

# Značaj distribudije teretnim tramvajima u pametnim gradovima

---

**Tomić, Mijat Petar**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:787631>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-24**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

## **Značaj distribucije teretnim tramvajima u pametnim gradovima**

**Mijat Petar Tomić, 0336003011**

Koprivnica, rujan 2020. godine





**Sveučilište  
Sjever**

**Održiva mobilnost I logistika**

# **Značaj distribucije teretnim tramvajima u pametnim gradovima**

**Student**

Mijat Petar Tomić, 0336003011

**Mentor**

prof. dr. sc. Saša Petar

Koprivnica, rujan 2020. godine

Sveučilište  
SjeverSVEUČILIŠTE  
SJEVERIZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, \_\_\_\_\_ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog/seminarskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom

\_\_\_\_\_ (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

\_\_\_\_\_  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, \_\_\_\_\_ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom \_\_\_\_\_ (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

\_\_\_\_\_  
(vlastoručni potpis)  
(vlastoručni potpis)

## **Sažetak**

Distribucija i logistika su u 21. stoljeću glavni pokretači gospodarskih aktivnosti. Kako se povećava broj ljudi u urbanim sredinama, tako postaje sve veći izazov opskrbiti tu istu urbanu sredinu s dovoljno resursa za normalan život. Osim distribucijskih i logističkih problema, logističari moraju misliti i na održivi razvoj i osmišljavati načine kako uz što manje zagađenje okoliša obaviti posao. Tu se otvaraju vrata za pametne solucije u velikim gradovima koje uvelike olakšavaju funkcioniranje sustava. Pametni gradovi i pametna rješenja za neke od problema leže u internet stvarima čija tehnologija omogućuje automatsku komunikaciju između pametnih uređaja i time se uklanja određena odgovornost s čovjeka. No, postoje mišljenja kako je moderna tehnologija koja olakšava život i povećava njegovu kvalitetu ujedno i koruptivna, odnosno da prikuplja prevelik broj korisničkih podataka. Na pragu ovog, uvode se nove tehnološke značajke u tramvajski promet koji je sam po sebi održiv. Tramvajski sustav se pokušava automatizirati, u što se odlično uklapa i sam teretni tramvajski prijevoz. Primjeri teretnog tramvajskog prijevoza mogu se pronaći u nekoliko europskih gradova kao što su Dresden i Zurich, dok se u nekoliko gradova pokušao uvesti. Kada se govori o Zagrebu, glavni grad Republike Hrvatske ima preduvjete za uvođenje teretnog tramvajskog prijevoza kojima je potrebna određena dorada da bi sustav funkcionirao bez problema.

## **Ključne riječi**

Distribucija, logistika, pametni gradovi, urbanizacija, internet stvari, inteligentni transportni sustav, prometni sustav, tramvaji, teretni tramvajski sustav, održivi razvoj

## **Summary**

Distribution and logistics are the main initiators of economic activities in the 21st century. As urban population keeps growing, it becomes even bigger challenge to supply those urban areas with enough resources for normal life. In addition to distribution and logistic problems, logisticians need to take into consideration sustainable development and devise new and improved ways for doing their job while maintaining clean environment. There is room for smart solutions in the big cities which can make system functioning easier. Smart cities and smart solutions for some problems can be resolved with the internet of things where technology allows automatic communication between smart devices and removes a part of possibility for human mistakes. There are also opinions that the same technology that makes life easier and improves quality of life is also corruptive and collects too much user data. In the accordance with the above, tram system introduces new technological components which are tenable. Tram system is going through the process of automatization which is in line with freight tram transport. Examples of freight tram transports can be found in a few European cities such as Dresden and Zurich, while some other cities tried to incorporate it. Zagreb, the capital city of Croatia, has some prerequisites for introducing freight tram system which can, with some improvements, become functional.

## **Key Words**

Distribution, logistics, smart cities, urbanisation, internet of things, intelligent transport system, traffic system, trams, freight tram system, sustainable development.

## **Popis korištenih kratica**

<b>ICT</b>	Informacijska i komunikacijska tehnologija
<b>IoT</b>	Internet stvari
<b>EU</b>	Europska unija
<b>RH</b>	Republika Hrvatska
<b>UK</b>	Ujedinjeno Kraljevstvo
<b>BDP</b>	Bruto domaći proizvod
<b>ITS</b>	Inteligentni transportni sustav
<b>CO2</b>	Ugljikov (IV) dioksid
<b>ZET</b>	Zagrebački električni tramvaj
<b>GPS</b>	Globalni položajni sustav



# Sadržaj

<b>1. Uvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Pametni gradovi.....</b>	<b>3</b>
2.1. Urbanizacija .....	4
2.2. Karakteristike pametnih gradova .....	5
2.3. Okviri pametnog grada.....	6
2.3.1. Tehnološki okviri.....	7
2.3.2. Ljudski okviri.....	7
2.3.3. Institucionalni i energetske okvir.....	8
2.4. Održivi razvoj.....	8
2.5. Transport i tehnologija .....	11
2.6. Pametni gradovi u svijetu .....	12
2.7. Pametni gradovi u Hrvatskoj.....	13
<b>3. Internet stvari (Internet of things – IoT).....</b>	<b>15</b>
3.1. Funkcioniranje IoT-a.....	15
3.2. Aplikacije .....	17
3.2.1. Korisničke aplikacije.....	17
3.2.2. Organizacijske aplikacije.....	18
3.2.3. Transportne aplikacije .....	18
3.2.4. Industrijske aplikacije .....	19
3.2.5. Infrastrukturne aplikacije.....	19
3.2.6. Vojne aplikacije.....	19
3.3. Osnovni sadržaji IoT-a .....	20
3.4. Kontroverze .....	21
3.5. Budućnost IoT-a .....	22
<b>4. Modeli primjene cargo tramvajske distribucije u europskim gradovima.....</b>	<b>23</b>
4.1. Tramvaji .....	24
4.2. Cargo prijevoz .....	27
4.3. Inteligentni transportni sustav (ITS) .....	28
4.4. Cargo tramvaji.....	29
4.4.1. Primjeri Cargo tramvaja u Europi.....	31
4.4.2. City Cargo Amsterdam.....	33
4.4.3. CarGo Tram Dresden.....	34
4.4.4. Cargotram u Zurichu .....	35
4.4.5. Studija slučaja Barcelona .....	36
4.5. Prednosti cargo tramvajske distribucije dobara.....	37
<b>5. Tramvajski promet grada Zagreba.....</b>	<b>39</b>
5.1. Tramvajska mreža grada Zagreba .....	40
5.1.1. Infrastruktura .....	43
5.1.2. Vozni park .....	44
5.1.3. Teretni tramvaji grada Zagreba.....	45
<b>6. Prijedlog rješenja cargo tramvajskog prometa grada Zagreba.....</b>	<b>47</b>
6.1. Potrebna infrastruktura .....	47
6.1.1. Pruga.....	48
6.1.2. Ugibališta.....	49

6.1.3. Distribucijski centri.....	49
6.2. Potrebna suprastruktura.....	50
6.2.1. Teretni tramvaji.....	50
6.2.2. Električni automobili.....	51
6.3. Potrebna tehnologija.....	52
6.4. Organizacija prometa .....	54
6.5. Pozitivne i negativne strane teretnog tramvajskog prometa u Zagrebu .....	55
<b>7. Zaključak.....</b>	<b>57</b>
<b>Literatura.....</b>	<b>59</b>
<b>Popis slika/grafikona.....</b>	<b>65</b>



# 1. Uvod

Od početka ljudske civilizacije postojala je potreba za prenošenjem tereta s jednog mjesta na drugo. Kroz povijest, ljudi su tražili isplativije i inovativnije metode na koji način bi neki od problema bio rješiv. Neki od primjera prenošenja tereta kao što je Egipat u doba faraona i dalje ostaju velikom enigmom. Tadašnji radnici su vukli velike kamene blokove uz piramide kako bi ih izgradili. Egipćani su za takav pothvat morali koristiti inovativne tehnike i tehnologije te je to ogleadni primjer kako su ljudi kroz povijest rješavali određene probleme. Današnji život i njegova brzina zahtjeva nove pristupe pri organizaciji istoga. Velikim naseljavanjem određenog područja stvaraju se urbana područja čiji problemi vezani uz gustoću stanovništva moraju biti rješivi na različite inovativne načine. Za očekivati je još veći rast globalizacije i razvijanje svijeta u još manje globalno selo, kako se danas često naziva planet u cjelini. Hrvatska kao takva nije iznimka od ovog trenda. Ulogu u praćenju globalizacije i urbanizacije imaju pametna rješenja koja u podlozi koriste internet stvari čime se podiže umjetna inteligencija raznih sustava. Nakon što se opširnije objasne pojmovi poput pametnih gradova, pametnih rješenja i internet stvari, isti će se povezati s tramvajskim prijevozom i korištenjem inteligentnog transportnog sustava. U radu će se govoriti o primjerima teretnog tramvajskog prijevoza u Europi te njihovoj funkcionalnosti, sistemu i tehnologiji. Rad će pokušati prikazati nove trendove u svijetu i nove načine funkcioniranja sustava u cjelini. Nadalje, rad će se također baviti i tramvajskom mrežom grada Zagreba te potencijalom uvođenja teretnog tramvajskog sustava u već postojeći. Raščlanit će se pozitivne od negativnih strana uvođenja teretnog tramvajskog sustava. Svrha rada je približiti teretni tramvajski prijevoz kao teretni prijevoz budućnosti zbog svoje jednostavnosti i ekološkog utjecaja, dok je cilj rada objasniti značaj teretnih tramvaja i njihove distribucije u europskim gradovima te ponuditi prijedlog rješenja za uvođenje takvog načina prijevoza u grad Zagreb.

Ovaj diplomski rad baziran je na tematici urbanog teretnog prijevoza kroz moderne tehnologije i pametna rješenja. Podijeljen je u sedam cjelina od kojih je prva uvod koji daje početnu riječ. Druga cjelina posvećena je pametnim gradovima. Treća cjelina nastavlja priču oko pametnih gradova predstavljajući tehnologiju koju koriste pametni gradovi s pametnim rješenjima, a riječ je o internet stvarima. Sljedeća cjelina dolazi pod tematikom modela primjene teretnih tramvaja u gradovima na što se nadovezuje peta cjelina tramvajskog prometa u gradu Zagrebu. Šesta cjelina donosi prijedlog rješenja za uvođenje teretnog tramvajskog prijevoza u gradu Zagrebu što na kraju zaključuje sedma cjelina. Rad je baziran na stranoj i domaćoj literaturi u cilju postizanja šire slike funkcionalnosti sustava u svijetu. Naime, literatura će obuhvaćati područja pametnih gradova, internet stvari, teretnog prijevoza, tramvaja i teretnog tramvajskog sustava. Također, dio rada je baziran na studijama slučaja koje su provedene diljem

Europe u cilju analize teretnog tramvajskog prijevoza i sustava. Osim stručnih studija slučaja i istraživanja, rad je baziran i na mnogim stručnim člancima raznih autora i prezentacija od kojih su neke sa Sveučilišta Sjever.

## 2. Pametni gradovi

Tijekom industrijskih revolucija, kada su brojevi u svim aspektima života od stanovništva pa do primanja rasli, prosječnom čovjeku, pa čak i onom koji je aktivno sudjelovao u razvitku društva, nije bilo ni na kraju pameti da bi 80-ak godina kasnije svi njihovi izumi bili smatrani nečim što je imalo negativne efekte na svijet. Da su danas stvari idealne i da nemamo probleme kao što su prenapučenost, zagađenje zraka, manjak energije i ostalo, ne bi bilo potrebe za razvitkom nečeg što se prije 30-tak godina moglo vidjeti samo u filmovima, a danas je to pametni grad sa svim svojim inovativnim snagama.

Na prvi pogled pametni gradovi se mogu činiti kao neka znanstvena fantastika s letećim automobilima koji proizvode 0% emisije CO<sub>2</sub>. No, oni već postoje i funkcioniraju i u sadašnjosti. Postavljaju se pitanja kako se upravlja takvim gradovima, tko sve sudjeluje u tome, kako raspodijeliti resurse, kako ispuniti nove strateške ciljeve, koliko se život uopće mijenja uvodeći pametna rješenja.

Postoji više definicija pametnog grada, jedna od njih prema Hamblenu govori kako je pametni grad urbano područje koje koristi elektroničke senzore za prikupljanje podataka kako bi se kvalitetno upravljalo imovinom i resursima. U to su uključeni prikupljeni podatci građana preko njihovih osobnih uređaja kako bi se optimiziralo upravljanje raznih sustava kao što su transport, električna energija, vodoopskrba, škole, policija, knjižnice i drugo (McLaren i Agyeman, 2015). Okrenemo li se oko sebe, shvatit ćemo da nas malo po malo ovakav princip sve više okružuje. Primjerice, roditelji više ne moraju ići u školu da vide uspjeh svoje djece već jednostavno pritiskom na dva klika mobilnih uređaja imaju uvid u e-dnevnik koji na licu mjesta prikazuje najnovije obavijesti o njihovom djetetu. Ukratko, pametni grad je vizija urbanog razvoja u kojem se koristi digitalna i komunikacijska tehnologija (ITC) i internet stvari (IoT), o kojima će se ovaj rad baviti detaljnije u nastavku, kako bi se zadovoljile potrebe građana i unaprijedile gradske usluge (Ortiz, Bennett i Yabar, 2016).

Prema Deakinu i Al Wearu iz 2011., postoje četiri čimbenika koja definiraju pametni grad:

1. Primjena širokog spektra elektroničkih i digitalnih tehnologija među zajednicama
2. Korištenje informacijskih i komunikacijskih tehnologija za poboljšanje životnog i radnog okruženja unutar regije
3. Ugradnja informatičkih sustava u vladine sustave
4. Lokaliziranost uvođenja ICT-a doprinosi inovativnosti i unapređenju zajednice

Nadalje, Deakin definira pametne gradove kao gradove korisnike informatike i njene tehnologije kako bi se konkurentno odgovorilo na zahtjeve tržišta, no to se ne može postići bez sudjelovanja

zajednice. Također, govori o implementaciji informatičke tehnologije koja jedino može biti uspješna ako pozitivno utječe na zajednicu.

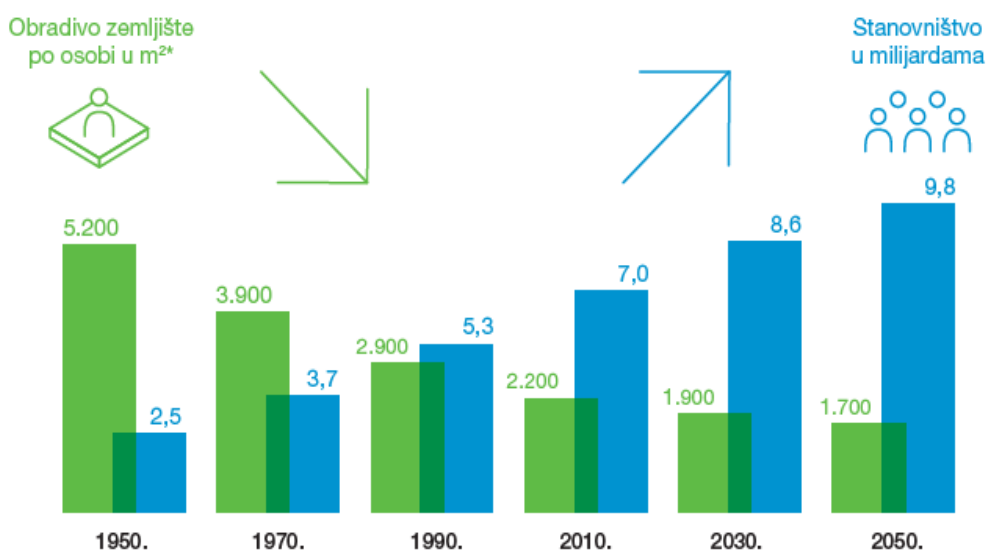
Definicija Frost & Sullivan iz 2014.: „Identificirali smo osam ključnih aspekata koji definiraju Pametni grad: pametno upravljanje, pametna energija, pametna izgradnja, pametna mobilnost, pametna infrastruktura, pametna tehnologija, pametna zdravstvena zaštita te pametni građani“.

Jedna od glavnih razlika gradova na koje smo navikli i pametnih gradova je korištenje resursa kao takvih, što znači da umjesto korištenja resursa po rasporedu oni se koriste prema potrebi građana čime se štedi na energiji i dobiva na gospodarstvu i kvalitetnom upravljanju. Optimizacija resursa se danas čini kao jedan od primarnih zadataka vladajućih kako bi se izbjeglo trošenje na kakvo smo naučili. Većinom su to sitne promjene koje građani na početku definiraju kao zasebne usluge, a zapravo su povezane kroz više sektora. Europsko inovacijsko partnerstvo dosad ima više od 300 projekata za razvoj i financiranje pametnih rješenja koja bi trebala donijeti više poslovnih mogućnosti i atraktivnije i čišće gradove. Treba naglasiti kako su Europska unija i Europska komisija glavni zagovaratelji razvoja zelenih i pametnih gradova.

## 2.1. Urbanizacija

Prema Ujedinjenim narodima, skoro 70% svjetske populacije na današnji dan živi u urbanim sredinama odnosno gradovima, a isti ti izvori navode kako će se kroz sljedećih 30-tak godina brojka urbanih stanovnika popeti na 2,5 milijardi što će zahtijevati brze solucije pronalaska mjesta za sve ljude i osiguravanja ostalih životnih uvjeta.

Slika 2.1. Usporedba obradivog zemljišta sa svjetskom populacijom



Izvor: UN 2017., FAOSTAT 2017., FAO 2012.

Urbanizacija (lat. urbs: grad) je proces porasta gradskog stanovništva zbog gospodarskih, vojnih, društvenih i drugih aktivnosti, kojim se seoska naselja pretvaraju u gradska te se širi gradski način života na ostala područja. Posljedica urbanizacije je smanjenje seoskih mjesta i povećanje malih, srednjih i velikih urbanih sredina i takvog načina života. Povijest urbanizacije seže od prve industrijske revolucije kada je seosko stanovništvo u potrazi za boljim životom počelo napuštati svoja seoska imanja i naseljavati urbane sredine s bolje plaćenim poslovima. Taj pojam se zove deruralizacija. Samim time se počeo napuštati agrarni način života, odnosno nastupila je deagrarizacija. Kao takva, urbanizacija je globalan proces koji je najočitiji u nerazvijenim zemljama. Naglim napuštivanjem gradova stvaraju se organizacijski problemi koji zahtijevaju nove načine organiziranja istih. Između ostalog, urbanizacija je donijela promjenu u strukturi obitelji pa možemo pričati i o društveno-ekonomskom problemu, odnosno njenoj pojavi pri urbanizaciji. Naime, seoske obitelji su osim roditelja u prosjeku imale četvero ili petero djece te je takva obitelj bila proizvodno-potrošna, odnosno priskrblivala je svoja dobra za sebe i svoje potrebe. Današnje moderne obitelji sveukupno imaju četiri do pet članova koji su većinom potrošnog karaktera.

$$Ku = Sg/St$$

Urbanizacija, odnosno njen stupanj nekog područja, se može izračunati omjerom ukupnog broja gradskog stanovništva s ukupnim brojem stanovništva (Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020).

## **2.2. Karakteristike pametnih gradova**

Još od davnih rimskih gradova postojale su neke karakteristike koje obilježavaju gradove i njihov način funkcioniranja. Dok je rimske gradove karakterizirala struktura ulica, pametne gradove čine informacijske tehnologije kao što su ITC i IoT. Također, ove pametne tehnologije se moraju pametno iskorištavati i orkestrirati.

