiju [14]. Opća struktura sustava obilježava specifične tipove sustava koji će se koristiti unutar analiziranog područja, opisuju opseg rada svakog podsustava i specificiraju skupove podataka koji moraju teći između njih kako bi se omogućila učinkovita koordinacija i postizanje željenih rezultata [14]. Pod funkcionalnom strukturom misli se na područja utjecaja odnosno razvrstavanje ITS-a na kategorije utjecaja a one su prikazane u Tablici 1.

Tablica 1. Funkcionalna područja ITS-a

Funkcionalno područje	Usluge
1. Informiranje putnika	<ul style="list-style-type: none"> • Predputno informiranje • Putno informiranje • Usluge putnog informiranja • Predputni rutni vodič i navigacija • Putni rutni vodič i navigacija • Podrška planiranju putovanja
2. Upravljanje prometom	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrola i upravljanje prometom • Upravljanje incidentima u prometu • Upravljanje potražnjom • Upravljanje održavanja prometne infrastrukture • Provođenje regulacije prometa
3. Usluge u vozilima	<ul style="list-style-type: none"> • Pобољшanje vidljivosti u prometu • Automatizirane operacije u vozilima • Izbjegavanje sudara • Sigurnosna pripravnost • Aktiviranje mjera prije sudara
4. Prijevoz tereta	<ul style="list-style-type: none"> • Odobrenje za komercijalna vozila • Administrativni procesi kod komercijalnih vozila • Automatizirana cestovna inspekcija sigurnosti • Nadzor sigurnosti u komercijalnim vozilima • Upravljanje teretnim voznim parkom • Intermodalno upravljanje informacijama • Upravljanje i kontrola intermodalnih centara • Upravljanje opasnim teretom
5. Javni prijevoz	<ul style="list-style-type: none"> • Upravljanje javnim prijevozom • Dijeljeni javni prijevoz i prijevoz ovisan o potražnji
6. Izvanredna stanja	<ul style="list-style-type: none"> • Obavijesti o izvanrednim stanjima u prometu vezane uz osobnu sigurnost • Upravljanje vozilima žurnih službi • Opasni tereti i obavijesti o incidentima • Vraćanje vozila nakon krađe • Podaci vozila žurnih službi

7. Elektronička naplata u transportu	<ul style="list-style-type: none"> • Elektroničke transakcije u prometu • Integracija usluga elektroničkog plaćanja u prometu
8. Osobna sigurnost	<ul style="list-style-type: none"> • Sigurnost u javnom prijevozu • Poboljšanje sigurnosti za ranjive skupine korisnika prometnica • Poboljšanje sigurnosti za korisnike prometnica s poteškoćama cestovnom prijevozu • Sigurnost za pješake • Koristeći inteligentna raskrižja i prometnice
9. Nadzor okoline i vremenskih uvjeta	<ul style="list-style-type: none"> • Nadzor vremenskih uvjeta • Nadzor uvjeta i stanja u okolini
10. Upravljanje i koordinacija odgovora na nepogode	<ul style="list-style-type: none"> • Upravljanje podacima o nepogodama • Upravljanje odzivom na nepogode • Koordinacija hitnih službi
11. Nacionalna sigurnost	<ul style="list-style-type: none"> • Nadzor i kontrola potencijalno sumnjivih vozila • Nadzor komunalnih i komunikacijskih vodova

Izvor: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/57393/801de6c6be7f4cf0b9e4d2528d3b1ce5/ISO-14813-1-2015.pdf> (Tablicu izradio autor | Izvoru pristupljeno 24.08.2024.)

Automatsko upravljanje prometom ističe pomak s tradicionalnih pristupa upravljanja prometom. Taj pomak ističe se implementacijom naprednih, automatiziranih sustava. Srž ove tehnologije jest ta da je upravljanje prometom u biti usluga, usmjerena na omogućavanje sigurnog i efikasnog kretanja ljudi, roba i informacija. Kvaliteta ove usluge je najvažnija, a ocjenjuje se na temelju kriterija kao što su vrijeme putovanja, pridržavanje rasporeda i sveukupno zadovoljstvo korisnika.

Sve veća složenost modernih prometnih mreža, zajedno s rastućim zahtjevima urbanizacije i globalizacije, neophodno je zahtijevala usvajanje inteligentnih transportnih sustava (ITS). ITS koristi informacijske i komunikacijske tehnologije za poboljšanje učinkovitosti i sigurnosti prijevoza. Predstavlja inovativna rješenja za izazove kao što su zagušenja, nesreće i utjecaj na okoliš. Implementacija ITS-a u sustave upravljanja prometom omogućila je prikupljanje i analizu podataka u stvarnom vremenu, predstavlja dinamične strategije upravljanja prometom koje učinkovito odgovaraju na promjenjive uvjete [15]. Cilj AUP-a je optimizacija korištenja postojeće infrastrukture, minimizacija kašnjenja i poboljšanje cjelokupnoga iskustva prometovanja za sve korisnike.

ITS sustav kao osnovna komponenta u automatskom upravljanju prometa naglašava potrebu za odabirom odgovarajućih komunikacijskih kanala koji zadovoljavaju specifične zahtjeve svakog podsustava, uzimajući u obzir faktore kao što su topologija terena, te financijska i društvena isplativost. Integracija telekomunikacijske i informacijske tehnologije sa sustavima upravljanja prometom upravo je ono što omogućuje automatizaciju procesa upravljanja prometom.

U biti, sustavi za automatsko upravljanje prometom predstavljaju vrhunac tehnološkog napretka i primjene inteligentnih rješenja za rješavanje složenosti modernog transporta. Korištenje ovih sustava omogućuje prikupljanje i obradu podataka u stvarnom vremenu putem komunikacijskih mreža i naprednih algoritama, te tako stvaraju put prema budućnosti u kojoj promet teče neprimjetno, učinkovito i održivo.

Implementacija naprednih transportnih telematskih sustava otkrila je potencijal za potpuno integriranu transportnu mrežu, usklađujući različite načine putovanja na način koji je nekada bio nezamisliv bez pomoći računalnih i komunikacijskih tehnologija. Osnovne tehnologije koje se koriste u sustavima automatskog upravljanja prometom čine: sustavi napajanja, senzori, mikroupravljači, internet mreža, poslužiteljska i host računala, softver (aplikacije), web servisi i internet protokoli [15]. Takvu cjelinu još se zovemo Internet stvari (IoT) koja u kombinaciji sa umjetnom inteligencijom tvori veću cjelinu i ključan je dio tvorbe sustava za automatsko upravljanje.

Temeljni koncept Interneta stvari (IoT) podrazumijeva međusobno povezivanje fizičkih objekata unutar okruženja u globalnu mrežu temeljenu na IP protokolu. Ogromna količina prometnih podataka koji se mogu prikupiti, uključujući broj vozila, brzine i vrijeme putovanja, pozicionira IoT kao idealnu platformu za napredak centara za upravljanje prometom. Evolucija IoT-a potaknuta je istraživanjima u različitim inženjerskim poljima, uključujući povezivanje entiteta u pokretu, obradu masivnih skupova podataka o prometu te razvoj i implementaciju sigurnijeg i učinkovitijeg IPv6 internet protokola [16]. Znatan utjecaj IoT-a na automatsko upravljanje prometom ne može se izostaviti. Mreža interneta stvari omogućuje prikupljanje i analizu golemih količina prometnih podataka u stvarnom vremenu, omogućuje inteligentnim transportnim sustavima da donose informirane odluke i implementiraju strategije dinamičke kontrole [15]. Sposobnost povezivanja i komunikacije s različitim elementima prometne infrastrukture, kao što su prometna signalizacija, senzori i vozila, stvara ekosustav upravljanja prometom koji reagira i prilagođava se. Ova međusobna povezanost olakšava optimizaciju protoka prometa, povećava sigurnost i omogućuje pravovremene i pravovaljane odgovore na potencijalna zagušenja ili incidente. Integracija

IoT-a s drugim tehnologijama u nastajanju, kao što su umjetna inteligencija i strojno učenje, dodatno pojačava potencijal IoT mreže za revolucioniranje upravljanja prometom. To u suštini tvori put budućnosti u kojoj prijevoz nije samo učinkovit, već siguran, održiv i usmjeren na sve sudionike u prometu bili oni aktivni ili pasivni dio prometa.

Ove suvremene sustave karakterizira prilagodljivost i otvorena arhitektura, koji olakšavaju besprijekornu integraciju raznolikog niza tehnologija, posebno onih s interaktivnim i multimedijским mogućnostima. Rezultat je holistički i sveobuhvatan pristup upravljanju prometom koji učinkovito djeluje na različitim razinama, od mikro razine ili pojedinačnih ulica do makro razine ili globalnih prometnih mreža [17].

Sustavi za automatsko upravljanje prometom olakšavaju koordinaciju i komunikaciju kritičnih funkcija unutar prometnih operacija. Upravljaajući prometnom signalizacijom i znakovima s promjenjivim porukama, ovi sustavi vozačima pružaju informacije o prometnim gužvama u stvarnom vremenu. Štoviše, implementacija inteligentnih sustava za navođenje vozila omogućuje neometano odvijanje prometa pri dosljednoj brzini kroz prometna križanja definirana suvremenim upravljačkim tehnologijama.

Integracija multimedijских značajki unutar vozila služi kao najbolji primjer ove tehnološke integracije. Kroz razmatranje jednog modernog vozila, opremljenog inteligentnim navigacijskim sustavima, ne samo da to vozilo prima ažuriranja prometa u stvarnom vremenu, već i vizualno prikazuje i prilagođava optimalnu rutu na interaktivnoj karti, upotpunjenu glasovnim navođenjem i pravovremenim upozorenjima o potencijalnim opasnostima. Multimedijška sučelja nadilaze samu animaciju vozača i suputnika, postaju sastavni dio ITS-a te povećavaju sigurnost, učinkovitost i cjelokupno iskustvo vožnje.

Kako bi se sustavi automatskog upravljanja prometom primijenili na prometnice, infrastrukturu istih je potrebno opremiti tehnologijom koja to omogućava a prometnice graditi učinkovitije tako da se one prilagode rastućem broju vozila i osigura veća učinkovitost prometovanja i protočnosti. Pametni prometni znakovi i upravljački uređaji, kamere, senzori, oprema za odašiljanje i primanje bežičnog komunikacijskog signala – su skup tehnologija koje se danas primjenjuju na pametne prometnice. Informacije i podaci koje prikupljaju mogu se slati žičano na određenu adresnu jedinicu ili bežično, danas najčešće pomoću mobilnog 4G signala zbog njegove dobre pokrivenosti, pouzdanosti i zadovoljavajuće brzine prijenosa podataka. Nova generacija 5G mobilnog signala trenutno je najpoželjnija u komunikaciji između uređaja u Internetu stvari (IoT) zato jer je njegov domet velik (seže do čak 100 kilometara) što eliminira potrebu za korištenjem serije pojačivača signala u urbanim sredinama. Brzine prijenosa podataka nadilaze 1 GB/s, ultra-

širokog je frekvencijskog polja: niskog (>1GHz – pokriva najveći domet i podržava najveći broj uređaja), srednjeg (3.3 GHz – 10 GHz) i milimetarskog (30GHz – 300 GHz – pruža najveće brzine prijenosa podataka ali je limitiran zbog malog dometa i podložnosti prekidima u slučaju da se signal između dva uređaja fizički preprečuje) polja odnosno valne duljine, što ga čini vrlo efikasnim, prilagodljivim i pouzdanim signalom [18][19].

Rubno računalstvo revolucionira pametno upravljanje prometom. Približava obradu podataka i donošenje odluka na temelju prikupljenih podataka, što omogućuje analitiku u stvarnom vremenu i implementaciju AI aplikacija [20]. To za rezultat omogućava: dinamičke prilagodbe prometne signalizacije, proaktivna upozorenja na opasnost i optimizirano korištenje energije za pametnije, sigurnije i učinkovitije ceste. Realna primjena im je u praćenju stanja na cestama u stvarnom vremenu za prediktivno održavanje, omogućujući službama prometa proaktivno i pravovremeno rješavanje problema prije nego što isti eskaliraju ili da reagiraju u što kraćem roku prilikom nastanka problema.

Brojni su primjeri implementacije ITS-a u stvarnom svijetu. U Hrvatskoj je grad Rijeka uspješno implementirao sustav automatskog upravljanja prometom (AUP) i na taj način optimizirao protok prometa kroz prilagodljivu kontrolu prometne signalizacije i analizu podataka u stvarnom vremenu. Sustav koristi induktivne petlje, odnosno detektore i kamere za prikupljanje podataka o prometu i inteligentne algoritme za dinamičku prilagodbu vremena signala. Rezultati su obećavajući, sa značajnim poboljšanjima u protoku prometa i vremenu putovanja.

Globalno, gradovi poput Singapura prihvatili su inteligentne transportne sustave kako bi odgovorili na izazove rastuće populacije i ograničene dostupnosti zemljišta. Singapurski elektronički sustav naplate cesta (ENC), jedan od prvih takve vrste. Koristi dinamičku naplatu cestarine za upravljanje zagušenjima i poticanje korištenja javnog prijevoza [21]. Uspjeh singapurskog sustava nadahnuo je druge gradove da istraže slične mehanizme određivanja cijena zagušenja, što je očito i u gradovima poput Londona koji ima svojevrsni pristup naplate mogućnosti korištenja vozila sa unutrašnjim izgaranjem.

Takav sustav podijeljen je na više zona s različitim tarifama:

- CC – *Congestion charge* (naplata zagušenja) zona koja obuhvaća strogi centar Londona i primjenjuje se od ponedjeljka do petka u satima od 07:00 do 18:00, te subotom i nedjeljom od 12:00 do 18:00 [22].

- ULEZ i LEZ – Zone ultra niskih emisija i niskih emisija su zone koje obuhvaćaju kompletno područje grada Londona. Takve zone podrazumijevaju da automobili pogonjeni benzinskim motorima ispod oznake Euro 4 i automobili pogonjeni dizelskim motorima ispod oznake Euro 6 moraju na dnevnoj bazi plaćati porez kako bi mogli prometovati ULEZ i LEZ zonama, u suprotnom se vozilo kažnjava [22].

3.2. TRADICIONALNA SIGNALIZACIJA

Tradicionalna prometna signalizacija, koja obuhvaća i vertikalne (na stupovima) i horizontalne signale (na kolniku), igra ključnu ulogu u osiguravanju sigurnosti i učinkovitosti na cestama. Vertikalna signalizacija uključuje prometne znakove postavljene uz ceste, kao što su ograničenja brzine, obvezne radnje, upozorenja i znakovi za usmjeravanje, koji su normirani kako bi bili lako prepoznatljivi i razumljivi svim sudionicima u prometu. Ovi znakovi moraju biti postavljeni na vidljivim mjestima s odgovarajućim veličinama i bojama, često sa reflektirajućim materijalima a prema novijim normama moraju imati fluorescentni okvir za lakšu detekciju kako bi se osigurala vidljivost u svim vremenskim uvjetima i noću [23].