Zato Deakin (2011) naglasak stavlja na optimalno korištenje infrastrukture kroz analizu podataka i umjetno stvorenu inteligenciju koja će podržavati održivi razvoj. Naglasak također stavlja na djelovanje građana koji mogu svoje prijedloge, inovacije ili probleme prijaviti e-putem čime bi se povećala uloga gradskih i općinskih institucija te bi se na kraju kroz učenje i prilagodbu stekla sposobnost bržeg reagiranja na situacije. Još jedna od karakteristika pametnih gradova je već spomenuta umjetna inteligencija koja kod jednih budi divljenje, a kod drugih nesigurnost i strah. Pametni gradovi kao takvi ne mogu se osloniti samo na ljude i ljudsku inteligenciju jer da bi sustav djelovao bez greški, mogućnost čovjekove greške mora se maksimalno umanjiti. Uz to, umjetna inteligencija radi puno brže od ljudske te je vrlo korisna u



provedbi jednostavnijih sustava. Za primjer možemo uzeti tvornicu automobila koja je puno produktivnija otkad je uveden moderni sustav robotizacije i umjetne inteligencije programiran i nadgledan od strane čovjeka. U pametnim gradovima možemo pronaći tri vrste inteligencije. Prva je orkestrirajuća na kojoj se osnivaju gradske institucije te zajedničko rješavanje problema. Druga inteligencija je za osnaživanje u čijim gradovima se postavljaju eksperimentalni objekti i pametni uređaji kako bi građani stupali u interakcije s njima i priviknuli se na iste. Treća inteligencija je inteligencija instrumentacije koja je i najrelevantnija danas u mnogobrojnim raspravama. Naime, instrumentalna inteligencija preuzima apsolutno sve podatke kretanja u realnom vremenu te ih analizira i projektira što neki mogu nazvati svojevrsnom kontrolom. Specifično za ovu vrstu inteligencije je što se bazira na cijelom gradu za razliku od prethodne dvije koje se implementiraju lokalno.

Neke od primjera ovih vrsta inteligencije oko nas možemo pronaći u bežičnim brojilima i mjeračima energije koji prenose informacije u trenu i osvještavaju građane o potrošnji. Također, tu su inovacije kao što su štedne žarulje i električne punionice za električne automobile, zajednička IP infrastruktura i ostalo.

### 2.3. Okviri pametnog grada

Jedna od najčešćih zabluda oko funkcioniranja i djelovanja pametnog grada kod neupućenih ljudi je nepoimanje okvira koje pametan grad obuhvaća. Tehnologija kao glavni oslonac pametnog grada upotrebljava razne druge okvire kao što su ljudski, energetska i institucionalni kao skup međuovisnih djelovanja. No, svaki od ovih okvira uključuje svoje podvrste.

Slika 2.2. Okvir pametnog grada



Izvor: Strateški plan „Rijeka Pametan grad za razdoblje 2019. – 2020.“

### 2.3.1. Tehnološki okviri

Tehnološki okviri prema Yovanovu i Hazapisu (2009) svrstavaju digitalni grad, virtualni grad, grad informacija, inteligentni grad i ubiyuitos city kao aspekte funkcioniranja.

- Digitalni grad → povezana zajednica kroz lako dostupnu komunikacijsku infrastrukturu
- Virtualni grad → zasniva se na virtualnoj stvarnosti, ostvaruje se putem optičke opreme i IT infrastrukture, cilj je život bez fizičke daljine
- Grad informacija → sveobuhvatna pojava u gradovima koji informacije prenose na internetskim stranicama koje su konstantno dostupne
- Inteligentan grad → bazira se na učenju i razvitku inovacija u kojem pojedinac sa svojim sposobnostima ima veliku ulogu te stavlja naglasak na tehnološko opremljene infrastrukture
- Ubiyuitos city → ili sveobuhvatni grad, prema Anthopoulosu i Fitsilisu nastoji omogućiti pristup uslugama s bilo kojeg uređaja

### 2.3.2. Ljudski okviri

Najvažniji faktor pametnih rješenja je čovjek koji mora osmisliti način na koji će se nešto provoditi. Prema tome, ne bi bilo prethodnih tehnoloških okvira da nema ljudskih kapitala. Stoga je potrebno neprestano ulagati u intelektualni rast čovječanstva kako bi se mogli pratiti novi zahtjevi svjetskih trendova.

- Kreativni grad → kreativnost kao ključan element pametnog grada koji stvara pogodnu klimu za proizvodnju ljudskog kapitala
- Grad učenja → prema Moseru, izgradnja stručne radne snage kako bi se moglo biti konkurentno
- Ljudski grad → nastoji pretvoriti ljudski potencijal u ljudski kapital te se usredotočuje na obrazovanje
- Grad znanja → temelji se na ekonomskom znanju i inovacijama (IBM, 2010)

### 2.3.3. Institucionalni i energetska okvir

Prema Eageru, pametna i stručna zajednica donosi odluku o smjeru razvitka tehnologije kojom će se služiti čitava masa u svakodnevnoj uporabi, bilo kroz izravno ili neizravno korištenje. Za kontrolu toga potrebno je osnovati institucije koje bi regulirale nepravilnosti i kako bi se postupalo prema pravilima koja su prihvatljiva široj masi.

Energetski okvir, s druge strane, nastoji poboljšati održivost stvaranjem energetskeg razvoja kojim se poboljšava kvaliteta života ljudi u gradu. U praksi se ovo očituje ponajviše u pametnoj infrastrukturi kao što je ulična rasvjeta, pametne zgrade, pametan prijevoz i ostalo (Riley, 2017).

## 2.4. Održivi razvoj

Inteligentni ili pametni gradovi stvaraju se ekonomskim, ljudskim, tehnološkim i kapitalnim indikatorima održivosti, u cilju stvaranja viška vrijednosti, a da se pritom ne izgubi briga o građanima i njihovim pravima. Odnosno, održivi razvoj je prema Svjetskoj komisiji za okoliš i razvoj (1987) *„zadovoljavanje potreba sadašnje generacije, bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija da zadovolje svoje potrebe kroz tri glavne sastavnice: društvo, okoliš i gospodarstvo“*.

Činjenica je da gospodarski i tehnološki razvoj potiče sami razvoj pametnog grada te je takav pristup dobar primjer za gradove koji su u povojima ili nisu počeli uvoditi pametna rješenja. Razvijanjem IT infrastrukture daje se prilika produktivnijim zanimanjima koji mogu napraviti višak vrijednosti i pritom osiguravati održivi razvoj. U prvom planu ovdje se misli na energetiku, proizvodnju hrane, optimizaciju ekonomije te ostale potencijale koji su dosad možda neiskorišteni. Prema naputcima svih svjetskih organizacija, među kojima je i EU komisija, razvoj gradova se mora temeljiti na održivom razvoju urbanih prostora, ali i zaštiti okoliša koji je prijeko potreban za funkcioniranje čovječanstva na način na koji smo navikli.

Održivi razvoj i njegovo funkcioniranje mora pronaći balans između društva, gospodarstva i okoliša kako bi sustav kao takav funkcionirao i bio dugoročno održiv. Potrebno je međudjelovanje ekonomskog razvoja odnosno gospodarske učinkovitosti, društvene odgovornosti ili socijalnog napretka te zaštite okoliša jer kao zasebni sustavi nisu vrijedni (Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020).

Slika 2.3. Sastavnice održivog razvoja

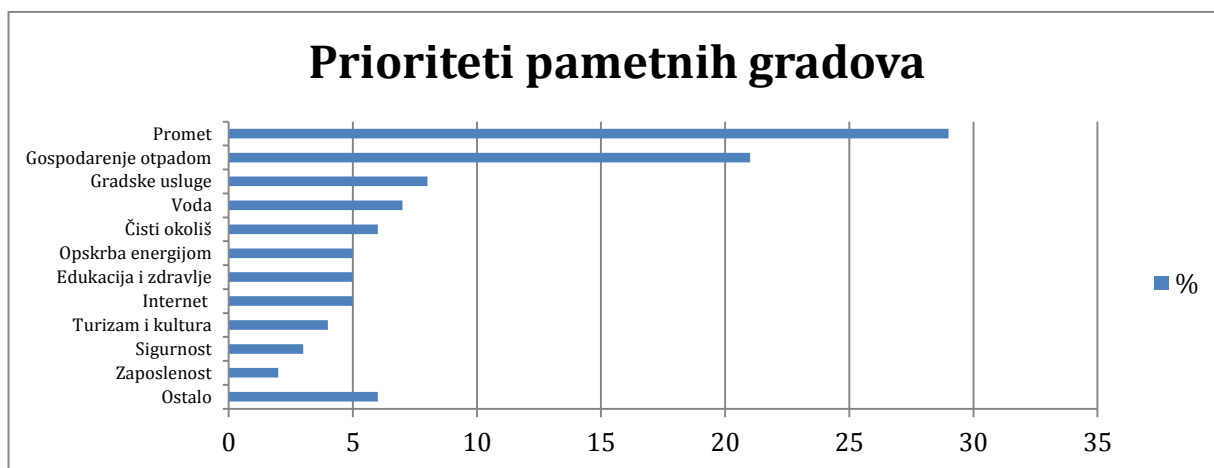


Izvor: odraz.hr (01.09.2020.)

Kada se provode analize problema osnovnih uvjeta koje bi po građanima trebale biti prioritete u pronalasku pametnih rješenja, prednjače odgovori koji se tiču prometnih gužvi, gospodarenju otpada, očuvanja okoliša, a odgovori na to su usluge poput e-građani, sustava vodovoda i električne opskrbe, internet i ostalo. Takvi podaci mogu poslužiti vlasti kako bi angažirale stručnjake koji će svojim inovativnim idejama unaprijediti sustave. Kada pričamo o osnovama života u gradu, njih možemo podijeliti u šest skupina.

- Promet i transport (problemi gužve u određenim periodima dana te povećanje broja motornih vozila na cestama u odnosu na zadnjih nekoliko godina)
- Voda (čista i pitka voda za svako kućanstvo)
- Kućanstva (sigurna i pogodna za život)
- Čist zrak (teška industrija nema mjesta u velikim gradovima)
- Čist okoliš (kante za otpad, razdvajanje otpada, uredni parkovi)
- Zdravstvena skrb (manje liste čekanja, brza i efikasna skrb)

Slika 2.4. Prioriteti građana u pametnim gradovima



Izvor: prezentacija s nastave

Sami građani ne mogu očekivati da će se održivi razvoj provoditi bez njihovog sudjelovanja jer, iako možda ne mogu utjecati na gospodarstvo ili društvo u cjelini, definitivno mogu utjecati na okoliš i odgovornim zbrinjavanjem osigurati održivi razvoj za život budućih generacija. Naravno, na vlasti je da konstantno apeliraju kroz edukaciju na građane da se podigne svjesnost o održivom razvoju. Tri "R" model, *Reduce, Reuse & Recycle* (smanji, ponovno koristi i recikliraj) je popularan način osvještavanja građana o minimizaciji otpada i potrošnji energije.

Prema krovnom dokumentu iz 2009. održivog razvoja Republike Hrvatske donesena je strategija održivog razvoja RH. U strategiji je sadržano osam glavnih područja na kojima se dokument temelji.

1. Poticaj rasta broja stanovnika
2. Okoliš i prirodna dobra
3. Usmjeravanje na održivu proizvodnju i potrošnju
4. Ostvarivanje socijalne i teritorijalne kohezije i pravde
5. Postizanje energetske neovisnosti i rasta učinkovitosti korištenja energije
6. Jačanje javnog zdravstva
7. Povezivanje prostora
8. Zaštita Jadranskog mora, priobalja i otoka

Da bi se reforme ovih područja mogle događati važna je središnja uprava koja će transparentno i odgovorno utjecati na povoljnu klimu u kojoj će se inovacije dočekivati s raširenim rukama. Također, središnja vlast kao najbitnija društvena snaga osnovala je *Savjet za održivi razvoj i zaštitu okoliša* koja za svoju ulogu ima savjetovanje u razvoju dokumenata koje sastavljaju ministarstva i ostala tijela. Sa središnjom upravom suradnju moraju ostvariti županije, gradovi i općine kako bi se određenim problemima pristupilo individualno jer je besmisleno odluke donositi na nacionalnoj razini bez poimanja lokalnih situacija. Skala se spušta do građana koji, organizirani u civilna društva, svojim projektima mogu pridonijeti promjenama kroz aktivizam. Na kraju dokumenta nalazi se i gospodarstvo koje mora biti potaknuto i motivirano održivim razvojem.

Kao što se može primijetiti, održivi razvoj je kompleksan proces koji zahtjeva međudjelovanje više struktura i organizacija. Kao kompleksan proces neizbježno je da će se stvarati određeni izazovi koje treba savladati. Prema već spomenutom dokumentu održivog razvoja RH, Hrvatska bi se mogla suočiti s izazovima poput koordinacije državnih tijela, prepoznatljivošću uloge dionika, motiviranjem gospodarstva, održivog razvoja na lokalnim razinama, međunarodnoj suradnji i obrazovanju i razvoju sposobnosti održivog razvoja.

## 2.5. Transport i tehnologija

Pametni gradovi koriste tehnologiju kako bi se unaprijedio način života građana. Pametna rješenja obuhvaćaju upravljanje električnom energijom i njezinom distribucijom, transport, ulične rasvjete, gospodarenje otpadom i ostalo. Kroz takva rješenja pokušava se podići razina zadovoljstva te maksimizirati resurse koji se ulažu. Zemaljska populacija se suočava s visokom stopom prirodnog prirasta, pogotovo u područjima poput Azije i Afrike. Unaprjeđenjem gradova i razvojem pametnih rješenja kvaliteta života se može unaprijediti za gotovo 30%. Tehnološki trendovi su sve češći i intenzivniji te zahtijevaju sve veću interakciju ljudi i tehnologije. Veliki sustav podataka, umjetna inteligencija, autonomna vozila i IoT su samo neki od pokazatelja na koji način tehnologija utječe svakodnevno na ljudske živote (Winkless, 2016).

Tehnologija koja se neprestano spominje, koristi se tako da platforme za izradu sučelja i aplikacija koriste online podatke koji zabilježavaju razne informacije s uređaja građana. Građani na to većinom pristaju nakon instalacije aplikacije kada trebaju prihvatiti uvjete poslovanja takve aplikacije, u protivnom se aplikacija ne može koristiti. Nakon toga ovi podatci se koriste za funkcioniranje prometnog sustava u kojem se prema potrebi regulira rad semafora kao u kineskom gradu Hangzhou koji je smanjio prometne gužve za 15%. Također, kod transporta je potrebno uzeti i druge aspekte koji se trebaju riješiti, kao što je npr. buka koja godišnje može uzrokovati preko 10 000 smrtnih slučajeva u Europi (Šlabek, 2016). Prijevoz, odnosno transport je jedan od glavnih zagađivača okoliša te se sve više pribjegava drugim rješenjima koja su ekološki više prihvatljivija. Jedan od primjera toga može se pronaći u „cargo“ tramvajima, odnosno teretnim tramvajima čija jedna jedinica, uz pravilnu optimizaciju voznog reda, može zamijeniti četiri kamiona te tako značajno smanjiti zagađenje zraka i buke.

Drugi načini korištenja podataka su korištenje resursa efektivnije preko komunikacijskih usluga i operatera koji u realnom vremenu obavještavaju službu za otpad o stanju kontejnera za smeće i njegovoj popunjenosti čime bi se izbjegle situacije stvaranja pretrpanih kontejnera s neugodnim mirisima. Poboljšavanje efikasnosti energije vidi se kroz rješenja kao što su LED svjetla koja zamjenjuju klasične ulične lampe te istovremeno pružaju bolju vidljivost i posjeduju mogućnost upravljanja jačinom svjetla ovisno o dobu dana. Grad New Orleans je u jednu od svojih ulica uveo kamere u svrhu video nadzora, koji za ulogu ima smanjenje vremena reakcije službi u hitnim situacijama te time postiže sigurniju okolinu, zajednicu te u konačnici grad. Također, ono bez čega se ovakvo što ne bi moglo provoditi su građani koji se pozivaju da svojim idejama doprinesu razvoju pametnog grada.

## 2.6. Pametni gradovi u svijetu

Pametni gradovi su rastući trend i kao takvi se potiču u većoj mjeri. Neke od najstarijih svjetskih prijestolnica sa stogodišnjom poviješću danas pišu neke nove skripte postojanja. Amsterdam, Darmstadt, Singapur, Barcelona, Ney York, Dublin, Madrid samo su neki od gradova koji nastoje u svom naumu razvoja i implementacije pametnih rješenja.

Gradić u južnoj Engleskoj pod imenom Milton Keynes udaljen 80-ak kilometara od Londona usmjerio se na to kako biti pametan grad u punom smislu riječi. Kao jedan od najbrže rastućih gradova u Ujedinjenom Kraljevstvu nastoji ostvarivati konstantan ekonomski rast bez prekomjernog korištenja infrastruktura te pritom smanjivati zagađenje okoliša. Srce ovog pametnog grada je „MK Data Hub“ koji prikuplja velik broj podataka i informacija koji se tiču gradskog sistema upravljanja i njegovog optimiziranja. U takve podatke spadaju energija i konzumacija vode, informacije o prometu, informacije prikupljene od satelita te informacije socijalnog i ekonomskog karaktera kao što su društvene mreže i aplikacije konzumenata. Osim toga grad Milton Keynes konstantno radi na unaprjeđenju sustava transporta, energije i sustava vodoopskrbe. Takvi tehnološki aspekti se svakodnevno dokazuju kao korisna adicija gradu, no to ne umanjuje ambiciju grada u unaprjeđenju obrazovanja, poslovanja i aktivnosti zajednice. Fletcher s Open University UK, 2016. u prezentaciji predstavlja uspjeh MK-a kroz 28 000 novih domova i populacijom većom od 300 000. Zaposlene osobe se broje u 1,5 po kućanstvu dok se stopa ispuštanja ugljikovog dioksida smanjila za 40% (Fletcher, 2016).

Slika 2.5. Milton Keynes inovacijski klaster



Izvor: Fletcher A., Knowledge Media Institute „MILTON KEYNES: HOW WE MADE OUR CITY SMARTER“

Pametani grad je i digitalizirani grad, a najbolji primjer toga je New York. Ostali gradovi s velikom digitalizacijom su Stockholm, Sao Paolo, u nešto manjoj mjeri Singapur. Također, pametni gradovi se razlikuju po svojim inovacijama i rješenjima pa tako postoji Amsterdam s velikom bazom podataka koji su sadržani u IoT-u kojim se pruža mogućnost upravljanja gradom u realnom vremenu. Barcelona je postavila optičke kablove zbog osiguranja dotoka informacija za parkirna mjesta u gradu, vodene prskalice koje se gase pojavom kiše te ulične svjetiljke osjetljive na pokret. London je postao besplatna WiFi zona dok Melbourne upravlja odvozom otpada s IoT-om. Chicago koristi senzore za eventualne poplave, a Palo Alto senzore za kontrolu kvalitete zraka. Ovo su primjeri kako se može biti efikasan i poseban po pametnim rješenjima te isto raditi na održivom razvoju.

## **2.7. Pametni gradovi u Hrvatskoj**

Pametni gradovi i njihova tehnologija smjer su prema kojem se usmjeravaju najveće metropole svijeta. Kako jedan od sljedećih izazova čovječanstva, kao što je rast populacije, rapidno raste dok infrastruktura ostaje gotovo ista, potrebne su inovacije. Kako govore istraživanja EU komisije, do polovice ovog stoljeća više od 70% populacije imat će prijavljen stalni boravak u nekoj od urbanih sredina. Instantno se nameće problem infrastrukture koja nije dizajnirana da prati sve bržu rotaciju trendova koje moderni život nameće. Ovdje dolazimo do pitanja pametnih gradova u RH i koliko ulažu investicija u pametna rješenja.

Hrvatska je donijela strateški dokument Nacionalne razvojne strategije do 2030. godine u kojem se ističe razvoj pametnih gradova i otoka. Nastavno, neki gradovi su uvidjeli važnost novom pristupu rješavanja problema kao što je projekt „*Zagreb Smart City*“ koji je usmjeren prema pametnoj gradskoj upravi, digitalnim infrastrukturama, upravljanjem energije na pametan način, održivoj mobilnosti i obrazovanju. Rijeka već godinama nastoji uvoditi pametna rješenja što je kulminiralo nagradom „*Smart city*“ za nadzor prometa dronom. Na samom jugu Hrvatske, u Dubrovniku predstavljen je program uvođenja sustava za parkiranje s kojim će korisnici imati prikaz slobodnih mjesta u realnom vremenu te sustav prostornih podataka koji procjenjuje moguće gužve u staroj jezgri grada. Osim ova tri velika prometna grada, gradovi poput Vukovara, Vrgorca i Poreča također uvode pametna rješenja za povećanje kvalitete života u gradovima.

Za razvoj pametnog grada vrlo važna je suradnja zajednice. Uz kvalitetnu suradnju može se doći do kvalitetnih ideja koje se mogu realizirati. Jedna od takvih ideja dolazi iz Hrvatske u obliku pametnih klupa. Pametna klupa ima pristup bežičnom internetu, bežičnom punjaču za mobitele i USB priključcima dok osvjetljava prostor s LED rasvjetom. Zanimljivo kako se



ovakav tip klupe osim u Hrvatskoj i njenim gradovima, može pronaći i u Kataru. Inovacija poput ove daje pozitivnu povratnu informaciju te je motiv za daljnji napredak i poticaj inovatora.

*Slika 2.6. Pametna klupa u Koprivnici*



*Izvor: drava.info (25.08.2020.)*

### 3. Internet stvari (Internet of things – IoT)

Internet stvari ili na engleskom *Internet of things* kao pojam je prvi puta korišten od strane Kevina Ashtona 1999. godine. Britanski tehnolog tada opisuje sistem u kojem su fizički objekti spojeni na internet svojim senzorima. Smisao je funkcioniranje sustava bez ljudske reakcije. Prema tome može se izvući definicija Internet stvari kao mreže fizičkih objekata (vozila, uređaja itd.) koji u sebi imaju ugrađene električne softvere i senzore koji omogućuju povezanost, prikupljanje i razmjenu informacija i podataka (Hanes et al, 2017).

Pojam Internet stvari u uporabi je svega par desetljeća, ali slični koncepti i ideje pojavljivale su se i prije pod drugim nazivima. 70-ih godina prošlog stoljeća postojao je sistem koji bi kontrolirao daljinsko nadgledanje električne mreže putem telefonske linije. 90-ih godina prošlog stoljeća aktivan je bio koncept M2M ili eng. *Machine to machine* koji je koristio bežičnu tehnologiju za industrijske probleme nadziranja operacija. Ovakav način bio je omogućen samo korporacijama odnosno raznim industrijama na uskom polju djelovanja zbog kontrole. Također, postojali su različiti koncepti koji su zapravo imali istu ideju. Osim M2M koncepta tu su i “*Internet of Everything*” (Cisco Systems), “*World Size Web*” (Bruce Schneier), “*Skynet*” (Terminator film).

Kako je rečeno, IoT spaja objekte putem bežične mreže kojom isti ti objekti komuniciraju čime se omogućuje kontrola, praćenje i prema tome pružanje potrebnih usluga. Prema Gartnerovoj analizi iz 2013., sve više kompanija koristi IoT u poslovanju, preko 15% za vrijeme analize, ponajviše u logistici te će taj postotak samo rasti kako vrijeme odmiče. Procjene su kako će se u skorije vrijeme povezati preko 28 milijardi fizičkih objekata što čini rast od preko 150% u odnosu na 2017. kada su se IoT jedinice brojale u 12 milijardi. Samim time, vrijednost tržišta rapidno raste. Povezanost, odnosno komunikacija pomoću internet stvari može biti između ljudi, objekata ili uređaja, sve u svrhu poboljšanja i pojednostavljanja života.

#### 3.1. Funkcioniranje IoT-a

Internet stvari na početku mogu izgledati kao skup kompliciranih radnji koje se lako mogu otetiti kontroli. Zato je potrebna dobra organizacija funkcioniranja internet stvari. Treba napomenuti kako je IoT svuda oko nas. Pametne klupe, novi hladnjaci, rasvjeta s pametnim osobinama, perilice, automobili te ostali uređaji sve su više zastupljeniji s IoT komponentama. Hladnjaci koji automatski očitavaju čega nema, perilice koje tempiraju rad i završetak pranja prilagođavaju ljudima, rasvjeta koja se pali kada zabilježi kretanje, bankomati koji prepoznaju osobe po licu, bolnički aparati samo su neki od primjera dokle seže mogućnost internet stvari.

Tehnologija svih ovih stvari je u suštini slična, razlika je u sensorima koji drugačije očitavaju podatke ovisno o namjeni proizvoda. Također, tendencija je da uređaji uče iz navika ljudi kako bi se mogli optimizirati radi lakšeg svakodnevnog korištenja (Rose, Eldridge i Chapin, 2015). Primjera radi, ako korisnik ima tendenciju preko noći gasiti klima uređaj ili ga koristiti određeno vrijeme, a dogodi se da korisnik zaspe ili ga zaboravi ugasiti prije nego napusti rezidenciju, uređaj sam prepozna trenutnu situaciju i prema njoj reagira. Osim toga postoje mogućnosti da se uređaj ugasi i preko nekog od uparenih pametnih uređaja, npr. sata, mobitela ili nešto treće. Mogućnosti su bezbrojne, potrebna je samo kreativnost i volja. Najbitnija stavka je pristup i spajanje na internet pomoću već poznatih sučelja kao što je WiFi, bluetooth, NFC, RFID uz neka nova trenutno nepoznata sučelja (ZigBee, Z-Wave itd.). Uz to, potreban je hardver i senzori. Kada se jednom sve upari na odgovarajući način i stekne se uvjet za nesmetano funkcioniranje sustava, kućanstva će imati jedno centralno mjesto preko kojeg će upravljati svim uređajima na električni pogon u svojoj okolini. Nešto poput termostata, ali na puno većoj razini. Treba napomenuti kako IoT nije namijenjen samo za „sitnice“, IoT ima mogućnost reguliranja čitave gradske prometne mreže.

Slika 3.1. Internet stvari

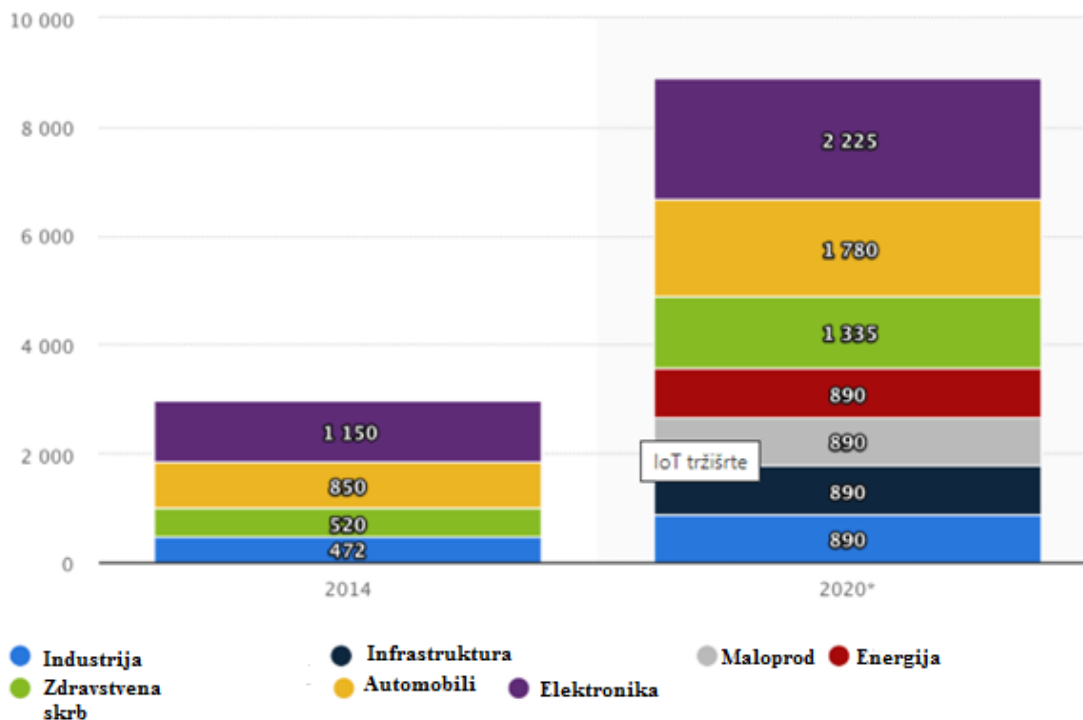


Izvor: [pcchip.hr](http://pcchip.hr) (25.08.2020.)

Postavlja se pitanje kako će tržište reagirati na IoT tehnologiju pošto ona postaje veliki projekt budućnosti, a kompanije se sve više okreću ovom načinu poslovanja jer IoT omogućuje veliku količinu „komunikacije“ uređaja koji mjere i prikupljaju podatke. Nedvojbeno je kako će ovo postati velika tržišna utakmica u kojoj će veliku ulogu igrati trenutni tehnološki giganti koji, kako se pretpostavlja, će raditi samostalno sučelje koje je optimalno samo za njihove proizvode. Pa tako postoji mogućnost da će se moći spajati samo uređaji istog proizvođača, osim u slučaju konglomeracije više tehnoloških kompanija.

U nastavku slijedi usporedba veličine tržišta internet stvari u svijetu iz 2014. i 2020. izražena u milijardama američkih dolara.

Slika 3.2. Tržište internet stvari



Izvor: statista.com (25.08.2020.)

Prema grafu, jasno je vidljivo kako IoT postaje sve rašireniji. Pa tako u 2020. ulazi u industrije infrastrukture, distribucije i energije pritom povećavajući svoj udio skoro duplo u granama manufakture, zdravstvene skrbi, automobilske industrije te svakodnevnih elektroničkih uređaja u odnosu na 2014.

## 3.2. Aplikacije

Današnji svijet baziran na tehnologiji besmislen je bez aplikacija koje imaju sve veću tendenciju korištenja IoT sučelja. Prema Vongsingthongu i Smanchatu (2014), IoT je podijeljen na fizičke korisnike, komercijalne i industrijske usluge kao i infrastrukturu.

### 3.2.1. Korisničke aplikacije

Kako se spominjalo u prethodnom odjeljku, jedan od ciljeva je od kućanstva napraviti pametno kućanstvo koje će pomoću IoT sustava moći regulirati razne uređaje čime će se

optimizirati potrošnja i poboljšati kvaliteta života. Također, ovdje treba napomenuti kako se ovim konceptom može poboljšati briga za starije pomoću sigurnosnih pomagala koje bi javljale hitnim službama ili bližnjima hitne situacije u kojim je potrebna pomoć. Samim time se omogućuje ostalim ukućanima više slobode kretanja i obavljanja ostalih obaveza (Kang, Moon i Park, 2017).

### **3.2.2. Organizacijske aplikacije**

Zdravstvena skrb je jedna od najbitnijih stavki od početka života do danas. Od početka čovječanstva tražili su se lijekovi za razno razne bolesti, brži načini prijevoza bolesnika, brža dijagnoza i ostalo. Pomoću eng. *Internet of Medical Things* upravo takve stvari mogle bi se dodatno olakšati. Medicinski IoT uređaji mogu se koristiti za kontrolu zdravlja pacijenata od kuće čime se smanjuje opterećenje bolničkih kapaciteta te povećava kvaliteta usluge i sigurnosti života (da Costa et al., 2018). Takvi uređaji bi mogli samostalno mjeriti tlak, krvni pritisak, kontrolirati ugrađene uređaje kao što je peacemaker i to sve preko obične narukvice. Neke od bolnica uvode i pametne krevete koji prijavljuju pacijente koji se žele ustati ili napraviti neku radnju koja nije preporučena od strane struke. Osim toga ljudima bi bilo lakše dolaziti do potrebnih lijekova koji bi se dostavljali na kućnu adresu kad sustav javi da postoji potreba za time. Mogućnosti su bezbrojne, ali iste te mogućnosti treba pravilno iskoristiti radi boljeg zdravlja zajednice. Također, potrebno je spomenuti kako bi se ovakvim sustavom zdravstva omogućile ogromne uštede i smanjile liste čekanja.

### **3.2.3. Transportne aplikacije**

IoT sustav može uvelike pomoći u organizaciji prometa. Svjedoci smo digitalnim mjeračima brzine koji upozoravaju vozače na eventualnu preveliku brzinu. No, osim toga IoT sustav ima puno veću mrežu koja se može prakticirati na javnom prometu, semaforima, parkingu, logistici, kontroli osobnih vozila, sigurnosti i ostalim komponentama (Mahmud et al., 2018). U logistici ovakav sustav može biti od koristi u situacijama kada se u prometu dešavaju stvari poput kašnjenja, prenapučenog prometa, krađa, sudara. Tada IoT sustav javlja pomoću bežičnih senzora situaciju te pruža logističarima priliku da novim planom osiguraju dostavu dobara po zakazanom planu. Bez internet stvari to ne bi bilo moguće, kao što ne bi bili mogući trenutni eksperimenti s automatskom vožnjom bez utjecaja čovjeka na promet čime bi se smanjila stopa smrtnosti. Komunikacijski sistem „*vehicle to everything*“ omogućuje komunikaciju između glavnih sudionika u prometu, odnosno između vozila, infrastrukture i ljudi.

### **3.2.4. Industrijske aplikacije**

Industrija kao takva nikad neće prestati, stoga su potrebna nova i pametna rješenja kako bi se poboljšao rad industrije. Digitalnom kontrolom mreže manufakture i procesa ubrzava se proizvodnja i potražnja novih proizvoda koji u realnom vremenu optimiziraju lanac opskrbe. Kroz IoT sustav postiže se mogućnost za četvrtu industrijsku revoluciju koja bi svjetski BDP podigla za 12 trilijuna američkih dolara.

Posebno bi profitirala poljoprivredna industrija koja bi tako mogla zadovoljiti kapacitete sve većeg broja ljudi na planeti. Senzori prikupljajući informacije kao što su vlaga, temperatura, vjetar, broj insekticida i ostalo, stvaraju preduvjet za automatizirane poljoprivredne tehnike čime bi se poboljšala kvaliteta proizvoda i smanjili troškovi proizvodnje (Zhang, 2015). Nastavno, optimizirala bi se potrošnja i gospodarenje vodama što postaje sve bitnije globalno pitanje. Dobar primjer je *Microsoft Azure* aplikacija koja koristi umjetnu inteligenciju koja preko broja riba analizira dotok vode.

### **3.2.5. Infrastrukturne aplikacije**

Kako svako polje napreduje po pitanju IoT tehnologije, tako se stvara prostor za ugrađivanje iste u razne infrastrukture kao što su mostovi, zgrade, tračnice (Gubbi et al., 2013). Tramvaji koji ne moraju stati prije križanja kako bi vozač izašao i promjenio smjer tračnica sve su češći primjeri u našoj svakodnevici. Infrastruktura zbog IoT tehnologije može postati jeftinija, dostupnija, sigurnija i kvalitetnija sve samo zbog toga što računalo izračunava podatke u realnom vremenu i kao takvo može predvidjeti razne situacije na koje pravodobno može reagirati. Sve veći broj svjetskih metropola uvodi razne pametne infrastrukturne sustave u svakodnevicu ovisno o području koje je najviše opterećeno. Većina IoT infrastruktura se orijentira na problem transporta, otpada, voda, okoliša, energije i bežičnog interneta (Chui et al., 2014).

### **3.2.6. Vojne aplikacije**

Velike svjetske vojne sile konstantno se natječu u naoružanju i novim tehnologijama. Nije više potrebno voditi ratove, ali je bitno biti spreman i pokazati neprijateljima vojnu spremnost u slučaju mogućeg rata. Poznato je da se većina stvari koje dođu među pučanstvo prvo koriste u vojskama. Činjenica da je logistika proizašla iz vojske dovoljno govori za sebe. Eng. *Internet of Military Things* je nova metoda ratovanja koja se koristi za nove tehnologije. Izvidnice, nadzori i ostale stvari više se ne prepuštaju ljudskom kadru već takve rizične poslove većinom obavljaju

dronovi, bespilotne letjelice ili neke druge stvari za koje se možda ni ne zna. Vojne internet stvari se okreću smanjenju ljudskih žrtava uvođenjem robot ratnika koji su opremljeni raznim senzorima kako bi mogli voditi bitke (Cameron i Lori, 2019). Vojna industrija sve je više nalik na znanstveno fantastične filmove u kojima se za ratovanje koriste razne tehnologije.

### 3.3. Osnovni sadržaji IoT-a

Pametna rješenja se ponekad čine komplicirana i skupa za provesti i uvesti u sistem funkcioniranja nekog određenog sustava. No, ako se malo istraži sadržaje internet stvari takva pretpostavka gubi na značaju. Logično je da veći sustav zahtjeva veće ulaganje, ali osim činjenice da uvođenje novog sustava u prosjeku košta manje od trenutnog zastarjelog sustava i njegovog održavanja, treba napomenuti kako pametni sustavi u svom startu optimiziraju potrošnju resursa i time štede energiju i novac na dugoročnom planu.

Pametna rješenja ujedno su i jeftinija rješenja. Primjera radi, jedan pametan mobitel u svojoj izradi ne prelazi više od stotinjak kuna troškovne proizvodnje. Isti takav mobitel se sačinjava od nekoliko mikrosenzora koji su u slobodnoj prodaji par dolara i komada plastike, a pomoću njega cijeli svijet je na dlanu. To se zove pametno rješenje problema, pogotovo ako je prodajna cijena peterostruko veća. Svjetski BDP raste, a prostor za nove tehnologije sve je veći.

Prema Baghaju i Madisetti iz 2014., postoji pet osnovnih sadržaja internet stvari koje su potrebne za stvaranje bilo kojeg pametnog uređaja:

1. Senzorska tehnologija → jeftini senzori koji su potrebni za očitavanje podataka
2. Računala → mala i jeftina računala koja obrađuju senzorske podatke
3. Povezanost → obrađeni i procesuirani podatci se šalju na analizu
4. Višefunkcionalni uređaji → preko kojih se očitavaju informacije koje su procesuirane u prethodnim koracima
5. Power of the cloud ili snaga oblaka → informacije se pohranjuju na internet

Kako bi pametni uređaji i pametna rješenja mogla biti funkcionalna vrlo je bitno da nijedan korak nije izostavljen. Ulazeći u problematiku internet stvari može se zaključiti kako su četiri stvari ključne za funkcioniranje istih.

1. Aplikacije
2. Velika baza podataka
3. Povezanost i komunikacija
4. Pametni uređaji

Aplikacije izrađene od strane proizvođača kroz svoje masovno korištenje stvaraju bazu podataka koja se koristi kako bi se neke stvari i procesi ubrzali i automatski prepoznali. Pritom je potrebna povezanost kako bi podatci stigli do pametnih uređaja koji javljaju vlasniku novosti ili reagiraju prema potrebi. Ovo je ciklički proces i kao takvog ga treba promatrati jer bez međudjelovanja korisnika i razvijачa aplikacija ne bi postojala rješenja koja olakšavaju i poboljšavaju kvalitetu života i život u cjelini.

### 3.4. Kontroverze

IoT ima puno pozitivnih strana koje definitivno utječu na poboljšanje života pojedinca i zajednice, ali sigurno postoje i neke negativne strane koje se moraju riješiti prije nego IoT uđe u svakodnevnu praksu. Kako ovakav sustav koristi internet jasno je da će biti na meti hakera i hakerskih napada koji bi u slučaju uspješnog proboja imali kontrolu cijelog grada. Situacije u kojoj IoT upravlja prometom i bude hakiran moraju se prevenirati inače bi mogao zavladatai kaos u gradu u svega nekoliko minuta ili sati. Nameću se ovdje i pitanja privatnosti i nadzora od strane vlasti u samim objektima gdje se odvija život. James Clapper iz američke uprave 2016. je rekao: „*U budućnosti, inteligentne usluge bi mogle koristiti IoT za identifikaciju, nadziranje, kontrolu i lociranje korisnika*“. Da se ovakve stvari ne bi događale i da vlade ne bi mogle imati pristup svakom kućanstvu u bilo koje doba dana, mnogi proizvođači koji su se okrenuli internet stvarima najavljuju enkripciju podataka u cijelosti čime bi korisnički podatci bili utopljeni u masi s drugim podacima i ne bi im se moglo pristupiti ponaosob, osim u posebnim slučajevima.