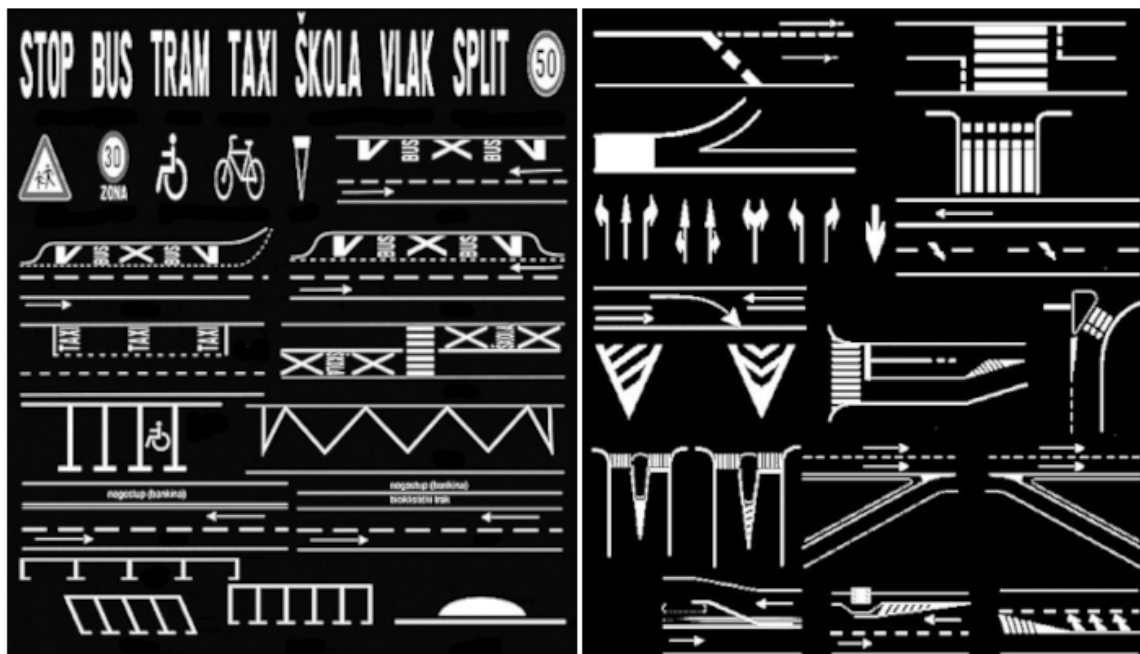


Prikaz 2. Kategorije prometnih znakova

Izvor: Izradio autor

Horizontalna signalizacija, s druge strane, odnosi se na oznake na cesti koje usmjeravaju promet, označavaju prometne trake, pješačke prijelaze i biciklističke staze, pritom pomažući organizirati protok vozila na cesti. Ove oznake uključuju okomite i vodoravne linije na cesti,

te simbole ili natpise koji sudionicima u prometu daju dodatne informacije. Materijali korišteni za ove oznake su izdržljivi i dizajnirani da izdrže prometne i vremenske uvjete, a prema novijim normama imaju reflektirajući sloj za bolju preglednost u svim vremenskim uvjetima i dobi dana te zahtijevaju redovito održavanje kako bi ostali učinkoviti [24].



Prikaz 3. Horizontalna signalizacija

Izvor: <https://enciklopedija.hr/clanak/prometna-signalizacija> (Preuzeto 24.08.2024.)

Sigurnosna horizontalna signalizacija posebna je kategorija prometne signalizacije koja uključuje:

- Uspornike - oni služe za usporavanje prometa i postavljaju se vodoravno na prometnicu, najčešće se nalaze u školskim/predškolskim zonama i ulicama naselja gdje promet nije intenzivan ali je ipak dionica prometnice potencijalno opasna za pješake, a često se postavljaju i u neposrednoj blizini parkirališta. Izrađuju se pretežito od kompozitnih materijala (plastike), betona ili gume i također imaju svoja posebna obilježja a često ih prati i vertikalna signalizacija prije samog uspornika.
- Vibracijske trake – nalik uspornicima, također služe za usporavanje prometa na za to predviđenim dionicama cesta. Postavljaju se vodoravno na prometnicu i obično ih se stavlja veći broj ovisno o ograničenju brzine kako bi se vozače putem vibracija upozorilo da uspore brzinu kretanja svojih vozila.

- Zvučne trake – najčešće se nalaze na autocestama ili brzim cestama te mijenjaju klasične okomite linijske oznake na cesti. Izrađene su isključivo od kompozitnih materijala. Koriste se kako bi vozače upozorili da na kolniku prelaze u drugu prometnu traku. Prelaskom kotača preko ovih traka dešava se zvučna reakcija zbog oblika trake. Također mogu imati primjenu poput vibracijskih traka kako bi se usporio promet
- Blokade – nalik su uspornicima ali su znatno višeg profila te ih pretežito nalazimo na parkiralištima ili zatvorenim dionicama prometa. Svrha im je da blokiraju prolazak vozila.
- LED markeri za pješačke prijelaze – ugrađuju se u kolnik duž pješačkih prijelaza kako bi noću jasnije obilježili površine istih [25].



Prikaz 4. Raskrižje opremljeno uspornicima i vibracijskim trakama

Izvor: <https://model5.rs/usporivaci-brzine/vibro-zvucne-trake/> (Preuzeto 24.08.2024.)

Prometnu opremu ceste predstavljaju fizički elementi koji se postavljaju na ili uz cestu kako bi se povećala sigurnost, učinkovitost i protočnost prometa, te pružile informacije i upute sudionicima u prometu. Pod prometnu opremu cesta spadaju: oprema za označavanje ruba

kolnika; oprema za označavanje vrha prometnog otoka; oprema, znakovi i oznake za označavanje zavoja, radova, zapreka i oštećenja kolnika; oprema za vođenje i usmjeravanje prometa u zoni radova na cesti, zapreka, privremenih opasnosti i oštećenja kolnika; branici i polubranici; prometna zrcala/ogledala; zaštitne odbojne ograde; oprema protiv zasljepljivanja; ublaživači udara; oprema za ručno upravljanje prometom; pokazivač smjera vjetra [26].

Uz tradicionalne statične znakove postoje i znakovi s promjenjivom porukom ili pametni prometni znakovi. Pametni znakovi prikazuju informacije u stvarnom vremenu, kao što su promjene ograničenja brzine, upozorenja o prometnim gužvama ili uvjetima na cesti, te su integrirani sa središnjim sustavima upravljanja prometom (prometnim centrima) koji omogućuju ažuriranje u stvarnom vremenu na temelju trenutnih situacija na cesti [27]. Fleksibilnost pametnih prometnih znakova, njihova sposobnost da brzo reagiraju na promjenjive uvjete i njihova integracija u inteligentne transportne sustave (ITS) čine ih neophodnima u sferi automatskog upravljanja prometom, jer povećavaju sigurnost, reduciraju vrijeme provedeno u gužvi, odnosno poboljšavaju ukupni protok prometa. Primjerice na brzim cestama postoje posebni senzori vlažnosti i temperature koji mjere uvjete na cesti te prilikom velike količine kiše ili u slučaju pojave leda na cesti šalju informaciju u prometni sustav i automatski šalju obavijest na promjenjive znakove koji se nalaze iznad ceste kako bi upozorili vozače da prilagode brzinu uvjetima na cesti te da se pridržavaju obaveznom rastojanju na cesti [28]. Velik broj kamera na brzim cestama u skladu sa algoritmima detekcije također igraju važnu ulogu u pravovremenom informiranju vozača o potencijalnim ili aktualnim opasnostima na cesti (sudarima, divljači, predmetima, ulju i slično).



Prikaz 5 Pametni elektromehanički prometni znak na brzjoj cesti

Izvor: Jerčić, J., i Mataija, M. (2019). 'PRIKAZ SUSTAVA ZA UPRAVLJANJE INFORMACIJAMA NA AUTOCESTAMA POMOĆU DIJAGRAMA', Zbornik Veleučilišta u Rijeci, 7(1), str. 393-407.

<https://doi.org/10.31784/zvr.7.1.24>

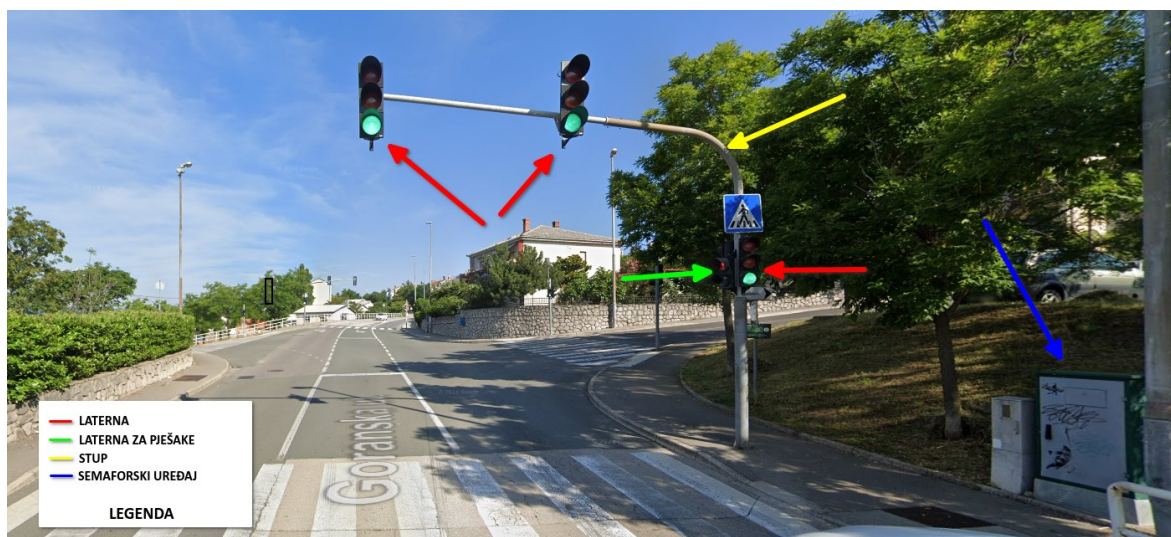
3.3. SVJETLOSNA SIGNALIZACIJA

Svjetlosna signalizacija koristi se za regulaciju prometa iz različitih smjerova na raskrižjima. Uređaji koji se koriste za svjetlosnu signalizaciju nazivaju se semafori. Osnovna funkcija semafora je zaustavljati i propuštati promet. Prvi semafor koji su se pojavio u prometu postavljen je u Londonu 10. prosinca 1868. godine radi reguliranja prometa u ulicama *Bridge*, *Great George* i *Parliament*. To je bio ručno upravljani semafor, pomoću poluge i osvijetljen petrolejskom lampom. Signali na tom semaforu su bili *Stop!* i *Go!* – stani i kreni. Takav semafor kratko je služio svrhu prometne signalizacije zbog načina upravljanja i petrolejske lampe koja je u konačnici, zbog eksplozije, oduzela život policijskog časnika koji je upravljao njime [29]. Prvi mehanički semafor, električno upravljani koji je imao 3 svjetlosna signala (crveno, žuto, zeleno), u promet je stigao početkom 1920-tih godina [30]. Crveno svjetlo označava zaustavljanje, žuto označava promjenu svjetla i signalizira vozačima da se pripreme stati ili krenuti a zeleno svjetlo signalizira kretanje. Semafori su danas ključni elementi u automatskom upravljanju prometa. Promet čine sigurnijim, a primjenom modernih informacijskih tehnologija i digitalne elektronike danas postaju prilagodljivi uvjetima na cesti. To omogućava modernim semaforima pozitivan učinak na

reduciranje prometnih zagušenja i smanjenje potrošnje goriva, a samim time i smanjenje štetnih emisija.

Semaforско raskrižje čine: upravljačka jedinica odnosno semaforски uređaj, lanterne sa signalnim svjetlima i stup/stupovi na koje se lanterne montiraju.

Ključni element rada semafora je upravljačka jedinica. Upravljačka jedinica, odnosno semaforски uređaj sadrži upravljačku jedinicu napajanja, relejno sklopovlje ili centralnu mikroprocesorsku jedinicu (ovisno o vrsti upravljačkog uređaja) koja obavlja operacije promjene svjetlećih signala, module kontrole signalnih svjetla, ulazno izlaznu jedinicu, komunikacijski uređaj (ovisno o vrsti upravljačkog uređaja). Semaforски uređaj se postavlja neposredno uz raskrižje kako bi se olakšalo spajanje uređaja sa lanternama i sensorima te kako bi serviser imao lakši pristup u slučaju kvara.



Prikaz 6 Komponente semaforског raskrižja

Izvor: Izradio autor

3.3.1. Vrste semaforских uređaja

Na prometnicama se danas raspoznaju dvije vrste semaforских uređaja:

- Klasične – sa relejskim upravljačkim jedinicama
- Moderne – sa mikroprocesorskim upravljačkim jedinicama, komunikacijskim modulima i sensorima

Klasični semaforški uređaji zasnovani su na relejnoj upravljačkoj logici. Koriste elektromehaničke releje koji su spojeni u zavisnosti o signalnim planovima na način da uklapaju određene strujne krugove zavisno o programiranim vremenskim planovima. Zatim, ovisno o signalnom planu koji ima vremenske intervale, pali signalna svjetla za promet. Vrste relejnog sklopovlja koji se koriste u relejnim semaforškim uređajima su:

- Tajmer releji: Koriste se za određivanje trajanja pojedinog svjetla (npr. koliko dugo će svijetliti crveno svjetlo).
- Preklopni releji: Prebacuju kontakt između različitih svjetlosnih signala.
- Sigurnosni releji: Ovi releji osiguravaju da se semafor automatski vraća u sigurnosni mod (uglavnom trepćuće žuto svjetlo) u slučaju kvara.

Takvi uređaji se zbog svoje pouzdanosti i robusnosti često koriste i danas. Primjerice, u gradu Rijeci promet se regulira sa još 11 takvih uređaja od proizvođača Ericsson Nikola Tesla d.d. tipa PSV 1007. Prednost im je da su vrlo jednostavni pri redovnom održavanju i nemaju ovisnost o komunikacijskom modulu ili mikroprocesoru odnosno integriranim strujnim krugovima. Jedna od mana im je što se: kvarovi se mogu detektirati i otkloniti isključivo na licu mjesta. Kako se radi o starijim uređajima koji sve rjeđe viđaju upotrebu održavanje postaje sve teže zbog istrošenosti upravljačkih komponenti i manjku dostupnih novih dijelova. Njihova najveća mana je nemogućnost integracije u sustav automatskog upravljanja u prometu što je ustvari razlog sve češće zamjene takvih uređaja sa mikroprocesorskim [32].