Kako bi se ovakve stvari spriječile postavljaju se četiri fundamentalne sigurnosne razine koje IoT zahtjeva (Howard i Philip, 2015):

1. Povjerljivost podataka → neovlaštene strane ne mogu pristupiti podacima sustava
2. Integritet podataka → namjerni ili ne namjerni upadi u sustavu moraju biti detektirani i prepoznati
3. Nepovreda podataka → pošiljatelj ne može osporiti poslanu poruku
4. Dostupnost podataka → sačuvani podatci moraju biti dostupni ovlaštenim osobama u bilo kojem trenutku

Uz moderne tehnologije sigurnost postaje sve veći problem s kojim se čovječanstvo susreće. Danas imamo primjere kako mnogi optužuju velike svjetske kompanije ili vlade radi prisluškivanja preko njihovih uređaja i pametnih uređaja. Povećanjem broja pametnih uređaja otvara se veliko polje u kojem razne informacije mogu biti zlouporabljene. Današnje aplikacije prilikom instaliranja na pametne uređaje traže od korisnika da pristanu na uvjete korištenja u



kojim se traži pristup gotovo svim operacijama koje se vrše na uređaju. U suprotnom se ne mogu koristiti. Takav način daje sliku da pametna rješenja i aplikacije korisnici mogu koristiti samo ako će pristati na zahtjeve aplikacija koje onda uzimaju podatke koji možda nisu ni bitni za sadržaj aplikacije. Mnogi su zato pobornici protiv modernih tehnoloških rješenja jer se smatra kako se koriste razni uređaji za kontrolu i nadzor. Kada se uđe u dublju problematiku ovog pitanja i npr. transporta i autonomne vožnje, dolazi se pitanja koliko su ranjivi sustavi automatskog kočenja vozila, motora, klime i ostalih dijelova vozila (Nguyen, Song i Qian, 2018). Samim time poništava se ona sigurnost u prometu koja je zajamčena kroz IoT rješenja. Prema Američkom nacionalnom obavještajnom vijeću teško bi bilo ograničiti utjecaj hakerskih napada na razne IoT sustave te kao takav ne pruža ništa veću zaštitu od ugroze koja se riskira.

Također, osim ugroze od hakerskih napada i treće strane postoji rizik od loših aplikacija i sistema koji se mogu pokvariti i analizirati podatke na krivi način pa tako otključavati prostore kada nisu pod nadzorom, prijavljivati štetu kada nije počinjena, očitavati krivo stanje temperature i prema tome djelovati te ostale situacije u kojoj računalo krene krivim tragom informacija. Takve probleme je potrebno sanirati prije same implementacije sustava ili pomoću sistema kao što je *IoTSan* razvijenog od strane Sveučilišta California Riverside koji prepoznaje slabosti i greške u sustavu pametnih platformi (Nguyen, Song i Qian, 2018).

### **3.5. Budućnost IoT-a**

Ideje internet stvari i sličnih sustava postoje već više desetljeća, no kako tek od nedavno ulaze na tržište potrošača može se reći kako isto to tržište nije još uvijek posve sazrelo za novitete. Kvalitetnih proizvoda definitivno ima u ponudi, ali isto tako proizvodi se moraju znati koristiti na pravilan način kako bi dosegli svoj vrhunac uporabljivosti. Postoje još uvijek razni problemi kada se pametni uređaji ne spajaju iz nekog razloga ispravno te često nema odgovora zašto je to tako. Iz Samsunga govore kako postoji trenutna opasnost da je tehnologija ispred današnjih mogućnosti te se time stvara neravnoteža. Osim toga, veliki je problem sigurnost koja se mora optimizirati da se ne pojavljuju situacije u kojima je preko četiri milijuna kamera bez ikakve zaštite i kao takve se mogu zloupotrebljavati.

IoT je definitivno budućnost, budućnost koja će ljudsku rasu razviti prema tehnobotima. Svaka operacija od onih jednostavnih kućanskih do onih kompleksnih gradskih će biti pod utjecajem internet stvari koje će svakodnevno asistirati u radnjama. Automatizirana gradska prometna mreža ili robotizirano kućanstvo s mnogobrojnim senzorima je validna pretpostavka odvijanja života u sljedećim desetljećima ili stoljećima čovječanstva što bi moglo dovesti do nove industrijske revolucije. Na koji način će se to točno dogoditi, nemoguće je predvidjeti.

## **4. Modeli primjene cargo tramvajske distribucije u europskim gradovima**

Moderni svijet zahtjeva sve češće promjene u svim aspektima života. Načini, pristupi i tehnike raznih područja mijenjaju se svakih 20-tak godina bilo da se radi o poljoprivredi, prometu, tehnologiji, medicini ili čak školstvu. U ljudskoj prirodi je pohranjena znatiželja i želja za konstantnim otkrivanjem i napretkom.

Usporedno sa sve većim i napućenijim gradskim prometom te sve većim troškovima prijevoza, komplicira se sam postupak transporta ljudi i dobara. Pogotovo je taj problem vidljiv u teretnom prijevozu. Zato danas imamo disciplinu pod nazivom logistika koja osim skladištenja robe, istu mora prevesti s jednog odredišta na drugo uz najmanje troškove, a da pritom isporuka bude točna i precizna. Taj problem nije samo korporativnog karaktera već se prenosi na gradsku, ponekad i državnu razinu jer ako protok dobara nije dovoljno protočan stvara se nepovoljna poduzetnička klima u kojoj se poduzetnici nalaze u minusu te će radije otići na područje gdje su njihovi transportni troškovi manji. Osim poslovnog dijela problema, tu su i ostali problemi u vidu pristupačnosti, buke, zagađenja, infrastrukture te ostalih sadržaja koji bitno mogu smanjiti kvalitetu života (Alessandrini et al.,2012). Zato gradovi sve više teže pametnim rješenjima koja imaju potencijal umanjivanja negativnih efekata transporta. Suradnjom na lokalnoj razini i koordinacijom na gradskoj razini problemima se može pristupiti individualno i prema tome sanirati problem. Velika pomoć u takvoj koordinaciji leži u ITS sustavu ili inteligentnom transportnom sustavu oko kojeg će se ovaj rad baviti detaljnije u nastavku, a svojevrsna je nadogradnja internet stvari.

Nadalje, problematika se očituje u nedovoljnim ljudskim kapacitetima u sektoru urbane teretne distribucije jer je putnički promet primarni zadatak većine ili gotovo svih gradova. Takav podatak ne govori da gradovi nisu svjesni problema teretnog urbanog prometa. Naprotiv, svjedoci smo kako neki od gradova kao što su Amsterdam, Zurich, Dresden i Frankfurt uvode ITS u svoju transportnu mrežu pa tako distribuiraju teret preko teretnih ili cargo tramvaja. Također, jedan od propusta koji se događa u velikim metropolama je manjak statističkih podataka kada se govori o urbanom teretnom prijevozu. Velikom većinom sve statistike i svi podatci se tiču putničkog prijevoza što ne ostavlja preveliki prostorni manevar za razumijevanje problema neke gradske prometne mreže. Koliko god su putnici kao građani nekog grada ili područja prioritet broj jedan, ne smije se zaboraviti kako isti ti građani moraju biti adekvatno i na vrijeme opskrbljeni. S jedne strane imamo gradove koji su pronašli rješenja za određeni postotak rasterećenja teretnog prometa u urbanim područjima, dok s druge imamo gradove koji možda i imaju infrastrukturu, ali nisu detaljno upućeni u mogućnost i potencijal raznih rješenja. Kao

primjer tu je grad Zagreb koji ima tramvajski promet, ali ga koristi samo u putničke svrhe. Naravno, postoje i gradovi koji nemaju ni infrastrukturu niti potencijalno rješenje. Stoga je potrebna suradnja i edukacija na primjerima između gradova u ovom području jer pitanje urbanog teretnog transporta više nije lokalno, nego globalno pitanje.

#### 4.1. Tramvaji

Tramvaji su način prijevoza putnika ili tereta koji se odvija po gradskim tračnicama uzduž ulica koji se pokreće pomoću električne energije. Neke vrste tramvaja ili tramvajskog prijevoza koriste mješavinu dizela i električne energije. Prvi tramvaji korišteni još u 19. stoljeću zbog nisu bili pogonjeni električnom energijom. Koristila se životinjska snaga kako bi se prevozilo putnike i robu. Poslije tramvaja su došli autobusi koji sredinom prošlog stoljeća smanjuju korištenje tramvaja zbog svoje brzine prijevoza, ali u današnje doba tramvaji zbog svog ekološkog značaja dolaze ponovo u prvi plan (Post, 2007).

*Slika 4.1. Tramvaji vučeni na životinjski pogon*



*Izvor: NY Times*

Škotski pojam „*tram*“ označuje vrstu kolica koja su se kretala tračnicama za prijevoz rudarskih iskopina. Pojam *tram* je široko rasprostranjen u svijetu, ali nije unificiran kao takav pa se može naići na područja u kojima se koriste neki drugi pojmovi kao što je *trolleycar*, *streetcar* itd.

Kako se već bilo reklo, prvi tramvaji su bili vučeni od strane životinja, većinom konja koji su kao takvi vukli tadašnje kočije koje bi prevozile ili ljude ili neke materijale. Prvi putnički tramvaj provozio je u Walesu 1807. godine. Izumom parnog stroja životinjska snaga više nije imala značaj pa tako su i tramvaji počeli voziti na paru krajem 19. stoljeća čime su se postizale veće brzine. Razvoj tramvajskog prometa nije stao s parnim strojem već se razvijao i dalje. Sredinom 19. stoljeća, u Engleskoj koja je dominirala u svijetu tračnica pojavio se tramvaj koji se kretao pomoću vučne sile preko kabla koji bi se napajao preko udaljene elektrane. Najbolji primjer ovakvog načina tramvajskog prijevoza je San Francisco. Kasnije, industrijskim revolucijama i izumom električne energije tramvajski pogon se velikom većinom prebacio na plin, naftu i elektricitet (Dunbar, 1967).

Tramvajski promet se odvija preko tračnica koje su različitog tipa i promjera ovisno o tipu tramvaja koji putuju tim rutama. Tračnice mogu biti umontirane u beton, mogu biti standardne tramvajske tračnice ili tračnice za brzu vožnju koje su većinom stacionirane izvan grada. Također tramvajska infrastruktura mora ispunjavati sve sigurnosne aspekte pogotovo zato što djeluje na urbanom području gdje je velika koncentracija ljudi.

*Slika 4.2. Zagrebački tramvaji*



*Izvor: 24 sata*

Tramvajski prijevoz nema smisla bez ruta prijevoza kojima se isti kreću. Rute su dobro poznate građanima kako bi što lakše došli do zacrtanih odredišta. Svakom rutom putuju i prometuju tramvaji različitih oznaka koje su većinom brojevi kako bi se rute mogle raspoznavati.

Struktura tramvajskih ruta mogu biti rađene planski što otvara brojnije mogućnosti transporta kao što je to slučaj u Amsterdamu ili nekom od francuskih gradova. Postoje neplanske rute čija se prometna struktura širi prema širenju grada i njegovih prometnica kao što je Zagreb. U Berlinu i Pragu tramvajski promet obuhvaća samo dio grada dok širi dio tračnog prometa popunjava podzemna željeznica. Također postoje takozvane turističke tramvajске trase koje povezuju određena turistička središta, ali i primjeri poput Rima gdje zbog drevnog rimskog grada određene trase ne mogu voziti niti može biti izrađena infrastruktura.

Slika 4.3. Tramvajska mreža Melbourn iz 2009



Izvor: JohnnoShadbolt, Wikimedia Commons

Tramvajski promet je promet budućnosti, mali troškovi infrastrukture i ekološki prihvatljiv transport omogućuje održivi razvoj kroz godine. U svijetu je više od 70% država koje imaju neki oblik tramvajskog prijevoza, izuzetci su u Africi i središnjoj Aziji odnosno u trećim zemljama (Tramways and Urban Transit, 2017).

## 4.2. Cargo prijevoz

Protok roba, informacija i ljudi nikada u ljudskoj povijesti nije bio veći nego danas. Pogotovo se to očituje kroz trend globalizacije koja zahtjeva inovativna rješenja za sve veće zahtjeve tržišta. Činjenica je da se danas može dostaviti bilo što bilo gdje, samo je pitanje kako i na koji način te uz koje uvjete. Stoga se posebna pažnja obraća na teretni prijevoz i usluge. Prijevozne usluge nisu jeftine, a sve su potrebnije kako se svijet razvija i ide prema globalnome selu. Ovdje uskače logistika koja svojim rješenjima nastoji poboljšati efikasnost i efektivnost pritom smanjujući troškove.

Cargo prijevoz se može vršiti na više načina (prezentacija s nastave, 2019):

1. Cestovnim putem (kamioni, tegljači, prikolice)
2. Tračnim putem (teretni vlakovi, teretni tramvaji)
3. Pomorskim putem (tankeri, teretni brodovi)
4. Zračnim putem (avioni)

*Slika 4.4. Cargo prijevoz*



*Izvor: Smart Cargo*

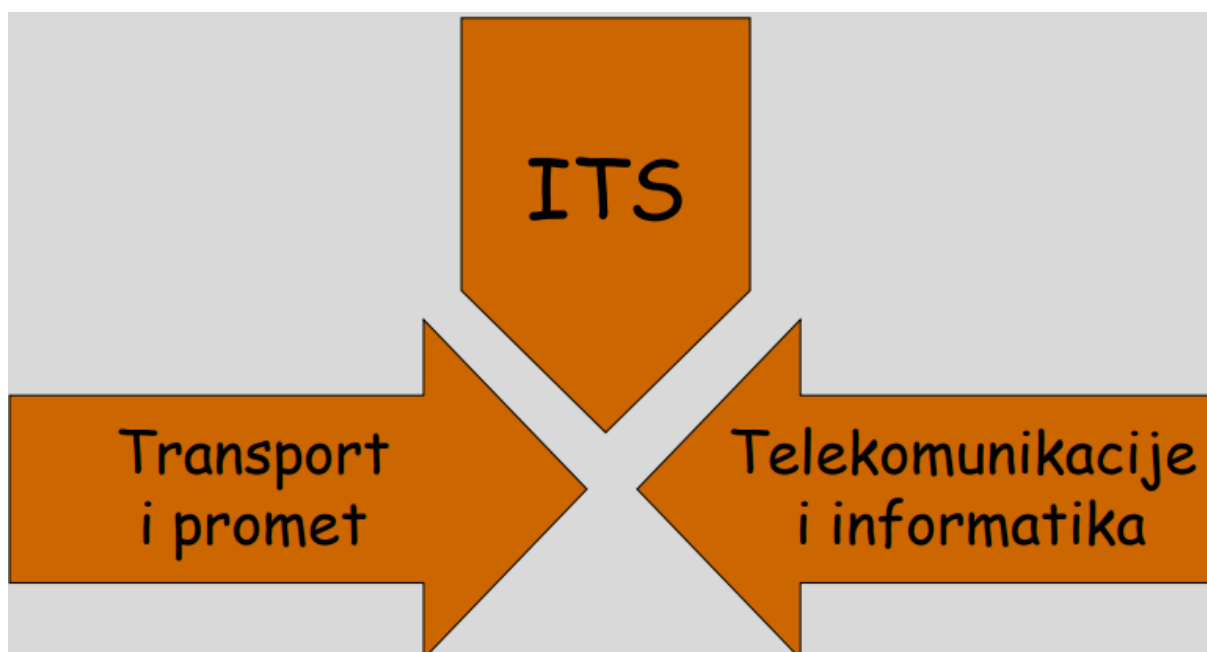
Teretni prijevoznici se sve češće susreću s raznim regulacijama koje usporavaju njihovo poslovanje radi različitih razloga. Neki od njih tiču se zagušenja urbanog prometa pa se u urbanim sredinama pokušavaju naći rješenja koja će biti održiva. Osim zagušenja prometa, prijevoznici moraju obraćati pažnju i na smanjenje emisije CO<sub>2</sub> (NN 41/2018-784, 2018). Također tu su i problemi financijske prirode gdje se traži balans vremena i cijene. Neka rješenja su brza, ali skupa kao što je slučaj sa zračnim načinom prijevoza, dok su druga spora i jeftina, kao što je pomorski način. Kod cestovnog načina distribucije stoji činjenica da kamioni zagušuju i zagađuju, ali s druge strane vrlo je jednostavan način distribucije. Tu se dolazi do željezničkog

prometa koji po svim parametrima pokazuje optimalne rezultate kroz prijevoz velike količine tereta i relativno niskih troškova, no njezina iskoristivost ovisi o infrastrukturi određene države.

### 4.3. Inteligentni transportni sustav (ITS)

Razvojem inteligentnih i pametnih rješenja na tragu ili u sklopu internet stvari, početkom stoljeća pojavio se pojam inteligentnih transportnih sustava koji imaju zadaću odgovoriti na sve veće prometne izazove u svijetu. ITS je upravljački i informatičko-komunikacijski sustav koji nadograđuje postojeći prometni sustav kroz analizu i obradu podataka u realnom vremenu kako bi se omogućila protočnost prometa, smanjenje zagušenja, čekanja, prometnih nesreća i onečišćenja (Gold, 2010). Sposobnost ovog sustava da djeluje adaptivno u uvjetima koji su sami po sebi promjenjivi iz trenutka u trenutak te tako sudjeluje u prometu, označava sustav inteligentnim. Prometna infrastruktura se nadograđuje ITS rješenjima koja omogućuju kvalitetniju prometnu uslugu. Prosječni stanovnik nekog od urbanih sredina izgubi godinu dana života samo na čekanje u prometnim gužvama (Kalenoja, 1996).

Slika 4.5. Inteligentni transportni sustav



Izvor: Gold H., Fakultet prometnih znanosti, „Transportna logistika i inteligentni transportni sustavi“

ITS sustav zahtjeva redizajn prometne infrastrukture kako bi organizacija prometa i prometni tokovi bili inteligentno navođeni. Preusmjeravanje na rute s manjim cestovnim opterećenjima, informacije o slobodnim parking mjestima, praćenje vozila i dostave, automatska naplata cestarina, javljanje incidentnih situacija samo su neka od ITS rješenja koja mogu povećati kvalitetu prometovanja kroz urbana središta. ITS se kroz posljednje godine afirmirao kao

akademska disciplina i studijski program zbog svog naprednog koncepta optimizacije prometnog sustava i tehnologije čime je zajamčena održivost. Zagovaratelji ITS-a su i činjenice o sigurnosti u prometnom sustavu koji broji preko 1,2 milijuna ljudi godišnje sa smrtnim ishodom. Također prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije troškovi prometnih nesreća odnose i do 4% BDP-a država.

Prema međunarodnoj organizaciji za normizaciju, poznatijoj kao ISO, prikazano je 11 domena u kojima su postojeća područja i usluge ITS-a:

1. Informiranje putnika
2. Upravljanje prometom i operacijama
3. Vozila
4. Prijevoz tereta
5. Javni prijevoz
6. Žurne službe
7. Elektronička plaćanja vezana za transport
8. Sigurnost osoba u cestovnom prijevozu
9. Nadzor vremenskih uvjeta i okoliša
10. Upravljanje odazivom na nesreće
11. Nacionalna sigurnost

Ovaj rad za svoju problematiku ima cargo tramvajsku distribuciju. Ona kao takva spada u urbano središte nekog područja i uvelike ovisi o gradskoj prometnoj strukturi te ima veliki utjecaj od strane inteligentnih transportnih sustava. Može se reći da je jedan od kotačića funkcionalnog sustava. Kao takav, sustav podliježe ISO normama u kojima su uključene usluge koje se odnose na logistiku i koordinaciju prijevoza te sve ostale sudionike u procesu teretnog prijevoza. Neke od usluga su:

- Upravljanje intermodalnim informacijama o prijevozu robe
- Menadžment intermodalnih centara
- Upravljanje opasnim teretima
- Automatska provjera dokumentacije

#### **4.4. Cargo tramvaji**

U vrijeme globalnih klimatskih promjena imperativ postaje tražiti uzroke takve situacije u svijetu. Ono što je već javno znano je da je jedan od razloga tome zagađenje zraka koje jednim dijelom stvaraju i motorna vozila ispuštajući štetne plinove u atmosferu. Zato se danas mnoge



institucije okreću promoviranju održivih rješenja kao što su vozila na električni pogon ili neke vrste motornih hibrida. Popularnost tramvajskog prijevoza opet je dobio na značaju u 21. stoljeću iz očitih razloga ekonomičnije potrošnje resursa. Osim javnih putničkih tramvaja, manje poznatije su one teretnog karaktera čiji potencijal je vrlo velik. Jedan teretni tramvaj zamjenjuje tri do četiri srednja teretna kamiona i kao takvi zahtijevaju manje ulaganja i manje troškove kroz razdoblje djelovanja (Cochrane, 2012). Pod pojmom teretnog tramvaja podrazumijeva se tramvaj za prijevoz tereta kroz urbane sredine. Također teretni tramvaji zastupaju tračnu distribuciju koja je optimalan i najkorisniji oblik prijevoza tereta. Za cargo tramvaje potrebna je odgovarajuća infrastruktura koja mnogim gradovima s već postavljenim tračnicama ne bi bila problem. Nadalje, potrebna je definirana teretna količina koju je moguće prevesti u jednom danu, definirano vrijeme dostave te suradnja vlasti državne razine s lokalnom.