Značajke uređaja PSV 1007 su:

- Poluovisnost o prometu,
- 7 signalnih planova,
- 16 signalnih skupina,
- 3 detektorske logike,
- Koordinacija rada ostalih uređaja [32].

Moderni semaforški uređaji rade na principu upravljanja pomoću mikroprocesora. Ovi uređaji danas su standard zbog njihove modularnosti i jednostavne integracije u sustav automatskog upravljanja prometom. Uređaji se sastoje od nekoliko modula koji su međusobno povezani preko mikroprocesorske jedinice, a to su: modul napajanja, modul

kontrole svjetlosnih signala, komunikacijski modul, modul ulaza/izlaza i memorija. Imaju mogućnost bežičnog povezivanja putem GSM mobilne mreže ili direktnom vezom putem optičke mreže. Na taj način može se upravljati svim parametrima semafora i po potrebi regulirati njima kako bi se na primjer u slučaju kvara semafor mogao ponovno podignuti u normalni režim rada sa udaljene lokacije putem računala bez intervencije na licu mjesta što znatno smanjuje vrijeme reakcije na bilo kakve anomalije u radu semafora i samim time povećava sigurnost u prometu.

Princip rada ovakvog upravljačkog uređaja je sljedeći:

Semaforski mikroprocesor prima naredbe sa predefinirane ili programibilne memorije. Te naredbe su ustvari signalni planovi. Signalne planove definiraju prometni inženjeri i oni su unaprijed konfigurirani u memoriji uređaja te se oni mogu ručno, spajanjem računala ili daljinski, pomoću softvera, mijenjati ovisno o uređaju. Međutim, ti planovi su podložni promjenama u realnom vremenu ovisno o informacijama iz senzora poput detektorskih petlji ili kamera koje broje promet i na osnovu broja automobila mogu upotrebljavati efikasnije režime rada. Ovisno o signalnom planu, mikroprocesor šalje ili prima naredbe pojedinim modulima te na taj način vrši upravljanje svjetlosnim signalima na lanternama. Svestrana integracija ovakvih modernih mikroprocesorskih semafora upravljačkih uređaja čini ih jednim od najznačajnijih integriranih uređaja u polju automatskog upravljanja prometom. Primjer jednog takvog upravljačkog uređaja je tip Eurocontroller EC-2 proizvođača Peek.

Značajke ovog semafora uređaja su:

- Modularna arhitektura:
 - Softverska modularnost: Omogućava korištenje različitih upravljačkih aplikacija i algoritama, kao što su upravljanje lokalnim križanjima, koordiniranim potezima ili cijelim prometnim zonama,
 - Hardverska modularnost: Omogućava jednostavnu nadogradnju i održavanje,
- Visoka procesorska snaga:
 - Sadrži dva potpuno nezavisna procesora koji rade na real-time Linux operacijskom sustavu. Ovaj uređaj omogućuje simultano upravljanje s do 40 signalnih grupa i podržava do 128 detektora i paralelnih ulaza/izlaza.
- Integrirana IP komunikacija omogućava korištenje u žičanim, optičkim ili bežičnim širokopojasnim mrežama. Također podržava različite komunikacijske protokole kao što su Ethernet, RS485, GSM, i WLAN.

- Višestruke kontrole sigurnosnih parametara kao što su zelene žarulje, konflikti i minimalna i maksimalna vremena. Uređaj podržava sve relevantne europske norme za sigurnost u prometu.
- Ugrađena dijagnostika s detaljnim dnevnicima rada uređaja, grešaka i sistemskih događaja pohranjuje se u dugotrajnu memoriju (flash EPROM). Podaci se mogu koristiti za analizu i planiranje prometa.
- EC-2 može se koristiti za upravljanje ne samo semaforskim raskrižjima već i drugim prometnim sustavima kao što su promjenjivi znakovi, kontrola ulaza/izlaza, te sustavi za upravljanje tunelima i parkingom [33].



Prikaz 7. Eurocontroller EC-2 semaforska upravljačka jedinica

Izvor: <https://peek.hr/proizvodi/ec-2-semaforski-uredaj/> (Preuzeto 26.08.2024.)

3.3.2. Vrste signala za upravljanje prometom

Vrste signala za upravljanje prometom su:

- Signali za upravljanje motornim prometom:
 - S fiksnim vremenom (izoliranog ili koordiniranog plana),
 - Kontaktni ili polukontaktni,
- Signali za pješake i bicikliste,
- Posebni signali:
 - Signali za vozila javnog gradskog prijevoza,

- Trepćući signali,
- Brzinski signali,
- Direkcijski signali (omogućuje pravovremeni prolazak vozila u smjeru dopunske strelice na lanterni),
- Signali za propuštanje pojedine prometne trake [32].

Signali s fiksnim vremenom ponavljaju se kroz određeni vremenski period u jednakim vremenskim intervalima. Ako je rad takvih signala neovisan o radu drugih signala znači da je njihovo funkcioniranje izolirano, a ako su povezani vremenski, točno u određenom odnosu, onda je funkcioniranje koordinirano.

Kontaktni i polukontaktni signali ovise o detektorima koji su vezani za semaforški uređaj. Uređaj prima kontakte sa detektora na prometnici koje relejno sklopovlje ili softver obradi i ovisno o tome šalje signal za promjenu svjetla na semaforu

Kontaktni signali podrazumijevaju da je raskrižje u potpunosti ovisno o radu detektora kako bi semafor reguliralo prometom, dok je kod polukontaktnih signala detektor pasivan i djeluje više poput brojača prometa što modificira program signalnog plana.

Pješački prijelaz također se regulira svjetlosnim signalima sa semaforškog uređaja koji se javljaju na lanterni za pješake, odvojeno od lanterni za motorni promet. Pješaci imaju posebnu fazu za prijelaz preko prometnice. Ta faza može biti regulirana automatski signalima koji su sinkronizirani i gdje se faze mijenjaju po unaprijed utvrđenom planu.

Također može biti regulirana pritiskom na tipku pješačkog tipkala (detektora) te se na taj način izbjegava čekanje vozila ako nema pješaka koji namjeravaju preći preko pješačkog prijelaza. Danas gotovo svi semaforški uređaji mogu signalni plan automatski modificirati prema predefiniranim režimima rada ovisno o prometnom opterećenju i uvjetima na cesti.

Međutim, razvoj informacijskih tehnologija i IoT tehnologija uz asistenciju umjetne inteligencije omogućio je semaforima da sami automatski upravljaju signalnim planom na prometnicama.

3.4. PROMETNI DETEKTORI

Prometni detektori ili senzori su kontaktni ili beskontaktni uređaji koji reagiraju na sudionike u prometu odnosno sudionici u prometu imaju izravan ili neizravan utjecaj na upravljanje detektorima. Vremenski uvjeti i uvjeti okoliša također služe kao parametar

mjerenja određenih detektora. Detektori ili senzori mjere fizikalne veličine odnosno parametre te ih pretvaraju u električni signal koji je razumljiv upravljačkoj jedinici. U prometu se najviše upotrebljavaju: induktivni detektori s petljom ili piezoelektrični detektori, ultrazvučni i infracrveni detektori, pneumatski detektori, radari, lidari, video kamere te detektori vjetra, vlage i temperature [15]. Sustavi automatske detekcije lokacije vozila (AVL – Automatic Vehicle Location) ključan su dio za automatsku regulaciju prometa jer oni sustavu za signalizaciju prometa daju ključne informacije stvarnog stanja u prometu i zato moraju biti od iznimne kvalitete jer pružaju bitne informacije kompletnom sustavu [34]. Danas su najkvalitetnija rješenja za detekciju vozila:

- Induktivne petlje u kolniku za detekciju vozila i njihove brzine, primjenjuju se najčešće kao brojila vozila i detektori na semaforskim raskrižjima kojima daju signal da se vozila nalaze u određenoj prometnoj traci – njihov signal služi kao faktor signalnog plana semafora [32],
- Obrada digitalne slike dobivene pomoću video kamera – najčešća primjena ovog rješenja viđa se u: detekciji vozila na raskrižjima (mijenjaju klasične induktivne i elektromagnetne petlje zbog veće pouzdanosti), video nadzoru prometa, automatskoj detekciji opasnosti na brzim cestama/autocestama, detekciji registarskih pločica u sustavu elektronske naplate cestarina/parkinga, nadzoru brzine,
- Radiolokacijski sustavi (RADAR): omogućuju detekciju vozila i pružaju informacije kao što su razina prioriteta prolaza ili vrijeme putovanja između dva semafora [32],
- GPS (globalni pozicijski sustav) sustavi: omogućuju točnu detekciju vozila uz mogućnost učestalog ažuriranja informacija o vozilu te komunikaciju sa prometnim računalima u prometnim centrima u realnom vremenu [32].

Princip rada nekih od najčešće primjenjivanih detektora za detekciju prometa:

Infracrveni (IR) senzori općenito se dijele na aktivne i pasivne tipove.

Aktivni IR senzori emitiraju svjetlosnu zraku na površinu ceste i mjere vrijeme potrebno da se reflektirani signal vrati. Kada vozilo zakloni ovaj snop, vrijeme povratka se smanjuje, što ukazuje na prisutnost vozila. Međutim, ovi senzori pokazuju značajne smetnje u nepovoljnim vremenskim uvjetima, budući da je kratka valna duljina (oko 0,85 μm) koju koriste neučinkovita pri prodornoj kiši ili snijegu [35].

Pasivni IR senzori, s druge strane, ne emitiraju vlastitu svjetlost; umjesto toga detektiraju infracrvenu energiju koju prirodno emitiraju objekti unutar zone detekcije [35]. Budući da vozila općenito imaju različite temperature od svoje okoline, pasivni senzori mogu prepoznati njihovu prisutnost na temelju toplinskih emisija.

Ultrazvučni senzori rade na principu emitiranja visokofrekventnih zvučnih valova (obično preko 20 kHz) i mjere vrijeme koje je potrebno da se ti valovi odbiju nakon udara u vozilo. Ultrazvučni senzori su korisni za detekciju prisutnosti vozila, brzine i udaljenosti. Iako su financijski isplativi i nude dobar domet, imaju svoje nedostatke, kao što su potencijalne smetnje od prepreka između senzora i vozila, manja su precizni u usporedbi s drugim tipovima senzora poput magnetskih ili induktivnih senzora [36].

Pod optičkim sensorima misli se na senzore integrirane u sustavima kamera, koji služe za pratnju vozila i objekata na cesti. Ovi sustavi koriste više kamera za detektiranje položaja vozila u trodimenzionalnom prostoru (3D). Ova vrsta senzora vrlo je precizna i može prikupiti enormne količine podataka, uključujući brzinu vozila, poziciju i zauzetost trake. Međutim, oni zahtijevaju preciznu kalibraciju i osjetljivi su na uvjete okoline kao što su promjene rasvjete. Softver za algoritam detekcije s podrškom umjetne inteligencije može se precizno na zahtjev detektirati primjerice nesreće, opasnosti na cesti, broj vozila, pojedina vozila, pješake i slično.

Senzori induktivne petlje jedan su od najčešće korištenih detektora prometa. Sastoje se od žičane petlje ugrađene u kolnik koja detektira vozila na način da induktivna petlja osjeti promjene u elektromagnetskom polju uzrokovane metalom u vozilima [32].

Pod kategoriju detektora vozila u kolniku spadaju i piezoelektrični detektori. Princip rada piezoelektričnih detektora je sljedeće: kada vozilo prijeđe preko detektora, unutar detektora se stvori pritisak [37]. Taj pritisak odrazi se na piezoelektrički materijal koji zatim generira napon proporcionalan sili odnosno težini vozila. Sensorni element piezoelektričkog detektora izrađuje se u obliku koaksijalnog kabela ili nagazne površine. Iako su senzori za detekciju vozila u kolnicima pouzdani i učinkoviti, ugradnja ovih senzora zahtijeva rezanje dijela kolnika, što uvelike smanjuje životni vijek ceste i povećava troškove održavanja detektora i kolnika.

U navedenim klasičnim rješenjima za detekciju vozila postoje i mane. Glavna mana je naglo rastući broj vozila koji često izaziva preopterećenje sustava za detekciju. Detektori ugrađeni u kolnik prometnica podložni su kvarovima zbog oštećenja u asfaltnom sloju. Infracrveni i ultrazvučni senzori podložni su smetnjama iz okoline i vremenskih uvjeta što ih u takvim slučajevima čini manje pouzdanima. Sukladno tome sustavi za detekciju vozila često su

podložni smetnjama u radu te čak i potpunom prekidu rada što u prijevodu znači da se automatizirani signalni planovi svjetlosne signalizacije ili promjenjive poruke na pametnim prometnim znakovima neće izvoditi uopće ili se neće izvoditi optimalno. Pozitivni učinci detektora kada su u funkciji su ti da pružaju točne podatke u izuzetno malim tolerancijama što ih čini poželjnima za implementaciju u sustav automatskog upravljanja prometom.