Prema tezi Katrien De Langhe (2019) sa Sveučilišta u Antwerpenu, fokus se treba staviti na implementaciju tračne teretne distribucije jer se nazire potencijalni financijski i socio-ekonomski pozitivni utjecaj. Takvu tezu temelji na dva aspekta. Prvi aspekt je prebacivanje tereta s cesta na tračnice čime se prvenstveno stvara zdraviji okoliš. Drugi aspekt je način prijevoza koji daje inovacijski potencijal u teretnom tramvajskom prijevozu kojim upravlja čovjek dok se manji potencijal vidi i u teretnom prijevozu zajedno s putnicima, no takvo rješenje je količinski ograničeno. Prema De Langhe i njezinome istraživanju, okvir za uvođenje masovnog korištenja teretnih tramvaja je razvijen i usvojen od većine vlada. Ključni dio je razvoj univerzalnog alata koji bi se mogao lako adaptirati u postojeći sustav. Glavnu snagu razvoja tog alata se vidi u ITS rješenjima koja uvelike mogu optimizirati prometni sustav. Trebaju se donijeti zajednički akti, pravila i zakoni na razini Europske unije kako bi sustav bio transparentan. Nadalje, izrađeni okvir ovakvog teretnog prijevoza otvara vrata i za privatne ulagače koji u cargo tramvajskoj distribuciji vide budućnost i svoje poslovanje.

#### 4.4.1. Primjeri Cargo tramvaja u Europi

*Slika 4.6. Cargo tramvaj u Zurichu*



*Izvor: Sunil Prasanna, Wikimedia Commons*

Primjer cargo tramvaja može se pronaći u Zurichu koji putuje po gradu sa zadatkom skupljanja smeća i otpada kroz glavne gradske četvrti. Za sobom vuče dva kontejnera koji skladište gradsko smeće.

*Slika 4.7. Cargo tramvaj u Dresdenu*



*Izvor: Kaffeeinstein, Wikimedia Commons*

Drugi primjer teretnog tramvaja pronalazi se u Dresdenu kroz sustav „CarGoTram“ koji prevoze dijelove za *Volkswagen* tvornicu kroz četiri kilometra dugu trasu koju koristi i putnički prijevoz. Svaki tramvaj je opremljen s pet teretnih jedinica.

*Slika 4.8. Cargo tramvaj u Beču*



*Izvor: Pressefoto Votav, Vienna City Administration*

Teretni tramvajski promet u Beču je počeo 2005. kada se teret počeo prevoziti kroz grad u školpu eksperimentalnog projekta. Sadržaj tereta je većinom u službi automobilskih dijelova koji se prevoze u kontejneru postavljenom na tračnice koju vuče radna električna lokomotiva. Dvije godine kasnije ovakav način prijevoza je završio zajedno s eksperimentom.

*Slika 4.9. Cargo tramvaj u Saint Petersburgu iz 20. stoljeća*



*Izvor: Museum of Electrical Transport, Saint Petersburg*

Rusija je možda prva zemlja koja je imala kompleksnu teretnu tramvajsku vezu koja je započela još tijekom Prvog svjetskog rata u Moskvi i tadašnjem Lenjingradu, odnosno današnjem Saint Petersburgu. Naime, tadašnja struktura teretnog tramvajskog prometa je do 1950. godine dosegla prenosivost do 2000 tona u danu kroz 47 tramvaja koji su povezivali više od 20 korporacija i organizacija grada. Ovakav način prijevoza tereta je ugašen 1997., dok je u glavnom gradu Rusije 1972. bila zadnja aktivna godina zbog naglog opadanja teretnog prometa nakon Drugog svjetskog rata.

#### **4.4.2. City Cargo Amsterdam**

Grad Amsterdam u Nizozemskoj poznat je kao turističko središte koje tijekom cijele godine može biti popunjeno turistima i većim brojem stanovništva u urbanoj sredini te samoj središnjici grada. Ista ta središnjica grada duži niz godina ima problem distribucije dobara pogotovo kad se uzmu u obzir uska struktura ulica koja je popunjena gustim prometom. Nastavno na taj problem dolazi loša kvaliteta zraka zbog koje je donesen Akcijski plan za kvalitetu zraka u Amsterdamu 2005. godine. U planu stoji kako grad mora biti suočen sa striktnim regulacijama i pronalaskom optimalnih rješenja koja će smanjiti zagađenost zraka. Više od polovice zasluga za loše stanje zraka su dizel motori, a 35% emisije CO<sub>2</sub> dolazi iz teretnog prijevoza. Stoga se došlo na ideju teretnog transportnog sustava tramvajima. Osim što bi se smanjila polucija u gradu, izbjegli bi se veliki teretni kamioni koji guše promet te se povećava sigurnost u prometu. Ovakav način prijevoza opskrbljivao je gotovo sve gradske sadržaje.

City Cargo projekt je počeo 3. ožujka 2008. godine kao eksperimentalni projekt koji bi trajao do 3. travnja. Prva dva tjedna tramvaji su vozili bez tereta dok su druga dva vozili s teretom. Tijekom trajanja pilot projekta, kamioni su punili tramvaje koji bi posebnim rutama prevozili dobra između 7 i 23 sata. Kada bi tramvaji prošli rutu i došli na mjesto iskrcanja čekali bi ih automobili na električni pogon koji bi teret prenijeli do krajnjeg korisnika. Za projekt su se koristila dva GVB tramvaja koja su prometovala od predgrađa do centra grada.

Pilot projekt je bio uspješan te je CityCargo dobio koncesiju na deset godina korištenja postojeće tramvajske mreže od grada. Nastavno, oko 50 teretnih tramvaja i 400 električnih automobila bilo je u planu kako bi se opskrbio sami centar grada i omogućila njegova funkcionalnost dok u isto vrijeme nema zagađenja zraka. U dužem periodu ovakav model teretnih tramvaja može zamijeniti 2 500 kamiona po danu. Inicijativa je 2009. doživjela financijski kolaps jer je grad Amsterdam odbio sudjelovati u financiranju projekta, premda su pokazatelji zabilježili 16% manju poluciju te manju gradsku buku (Arvidsson i Browne, 2013).

*Slika 4.10. Cargo tramvaji u Amsterdamu*



*Izvor: Freight on Transit Handbook Case Studies*

Unatoč tome što ovakav projekt nije zaživio, njegova organizacija može poslužiti kao okvir nekim drugim gradovima. Neki od glavnih organizacijski aspekata ovog projekta leže u:

- Korištenje postojeće tramvajske infrastrukture
- Distribucijski centri smješteni na rubnim dijelovima grada koji su povezani tramvajskim linijama do centra
- Tračni prijevoz ima brže kretanje i ovisan je sam o sebi
- Fleksibilne rute
- Preuzimanje tereta od strane električnih automobila koji dovoze proizvod do krajnje destinacije
- Jedan City Cargo tramvaj ima može prenijeti kao četiri kamiona s prenosivošću od 7.5 tona

#### **4.4.3. CarGo Tram Dresden**

Njemački grad Dresden primjer je uspješne implementacije teretnih tramvaja kroz urbana područja na zahtjev Volkswagena 2001. godine. Naime, Volkswagen je tražio dozvolu od grada kako bi se prometovalo između logističkog centra i tvornice pritom koristeći oko 4 kilometra postojeće tramvajske infrastrukture. Tramvaj dužine 60 metara prevozi dijelove za automobile s nosivošću od 60 tona. Jedan takav tramvaj zamjenjuje tri kamiona po danu što daje sveukupan rezultat smanjenja 60 kamiona dnevno koji prolaze centrom grada (Cochrane, 2012). Cargo tramvaji nose nabavnu vrijednost od oko tri milijuna eura što se smatra niskim troškovima pošto postoji već izgrađena infrastruktura. Jedini problem koji se javlja je buka zbog povećane težine i opterećenja na samu prugu dok su pozitivni učinci mjerljivi u ekologiji, gustoći prometa i procesnoj profitabilnosti. Ovakav tip teretnog tramvaja koji prometuje Dresdenom sačinjen je od 5 dijelova od kojih su tri za potrebe tereta dok su ostale dvije kontrolne sobe u kojim se upravlja

tramvajima. Posebno je fascinantna brzina kojom tramvaj napusti i vrati se u distribucijski centar, a iznosi 50 minuta.

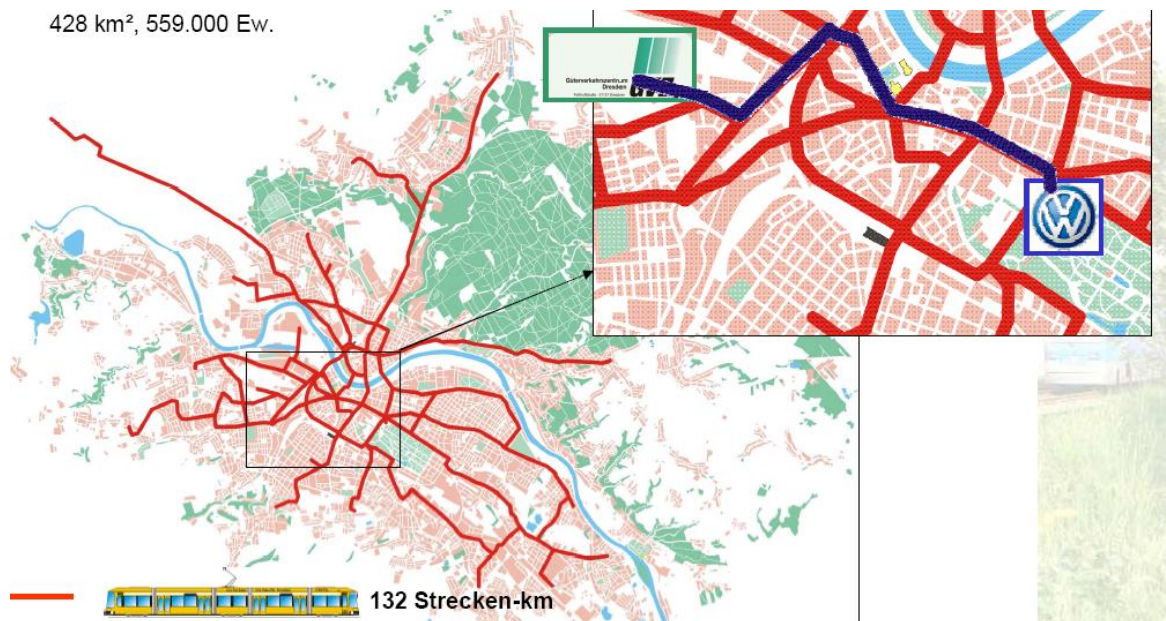
*Slika 4.11. Prikaz cargo tramvaja Dresden*



*Izvor: Freight on Transit Handbook Case Studies*

Prema Regueu i Bristowu (2013), uspjeh ovakvog načina transporta tereta ovisi o postojećoj infrastrukturi, generiranoj potražnji i distribucijskim objektima te oni smatraju kako bi savršeni uvjeti za teretne tramvaje bila ruta u kojoj se prolazi centrom grada, a da je povezana s glavnim prometnicama i željeznicom čime se cijeli proces pojednostavljuje. Također je bitna suradnja privatnog i javnog sektora da ovakav sustav bude održiv i funkcionalan te treba naglasiti kako troškovi leže samo u kapitalnim ulaganjima odnosno *početnom ulaganju u infra i suprastrukturu te operativnim troškovima*.

*Slika 4.12. Ruta prometovanja cargo tramvaja u Dresdenu*



*Izvor: Freight on Transit Handbook Case Studies*

#### 4.4.4. Cargotram u Zurichu

Projekt koji je zaživio 2003. godine kroz suradnju agencije za gospodarenje otpada i javnog transportnog operatera također je primjer pozitivnog teretnog tramvajskog sustava. U Zurichu su uvidjeli da imaju problem sa prijevozom otpada koji godišnje iznosi preko 100 000 tona te su se okrenuli za inovativnim načinom prijevoza otpada, teretnim tramvajem. Kao što je to primjer u

većini gradova, i ovaj sustav je temeljen na postojećim tramvajskim prugama te se definiralo devet lokacija na kojima se skuplja otpad u posebno dizajnirane kontejnere.

*Slika 4.13. Prikaz tramvajske mreže cargo prometa u Zurichu*



*Izvor: Cargo-Tram Zurich –The environmental savings of using other modes*

Tramvaji su uređeni za prikupljanje glomaznog otpada, stakla i metala dok je od 2006. pušten tramvaj namijenjen za prikupljanje elektroničke opreme. Podatci iz 2004. godine govore kako je nešto manje od 800 tona smeća prikupljeno u 94 vožnje teretnih tramvaja čime se došlo do uštede od 37 500 litara goriva i 5 tona CO<sub>2</sub> štetnih emisija plinova uz smanjenje od 5000 kilometara cestovne vožnje (Neuhlod, 2005).

#### **4.4.5. Studij slučaja Barcelona**

Uspješnost nekih od projekata teretnih tramvaja u Europi potaknulo je mnoge istraživače na detaljnije promišljanje o ovakvom načinu teretnog prijevoza kroz urbane sredine. Tako se grad Barcelona sa skoro 70 000 teretnih kamiona dnevno koji prolaze gradom odlučio napraviti koncept cargo tramvaja. U prilog tome ide i trenutna infrastruktura ne samo tračnica nego i trgovina koje su rasprostranjene po ulicama s udjelom od 90% u odnosu na trgovačke centre. Sustav je zamišljen kroz pretpostavku da nosivost jednog teretnog tramvaja iznosi 35 tona što bi značilo da su četiri linije dovoljne za opskrbu trgovačkih centara.

Slika 4.14. Prikaz potencijalne rute cargo tramvaja u Barceloni



Izvor: *Appraising Freight Tram Schemes: A Case Study of Barcelona*

Na slici je prikazana potencijalna linija teretnog tramvaja u Barceloni koja povezuje dijelove grada dijagonalno kroz 11 kilometara dugu rutu kroz koju se opskrbljuju trgovački centri koji su označeni ljubičastim križićima. Na suprotnim krajevima su potencijalni distribucijski centri iz kojih bi puni tramvaji krenuli prema gradu. Troškovi ovakvog projekta rangirali bi se u više skupina (Regue i Bristow, 2013).

- Operativni troškovi (el. energija, zaposlenici, održavanje) → 10,48 eura po kilometru
- Izgradnja nove trase → 9,830 eura po metru
- Troškovi nabave tramvaja → 1,8 milijuna eura

Provedenim istraživanjem došlo se do zaključka kako su troškovi preveliki pogotovo ako su potrebna ulaganja u izgradnju dva distribucijska centra na periferiji grada i ako je potrebna izgradnja nove trase. Stoga se odustalo od projekta.

#### 4.5. Prednosti cargo tramvajske distribucije dobara

Tramvaji su vrlo jednostavna rješenja za prijevoz ljudi i robe kroz urbana središta i takvima se pokazuju kroz svoje prometovanje u gradovima. Poznato je kako u glavnim gradovima i urbanim sredinama sami centri grada često znaju biti prenapučeni prometom ljudi i vozila. Kako



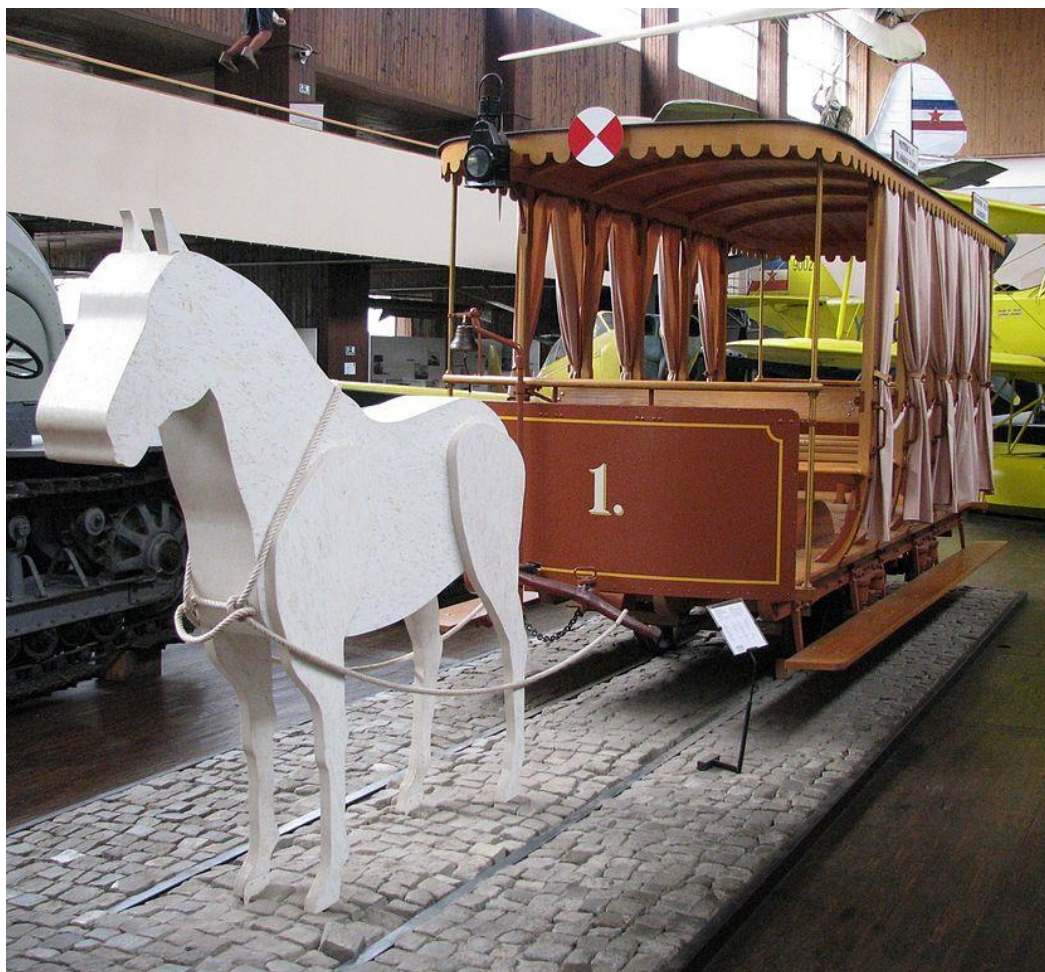
tramvaji imaju svoju infrastrukturu kojom se kreću, otvara se mogućnost da se takvim načinom smanji prometno zagušenje i otvori više prostora za pješačke zone. Također, ovakvim pristupom se smanjuje zagađenje zraka te u slučaju cargo tramvajskog prijevoza broj teretnih kamiona bi se svakim danom sve više smanjivao, a samo zagađenje bi palo za 15%. Ako bi se uveli električni automobili kao što je bio slučaj u Amsterdamu ili električni bicikli kao što grad Karlsruhe ima u planu za svoju cargo tramvajsku distribuciju, stvorio bi se sistem koji je potpuno pogodan za održivi razvoj. Sljedeća prednost je smanjenje razine buke u gradu za koju je potrebno imati odgovarajuću infrastrukturnu prugu kako se ne bi događao problem kao u Dresdenu gdje se građani žale da velike vibracije i buka teretnih tramvaja opremljenih često teškim dijelovima utječu na kvalitetu života. Kako se već spomenulo, smanjio bi se postotak zagušenosti prometa eliminiranjem velikih kamiona koji se nalaze na prometnicama te bi se protočnost ubrzala što je posebice bitno za gradove s većim brojem motornih vozila po glavi stanovnika. Potrebno je reći kako bi se povećala sigurnost na cestama i smanjili troškovi održavanja prometnica jer su jedan od glavnih razloga oštećenih kolnika upravo velika i teška vozila. Velika prednost u lancu distribucije otvara se za poduzeća koja neće morati čekati distribuciju i organizirati izvanredne teretne kamione u većem broju što akumulira veći trošak. Samo vrijeme distribucije će također biti kraće i organiziranije jer tramvajski promet ovisi sam o sebi osim u izvanrednim situacijama kada naprimjer nestane struje što su rijetke situacije. Teretna tramvajska distribucija sama po sebi je jeftinija i isplativija za korištenje od cestovne. Uštede se mogu brojati na svakom koraku uzevši u obzir cijenu električne energije koja je jeftinija od derivatnih goriva. Osim uštede na gorivu isti proces se događa i u planiranju koje je efektivnije i kao takvo postoji manja mogućnost za neke neplanirane troškove. Ušteda se može dijagnosticirati i u sprečavanju krađe robe jer bi svaki vagon bio opremljen uređajima za praćenje što bi olakšalo policijski posao. Između ostalog, ostvaruje se potencijal za otvaranje novih radnih mjesta u distribucijskim centrima, pretovaru i u vozilima koja dostavljaju robu do krajnjeg korisnika. Na primjeru Amsterdama očekivalo se otvaranje novih 1200 radnih mjesta (Arvidsson i Browne, 2013; Cochrane, 2012; Neuhlod, 2005; Regue i Bristow, 2013)

## 5. Tramvajski promet grada Zagreba

Glavni grad Republike Hrvatske uveo je tramvajski oblik javnog prijevoza 1891. godine. Prve tramvaje kao i u svijetu vukli su konji do 1910., kada su tramvaji postali elektrificirani. Zagrebački električki tramvaj ili skraćeno ZET je javni prijevoznik koji je glavni za usluge tramvajskog prometa i njegovu organizaciju. Osim tramvajskog, ZET upravlja i autobusnim prijevozom po cijelom gradu te kao takav obuhvaća cijelu gradsku prometnu mrežu.

Urbanizacija Zagreba kreće krajem 19. stoljeća nakon migracije velikog broja seoskog stanovništva u grad Zagreb koji je imao veliki potencijal. Usporedno s urbanizacijom javlja se potreba za javnim prijevozom. Francuski inženjer Raoul Pierre Alexandre Gautier zaslužan je za prvi korak prema tramvajskom prometu u Zagrebu kada je predložio svoju ideju i naknadno dobio koncesiju za gradnju pruge koja je započela u svibnju 1891., a završena je u rujnu iste godine kada je i puštena prva tramvajska linija. Prometna duljina tramvajske pruge u to doba iznosila je oko 8 kilometara te je njome vozilo 18 tramvaja koji su do elektrifikacije bilježili tendenciju rasta što govori o potrebi građana za tramvajskim prijevozom (ZET, 2020).

*Slika 5.1. Replika zagrebačkog konjskog tramvaja u Tehničkom muzeju u Zagrebu*

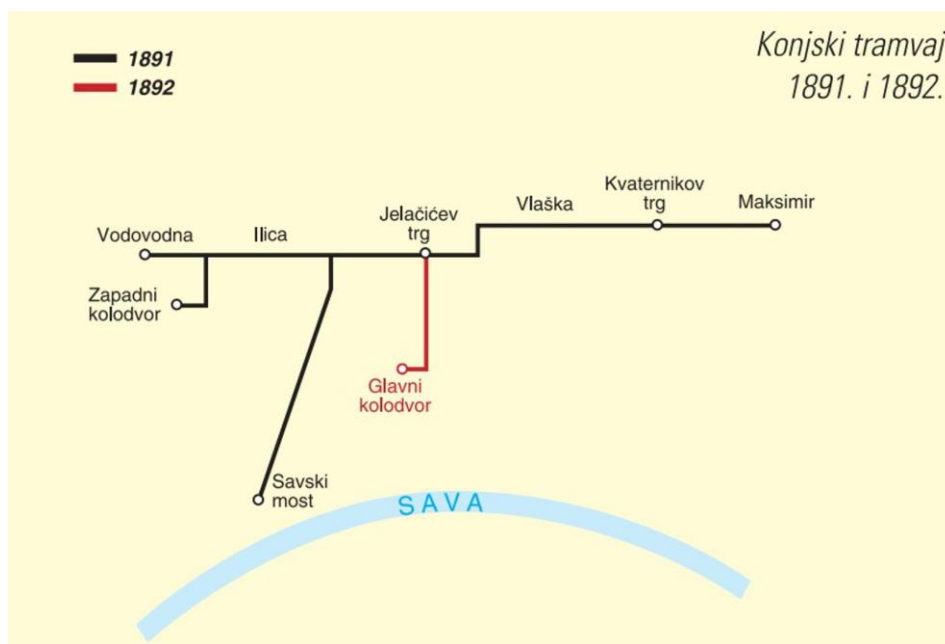


*Izvor: zagreb.info (01.09.2020.)*

## 5.1. Tramvajska mreža grada Zagreba

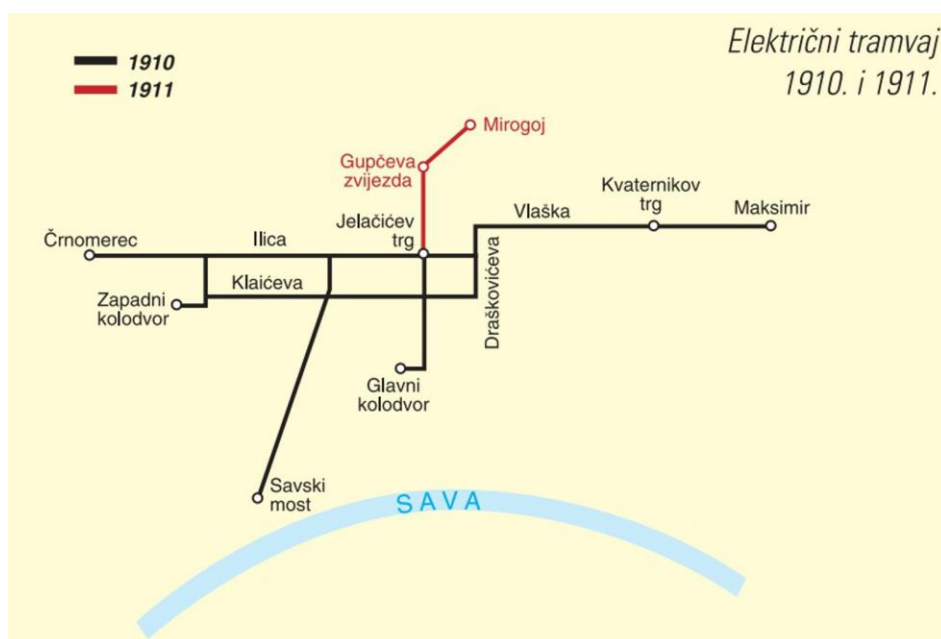
Zagreb i Osijek su jedini hrvatski gradovi koji trenutno imaju organizirani tramvajski promet. Zagreb je posebno poznat po istome i ima više od stoljetne tradicije tramvajskog prijevoza. Kroz godine tramvajska mreža Zagreba se usporedno s urbanizacijom i potrebama građana povećavala. 1891. počela je izgradnja prve jednokolosiječne pruge koja se protezala od Kvaternikovog trga do Zapadnog kolodvora na kolosijeku širine od 766 mm.

Slika 5.2. Zagrebački tramvajski promet između 1891. – 1892



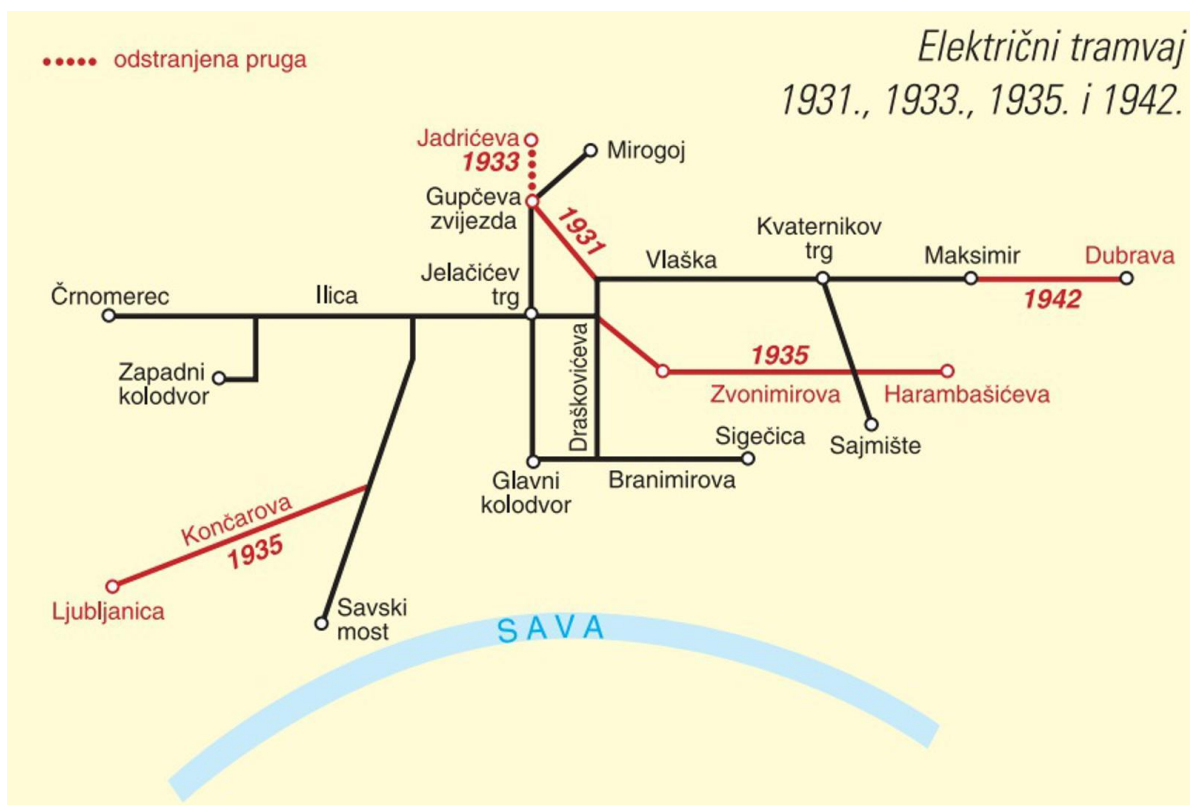
Izvor: monografija ZET-a

Slika 5.3. Zagrebački tramvajski promet između 1910. – 1911.



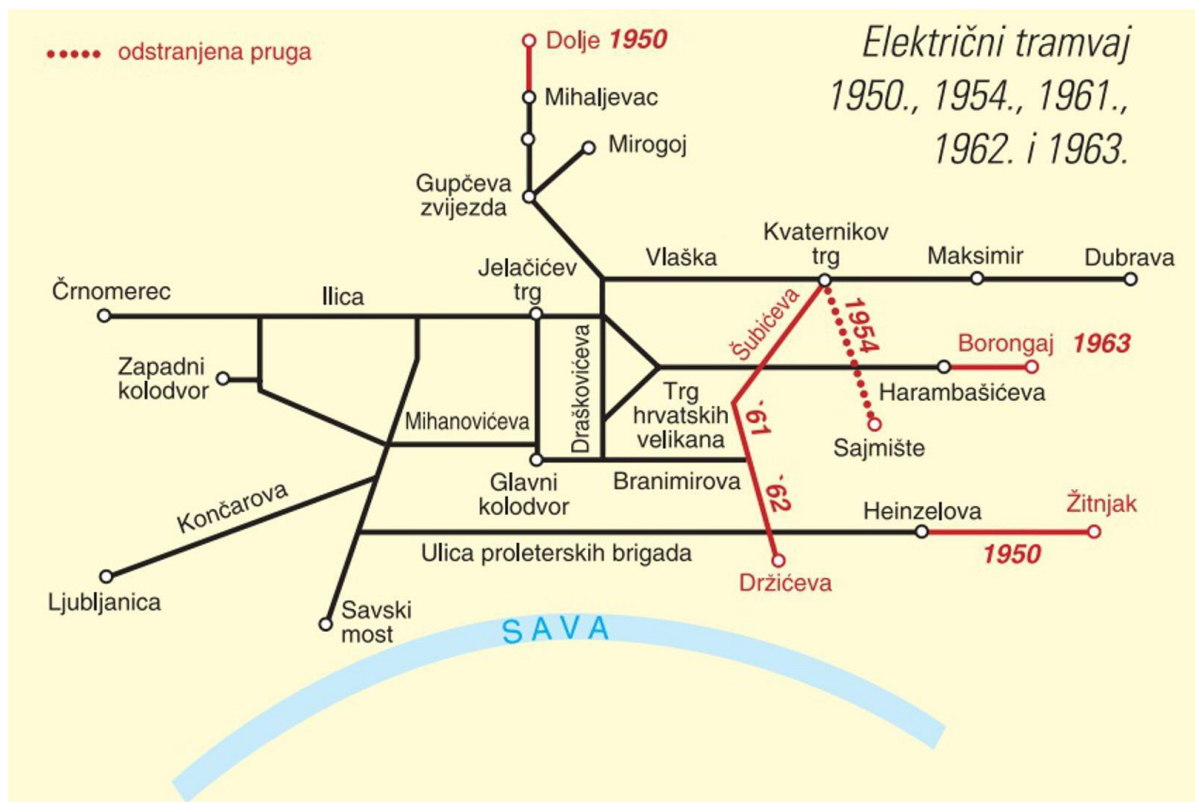
Izvor: monografija ZET-a

Slika 5.4. Zagrebački tramvajski promet između 1931. – 1942.



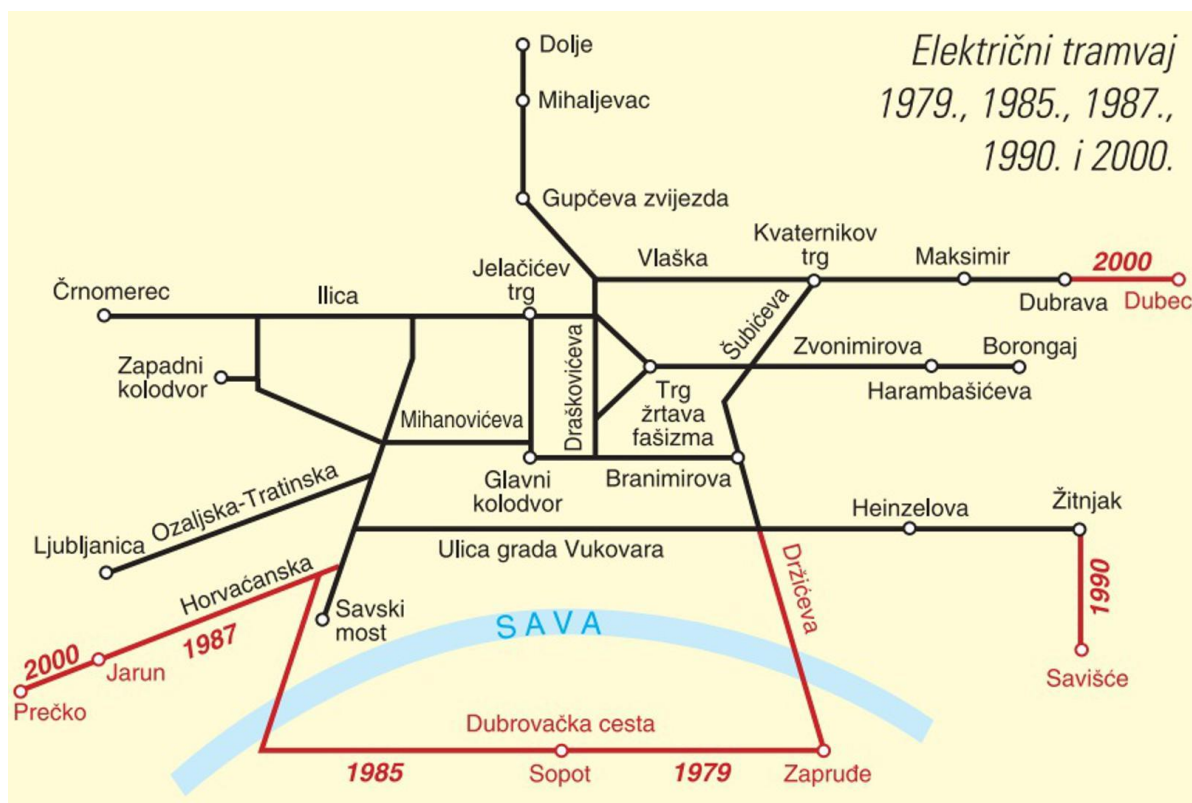
Izvor: monografija ZET-a

Slika 5.5. Zagrebački tramvajski promet između 1950. – 1963.



Izvor: monografija ZET-a

Slika 5.6. Zagrebački tramvajski promet između 1979. – 2000.



Izvor: mnografija ZET-a

Na prethodnim fotografijama zagrebačke tramvajске prometne mreže vidi se razvitak i širenje kroz 110 godina. Današnja tramvajска mreža prostire se kroz cijeli grad na više od 116 kilometara pruge koja se zadnji puta proširivala 2000. godine kada se linija produžila od Dubrave do Dubca, odnosno od Jaruna do Prečkog. Također, iste godine se i zadnji puta mijenjala širina kolosijeka koja danas iznosi 1000mm. Treba napomenuti kako su neke tramvajске linije tijekom godina ukidane iz raznih razloga. Pa je tako linija Zapadni kolodvor – Draškovićeve obustavljena zbog nerentabilnosti još 1924. godine. Nakon pet godina obustavljena je linija Jelačićev trg – Gupčeva zvijezda, 1954. Kvaternikov trg – Sajmište te 1967. nakon Mirogojske nesreće linija od Gupčeve zvijezde do Mirogoja. U modernijoj povijesti početkom 1990-ih ukinuta je linija broj 16 koja je prometovala od Črnomerca do Zaprude, dok je današnji sustav linija uveden desetak godina prije. Tramvajски promet se odvija od 04:00 do 00:00 s 15 dnevnih linija, a između navedenog vremenskog razdoblja prometuju i 4 noćne linije koje često zamjenjuje autobus radi održavanja tramvajске mreže. Osim toga moguće su i neke izvanredne linije koje ovise o trenutnoj situaciji u gradu ili nekim nepredvidivim poteškoćama u prometu kao što je kvar, nestanak električne energije, radovi ili slično. Tramvaji imaju svoj vozni red ovisno o liniji koju predstavljaju te jednom tramvajskom prugom ili linijom prometuje više tramvajа drugačijih brojeva. Vozni red ovisi također o više faktora kao što su vrsta linije

(dnevna, noćna), danu u tjednu i dobu dana te broju putnika koji putuju određenom liniju u prosjeku (ZET, 2020).