Rješenje mogućih problema pri integraciji detektora u sustav automatskog upravljanju prometom je korištenje financijski i tehnološki najoptimalnijih detektora i normiranu opremu koja se vrlo lako integrira u sustav automatskog upravljanja a da pritom daje željene rezultate i to pouzdano. IoT tehnologija, kada je integrirana s detektorima prometa, nudi značajne prednosti u upravljanju i optimizaciji transportnih sustava. Integracija prometnih detektora sa IoT tehnologijama omogućuje analizu i obradu podataka u stvarnom vremenu. IoT može pratiti različite prometne uvjete kao što su brzina vozila, temperatura ceste i gustoća prometa, što se može pratiti na raznim internetskim platformama pomoću određenih protokola poput: MQTT (Message Queueing Telemetry Transport), COAP (Constrained Application Protocol), XMPP (Extended Messaging and Presence Protocol), HTTP (Hypertext Transfer Protocol) i ostali. Praćenje i analiza podataka u stvarnom vremenu omogućuje osjetljiviji i prilagodljiviji sustav upravljanja prometom. Omogućava se praćenje stanja i podataka sa svakog pojedinog uređaja koji je spojen na IoT mrežu. Primjena umjetne inteligencije (AI) i strojnog učenja (ML) za analizu i obradu podataka sa detektora omogućava prilagodljivost sustava automatskog upravljanja prometom na gotovo sve moguće uvjete i na taj način daje se optimalno rješenje za prometovanje. Jedno takvo rješenje je Distribuirani i prilagodljivi algoritam kontrole raskrižja (TAPIOCA) [38]. Radi na principu sustava WSN-a (Wireless Sensor Network) i VANET-a (Vehicular AdHoc Network) [38]. Njegova prateća infrastruktura je hijerarhijska arhitektura distribuiranog WSN-a [38]. Sastoji se od prvog sloja senzora koji se naziva *Before Light* koje je odgovorno za kontinuirano prikupljanje podataka o vozilima koja dolaze na raskrižje. Drugi sloj, pod nazivom *After Light*, ima manje opterećenja budući da radi samo za vrijeme zelenog svjetla, zato što je tada odgovoran za prikupljanje podataka odlazaka vozila s raskrižja, slanje podataka prikupljenih za svako kretanje, izvođenje procesa odlučivanja, te konačno prijenos rezultata izračuna faza semafora na razne mrežne senzore i na kontroler semafora [38]. U ovoj arhitekturi posebno se odabiru pojedini senzori za svaki zadatak, a prometni centar uvijek može djelovati na cijelu mrežu [38]. TAPIOCA algoritam karakterizira uporaba konfliktne matrice koja okuplja sve moguće sukobljene pokrete i usmjerava stvaranje faze, što mu omogućuje da bude fleksibilan i prilagodljiv svakoj konfiguraciji raskrižja,

smanjujući ukupno vrijeme čekanja vozila. Takav pristup definira red čekanja za vozila na koja trenutno utječe stanje semafora i ima za cilj smanjiti kumulativno vrijeme čekanja. Nudi dva pristupa: kontrolere temeljene na semaforu ili automobilu. RL (podržano učenje) omogućuje agentu da nauči ponašanje kroz interakcije pokušaja i pogrešaka s okolinom i ažurira funkciju procjene sljedeće odluke nakon svake prethodne odluke koju sustav donese [38]. Međutim, izračunavanje ukupnog vremena putovanja za sva vozila i obrada tih informacija predstavljaju izazove za sustav automatskog upravljanja prometom.

3.5. PROMETNI INFORMACIJSKI SUSTAVI

Osnovna zadaća prometnih informacijskih sustava je povezati sve uređaje koji upravljaju prometom i objediniti ih u jednu sustavnu cjelinu. To podrazumijeva: semaforne uređaje, senzore, uputne sustave, servisne informacije, javni prijevoz, prometne kamere i ekspertne algoritme. Putem mobilne i/ili fiksne mreže ovi se uređaji i sustavi povezuju sa poslužiteljima koji sadrže prometne baze podataka. Zatim se ti podaci putem aplikacijskih grafičkih sučelja prikazuju na računalima ili mobilnim uređajima prema hijerarhijskoj ljestvici. Glavni prometni centri imaju najširi uvid u aktualno stanje svih podataka iz prometa te imaju mogućnost upravljanja i regulacije istim. Primjeri podataka koje prometni centri dobivaju:

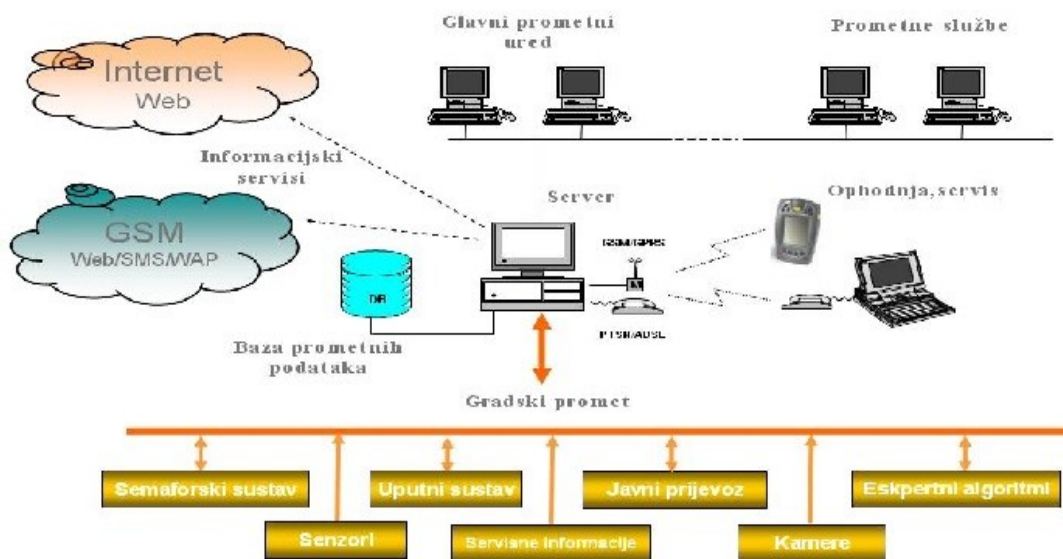
- Provjera ispravnosti signalnih svjetala,
- Pronalazak vozila koje ne poštuje prometna pravila ili je skrivilo prometnu nezgodu,
- Detekcija nastale prometne gužve na određenoj prometnici,
- Analiza i pronalazak prometne gužve na cesti te preusmjeravanje prometovanja,
- Nadzor brzine određenih vozila,
- Brojanje prometnih vozila u stvarnom vremenu i prosjek vremena prolaska dionicom prometnice,
- Stanje linija javnog gradskog prijevoza.

Ophodarske službe i serviseri imaju pristup limitiranim informacijama koje su ustvari lokacijski i opisni podaci, odnosno dijagnostički podaci koji im daju uvid u informacije od važnosti za njihove poslovne dužnosti.

Primjerice, ophodarske službe dobivaju obavijesti o predmetima na cesti, prometnim nesrećama, oštećenju infrastrukturi prometne signalizaciji, oštećenju prometnica i slično.

Serviseri dobivaju ključne informacije o stanju semaforских uređaja, režimu rada odnosno signalnom planu, obavijesti o kvarovima semaforских uređaja i detektora.

Međutim postoje i verzije ovakvih informacijskih sustava koji su dostupni javnosti. Takve verzije dolaze pretežito u obliku grafičkih sučelja koja prikazuju informacije relevantne vozačima i pješacima poput prometnog zagušenja gradskih cesta, lokacije otvorenih parkirališta i parkirnih garaža, lokacije CCTV prometnih kamera, podatke o vremenskoj prognozi, kvaliteti i vlažnosti zraka.



Prikaz 8. Mreža gradskog prometnog informacijskog sustava

Izvor: <https://peek.hr/proizvodi/spectra/> (Preuzeto 28.08.2024.)

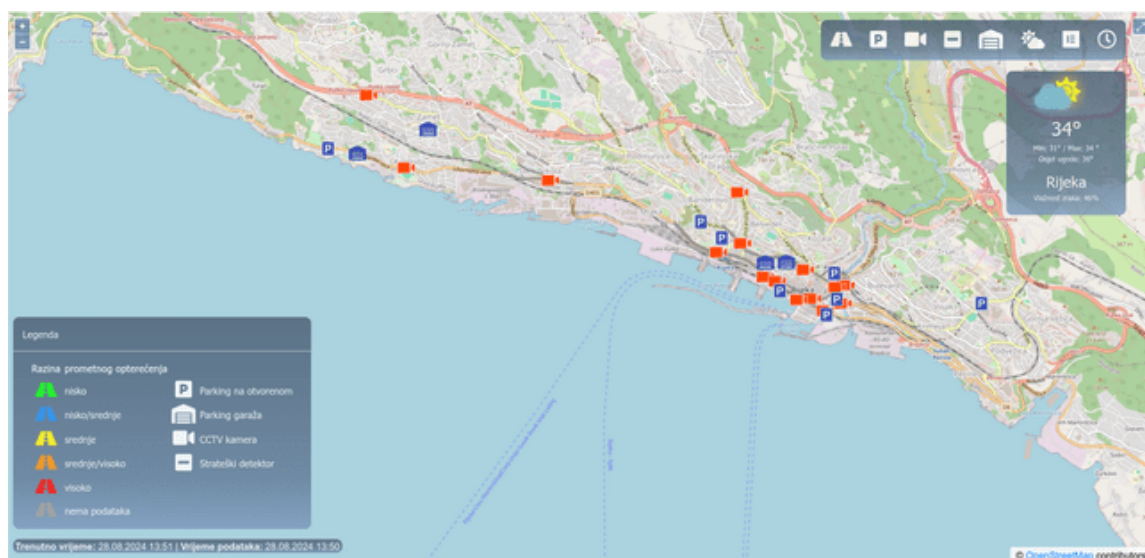
U idućem poglavlju navesti će se i opisati prometni informacijski sustavi proizvođača SWARCO Peek Traffic; ImCity, ImFlow i SPECTRA, koji su danas uspješno implementirani na brojnim europskim prometnicama, kao i na onima u Republici Hrvatskoj.

3.5.1. SPECTRA

SPECTRA je gradski prometni informacijski sustav koji integrira sve relevantne prometne informacije, omogućava razmjenu prometnih parametara prikupljenih iz različitih prometnih sustava, njihovu centralnu obradu za potrebe prometnih stručnjaka te davanje kvalitetnih prometnih informacija svim sudionicima u prometu [39]. Omogućava kombiniranje funkcijskih modula prema specifičnim zahtjevima korisnika te prema izgradnji semaforских križanja u etapama. Program SPECTRA grad Rijeka je u uveo probnu radnu fazu u travnju 2008. godine dok je 2010. godine postao javno dostupan svim građanima.

SPECTRA dolazi u dvije izvedbe:

- Ekspert verziji koja je namijenjena profesionalnim korisnicima za cjeloviti nadzor i planiranje gradskog prometa. Prometni podaci prikupljeni iz drugih specijalističkih prometnih sustava pohranjuju se u centralnu prometnu bazu čime se omogućava globalni nadzor trenutnog prometa u cijelom gradu, pomoć u svakodnevnom operativnom radu prometnih službi, izrada prometnih statistika, planiranje i optimizacija prometnih sustava i službi na nivou grada [39].
- Javnoj verziji koja je dostupna svim sudionicima u prometu. Putem Interneta su pravovremeno na raspolaganju korisne informacije za snalaženje u prometu i planiranje putovanja. Na interaktivnoj karti grada su prikazane aktualne informacije o prometnim gužvama, stanju u javnom prijevozu, popunjenosti parkinga i garaža, stanje sa gradskih prometnica uživo i još mnogo drugih korisnih informacija. Korisničko sučelje prilagođeno je za prikaz na Internet pregledniku ili mobilnom uređaju [39].



Prikaz 9. SPECTRA grafičko sučelje - Javna verzija prometa u gradu Rijeci

Izvor: <https://peek.hr/rijeka/spectra/> (Pristupljeno 28.08.2024.)

3.5.2. ImCity

Prometni informacijski sustav ImCity objedinjuje i međusobno integrira različite podsustave i pripadajuću opremu za centralizaciju pohrane informacija i podataka. Ovaj centralizirani pristup omogućuje prikupljenim informacijama da olakšaju automatski

odgovor na incidente, omogućava operaterima da nadziru i kontroliraju podsustave uz pružanje dodatnih informacija i usluga prema potrebi [40].

Suvremeni gradovi suočeni su s brojnim izazovima, uključujući demografske promjene, potrebu za poboljšanjem kvalitete života, zahtjeve za smanjenjem štetnih emisija, globalno povećanje potražnje za prometom, sve češće teške vremenske nepogode, povećanu potražnju za javnim prijevozom te pozive na poboljšano upravljanje incidentima.

Povijesno gledano, gradskim funkcijama upravljalo se kroz zasebne općinske urede, svaki sa svojim ciljevima i financijama. Međutim, s obzirom na aktualne izazove, mnogi gradski uredi i upravitelji prepoznali su prednosti poboljšane koordinacije i učinkovitosti kroz međusobnu razmjenu podataka i informacija. Za implementaciju takvog koncepta u stvarnom urbanom upravljanju ključan je pristup središnjem sustavu koji povezuje i koordinira postojeće zasebne sustave što sustav ImCity nudi.

Postojeći podsustavi mogu imati vlastita sučelja, ali moraju biti sposobni implementirati ključne dijelove tih podsustava i informacija koje oni sadrže u objedinjeni, logički i normirani format prihvatljiv sustavu ImCity. To osigurava mogućnost brže i prikladnije reakcije sustava na promjenjive situacije u prometu.

Korisničko sučelje ImCity programa pruža objedinjeni prikaz informacija, neovisno o izvoru podataka, dok istovremeno daje kontrolu gdje je to moguće i potrebno. Pristup tako opsežnom skupu podataka omogućuje operaterima da aktivno upravljaju sustavom i razvijaju strategije za učinkovitije upravljanje nastalim situacijama.

Osim svojih osnovnih funkcija, ImCity nudi nekoliko dodatnih značajki koje poboljšavaju primjenjivost:

- Upravljanje incidentima: ImCity može automatski detektirati i reagirati na incidente, kao što su prometne nesreće ili teški vremenski uvjeti, preusmjeravanjem prometa, slanjem hitnih službi i ažuriranjem digitalnih znakova u stvarnom vremenu kako bi vozače obavijestio o najboljem smjeru djelovanja.
- Praćenje stanja okoliša: Sustav može pratiti kvalitetu zraka i emisije u urbanim područjima, pružajući podatke u stvarnom vremenu koji se mogu koristiti za provedbu mjera za smanjenje onečišćenja, kao što je prilagodba protoka prometa ili promicanje alternativnih metoda prijevoza.
- Optimizacija javnog prijevoza: ImCity se može integrirati sa sustavima javnog prijevoza kako bi u stvarnom vremenu omogućio ažuriranje rasporeda autobusa i

tramvaja, optimizirao rute na temelju trenutnih prometnih uvjeta i poboljšao ukupnu učinkovitost mreža javnog prijevoza [40].

Sustav ImCity poboljšava koordinaciju, učinkovitost i ishode:

- Baziranjem na automatizaciji smanjuje troškove,
- Pruža poznato okruženje za veću efikasnost,
- Povećava brzinu odaziva na razvijenu situaciju
- Povećanjem automatizacije smanjuje se postotak ljudske pogreške,
- Potiče razmjene informacije između odjela i ureda,
- Pomaže u procesu informiranja korisnika i građana,
- Koristi otvorenu komunikaciju u svrhu omogućavanja interoperabilnosti,
- Podržava tipične ITS funkcije uključujući: promjenjive znakove, kontrole pristupa, kvalitete zraka, parkirališta, CCTV (kamere), meteorološke podatke, javni prijevoz znakove i vozila, prometne detektore, UTC linkove, automatsko prepoznavanje registarskih oznaka, prometne znakove, prometnice, nesreće, incidente, radove na cesti i događaje [40].