### **Dnevne linije**

- 1 – Zapadni kolodvor – Borongaj
- 2 – Črnomerec – Savišće
- 3 – Ljubljaniica – Savišće
- 4 – Savski most – Dubec
- 5 – Prečko – Dubrava
- 6 – Črnomerec – Sopot
- 7 – Savski most – Dubec
- 8 – Mihaljevac – Zaprude
- 9 – Ljubljaniica – Borongaj
- 11 – Črnomerec – Dubec
- 12 – Ljubljaniica – Dubrava
- 13 – Žitnjak – Kvaternikov trg
- 14 – Mihaljevac – Zaprude
- 15 – Mihaljevac – Gračansko Dolje
- 17 – Prečko – Borongaj

### **Noćne linije**

- 31 – Črnomerec – Savski most
- 32 – Prečko – Borongaj
- 33 – Dolje – Savišće
- 34 – Ljubljaniica – Dubec

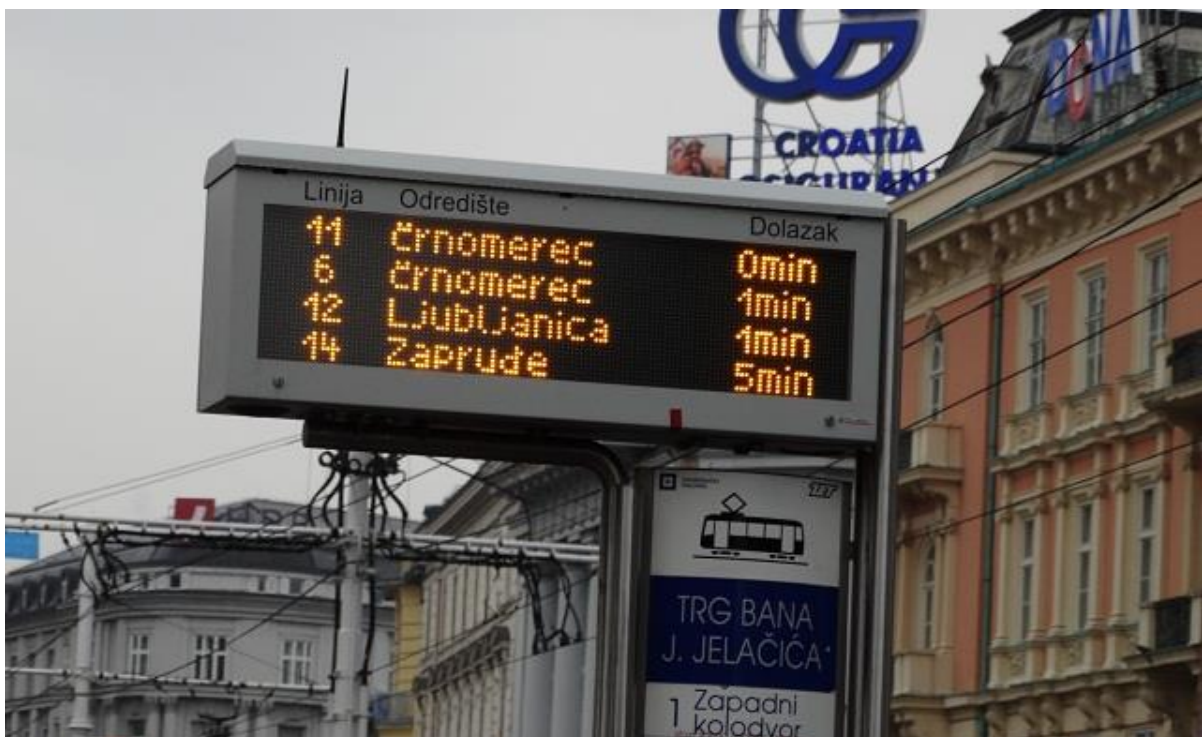
Treba napomenuti kako sve tramvajske linije prometuju drugačijom rutom kroz grad iako neke od njih imaju istu polaznu i krajnju točku. Dnevne linije dnevno prometuju 148 kilometara dok noćne oko 57 kilometara od kojih najveću kilometražu pređe linija broj 7.

## **5.1.1. Infrastruktura**

Za neometan i efektivan tramvajski promet potrebna je adekvatna infrastruktura koja je posebno prilagođena trenutnim mogućnostima prijevoza. Svaka nova akvizicija ili poboljšanje tramvajske mreže mora biti popraćeno potrebnom infrastrukturom. Kao što se već prethodno reklo, tramvajski promet grada Zagreba leži na preko 116 kilometara pruge koje uz sveukupno 19 tramvajskih linija godišnje preveze preko 180 000 000 putnika što pokazuje da se jedna prosječna osoba preveze tramvajem jednom u dva dana. ZET ima dva spremišta ili pogona u

kojima se preko noći tramvaji parkiraju. Jedan se nalazi na Trešnjevci i malo je veći od drugog u Dubravi. Treba spomenuti kako gradska tramvajska mreža ima 174 skretnica i 255 tramvajskih stanica. Tramvaji prometuju prugom koja ima širinu kolosijeka od 1000mm s naponom električne mreže od 600 volti (ZET, 2020). Kako i cestovni promet ima svoju signalizaciju tako i tramvajski mora imati svoju kako bi ljudi koji upravljaju tramvajem znali kakva je situacija ispred njih. Pa tako se razlikuju znakovi ograničenja brzine, prestanka ograničenja brzine, najave skretnice i skretničkog kontakta, rasklopca, pružne sklopke, obaveznog motornog kočenja te displeja na tramvajskim stanicama s informacijom dolaska tramvaja na stanicu. Zadnji primjer je primjer pametnog rješenja upravljanja javnog gradskog prometa.

*Slika 5.7. Display na tramvajskim stanicama*



*Izvor: srednja.hr (02.09.2020.)*

Na prometno većim i koncentriranijim raskrižjima mogu se naći tramvajski semafori koji su postavljeni uz cestovne, ali su namijenjeni isključivo za tramvaje te se sastoje od najmanje dva svjetla ovisno o skretnicama na raskrižju.

### **5.1.2. Vozni park**

Kao i svako veće poduzeće tako i ZET ima svoj plan razvoja koji se odnosi i na vozni park. Trenutno ZET broji preko 270 tramvajskih vozila od kojih je 142 niskopodna odnosno najnovije tehnologije tramvajskog javnog putničkog prometa. Radnim danima prometuje oko 190

tramvajskih motornih kola od kojih neka mogu vući za sobom i prikolice koje se broje u 84 komada većinom prikvačene za starije vrste tramvaja. Kako se najavljuje iz ZET-a prema planu razvoja kroz određeno vrijeme nastoji se prometovati sa četiri tipa tramvajskih motornih kola. U povijesti Zagrebovoj prometovala su motorna kola pod nazivima *Ganz-Mavag T-50 i T-70, M-22, M-24, TMK 100, TMK 200, TMK 101, TMK 201, Tatra T4, Tatra KT4, TMK 900, Duwag GT-6, Duwag GT-6 Mannheimer, TMK 2100, TMK 2200, TMK 2300*. Treba napomenuti kako modeli tramvaja TMK su hrvatske proizvodnje odnosno produkti *Crotram-a* koji je konzorcij *Končara i Gredelja*.

*Slika 5.8. Tramvaj TMK 2200*



*Izvor: zet.hr (01.09.2020)*

Osim motornih kola postoje i prikolice koje se spajaju na starije modele tramvajskih vozila, a idu pod imenima *TP 591, TP 701, Tatra B4*. Također postoje i tramvaj brusilica, ralica te teretni tramvaj s prikolicama koji je prerađeni *M-24*.

### **5.1.3. Teretni tramvaji grada Zagreba**

Kada se priča o teretnom prijevozu i teretnoj infra i suprastrukturi u Zagrebu koristi se jako siromašan vokabular. Naime, tramvajski promet u Zagrebu je gotovo u potpunosti namijenjen za putnički promet i putničke tramvaje kao takve. Siromašna ponuda teretnih tramvaja u Zagrebu očituje se u jednom primjerku *M-24* modela koji služi za ZET-ovu eventualnu teretnu potrebu. Isti taj model se preinačio s putničkog u teretni tramvaj te osim njega vozi i jedan turistički tramvaj istog modela te je treći sačuvani primjer u Tehničkom muzeju grada Zagreba (ZET, 2020).

*M-24* model tramvaja građen je od 1924. godine te je pušten u promet dvije godine kasnije, a bio je u masovnoj uporabi do 1977. Ovaj model je sačinjavala dvostruka upravljačnica koja je kasnije prenamijenjena za jednosmjerni promet. Duljina tramvaja iznosi 10 metara bez prikolica



te je širine od 2.04 metra s težinom nešto manjom od 10 tona što ga čini duplo lakšim od modernijih modela koji su trenutno u upotrebi.

*Slika 5.9. M-24 teretni tramvaj s dvjema prikolicama*



*Izvor: zet.hr (01.09.2020)*

## **6. Prijedlog rješenja cargo tramvajskog prometa grada Zagreba**

Cijeli svijet kao cjelina se susreće sa velikim problemima zagađenja okoliša i zagušenja prometa pa tako u istu tu cjelinu spada i glavni grad Republike Hrvatske, Zagreb. Kako se ovaj rad bazira na tramvajskom teretnom prijevozu i njegovim pozitivnim učincima, tako će se dotaknuti potencijalnog rješenja u vidu teretnog tramvajskog prijevoza u Zagrebu. Naime, kako je već poznato grad Zagreb ima potrebnu infrastrukturu kojom se prometuje već više od 100 godina kroz koje se sama tramvajska mreža širila. Treba napomenuti kako ista ta prometna mreža obuhvaća gotovo cijeli grad osim samih predgrađa koja će biti povezana također kroz određeno vrijeme.

Prije 30-tak godina u Zagrebu je postojao tračni teretni prijevoz koji se odvijao u organizaciji nekih od većih tadašnjih kompanija kao što je Prvomajska, Končar, Chromos i ostale. Prevozile su se razine teretne stvari kao što su sirovi materijali, dijelovi, gotovi proizvodi u tvornicu ili do krajnjeg kupca ovisno o statusu proizvodnje. Takva praksa bila je u funkciji svega 10-tak godina. Današnja tramvajska mreža proteže se na 116 kilometara dugu trasu, a uzevši u obzir da ZET-ov vozni park broji 270 tramvaja koji su duljine između 20 i 33 metra, ovisno o modelu, dolazi se do zaključka kako u slučaju aktiviranih svih tramvaja u istom trenutku se zauzima više od 7 kilometara pruge što ostavlja preko 100 kilometara raspoložive pruge grada u tom trenutku.

Zagreb sigurno ima potencijala napraviti teretni tramvajski prijevoz svakodnevicom i time si smanjiti zagušenost prometa na cestama koja postaje sve veća kroz godine. Uz detaljnu analizu, izračune, dobru organizaciju i menadžment zajedno s ITS tehnologijom i GPS-om, ostavlja se mogućnost teretnog prometovanja kroz grad.

### **6.1. Potrebna infrastruktura**

Za bilo kakvu vrstu događanja potrebna je infrastruktura u kojoj će se takvo događanje neometano dešavati. Ona se obično upotrebljava kada se govori o tehničkim sustavima i strukturama koje pripomažu društvu u svakodnevnim radnjama kao što je primjerice vodovod, kanalizacija, cesta, aerodrom, tramvajske i željezničke stanice i ostalo. Infrastruktura može biti u javnom ili privatnom vlasništvu, odnosno može doći i do konglomeracije javnog i privatnog sektora pri čemu dolazi do svojevrstnog partnerstva. Osim fizičkih pojmova infrastrukture, ista se može odnositi i na informatičku tehnologiju kao što su socijalne mreže. Također, s ekonomske strane infrastruktura služi kao dio proizvodnog procesa što bi u teretnom tramvajskom prometu bila primjerice pruga koja omogućuje prijevoz sirovina ili gotovih proizvoda. Stoga, infrastruktura se može definirati prema Udruzi lokalnih inženjera Novog Zelanda iz 1998., *kao*

„mreža resursa gdje je sistem kao cjelina namijenjen biti neograničeno održavan specifičnim standardom usluge kroz kontinuiranu izmjenu i promjenu svojih dijelova“.

*Slika 6.1. Primjer infrastrukture*



*Izvor: hžinfra.hr (28.08.2020.)*

Kako je infrastruktura neizostavan dio svakog sustava i praktički preduvjet bilo kojeg projekta, tako se u nju mora prvo uložiti ili barem pogledati postojeću infrastrukturu. Već u prethodnim poglavljima rečeno je kako grad Zagreb ima potrebnu infrastrukturu kada se priča o pruzi kojom bi teretni tramvaji prometovali što automatski stvara dodanu vrijednost na projekt.

### **6.1.1. Pruga**

Zagrebom trenutno putuju niskopodni tramvaji na pruzi dugačkoj 116 kilometara. U slučaju da su svi tramvaji na pruzi i dalje ostaje i više nego dovoljno kilometara za teretne tramvaje kao takve. Relativni problem trenutne zagrebačke tramvajske infrastrukture, kada se misli na prugu, stvara njena nosivost. U Dresdenu imamo primjer teretnih tramvaja koji stvaraju buku na svojoj ruti od 4 kilometra jer su preteški za tamošnju tramvajsku prugu što izaziva određene prigovore od strane građana. Kako je zagrebačka pruga raspoređena po cijelom gradu i prolazi osjetljivim dijelovima grada, ponajviše ulicama sa starim zgradama, stvara se problem podrhtavanja i samim time postepenog uništavanja gradske infrastrukture u obliku zgrada i kuća. Također treba napomenuti kako je grad Zagreb na veoma trusnom području što je dokazao i potres 2020., nakon čega su neke tramvajske rute privremeno preusmjerene. Zagrebom danas voze većinom

putnički niskopodni tramvaji koji su teški oko 23 tone čime su uvjerljivo najteži tramvaji koji su prometovali gradom te kao takvi stvaraju pritisak na prugu koja se očituje u vibracijama zgrada čime se simuliraju manji, ali konstantni potresi. U slučaju uvođenja teretnih tramvaja i natovarom tereta vrlo je jasno da će se pruga preopterećivati, stoga je bitno da se točnom analizom utvrdi koliko zagrebačka pruga može nositi tereta bez utjecaja na okolnu infrastrukturu.

### **6.1.2. Ugibališta**

Osim problema nosivosti pruge, stvara se potreba za novim ugibalištima zbog pretpostavke da će teretni tramvaji prometovati sporije od putničkih te bi time mogli stvarati kolone i čekanja. Kako bi se izbjegle takve situacije mogu se napraviti ugibališta na koje bi se teretni tramvaji ili čak i pokvareni tramvaji mogli maknuti kako bi promet i dalje bio fluidan. Također, dodatna ugibališta mogu služiti i kao istovar tereta koji je namijenjen za opskrbu dućana na tom području čime se može optimizirati distribucija na različite načine i potencijalno, ovisno o organizaciji prometa, smanjiti opterećenje pruge u osjetljivim dijelovima grada. Naravno to zahtjeva ulaganje u dodatnu infrastrukturu kako bi se isto omogućilo. Kako Zagrebački električni tramvaj nije ustupio svoju procjenu iznosa metra pruge, ovaj rad će se poslužiti studijem slučaja Barcelone kako bi trošak bio što realniji. Naime, stručnjaci iz Barcelone utvrdili su kako bi metar pruge bio otprilike 10 000 eura, a uzevši u obzir da je jedan teretni tramvaj u prosjeku 50 metara na što bi se dodalo još 10 metara radi lakšeg manevriranja tramvajem, dolazi se do rezultata da jedno ugibalište iznosi oko 600 000 do 800 000 eura uključujući i druge operativne troškove. Sveukupna cijena ovisila bi o broju tramvaja računajući temeljem pravila jedno ugibalište jedan tramvaj. Ovakva ugibališta smještala bi se na adekvatna mjesta koja su prostrana, na mjesta koja bi se analizom pokazala kao točke na kojima se zbog brzine teretnih tramvaja stvara čep te na mjestima koja su pogodna zbog najekonomičnijeg istovara tereta.

### **6.1.3. Distribucijski centri**

Funkcionalnost sustava prometovanja teretnim tramvajima uvelike ovisi o mjestima gdje će se ti tramvaji puniti robom odnosno teretom. Treba napomenuti kako su sami distribucijski centri prilično skupa investicija zbog koje su neki europski gradovi odustali od teretnog tramvajskog prometa. Zagreb može izbjeći takav ogroman trošak iz razloga jer kao takav već ima industrijsku zonu na Žitnjaku koja je dom mnogim skladištima raznih proizvođača različite robe. Treba napomenuti kako je Žitnjak povezan tramvajskom prugom s ostatkom grada te se time stvara preduvjet za funkcioniranje sustava.

## 6.2. Potrebna suprastruktura

Pojam prometna suprastruktura se vezuje uz transportna i prekrcajna sredstva koja pomoću prometne infrastrukture omogućuju funkcioniranje prometnog sustava i pružanje prometne usluge (Kos, 2020). Pojednostavljeno, prometna infrastruktura se radi kako bi njome mogla prometovati prometna suprastruktura te su jedna bez druge beznačajne. Prometnu suprastrukturu čine sva pokretna prometna sredstva koje služe za rad, manipulaciju, prijevoz i prijenos roba, usluga i ljudi. Na primjeru tramvajskog prometa suprastruktura bi bili sami tramvaji bilo da se radi o putničkim, teretnim ili radnim tramvajima.

*Slika 6.2. Prometna suprastruktura*



*Izvor: proago.hr (25.08.2020.)*

### 6.2.1. Teretni tramvaji

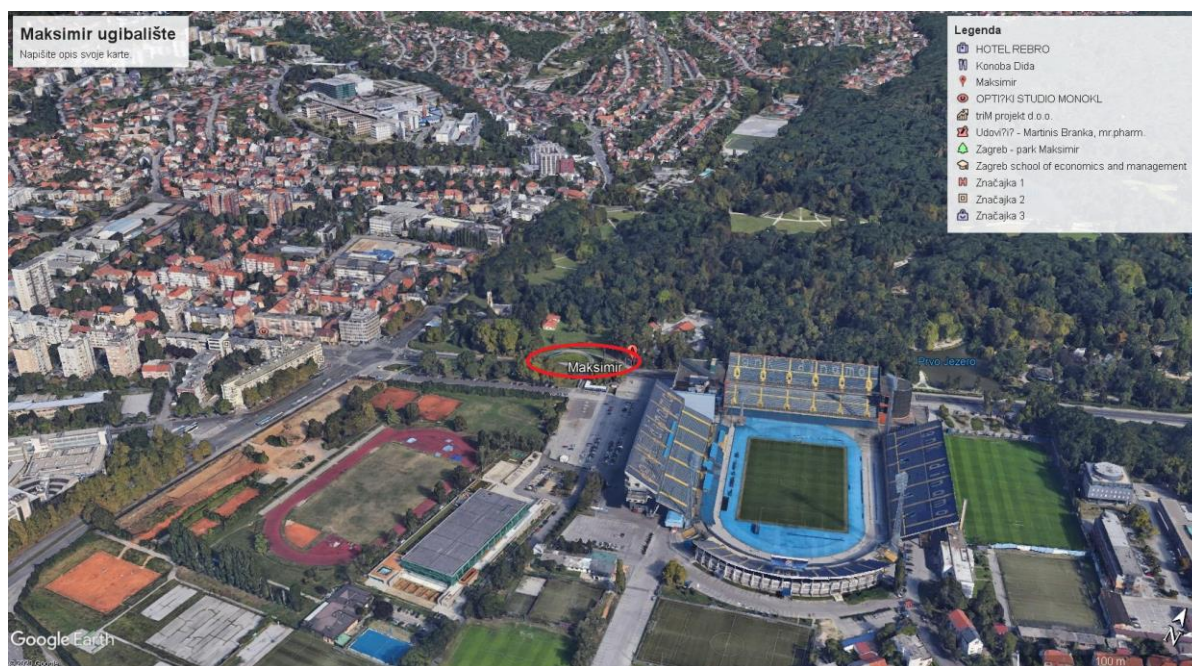
Teretni tramvaji nisu uobičajena pojava u velikim gradovima ili metropolama. Razlozi leže u tome što neki od gradova nemaju potrebu infrastrukturu te u slučaju izgradnje takvog projekta cijeli grad bi trebao biti na čekanju jer je to ogroman projekt kao takav. Drugi gradovi koji imaju potrebnu infrastrukturu ili pronalaze ovako rješenje neučinkovitim i teškim za organiziranje ili nisu ni svjesni kakve učinke ovakav pristup teretnoj distribuciji može imati. Također, tek u

zadnjih nekoliko godina ili u zadnjem desetljeću stavio se naglasak na održivosti pa neki od gradova kaskaju za takvim pristupom iako je neminovno da će se svi prije ili kasnije morati prebaciti na neka od održivih rješenja. Kada pričamo o Zagrebu, teretnih tramvaja gotovo da i nema te su potrebne velike promjene što se tiče voznog parka, odnosno suprastrukture. Prema studiju slučaja iz Barcelone, procjena vrijednosti nabavke jednog novog teretnog tramvaja iznosi oko 2 milijuna eura. Prema procjenama autora, uzevši u obzir veličinu grada i površinu tramvajske pruge, Zagrebu bi za normalno funkcioniranje prometa i robe bilo optimalno posjedovati 20 do 30 teretnih tramvaja što bi za rezultat bio trošak od oko 50 milijuna eura. Nužno trošak ne mora biti ovako visok u samoj nabavi tramvaja jer ZET posjeduje i mnogobrojne starije generacije tramvaja koji su i dalje u voznom stanju te se mogu prenamijeniti za teretni prijevoz. Druga solucija je naručivanje teretnih tramvaja od konzorcija hrvatskih proizvođača tramvaja pod imenom Crotram. Ovo ne bi bila prva suradnja ZET-a i Crotrama jer je potonji već isporučio preko 140 niskopodnih tramvaja koji su danas u svakodnevnoj uporabi.