3.5.3. ImFlow

ImFlow je u potpunosti kompletna ITS aplikacija koja povezuje sve korisnike ceste [41]. Generički prometni model projicira predviđeni promet tijekom vremena iz kojeg se svake sekunde izračunava optimalna kontrola mreže prometnog sustava. Takav pristup omogućuje izuzetno fleksibilnu kontrolu s najboljom mogućom izvedbom. Integracijom sa postojećom prometnom infrastrukturom, sustav ImFlow poboljšava i optimizira protok prometa, smanjuje gužve i minimizira negativne utjecaje na okoliš. Učinkovitost i inovativnost ovog sustava prepoznati su na globalnoj razini. Sustav ImFlow je 2012. godine zaradio prestižnu nagradu "Intertraffic Innovation Award" na Intertrafficu 2012. Imtech-Peek (Peek Traffic). Tvrtka koja je danas član korporacije SWARCO tvorac je sustava ImFlow i uspješno je implementirala rješenja za upravljanje prometom u brojnim europskim gradovima, osiguravajući ugovore vrijedne desetke milijuna eura [41].

ImFlow je vrlo fleksibilan sustav upravljanja prometom koji se može postaviti na pojedinim raskrižjima, u određenim prometnim zonama ili u cijelim mrežama u velikim gradovima.

Sustav podržava višekriterijsku optimizaciju na razini mreže, rute i raskrižja, omogućava dinamičko prilagođavanje prometnih politika i određivanje prioriteta [41]. Ova mogućnost osigurava ravnotežu između različitih prometnih zahtjeva, kao što je smanjenje vremena putovanja, davanje prioriteta javnom prijevozu, minimiziranje vremena čekanja, olakšavanje prolaska teških kamiona i pružanje bezuvjetnog prioriteta hitnim vozilima poput vatrogasnih vozila, ambulantnih vozila i VIP prijevoza.

Osim što nudi selektivni prioritet vozilima javnog prijevoza nudi i informacije o procijenjenom vremenu dolaska vozila javnog prijevoza na određenu stanicu. Također, vozačima, pješacima i biciklistima pruža informacije u stvarnom vremenu u stilu brojača o preostalom vremenu trajanja pojedinog svjetlosnog signala na semaforu. Sustav je čak sposoban komunicirati s pojedinačnim vozilima opremljenim najnovijim tehnologijama za primopredaju i prikaz informacija. Vozači primaju ažurirane informacije o vremenu čekanja i zagušenjima, što im omogućuje da odaberu optimalne rute i brzine putovanja za maksimalnu uštedu vremena i goriva, dok sustav prikuplja relevantne podatke od vozila kako bi dodatno poboljšao upravljanje i optimizaciju prometa [41].

4. SUSTAV AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA U GRADU RIJECI

Grad Rijeka ima izvrsno razvijenu cestovnu mrežu, a unutar svojih administrativnih granica raspolaže s približno 400 kilometara nerazvrstanih cesta [42]. Osim toga, kroz grad prolaze glavni cestovni prometni koridori državnih autocesta koje nadziru Hrvatske ceste. S obzirom na značaj Rijeke kao velikog prometnog čvorišta s gustom urbanom prometnom sredinom, solucije za učinkovitim upravljanjem prometom započele su već sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća. U tom je razdoblju veliki broj raskrižja opremljen prometnom signalizacijom, a uveden je i prvi sustav "zelenog vala". Ovaj sustav koordinirao je semafore duž glavnih gradskih koridora kako bi se omogućio nesmetan protok vozila na način da vozila propušta val zelenih svjetla [42].

Do kasnih 1990-ih obujam prometa nastavio je rasti. Međutim, izvorni sustav prometne signalizacije je zastario i više nije mogao zadovoljiti povećane zahtjeve. Infrastruktura koja stari, zajedno s brzim napretkom tehnologije upravljanja prometom, istaknula je potrebu za modernizacijom. Ova modernizacija bila je ključna za rješavanje izazova koje postavljaju razvojni prometni obrasci grada i za osiguranje da cestovna mreža može nastaviti podržavati ulogu grada kao kritičnog prometnog čvorišta.

Grad Rijeka uspješno je implementirao sofisticirani automatizirani sustav upravljanja prometom koji je osmišljen kako bi odgovorio na izazove moderne urbane mobilnosti [43]. Ovaj sustav, koji je dio šire riječke inicijative pametnog grada, objedinjuje različite tehnologije za praćenje i upravljanje prometom u stvarnom vremenu. Korištenjem podataka s prometnih kamera, senzora i drugih alata za nadzor, sustav pruža ažurirane informacije o prometnim uvjetima, omogućujući dinamičke prilagodbe semaforima i prijedloge ruta.

Automatski sustav upravljanja prometom (AUP) u Gradu Rijeci projektiran je za optimizaciju protoka prometa u različitim uvjetima korištenjem naprednih suvremenih tehnoloških mogućnosti. Ovaj moderni sustav upravljanja prometom omogućuje dinamičku kontrolu prometne signalizacije na temelju prometnog opterećenja mreže u stvarnom vremenu. Modularna arhitektura sustava osigurava fleksibilnost, što ga čini lako prilagodljivim promjenjivim uvjetima prometa. Ima sposobnost da odgovori na podatke u stvarnom vremenu, AUP sustav ima za cilj poboljšati učinkovitost i sigurnost upravljanja prometom u Rijeci.

Projektiranje i nadzor automatskog sustava upravljanja prometom (AUP) u Rijeci nadzirao je specijalizirani tim koji se sastojao od predstavnika grada Rijeke, Hrvatskih cesta,

Županijske uprave za ceste, Fakulteta prometnih znanosti grada Zagreba, Prometne policije i nekadašnjeg Rijeka prometa (danas Rijeka Plus). Slijedom strateškog plana tima, grad je podijeljen u pet prometnih zona:

- Zona 1 – Centar jug
- Zona 2 – Centar sjever
- Zona 3 – Centar zapad
- Zona 4 – Zapad
- Zona 5 – Istok

Ovih pet prometnih zona danas nadzire mreža od 86 semaforских raskrižja. Trenutno su 71 od 86 raskrižja, opremljena najnovijom tehnologijom inteligentnog transportnog sustava (ITS), integrirana u sustav AUP. Ova raskrižja povezana su s Prometnim centrom grada Rijeke, čime je ostvarena napredna kontrola i koordinacija prometa u stvarnom vremenu na širem riječkom području [44].

4.1. FAZE IZGRADNJE SUSTAVA AUP

Glavni razlog zašto se grad Rijeka odlučio za izradu projekta automatskog sustava upravljanja prometom bio je modernizacija postojeće prometne signalizacije, jednostavnija kontrola i upravljanje prometnom infrastrukturom, smanjenje prometnih gužvi i povećanje sigurnosti u prometu. Izrada takvog projekta za grad bio je vrlo složen i dugotrajan projekt koji danas, iako je realiziran, nije obuhvatio kompletan opseg gradskih prometnih zona. Projekt kao takav zahtijevao je studiju i analizu sveukupnog prometnog procesa. Implementacija tehnologija i obnova postojećih raskrižja kako bi adaptacija u takav sustav bila moguća predviđena je u etapama (fazama) [32]. Dva su glavna razloga zašto u gradu Rijeci projekt implementacije AUP nije bio moguć u samo jednoj fazi:

- Visoki troškovi – kako se radi o velikom projektu, dokumentacijski, tehnološki i vremenski zahtjevnom, nije bilo moguće osigurati dovoljno financijskih sredstava da se kompletan obujam projekta realizira istovremeno,
- Prometno-tehnološki zahtjevi – prvobitan zahtjev bio je da se izradi procjena i studija vezano za zamjenu postojeće signalizacijske opreme s relejnom tehnikom

upravljanja sa novom mikroprocesorskom, te nadogradnja istih sa modernim sustavima detektora. Isto tako, veliki zahtjev je bio provlačenje nove energetske i komunikacijske infrastrukture do novih raskrižja što je zahtijevalo dodatne radove na cestovnoj infrastrukturi a samim time projekt naglašava održivost što dodatno povećava složenost pri odabiru opreme, pravovremenom izvođenju radova kako bi se izvodili u isto vrijeme kada i ostali predviđeni radovi na pojedinim etapama [32].

Nemoguće je promatrati financijske i prometno-tehnološke zahtjeve projekta odvojeno. Prometno-tehnološke zahtjeve ograničavaju financijski zahtjevi i obrnuto. Praktičan razlog odabira fazne izgradnje kao rješenja bio je ometanje normalnog funkcioniranja prometne mreže što bi dovelo do prometnog kolapsa u slučaju istovremene cjelovite implementacije ITS sustava na riječke prometnice. Takvo ometanje bilo bi štetno i kontraproduktivno jer bi takav opseg radova doveo do gubitaka koji bi višestruko premašili dobitke, te bi izazvali nezadovoljstvo društva i odbojnost prema uvođenju novog sustava upravljanja prometom koji je zamišljen da se poveća sigurnost i efikasnost u prometu.

Kvalitetni model rješenja pokazuje sljedeći redoslijed u razvoju sustava za vođenje implementacije sustava AUP u Rijeci:

- Priprema:
 - Idejni projekt,
 - Prezentacija i javna rasprava,
 - Studija opravdanosti projekta,
 - Plan aktivnosti u izgradnji sustava,
 - Investicijski program.

- Realizacija:
 - Analiza prethodne etape (nakon druge etape i sljedećih),
 - Prometno-tehnološka dokumentacija,
 - Realizacija tekuće etape [32].

Kao konačni model faze realizacije odnosno izgradnje sustava AUP-a u gradu Rijeci izabran je model izgradnje sustava s više hijerarhijske razine na nižu.

Takav model pratio je slijedeći redosljed:

- Izgradnja i opremanje prometnog centra,
- Povezivanje svih lokalnih uređaja s prometnim centrom,
- Zamjena postojećih (zastarjelih) lokalnih uređaja,
- Zamjena i dogradnja vanjske opreme:
 - Detektori,
 - Video nadzor,
- Integracija sustava u ITS [32].

Bez zamjene ondašnjih upravljačkih uređaja i zastarjele vanjske opreme nemoguće je bilo postići bilo kakav oblik mogućnosti integracije sustava u ITS. Postojeći lokalni uređaji koji su bili na rasporedu za zamjenu bili su upravljani pomoću relejne tehnike. Zamjena istih je bila opravdana zbog njihove nemogućnosti povezivanja u računalni sustav. Vanjska oprema koja je služila za tadašnju vrstu automatskog upravljanja sastojala se isključivo od detektora sa indukcijskom petljom [32]. Dotrajalost i učestali prekid istih značio je da su ti uređaji radili prema unaprijed zadanim programima koji nisu bili prilagodljivi rastućem broju vozila na cesti. Naravno, zamjena lokalnih uređaja i vanjske opreme ne bi imala smisla bez upravljačkog centra, odnosno prometnog centra na koji bi nova oprema bila povezana bežično. Novi uređaji opremljeni normiranim tehnologijama omogućavali su integraciju u sustav ITS. Sukladno tome, potrebno je bilo izgraditi prometni centar koji bi sadržavao poslužitelj sa bazom podataka o prometu koji se mijenjaju u realnom vremenu. Također, za dodatan nadzor prometa bilo je potrebno opremiti prometni centar sa odgovarajućim računalnim softverom za nadzor lokalnih semaforских uređaja i detektora, kao i on-line sustav video kamera za video nadzor prometa uživo na predviđenim prioritetnim raskrižjima. Zbog svoje tehnološke složenosti i velikih financijskih zahtjeva, pripremljen je plan realizacije projekta AUP u više faza:

- Idejni projekt izrađen je 1998. godine,
- Radovi na sustavu su započeli s početkom lipnja 2000. godine,
- Primarni plan završetka svih radova bio je predviđen sa koncem 2009 godine [45].

Izgradnja sustava AUP realizira se sufinanciranjem od strane Hrvatskih cesta (42 %), Županijske uprave za ceste (27 %) i Grada Rijeke (31 %).

Realni tok faza izrade tekao je:

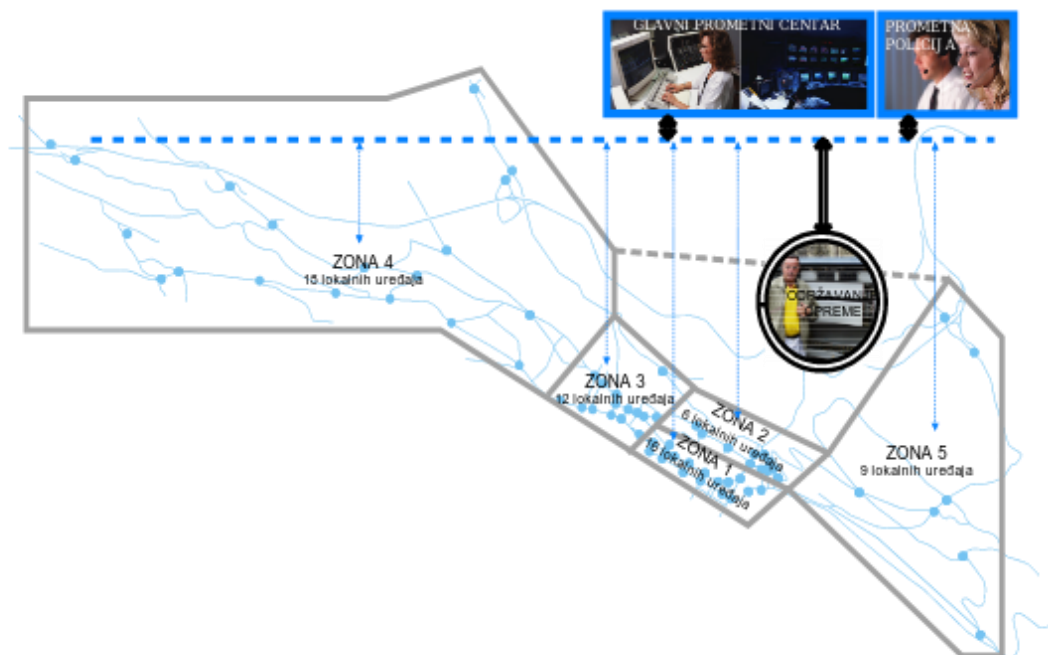
- Faza 1.** Prometna Zona 2 i Prometna Zona 3 (2. prometni koridor), realizacija 2002-2003. g. obuhvatila je zamjenu semaforne i upravljačke opreme na 16 raskrižja, te uređenje prometnog centra.
- Faza 2.** Prometna Zona 1 (1. prometni koridor), realizacija 2004-2005. g. obuhvatila je proširenje sustava AUP zamjenom opreme u 1. prometnoj zoni na 16 raskrižja, spoj na prometni centar i izgradnju uputnog parkirno-garažnog sustava.
- Faza 3.** Prometna Zona 4 (zapadni dio grada), realizacija 2006-2012.g. podrazumijeva proširenje sustava na 4. prometnu zonu i povezivanje sa prometnim centrom, od čega je do danas izgrađen dio koji se odnosi na raskrižja u Osječkoj ulici. Za realizaciju u 4. zoni preostaju prometni pravci Vukovarska-Nova cesta, Zametska ulica, Zvonimirova-Liburnijska ulica, cesta 5025 Rujevica-Marinići i čvor Hosti.
- Faza 4.** Prometna Zona 5 (istočni dio grada), realizacija 2012-14.g. odnosi se na modernizaciju pojedinačnih raskrižja 5. prometne zone i uključanje u sustav AUP-a te optimizaciju sustava kao cjeline, kao i daljnje tehničko-tehnološko unapređivanje sustava [43].

Puštanjem u rad sustava AUP omogućeno je sljedeće:

- Maksimalno iskorištenje postojeće prometne mreže u središtu grada Rijeke,
- Bolja protočnost glavnih uzdužnih smjerova – prometnih koridora,
- Izravni 24-satni nadzor nad odvijanjem prometa u središtu grada,
- Automatsko daljinsko upravljanje semaforim sustavom,
- Centralno preprogramiranje semafora ili pojedinih prometnih zona,
- Trenutna dijagnostika kvarova i brži popravak kvarova,
- Automatsko prikupljanje podataka o prometnim opterećenjima,
- Uštede u potrošnji električne energije od oko 51 % u odnosu na stare semaforne lanterne [46].

Uvođenjem distribuiranog upravljačkog sustava AUP, ukupne koristi proračunate su temeljem dva modela: vremenskih ušteda i ušteda u potrošnji goriva. Sustav AUP-RI u potpunosti (u realnom vremenu) iskorištava propusnu moć gradske cestovne mreže. Zbog tog svojstva i kontinuiranog rasta prometa može se izvesti zaključak i o linearnom rastu

ušteta – sukladno rastu prometne potražnje. Zato se u odnosu na početnu 1998. godinu rast ušteta ocjenjuje po prosječnoj stopi od 4 % godišnje [46].



Prikaz 10 AUP sustav grada Rijeke prema projektnom planu

Izvor: Rijeka Promet d.d., (2012), Sustav upravljanja i nadzora nad prometom grada Rijeke

4.2. ANALIZA AKTUALNOG SUSTAVA AUP

U ovom poglavlju detaljno će se analizirati sve komponente sustava automatskog upravljanja prometom. To podrazumijeva: semafora raskrižja u sustavu AUP, glavni prometni centar, prometni informacijski sustav, parkirno-garažni sustav, javni gradski prijevoz i promjenjive pametne prometne znakove.

4.2.1. Semafora raskrižja u sustavu AUP

U sustavu automatskog upravljanja prometom u gradu Rijeci danas (u 2024. Godini) se nalazi ukupno 71 raskrižje, odnosno 61 semafora upravljajući uređaj [44]. Završetak realizacije projekta implementacije sustava AUP u gradu Rijeci 2014. godine zaključno je sa semafora raskrižjem u naselju Drenova. Grad Rijeka je kroz različite projekte postepeno započela proces modernizacije preostalih bitnih raskrižja te njihove implementacije u sustav AUP. Rastući broj vozila i kriteriji o prometovanju i sigurnosti u

prometu Europske unije omogućili su gradu sufinanciranje modernizacije riječkih prometnica iz europskih strukturnih i investicijskih fondova kroz ITU (Integrirana Teritorijalna Ulaganja) mehanizam. ITU mehanizam omogućuje integriranje sredstava iz različitih europskih fondova i operativnih programa te ulaganje tih sredstava u aktivnosti kojima će se ojačati uloga gradova kao pokretača gospodarskog razvoja [47]. Tako je u razdoblju od 2015. godine do 2020. godine uređeno i modernizirano ukupno 13 raskrižja od kojih je 6 realizirano 2020. godine kroz projekt ITU mehanizma [44]. Projekt se proveo u sklopu Operativnog programa “Konkurentnost i kohezija 2014.-2020.” [42].

2015. godine modernizirani su semafori na lokacijama:

- R54 – Labinska-Podvožnjak (RIO)
- R81 – Kumičićeva-Kvaternikova

Opremljene su novim upravljačkim uređajima Eurocontroller EC-2 te detektorima – induktivnim petljama u kolniku koje kada osjete da nema vozila iz sporednih ulica daju prednost vozilu koje ulazi u raskrižje kako bi se smanjilo vrijeme čekanja u raskrižju i potaklo smanjenje zagušenja prometa na tim lokacijama [44].

2017. godine modernizirani su semafori na lokacijama:

- R60 – Osječka-Škurinjska cesta
- R2 – Zvonimirova-Zametska

Opremljeni su novim upravljačkim uređajima Eurocontroller EC-2 te su lanterne nadograđene novim Supreme lanternama sa aluminijskim kućištima i LED žaruljama u kućištima svjetlosnih signala. Također, opremljena su tipkalima za pješake sa zvučnim signalima te optičkim senzorima odnosno kamerama koje detekciju vozila vrše prikupljanjem podataka u obliku digitalnih slika [44]. Procjeni li program odnosno detektira li kamera da vozača u sporednim prilazima nema, propušta onaj smjer na kojem se nalaze detektirana vozila. Na pješačkim lanternama neće se paliti zeleno svjetlo osim ako pješak pritisne dugme na tipkalu.

2020. godine modernizirani su semafori na lokacijama:

- R1 – Liburnijska-Vlahovićeve
- R48 – Liburnijska-Pionirska
- R40 – Liburnijska-Vere Bratonje
- R52 – Čvor Diračje-zapad
- R53 – Čvor Diračje-istok
- R69 – Laginjina-Baštijanova-Tizianova

Opremljene su novim upravljačkim uređajima Eurocontroller EC-2 te su lanterne opremljene novim Supreme lanternama sa aluminijskim kućištima i LED žaruljama u kućištima svjetlosnih signala. Raskrižja R52 i R53 na Diračju opremljena su optičkim sensorima za detekciju vozila [44].

Sva prethodno navedena raskrižja svojom su modernizacijom ujedno spojena na mrežu sustava za automatsko upravljanje sustavom i povezana sa prometnim centrom grada Rijeke. Njihova modernizacija omogućila je puni daljinski nadzor i upravljanje radom semaforskih raskrižja iz Gradskog prometnog centra, analitiku i daljinsko dojavljivanje svih nepravilnosti u radu te automatsko prikupljanje podataka o prometnim opterećenjima.

Nova tehnologija omogućava da predmetna semaforska raskrižja budu u prometno ovisnom radu, odnosno da se ciklusi crvenih, žutih i zelenih signala mijenjaju temeljem automatskog brojenja prometa i prilagođavaju stvarnom broju vozila koja prolaze kroz raskrižje.

Osim raskrižja, modernizacija je obuhvatila i softverske nadogradnje upravljačkih aplikacija u Gradskom prometnom centru te novu aplikaciju za praćenje prometnih opterećenja Spectra II.

4.2.2. Prometni centar grada Rijeke

Prometni centar grada Rijeke pod upravom Rijeka Prometa d.d. prvi put je izgrađen 2003. godine i bio je smješten u riječkoj ulici Fiumara 13 [46]. Promet su iz centra nadzirali prometni inženjeri stručno osposobljeni za upravljanje prometnim sustavom, ali i za obavljanje poslova prometnog planiranja i projektiranja. Operateri su dežurstvima pokrivali razdoblja od 06:30 do 15:30 sati, dok je u poslijepodnevnom i noćnim satima sustav AUP radio samostalno [46]. Temeljem obrađenih podataka prikupljenih kroz sustav AUP, vrši se praćenje i analiza prometnih opterećenja na gradskoj mreži, a sektor prometa priprema i

izdaje mjesečno izvješće o prometnim opterećenjima kojega dostavlja zainteresiranim službama i institucijama. U funkciji je i centar informacija o prometu koji vrši prikupljanje i distribuciju podataka vezanih za trenutno stanje prometa u gradu, trenutnu popunjenost parkirališta Rijeka prometa te je u tu svrhu uspostavljen i stalni info-telefon [46].

Na temelju podataka dobivenih brojenjem putem strateških detektora prometa, sustav AUP automatski popunjava bazu podataka o broju i vrstama vozila koja prolaze kroz središte grada. U sklopu prometnog centra također se nalazi i poslužiteljska soba u kojoj se nalazi čitava prometna baza podataka sa riječkih prometnica [46].

Kao dopuna sustavu nadzora, osmišljen je i izgrađen poseban video sustav sa kamerama postavljenim na 13 ključnih lokacija na sa prikazom na 13 televizijskih ekrana u prometnom centru, što omogućava izravan nadzor operatera u prometnom centru nad odvijanjem prometa 24 sata na dan 7 dana u tjednu [46].

Prometni informacijski sustav komercijalnog naziva EC Trak koji je ugrađen u Rijeci, proizvod je tvrtke Peek Traffic i ubraja se među najsuvremenija tehnološka dostignuća na području prometne automatizacije. Sustav omogućava najvišu razinu automatskog rada – prometno ovisno upravljanje [46]. Sustav upravljanja sastoji se od glavnog prometnog računala u Gradskom prometnom centru te lokalnih upravljačkih uređaja na raskrižjima. Glavno prometno računalo spojeno je komunikacijskom opremom sa mrežom raskrižja, a svako raskrižje opremljeno je sa detektorima koji kontinuirano broje protok vozila na svakom privozu raskrižja. Podaci o broju vozila na svim raskrižjima putem lokalnih upravljačkih uređaja stalno priteču u Prometni centar, gdje računalo u 15-minutnim razmacima analizira prispjele podatke, odabire optimalan signalni plan rada semafora te šalje odgovarajuću naredbu lokalnim uređajima. Prometno računalo osigurava i međusobnu koordinaciju svih raskrižja. U slučaju prekida veze sa Prometnim centrom, lokalni upravljački uređaji nastavljaju samostalan rad, a koordinaciju preuzima jedan od uređaja na terenu. Svaki kvar na semaforskim uređajima, lanternama i mreži automatski se dojavljuje prometnom centru, a automatska GSM poruka šalje se serviserima koji održavaju sustav [46].

Danas se prometni centar grada Rijeka nalazi u novom uredu na adresi Blaža Polića 2 pod upravom trgovačkog društva Rijeka Plus d.o.o. Prometni centar opremljen je modernom računalnom opremom te novim video zidom za nadzor prometa uživo. Promet sada nadzire 16 prometnih kamera u vlasništvu Rijeka Plusa čiji prikaz je rasprostranjen preko četiri LCD televizije. Sastav prometnog centar čini 5 prometnih inženjera koji se bave poslovima prometnog planiranja i projektiranja te 4 prometna operatera koji pokrivaju cjelodnevna

dežurstva. Služba prometnih operatera odvija se 24 sata na dan 7 dana u tjednu u smjenama od 12 sati. Prometni operateri zaduženi su za nadzor rada semafora u cjelokupnom području grada. To čine koristeći novi i poboljšani računalni program, odnosno web sučelje, tvrtke Peek Traffic: RMS (Remote Management System) koji omogućava daljinski nadzor podataka sa umreženih raskrižja odnosno semaforskih uređaja koji se nalaze u sustavu AUP. RMS također omogućava upravljanje semaforskim uređajima što podrazumijeva ručno mijenjanje signalnog plana za pojedini uređaj, odabir režima rada semafora (paljenje, gašenje, sigurnosni režim). Rad u RMS sučelju prati interaktivna karta grada Rijeke gdje se svi semaforski uređaji prikazuju označeni obojenim „kružićima“. Odabirom uređaja lijevim klikom miša dobivaju se najvažniji podaci o uređaju u realnom vremenu, dok se desnim klikom miša otvara izbornik opcija upravljanja uređajem, aktivnih alarma na uređaju, pristupa detaljnijim podacima sa uređaja kao što su: brojanje vozila, parametri signalnog plana i pregled signalnih grupa na raskrižju u realnom vremenu na „digitalnom blizancu“. RMS je danas gotovo u potpunosti zamijenio prometni informacijski sustav EC Trak, međutim EC Trak se zbog razloga bolje kompatibilnosti s uređajima Eurocontroller EC-1 još povremeno koristi za brojanje prometnog opterećenja.



Prikaz 11 Prikaz RMS upravljačkog sučelja

Izvor: Snimio autor

Pored upravljanja semaforima, operateri su također zaduženi za koordinaciju sa dežurnim službama servisera, ophodnje ceste te javnim službama koje upravljaju prometom. Primjerice: prometnom policijom koja redovito na zahtjev traži snimke sa prometnih kamera u nadležnosti prometnog centra za utvrđivanje prometnih prekršaja.

4.2.3. Pametni parkirno-garažni sustav

Godine 2007. provedene su kompletne pripreme za provedbu pilot projekta uputnog parkirno-garažnog sustava (UPGS-RI) [45]. Cilj pilot projekta bio je vjerodostojno vrednovanje koristi kako bi se odredio prioritet realizacije kompletnog projekta UPGS-RI. Očekivani učinci su na europskoj razini – smanjenje opterećenja mreže u centralnom dijelu za oko 10 % zbog izbjegavanja „prazne vožnje“ (kruženja za slobodnim parkiralištem) [45]. 2015. godine postavljena su dva dinamička prometna znaka na križanjima Krešimirova – A. Manzonija i F. la Guardie – Ciottina u svrsi informiranja u realnom vremenu o broju slobodnih parkirnih mjesta na četiri lokacije: Ciottina, Školjić, Delta i Obala [48].

Zauzetost parkirnih mjesta bilježi se podizanjem ulazne parkirališne rampe, dok se podizanje izlazne parkirališne rampe bilježi kao oslobođeno parkirno mjesto.

Sredinom 2010. godine u probni rad pušten je paket informiranja vozača o trenutnom stanju popunjenosti parkirališta. S obzirom na postojanje bežičnog interneta u središtu Grada, pristup ovim podacima moguć je i izravno iz vozila putem mobilnih uređaja [46].

Sustav o trenutnom stanju popunjenosti parkirališta razvijan je kroz godine te ga se danas može pronaći na internetskim stranicama Rijeka Plusa.

Garaža Zagrad B za javnost je otvorena 2015. godine. Sadrži 296 parkirališnih mjesta i u njoj je također smješten glavni parkirni centar Rijeka Plusa koji nadzire sva javna parkirališta u gradu Rijeci čije se korištenje naplaćuje. Nadzor parkirališta vrši se putem sustava video kamera koje daju pregled svake rampe uživo te se snimke pohranjuju na poslužitelj. Parkirni centar opremljen je sustavom za provjeru količine dostupnih parkirnih listića na parkirališnim rampama što omogućava operaterima da pravovremeno reagiraju na potrebu popunjavanja istih [49]. Javna parkirališta Ciottina, Školjić, Delta te novoizgrađeno parkiralište Srednja Delta danas su opremljena novim i modernim Parking Logic rampama proizvođača SkiData sa kamerama koje imaju mogućnost čitanja registarskih oznaka vozila. Takve moderne rampe postavljene su u svrhu smanjenja vremena potrebnog za izlazak sa parkirališta. Prilikom podizanja parkirne karte kamera zabilježi registarsku oznaku vozila te ju pohrani kao informaciju na samu parkirnu kartu. Nakon što korisnik parkirališta plati parkirnu kartu i planira izaći iz parkirališta, kamera na izlaznoj rampi čita registarske oznake i automatski se rampa podiže.

Otvorena javna parkirališta bez rampi danas opslužuje 20 digitalnih parkirnih aparata napajanih solarnom energijom, postavljeni tokom 2022. i 2023. godine [50]. Omogućuju jednostavno plaćanje parkinga isključivo putem bankovnih kartica. Prije plaćanja potrebno

je unošenje registarskih oznaka putem dodirnog ekrana koji prikazuje sučelje za plaćanje. Međutim Rijeka Plus pruža razne mogućnosti plaćanja:

- Korištenjem M-parking usluge slanjem SMS poruke putem mobilnih telefona na odgovarajući broj naveden na parkirnoj lokaciji,
- Na kiosku Tiska i iNovine,
- Aplikacijom Bmove ili Keks pay,
- QR kodovima koji se nalaze na parkirnim automatima,
- Putem webshopa Rijeka city card [51].

4.2.4. Pametni javni gradski prijevoz

Tijekom 2007. godine proveden je pilot projekt vođenja autobusnog JGP koji je imao za cilj davanje prednosti JGP-u na semaforima, i time povećati njegovu brzinu i točnost. Sukladno rezultatima prometno - tehnološke studije uključivanja sustava javnog gradskog prometa u sustav automatskog upravljanja prometa u Rijeci (JGP-RI), dva autobusa su opremljena transponderima za jedinstvenu identifikaciju na raskrižjima R29 Fiumara-Ribarska i R39 V. C. Emina - Nikole Tesle u svrsi dobivanja prioritnog zelenog vremena [46]. Pokazalo se da je funkcionalnost opreme ispunila očekivanja, no da je glavna prepreka realizaciji projekta bila masovno nepropisno parkiranje i zaustavljanje osobnih i dostavnih vozila na žutom traku rezerviranom za javni gradski prijevoz [46]. To je dovelo do odgađanja implementacije. Danas je sustav davanja prednosti javnog prijevoza implementiran u gradski promet te se na dvije lokacije nalaze posebne semaforske lanterne koje daju prioritni prolaz autobusima. To su raskrižja R17 Ivana Zajca - Wenzleova i R29 Fiumara - Ribarska. Kako bi se osigurao nesmetan prolaz autobusa kroz spomenuta raskrižja montirane su kamere koje imaju svrhu kažnjavanja nepropisnog parkiranja na autobusne prometne trake.

Grad Rijeka je 2017. godine dobila dvije pametne autobusne stanice. Implementacija pametnih autobusnih stanica odvila se na dva frekventna autobusna stajališta u Trpimirovoj ulici te na Žabici. Nastale su kao pilot projekt tvrtki Ericsson Nikola Tesla, Hrvatskog Telekoma, Smart RI, Autotroleja i Rijeka Prometa u okviru Centra kompetencija za pametne gradove (CEKOM). Na ovim autobusnim stajalištima putnici su mogli provjeriti vozni red i karte autobusnih stajališta, kao i vidjeti pozicije autobusa u stvarnom vremenu. Rješenje se temelji na IoT tehnologijama i prikuplja podatke iz Autotroleja i prikazuje s ukupno 12 gradskih kamera [52]. Informacije su putnicima bile dostupne i putem mobilne aplikacije.

Također, stanice su bile opremljene solarnim panelima što je značilo kako su se napajale samostalno, a sjedišta na stanici imala su bežične punjače za mobilne uređaje i USB priključke. Međutim, kako su stanice bile podložne vandalizmu i fizičkim oštećenjima one su uklonjene 2019. godine [53]. Pametne stanice služile su kao poticaj novog projekta i tako je grad Rijeka 2023. godine opremio autobusne stanice sa 48 informativnih monitora postavljenih diljem gradskog područja te lokalnih gradova i općina kojih obuhvaća prometovanje autobusa javnog prijevoza riječkog Autotroleja. Monitori u realnom vremenu prikazuju podatke o voznim redovima te informacije o procijenjenom vremenu dolaska pojedinog autobusa [54]. Informacije o vremenu dolaska autobusa na određena stajališta prikupljaju se sa GPS uređaja smještenih u autobusima. Na taj način svi autobusi su direktno povezani na Autotrolejovu bazu podataka na koju se pohranjuju aktualni lokacijski podaci te se isti upotrebljavaju za prikaz trenutnog stajališta i procijenjenog vremena do sljedećeg stajališta. Za zaštitu od pokušaja vandalizma, monitori su smješteni u posebna zaštitna kućišta te su osigurani. Vrijednost ovog projekta iznosio je 743,000 eura kao dio europskog projekta „Jačanje sustava javnog prijevoza“ koji je sufinanciran sredstvima Europske unije iz Kohezijskog fonda [55].

Na Riječkim ulicama su se 2021. godine pojavili električni romobili estonske tvrtke za mobilnost; Bolt. Bolt u Rijeci predstavlja iskorak prema održivoj urbanoj mobilnosti. Projekt koji je pokrenuo i financirao Bolt, jedna od vodećih europskih platformi za mobilnost. Cilj Bolta, romobila koji se uvode kao nova solucija pametnog prijevoza, je pružiti ekološki prihvatljivu i učinkovitu alternativu za putovanja na kratke udaljenosti unutar grada. Odrednice ovog projekta uključuju uvođenje flote električnih romobila na riječke prometnice, dostupnih putem mobilne aplikacije, koja stanovnicima i posjetiteljima omogućuje jednostavno iznajmljivanje i vožnju električnih romobila za brza putovanja po gradu. Svaki je romobil opremljen GPS uređajem koji odašilje njegovu lokaciju te se ta lokacija prikazuje na karti unutar Bolt mobilne aplikacije. Preuzimanje Bolt romobila jednostavno je i praktično, vrši se putem Bolt mobilne aplikacije te se usluge vožnje naplaćuju po minuti. U gradu su digitalno određene zone gdje se brzina romobila automatski smanjuje. To je moguće zahvaljujući GPS uređaju koji je programiran tako da „osjeti“ prolazak kroz te zone. Također, na isti način su postavljene zone zabranjenog parkiranja kako bi se izbjegla potencijalna opasnost u prometu ili remećenje prometa, parkiranja, prolaska pješaka, odnosno bilo kakav oblik prepreke a kršenje iste rezultira kaznom [56]. Inicijativa je dio šireg nastojanja da se smanje prometne gužve, smanje emisije ugljika i ponudi prikladan način prijevoza koji nadopunjuje postojeće sustave javnog prijevoza.

Projekt je usklađen sa strateškim ciljevima grada Rijeke za promicanje zelenih i održivih rješenja mobilnosti i brzo se integrirao u gradsku prometnu mrežu [56].

Električni romobili nude pristupačnu i ekološki prihvatljivu opciju prijevoza. Bolt romobili postali su popularan izbor za građane ali i posjetitelje grada, te tako pridonose smanjenju ovisnosti o automobilima za kratka putovanja i povećavaju ukupnu učinkovitost gradskog putovanja u Rijeci.

4.3. SWOT ANALIZA RIJEČKOG SUSTAVA AUP

U ovom poglavlju napraviti će se detaljna SWOT analiza riječkog sustava automatskog upravljanja prometom.

Snage:

1. Upravljanje prometom u stvarnom vremenu: sustav AUP u Rijeci omogućuje dinamičku prilagodbu prometne signalizacije na temelju stanja u prometu u stvarnom vremenu – optimizira protok prometa i smanjuje gužve.
2. Modularni dizajn: Modularna arhitektura sustava osigurava fleksibilnost, što ga čini lako prilagodljivim u promjenjivim uvjetima prometa i budućim nadogradnjama tehnologije.
3. Integracija s ITS tehnologijom: Integracija tehnologije inteligentnih transportnih sustava (ITS) poboljšava sposobnost sustava da učinkovito upravlja složenim i rastućim gradskim prometom.
4. Prednosti za okoliš: Optimizacijom protoka prometa, sustav doprinosi smanjenju emisija iz vozila i onečišćenja okoliša što se usklađuje s ciljevima održivosti grada.

Slabosti:

1. Visoki troškovi implementacije: Početna ulaganja potrebna za implementaciju i održavanje AUP sustava, uključujući tehnološke nadogradnje infrastrukture i izmjene upravljačke opreme iznimno su velika.
2. Ovisnost o tehnologiji: Učinkovitost sustava uvelike ovisi o pouzdanosti tehnologije, što može predstavljati izazove u slučajevima tehničkih kvarova, sigurnosnih kibernetičkih prijetnji, prometnih nesreća i vandalizma.

3. Ograničeni opseg: Trenutno nisu sva raskrižja u Rijeci integrirana u AUP, što ograničava ukupnu učinkovitost sustava u upravljanju gradskim prometom.

Mogućnosti:

1. Proširenje na dodatna raskrižja: Postoji mogućnost proširenja sustava na više raskrižja, što bi za rezultat imalo poboljšanje protoka i sigurnosti prometa.
2. Mogućnosti suradnje i financiranja: Projekt može privući dodatna sredstva i mogućnosti suradnje od nacionalnih i međunarodnih tijela zainteresiranih za promicanje inicijativa pametnih gradova.
3. Integracija s novim tehnologijama: Sustav se može dodatno poboljšati integracijom novih tehnologija kao što su modeli predviđanja prometa vođeni umjetnom inteligencijom, tehnologija povezanih vozila i proširene IoT mreže senzora.

Prijetnje:

1. Prometni obrasci koji se razvijaju: Promjene u urbanom razvoju ili nagli porast prometne potražnje mogli bi dovesti u pitanje sposobnost sustava da učinkovito upravlja prometom bez daljnjih nadogradnji.
2. Velik opseg radova poboljšanja prometne i vodovodne infrastrukture: Projekt „Poboljšanje vodno-komunalne infrastrukture na području aglomeracije Rijeka“ obuhvaća radove na gotovo svim riječkim prometnicama. Radovi na područjima gdje su implementirani signalni uređaji, detektori i nadzorni uređaji sustava automatskog upravljanja u prometu bi mogli potencijalno imati štetan i nepovratno destruktivan utjecaj na kompletnu infrastrukturu i rad sustava automatskog upravljanja u prometu.
3. Rizici kibernetičke sigurnosti: Kao i kod svakog sustava koji ovisi o tehnologiji, postoji rizik od kibernetičkih napada koji bi mogli poremetiti upravljanje prometom ili ugroziti sigurnost podataka.
4. Otpor javnosti: Može postojati otpor javnosti ili dionika promjenama u praksi upravljanja prometom ili uvođenju novih tehnologija, što bi moglo spriječiti potpunu implementaciju ili učinkovitost sustava.

5. ZAKLJUČAK

Automatizirani sustav upravljanja prometom (AUP) u Gradu Rijeci predstavlja značajan napredak u gradskom pristupu upravljanju gradskim prometom. Integracijom najsuvremenijih tehnologija poput analize podataka u stvarnom vremenu, inteligentnih transportnih sustava (ITS) i automatizirane kontrole prometne signalizacije, Rijeka je postavila novu normu za inicijative pametnih gradova u Hrvatskoj. Sposobnost sustava da se dinamički prilagođava prometnim uvjetima dovela je do primjetnih poboljšanja u protoku prometa, smanjenom zagušenju i smanjenju onečišćenja okoliša, usklađujući se sa širim ciljevima grada održivosti i učinkovitosti.

Međutim, razvoj i rad sustava automatskog upravljanja prometom nisu bez izazova. Jedan od ključnih čimbenika koji utječu na kontinuirani uspjeh sustava je uloga političkog odlučivanja gradskih vlasti u njegovom širenju i održavanju. Brzina usvajanja tehnologije i raspodjela resursa za daljnji razvoj često ovise o političkoj volji i prioritetima. Pomaci u fokusu politike dovode do kašnjenja u provedbi projekta modernizacije i poboljšanja tehnologije i infrastrukture riječkog prometa, smanjenog financiranja ili nedostatka podrške za potrebne nadogradnje. Ova politička neizvjesnost može spriječiti dugoročnu učinkovitost i održivost AUP-a, te potencijalno usporiti njegov rast i prilagodbu budućim prometnim izazovima kao i integraciju konstantno razvijajućih i naprednih prometno-tehnoloških rješenja.

Učinkovitost sustava automatskog upravljanja prometom povremeno je ugrožena negativnim utjecajima radova na cestama i infrastrukturnih projekata. Iako su neophodni za urbani razvoj i održavanje, radovi na cestama mogu poremetiti prometne obrasce, što dovodi do privremene neučinkovitosti u sposobnosti AUP-a da upravlja protokom prometa. Ovi poremećaji mogu uzrokovati povećanu gužvu, kašnjenja, pa čak i sigurnosne probleme, osobito ako sustav nije adekvatno prilagođen za takve promjene. Ovo naglašava potrebu za boljom koordinacijom između projekata radova na cestama i sustava upravljanja prometom kako bi se smetnje svele na minimum i održala učinkovitost sustava.

Unatoč ovim izazovima, AUP u Rijeci pokazao se kao vitalan alat u upravljanju prometom grada. Postupna implementacija, koja je uključivala pažljivo planiranje, nadogradnju infrastrukture i kontinuiranu integraciju sustava, pokazuje snažnu predanost održivoj urbanoj mobilnosti. Uspjeh sustava rezultat je bliske suradnje između lokalnih vlasti,

akademskih institucija i stručnjaka iz industrije, što naglašava važnost angažmana više dionika u tako velikim projektima.

Gledajući unaprijed, budućnost upravljanja prometom u Rijeci ovisit će o kontinuiranom razvoju i širenju AUP-a, podržanom stabilnom političkom potporom i proaktivnim upravljanjem projektima urbanog razvoja. Ono što je potrebno da sustav ostane prilagodljiv tehnologijama u nastajanju, kao što su električna vozila i pametna infrastruktura, biti će ključno za održavanje njegove relevantnosti i učinkovitosti. Nadalje, proširenje mogućnosti javnog prijevoza i poticanje većeg korištenja ovih usluga bit će ključno za smanjenje ukupne prometne gužve i maksimiziranje prednosti AUP-a.

Zaključno, iako je AUP već donio znatna poboljšanja u upravljanju prometom u Rijeci, za njegovu dugoročnu učinkovitost zahtijevat će se stalna ulaganja, politička potpora i pažljiva integracija sa širim urbanim razvojnim planovima grada. Rješavanjem ovih izazova Rijeka može nastaviti prednjačiti u stvaranju pametne, održive i učinkovite mreže gradskog prijevoza.

LITERATURA

- [1] “Trans-European Transport Network (TEN-T) - European Commission.” Accessed: Sep. 01, 2024. [Online]. Available: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/infrastructure-and-investment/trans-european-transport-network-ten-t_en
- [2] D. Šego and T. Dodig, “Razvoj građenja cesta u Republici Hrvatskoj kroz povijest,” *Zbornik radova Veleučilišta u Šibeniku*, pp. 121–132, 2019, [Online]. Available: <https://hrcak.srce.hr/63835>
- [3] “Povijest • Autotrolej.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://www.autotrolej.hr/autotrolej/povijest/>
- [4] “Igor Žic: Riječki tramvaj od 1899. do 1952. - Primorski Hrvat.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://www.primorskij Hrvat.hr/bastina/igor-zic-rijecki-tramvaj-od-1899-do-1952/>
- [5] M. Jardas, “Značenje i uloga Luke Rijeka u prometnom i gospodarskom razvitku Republike Hrvatske,” *Pomorski zbornik*, no. 47–48, pp. 87–93, 2013, Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://hrcak.srce.hr/file/178126>
- [6] “Projekt izgradnje državne ceste DC403 od čvora Škurinje do luke Rijeka - Prigoda.hr.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://prigoda.hr/projekt-izgradnje-drzavne-ceste-dc403-od-cvora-skurinje-do-luke-rijeka/>
- [7] “Port Authority – Statistika prometa.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://www.portauthority.hr/statistike-i-tarife/>
- [8] “Our Terminal - APM Terminals.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://www.apmterminals.com/en/rijeka/about/our-terminal>
- [9] “Port Authority – Infrastruktura.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://www.portauthority.hr/lucki-sustav/>
- [10] “Putovanja - Lokalne linije.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: https://www.jadrolinija.hr/hr/putovanja/lokalne_linije
- [11] “U Rijeku ove godine dolazi 31 kruzer s 45 tisuća putnika – Fiuman.hr.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://www.fiuman.hr/u-rijeku-ove-godine-dolazi-31-kruzer-s-45-tisuca-putnika/>
- [12] “GODIŠNJI PROGRAM RADA I FINANCIJSKI PLAN ZA 2021. GODINU S PROJEKCIJAMA ZA 2022. I 2023. GODINU,” Rijeka, Dec. 2020. Accessed: Aug.

- 31, 2024. [Online]. Available: https://www.portauthority.hr/wp-content/uploads/2021/04/LUR_Godi%C5%A1nji-program-rada-i-FP_2021_Final-2_122020.docx.pdf
- [13] “ZRAČNA LUKA RIJEKA - Promet 2019./2020.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: https://rijeka-airport.hr/pages/sub/25/doc_hr/PROMET-2019-2020.pdf
- [14] S. Mandžuka, “Intelligent Transport Systems,” Fakultet Prometnih Znanosti, Zagreb, 2015, pp. 3–5. Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: http://bib.irb.hr/datoteka/801261.ITS_Selected_Lectures_Mandzuka.pdf
- [15] M. Pragati Mahale and A. Maji, “An Exploring IOT Solution for Enhanced Smart Traffic Management System,” *International Journal of Applied and Advanced Multidisciplinary Research (IJAAMR)*, vol. 1, no. 2, p. 193, 2023, doi: 10.59890/ijaamr.v1i2.481.
- [16] M. Vujić, P. Škorput, and J. Čelić, “Wireless communication in cooperative urban traffic management,” *Scientific Journal of Maritime Research*, vol. 29, pp. 150–155, 2015, Accessed: Sep. 01, 2024. [Online]. Available: <https://hrcak.srce.hr/149665>
- [17] M. Q. Kheder and A. A. Mohammed, “Real-time traffic monitoring system using IoT-aided robotics and deep learning techniques,” *Kuwait Journal of Science*, vol. 51, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.kjs.2023.10.017.
- [18] “The 5G Millimeter-Wave Frequency Spectrum and Its Applications | System Analysis Blog | Cadence.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://resources.system-analysis.cadence.com/blog/msa2022-the-5g-millimeter-wave-frequency-spectrum-and-its-applications>
- [19] A. Paszkiewicz, B. Pawłowicz, B. Trybus, and M. Salach, “Traffic intersection lane control using radio frequency identification and 5G communication,” *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 23, Dec. 2021, doi: 10.3390/en14238066.
- [20] Sahil and S. K. Sood, “Smart vehicular traffic management: An edge cloud centric IoT based framework,” *Internet of Things*, vol. 14, p. 100140, Jun. 2021, doi: 10.1016/J.IOT.2019.100140.
- [21] “Electronic Road Pricing (ERP): Singapore’s Solution to Traffic Congestion | Tokyo Century Leasing (Singapore) Pte. Ltd.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://tcls.com.sg/car-leasing/blog/tips/electronic-road-pricing-erp-singapores-solution-to-traffic-congestion>

- [22] “Ultra Low Emission Zone - Transport for London.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://tfl.gov.uk/modes/driving/ultra-low-emission-zone>
- [23] “Montaža znakova | Signalgrad d.o.o.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://www.signal.hr/proizvodi-i-usluge/montaza-znakova/>
- [24] “Pravilnik horizontalne signalizacije | Signalgrad d.o.o.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://www.signal.hr/proizvodi-i-usluge/pravilnik-horizontalne-signalizacije/>
- [25] “LED markeri | SWARCO Croatia d.o.o.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://peek.hr/proizvodi/led-markeri/>
- [26] “Prometna oprema cesta | Sirovica d.o.o.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://sirovica.hr/prometna-oprema-cesta-2/>
- [27] I. Novosel, “Inovativni koncepti upravljanja cestovnim prometom,” Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2023. Accessed: Sep. 01, 2024. [Online]. Available: <https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz:3079>
- [28] J. Jerčić and M. Mataija, “Prikaz sustava za upravljanje informacijama na autocestama pomoću dijagrama,” *Zbornik Veleučilišta u Rijeci*, vol. 7, no. 1, pp. 393–407, 2019, doi: 10.31784/zvr.7.1.24.
- [29] “Brief History of Traffic Lights. You’ve probably seen thousands of them... | by ELTEC | Medium.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://medium.com/@eltec/brief-history-of-traffic-lights-8e661298e627>
- [30] “Motor News - Automobile Club of Michigan | March 1947 | MR. ‘TRAFFICLIGHT.’” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <http://large.stanford.edu/courses/2011/ph240/miller1/docs/moyer/>
- [31] “Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_09_92_1823.html
- [32] L. Krpan, “Modeliranje upravljačkog sustava u cestovnom prometu grada Rijeke,” Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 2006.
- [33] Peek Traffic, “EuroController EC-2 ® Univerzalni signalni uređaj,” 2017. [Online]. Available: www.peek.hr
- [34] B. Almadani, S. Khan, T. R. Sheltami, E. M. Shakshuki, M. Musaddiq, and B. Saeed, “Automatic Vehicle Location and Monitoring System based on Data Distribution Service,” *Procedia Comput Sci*, vol. 37, pp. 127–134, Jan. 2014, doi: 10.1016/J.PROCS.2014.08.021.

- [35] “Office of Highway Policy Information - Policy | Federal Highway Administration.” Accessed: Sep. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/pubs/vdstits2007/05pt2.cfm>
- [36] Y. Jo and I. Jung, “Analysis of Vehicle Detection with WSN-Based Ultrasonic Sensors,” *Sensors (Basel)*, vol. 14, no. 8, p. 14050, Aug. 2014, doi: 10.3390/S140814050.
- [37] V. Bojić, “Mjerenje parametara prometnih tokova primjenom Bluetooth tehnologije,” Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2019. Accessed: Sep. 01, 2024. [Online]. Available: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:695039>
- [38] A. A. Ouallane, A. Bahnasse, A. Bakali, and M. Talea, “Overview of Road Traffic Management Solutions based on IoT and AI,” in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2021, pp. 518–523. doi: 10.1016/j.procs.2021.12.279.
- [39] “Spectra | SWARCO Croatia d.o.o.” Accessed: Sep. 01, 2024. [Online]. Available: <https://peek.hr/proizvodi/spectra/>
- [40] “ImCity | SWARCO Croatia d.o.o.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://peek.hr/proizvodi/imcity/>
- [41] “ImFlow | SWARCO Croatia d.o.o.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://peek.hr/proizvodi/imflow/>
- [42] D. Frka, “EU sredstvima modernizira se šest semaforiskih raskrižja u Rijeci – Žmigavac.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://zmigavac.hr/eu-sredstvima-modernizira-se-sest-semaforiskih-raskrizja-u-rijeci/>
- [43] “Automatsko upravljanje prometom • RIJEKA plus.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://www.rijeka-plus.hr/promet/automatsko-upravljanje-prometom/>
- [44] A. Tomljanović, “POPIS SEMAFORIZIRANIH RASKRIŽJA I OPREME NA PODRUČJU GRADA RIJEKE KOJIMA UPRAVLJA RIJEKA PLUS STANJE NA DAN 01.01.2024,” Rijeka, Jan. 2024.
- [45] M. Anžek, D. Frka, and Z. Lanović, “SUSTAV AUP/RI-Realizacija plana izgradnje i procjena ulaganja do završetka projekta,” Rijeka, Sep. 2007.
- [46] Rijeka promet d.o.o.; Sektor prometa, “Sustav upravljanja i nadzora nad prometom grada Rijeke,” 2012.
- [47] “Ministarstvo regionalnoga razvoja i fondova Europske unije - Regionalni razvoj i ITU mehanizam.” Accessed: Sep. 01, 2024. [Online]. Available: <https://razvoj.gov.hr/regionalni-razvoj-i-itu-mehanizam/4215>

- [48] “Postavljena prva dva uređaja koji vozačima daju informacije o popunjenosti parkirališta u centru grada – Grad Rijeka.” Accessed: Sep. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.rijeka.hr/postavljena-prva-dva-uredaja-vozacima-daju-informacije-popunjenosti-parkiralista-centru-grada-2/>
- [49] “Otvorena nova garaža Zagrad B: Od danas do kraja kolovoza besplatno parkiranje - Novi list.” Accessed: Sep. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.novilist.hr/rijeka-regija/rijeka/otvorena-nova-garaza-zagrad-b-od-danas-do-kraja-kolovoza-besplatno-parkiranje/>
- [50] “Lakša i brža kupnja za korisnike: postavljeni dodatni digitalni automati na otvorenim parkiralištima • RIJEKA plus.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://www.rijeka-plus.hr/laksa-i-brza-kupnja-za-korisnike-postavljeni-dodatni-digitalni-automati-na-otvorenim-parkiralistima/>
- [51] “Kako platiti parking • RIJEKA plus.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://www.rijeka-plus.hr/parkiranje/kako-platiti-parking/>
- [52] “Ericsson Nikola Tesla d.d. - - Rijeka dobila prve pametne autobusne stanice u Hrvatskoj.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://www.ericsson.hr/-/20171012-stanice>
- [53] “Rijeka od 2017. ima pametne autobusne stanice. Skoro toliko dugo su i izvan funkcije. Zašto? - Novi list.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: https://www.novilist.hr/rijeka-regija/rijeka/rijeka-od-2017-ima-pametne-autobusne-stanice-skoro-toliko-dugo-su-i-izvan-funkcije-zasto/?meta_refresh=true
- [54] “Na autobusnim stajalištima Autotrolej postavlja displeje – Kanal Ri.” Accessed: Aug. 31, 2024. [Online]. Available: <https://kanal-ri.hr/na-autobusnim-stajalistima-autotrolej-postavlja-displeje/>
- [55] “EU projekti • Autotrolej.” Accessed: Sep. 01, 2024. [Online]. Available: https://www.autotrolej.hr/autotrolej/eu-projekti/#p2_jacanje
- [56] “Bolt električni romobili u Rijeci,” Sep. 2021. Accessed: Sep. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.rijeka.hr/wp-content/uploads/2021/09/Bolt-elektri%C4%8Dni-romobili-u-Rijeci.pdf>

KAZALO KRATICA

AUP – Automatsko Upravljanje Prometa

ITS – Intelligentni Transportni Sustavi

IoT – Internet of Things

AI – Artificial Intelligence

ML – Machine Learning

RL – Reinforcement Learning

CAD – Connected and Automated Driving

TEN-T – Trans-European Transport Network

TEU – Twenty feet Equivalent Unit

CC – Congestion Charge

ULEZ – Ultra Low Emissions Zone

LEZ – Low Emissions Zone

LED – Light Emitting Diode

EPROM - Erasable Programmable Read-Only Memory

AVL – Automatic Vehicle Location

IR - Infracrveno

CCTV – Closed-Circuit Television

MQTT – Message Queuing Telemetry Transport

CoAP – Constrained Application Protocol

XMPP - Extensible Messaging and Presence Protocol

HTTP - Hypertext Transfer Protocol

VANET – Vehicular AdHoc Network

TAPIOCA - A distributed and Adaptive Intersections Control Algorithm

WSN – Wireless Sensor Network

ITU - Integrirana Teritorijalna Ulaganja

JGP – Javni Gradski Prijevoz

GPS – Global Positioning System

UPGS – Uputni Parkirno-Garažni Sustav

RMS – Remote Management System

LCD – Liquid Crystal Display

POPIS SLIKA

Prikaz 1. Riječki električni tramvaj na Jadranskom trgu.....	5
Prikaz 2. Kategorije prometnih znakova	20
Prikaz 3. Horizontalna signalizacija	21
Prikaz 4. Raskrižje opremljeno uspornicima i vibracijskim trakama.....	22
Prikaz 5. Pametni elektromehanički prometni znak na brznoj cesti.....	24
Prikaz 6. Komponente semaforškog raskrižja	25
Prikaz 7. Eurocontroller EC-2 semaforska upravljačka jedinica.....	28
Prikaz 8. Mreža gradskog prometnog informacijskog sustava.....	34
Prikaz 9. SPECTRA grafičko sučelje - Javna verzija prometa u gradu Rijeci.....	35
Prikaz 10. AUP sustav grada Rijeke prema projektnom planu	44
Prikaz 11. Prikaz RMS upravljačkog sučelja	48

POPIS TABLICA

Tablica 1. Funkcionalna područja ITS-a	15
--	----

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Kontejnerski promet u Riječkoj luci	11
Grafikon 2. Promet generalnog i rasutog tereta u riječkoj luci	11