### 6.2.2. Električni automobili

Teretni tramvaji mogu prevesti robu do određene točke u gradu, ali se postavlja pitanje kako taj teret dopremiti do prodajnih mjesta. Po uzoru na Amsterdam i njihov projekt, električni automobili teretnog karaktera bi mogli biti faktor koji nedostaje. Na primjeru postojećeg ugibališta na Maksimiru može se steći dojam kako bi ovaj sustav funkcionirao.

Slika 6.3. Ugibalište Maksimir



Izvor: Google earth (05.09.2020.)

Slika prikazuje krupan prikaz okoline ugibališta Maksimir koje je označeno crvenim krugom. Na prvi pogled može se vidjeti tri različita i velika naručitelja opreme koja im je potrebna za njihovo djelovanje. S južne strane ugibališta stoji Stadion Maksimir na kojem se održavaju službene utakmice GNK Dinamo koji je sam po sebi velika institucija što ga čini velikim potrošačem robe, ponajviše sportske opreme. S desne strane, nalazi se Maksimirska šuma iza koje je zoološki vrt koji zahtjeva konstantan priljev hrane i ostalih potrepština za život životinja koje se u njemu nalaze. Prema sjeveroistoku se nalazi KB Rebro koja je jedna od najvećih bolnica u gradu te kao takva ima veliku potrebu opskrbe lijekova, medicinske opreme i ostalog. Primjetljivo je kako su sva tri subjekta u neposrednoj blizini ugibališta, ali i dalje nisu dovoljno blizu da ih se može ručno prenijeti. Ovdje bi svoju zadaću odrađivali električni automobili koji bi jednostavno dopremili potrebnu opremu na krajnju destinaciju. Broj električnih automobila ovisio bi o broju teretnih tramvaja, ali prema studiju slučaja iz Amsterdama procjena je da na jedan teretni tramvaj ide 5 do 8 automobila. Ovdje također postoji prostor za manevar ukoliko bi se automobili raspoređivali svakodnevno u realnome vremenu ovisno o količini tereta koja pristiže na određeno ugibalište u određeno vrijeme. Trošak ovakvih automobila ima potencijal biti sufinanciran od EU fondova jer ovakav tip prijevoza i distribucije je u skladu s održivim razvojem i onime na čemu Europska unija inzistira, a to je zeleniji i zdraviji okoliš.

### **6.3. Potrebna tehnologija**

U 21. stoljeću tehnologija je uobičajen pojam koji se koristi svakodnevno u mnogim raspravama. Prema nekim izvorima tehnologija je područje koje se najbrže razvija. Treba napomenuti kako je tehnologija toliko uzrasla uz čovjeka da je život i njegovo svakodnevno funkcioniranje nezamislivo bez mobitela, televizije, računala te ostalih aparata koji u novije vrijeme poprimaju takozvane „pametne“ osobine. Prema leksikografskom zavodu Miroslava Krleže iz 2020., „*tehnologija je razvoj i primjena alata, strojeva, materijala i postupaka za izradbu nekoga proizvoda ili obavljanje neke aktivnosti; također i znanost koja proučava primjenu znanja, vještine i organizacije u provedbi nekoga procesa*“. Tehnologija nije samo pojam uz koji se vezuju novi uređaji već se tehnologiji mogu pripisati i mnogi povijesni izumi. Tijekom kamenog doba, oblikovanje kamena je bila prva mehanička tehnologija. Također neki od primjera tehnologije prije Krista mogu se pronaći u Mezopotamiji gdje su se proizvodili bronca i željezo od kojih su se izrađivali keramički proizvodi što označava početak kemijske tehnologije. 1450., izumom tiskarskog stroja započinje grafička tehnologija, dok se tekstilna razvija u Engleskoj tokom industrijske revolucije. Nakon industrijalizacije tehnologija je postala glavni smjer razvoja čovječanstva što je posljedično rezultiralo grananjem tehnologije u mnogim

smjerovima. Iako je ondašnja tehnologija bila jasno vidljiva i čujna, današnja tehnologija se sve više bazira na nevidljive komponente. Informacijska i komunikacijska tehnologija su glavni predstavnici takvih komponenti. Iste te tehnologije bi bile ključne za razvoj i funkcioniranje teretnog tramvajskog prometa grada Zagreba.

Za početak treba shvatiti kako je tramvajski promet i njegovo funkcioniranje jako kompleksan sustav. Sadašnji niskopodni tramvaji koriste ljudsku inteligenciju za upravljanje vozilom odnosno posjeduju vozača. Postotak prometnih nesreća sa sudjelovanjem tramvaja je gotovo zanemariva čime se opravdava uloga vozača. Također se može reći kako je tramvajski promet siguran za putovanje. Tramvaji TMK 2200 i 2300 opremljeni su mnogim pametnim sustavima koji pripomažu pri vožnji kao što je naprimjer informacija o udaljenosti sljedeće tramvajske stanice izražena u metrima i minutama. S druge strane, putnici na stanici mogu vidjeti za koliko minuta pristiže njihov tramvaj pomoću displeja koji se ranije spominjao. Također, spomenuti tramvaji imaju i senzore na vratima koji očitavaju postoji li zapreka pri zatvaranju vrata čime očitavaju ljudsku pojavu.

*Slika 6.4. Tramvaj TMK 2300*



*Izvor: gredelj.hr web galerija (05.09.2020.)*



Ova tri primjera dobra su polazišta za puno kompleksniji i automatiziraniji sustav teretnih tramvaja koji bi trebao koristiti tehnologiju u realnome vremenu. Prednost kod teretnih tramvaja u odnosu na putničke tramvaje je ta da nema stajališta niti određenu rutu po kojoj mora voziti. Primjerice ako u jednom dijelu grada nastane gužva te je slaba protočnost što usporava i tramvajski prijevoz ili ako jedan dio grada ostane bez električne energije, sustav sam očitava novonastale situacije te šalje tramvaj drugom rutom do odredišta. Ovdje se otvara mogućnost da tramvaji budu u međusobnoj „komunikaciji“ čime bi se tramvajski promet konstantno optimizirao. Slična metoda upravljanja prometom koristi se pomoću GPS-a koji očitava podatke s ceste te ih direktno šalje na uređaj. Napretkom tehnologije u budućnosti može doći do potpune automatizacije teretnih tramvaja koji ne bi zahtijevali upravljanje čovjeka već bi pametnim senzorima koji očitavaju situaciju u prometu, njegovu gustoću, koncentraciju, protočnost, brzinu i okolinu, mogli samostalno prometovati (Musso, 2012). Zasad je ljudski faktor neophodan u tramvajskom prometu.

Nadalje, teretni tramvaji bi morali sadržavati i senzore koji kontroliraju uvjete u kojima se roba prevozi. U slučaju prijevoza robe osjetljive na temperaturu ili vlagu, senzori bi sami regulirali na situaciju. Također, ako bi zabilježili određena kretanja u teretnom vagonu ili nedopušteno rukovanje s robom što insinuira krađu, policija bi se automatski obavijestila. Isto tako i vatrogasna služba u slučaju požara u nekom od vagona.

#### **6.4. Organizacija prometa**

Tramvajski promet je velik i kompleksan sustav koji treba uskladiti kako bi neometano funkcionirao. Stoga je organizacija vrlo bitan pojam koji se treba zadovoljiti. Odnosno, prema Ondreju, Čudanovu, Jevtiću i Krivokapiću iz 2014., govori se kako je organizacija skup pravila, zakonitosti i metoda čija upotreba omogućuje skladno oblikovanje i učinkovito funkcioniranje objekata. Postojeći putnički tramvajski promet u Zagrebu je organiziran tako da jedna tramvajska linija vozi u pravilu svakih 4 do 10 minuta u periodu od 4 ujutro do ponoći istog dana. Teretni tramvajski promet ima prostora biti implementiran u trenutni sustav. U slučaju kada se ne bi mogla napraviti potrebna infrastruktura ugibališta teretnih tramvaja, teretni tramvajski promet mogao bi se odvijati preko noći. Odnosno, tramvaji bi razvozili robu po gradu u periodu od 4 do 6 ujutro nakon čega bi se povukli u spremišta kako bi se putnički promet mogao odvijati neometano. Tada bi se vozni red putničkih tramvaja morao pomaknuti na period od 6 ujutro do ponoći istog dana. Ovdje je bitno dobro razraditi sustav kako bi svi tramvaji bili na svojim lokacijama u određeno vrijeme te da se ne događaju situacije u kojima jedan teretni tramvaj zbog iskrcaja svoje robe blokira ostale tramvaje koji tek trebaju doći na svoje odredište. Kada bi se

izgradila potrebna infrastruktura ugibališta, teretni tramvaji bi imali mogućnost prometovanja preko dana te bi najvažnija prepreka u organizaciji bila automatizirana transportnim aplikacijama koje same modificiraju putanju tramvaja ovisno o gustoći prometa.

Kada bi ideja teretnih tramvaja zaživjela u idealnim okolnostima, sastojala bi se od više dijelova:

1. Doprema tereta vlastitim voznim parkom do ugibališta Žitnjak
2. Punjenje teretnog tramvaja u roku od 20 minuta
3. Prijevoz tereta optimiziranim rutama
4. Iskrcaj teretnog tramvaja u roku od 20 minuta
5. Teret se prevozi električnim automobilima do krajnjeg korisnika
6. Teretni tramvaj vraća se u industrijsku zonu u roku od 2h otkad ju je prvotno napustio

Primarni zadatci ovakvog načina distribucije je osiguranje prijevoza robe koja će doći na odredište u pravo vrijeme na pravo mjesto s pravim količinama pritom omogućujući cjelokupnom tramvajskom sustavu da bude protočan i siguran za prometovanje. Odmak od dogovorenog rasporeda ili potencijalno kašnjenje stvaralo bi probleme ne samo tramvajskom sustavu već i svima onima koji koriste isti bilo u putničku ili teretnu svrhu. Također, tramvajski teretni promet mora biti cikličkog karaktera čija učestalost uvelike ovisi o broju raspoloživih teretnih tramvaja u gradu (Motraghi i Marinov, 2012).

## **6.5. Pozitivne i negativne strane teretnog tramvajskog prometa u Zagrebu**

Kako bi se mogla dobiti šira slika o tome koliko je teretni tramvajski promet potreban, treba sagledati pozitivne i negativne strane njegovog uvođenja. Treba naglasiti kako ovakva površinska analiza ne može biti vodilja k uvođenju teretnog tramvajskog sustava već je potrebna dubinska i detaljna analiza stručnjaka u raznim područjima.

### **Pozitivne strane:**

- Postojeća infrastruktura
- Industrijska zona povezana s gradom tramvajskom prugom
- Inovativan i održiv način distribucije
- Korištenje električne energije
- Potencijal financiranja od strane EU
- Real-time tehnologija koja optimizira tramvajski promet
- Mogućnost automatizacije sustava
- Dostava i povratak teretnog tramvaja za manje od 2h

- Manje zagađenje zraka jer je manja potreba za teretnim kamionima
- Manja potrošnja energije
- Jedan teretni tramvaj zamjenjuje 4 srednje teretna kamiona
- Sigurnije ceste i jeftinije za održavanje
- Manja gustoća prometa
- Godišnje uštede na dugoročnoj razini
- Nova radna mjesta
- Manja distribucijska cijena, veća potražnja
- Potencijal povrata ulaganja

**Negativne strane:**

- Buka i vibracije koje stvaraju teški teretni tramvaji
- Ulaganje u dodatnu infrastrukturu kroz dodatna ugibališta
- Nabava potrebne suprastrukture u vidu relativno skupih teretnih tramvaja i električnih automobila
- Nedovoljno razvijena tehnologija trenutno
- Organizacija prometa potencijalno može biti problem
- Nestanak električne energije zbog čega roba može kasniti
- Trošak održavanja

Iz priloženog se vidi kako ima puno više pozitivnih strana i učinaka teretnog tramvajskog prijevoza u odnosu na negativne. S druge strane, negativne strane su same po sebi rješive kao takve te uz dozu volje i truda one se mogu otkloniti čime bi sami sustav postao bolji. Kada se priča o trošku koji ovaj sustav zahtjeva u svom uvođenju i provođenju, treba naglasiti kao on nije astronomske visine te da uz dva do tri dobra investitora grad može proći uz minimalne troškove. Teretni tramvajski prijevoz je održivo rješenje koje ostvaruje bolju, čistiju i sigurniju budućnost te se kao takvo mora sagledavati kao nešto što treba nastojati uvesti u svakodnevicu.

## 7. Zaključak

Nakon industrijalizacije u svijetu je počeo trend urbanizacije kojom je stanovništvo ruralnog dijela u potrazi za poslom krenulo u gradove. Urbanizacija određenog područja ima svoje posljedice koje treba konstantno sanirati i održavati kvalitetu u gradu zadovoljavajućom. U današnje vrijeme mnogi gradovi se smatraju megalopolisima s preko 10 milijuna stanovnika što zahtjeva novi pristup rješavanja problema u sustavu na dugoročnom planu. Pojam pametni grad označava urbanu sredinu koja koristi pametna rješenja u svakodnevnom funkcioniranju sustava. Pametna rješenja mogu biti inovacije poput pametnih klupa koje se pune na sunčevu energiju, dok zauzvrat pruža struju i internet. Rješenja pametnih gradova moraju biti održiva, odnosno u skladu s održivim razvojem kojeg zastupa i Europska unija, a samim time i Hrvatska.

Pametna rješenja bazirana su na internet stvarima, odnosno sustavu koji je sadržan u senzorima koji očitavaju podatke u realnom vremenu te sam po sebi optimizira sustav po potrebi. Internet stvari su svuda oko nas, svaki moderni elektronički uređaj ima u sebi internet stvari koje prikupljaju korisničke podatke. U kompleksnijim sustavima internet stvari s prikupljanjem podataka preko uređaja, moguće je npr. upaliti grijanje prije uobičajenog dolaska kući za vrijeme hladnijih dana. Također, novi gradski prometni sustavi koriste pametna rješenja u svakodnevnom funkcioniranju pomoću kamera, senzora, zaslona i ostalih pomagala koja omogućavaju sigurniji, protočniji i brži promet. Kod ovakvog načina podizanja kvalitete života, stvara se određeni otpor kod građana zbog narušavanja privatnosti prikupljanjem korisničkih podataka, dok pružatelji usluga garantiraju enkripciju podataka.

Jedno od pametnih rješenja koje je održivo i koristi internet stvari u kompleksnom sustavu su teretni tramvaji. Mnogobrojna moderna vozila su opremljena inteligentnim transportnim sustavom koji je u komunikaciji s gradskim prometnim sustavom čime korisnik ima uvid u trenutnu prometnu situaciju. Isto koriste i tramvaji koji sami po sebi nisu štetni po okoliš jer koriste električnu energiju za pogon. Kada se tramvajima pridoda pridjev teretni, dolazi se do koncepta koji zamjenjuje mnogobrojna teretna vozila koja svakodnevno prolaze gradom čime se postižu mnogobrojni pozitivni učinci. Gradovi poput Dresdena i Zuricha imaju implementiran sustav teretnih tramvaja koji se pokazuje korisnim.

Tramvajska mreža grada Zagreba je rasprostranjena gotovo po cijelom gradu što stvara dobar preduvjet za kvalitetan tramvajski prijevoz. Za uvođenje teretnog tramvajskog prijevoza u Zagrebu potrebne su određene preinake i dodatna infrastruktura koja može biti financirana od ponekih ulagača. Kako bi teretni tramvajski sustav bio funkcionalan potrebno je zadovoljiti infrastrukturu, suprastrukturu, tehnologiju koja će ih povezivati te samu organizaciju prometa baziranu na pametnim rješenjima koja koriste inteligentni transportni sustav.

Uvođenje teretnog tramvajskog sustava uvelike bi pripomoglo pri distribuciji dobara, pritom umanjujući negativne efekte prijevoza kao što je zagađenje zraka i preopterećenje cesta. Osim utjecaja koji bi djelovali na održivi razvoj i zeleniju budućnost, uz teretni tramvajski prijevoz vežu se i financijski pozitivni učinci kao što je zarada gradskog prometnog sustava i niži transportni troškovi. Zaključno, gradske službe bi trebale razmotriti uvođenje teretnih tramvaja u postojeći sustav te uz odgovarajuću dodatnu infrastrukturu takav sustav staviti u upotrebu. Kako bi se uvidjeli potencijalni efekti teretnih tramvaja, moguće je na primjeru Amsterdama napraviti prvotno probne vožnje u određenom vremenskom periodu te nakon toga donijeti konačnu odluku i vidjeti treba li ići u realizaciju projekta.

## Literatura

### Knjige:

- Bahga A. i Madiseti V. (2014) *Internet of Things: A Hands-On Approach*, VPT
- Chui M., Löffler M. i Roberts R. (2014) *The Internet of Things*, McKinsey & Company
- Dunbar C. (1967) *Buses, trolleys & trams: buses, trolleys & trams*, London; P. Hamlyn
- Hanes D., Salgueiro G., Grossetete P., Barton R. i Henry J. (2017) *IoT Fundamentals*, Cisco Press
- Howard, P. N. (2015) *Pax Technica: How the internet of things May Set Us Free Or Lock Us Up*, CT: Yale University Press, New Haven
- Jaško O., Čudanov M., Jevtić M. i Krivokapić J. (2014) *Projektovanje organizacije*, Beograd
- Kalenoja, H. (1996) *Energy consumption and environmental effects of passenger transport modes - a life cycle study on passenger transport modes*, Trafficdage, Aalborg
- McLaren D. i Agyeman J. (2015) *Sharing Cities: A Case for Truly Smart and Sustainable Cities*, MIT Press
- Motraghi, A. i Marinov, M. (2012) *Analysis of urban freight by rail using event based simulation, Simulation Modelling Practice and Theory*
- Musso, A. (2012) *Complexity of urban logistics management and the role of ITS*, Rome: La Sapienza University of Rome
- Neuhold, G. (2005) *Cargo-Tram Zurich – The environmental savings of using other modes*, BESTUFS Conference Amsterdam
- Peris-Ortiz M., Bennett D.R. i Yabar D. (2016) *Sustainable Smart Cities: Creating Spaces for Technological, Social and Business Development*, Berlin; Springer
- Post R. C. (2007) *Urban Mass Transit: The Life Story of a Technology*, London; Greenwood Press
- Robinson, M. i Mortimer, P. (2004) *Urban Freight and Rail - The State of the Art, Logistics & Transport Focus*
- Rose, K., Eldridge S. i Chapin L. (2015) *The internet of things: An overview*, ISOC
- Winkless L. (2016) *Science and the City: The Mechanics Behind the Metropolis*, Bloomsbury Publishing
- Zhang Q. (2016) *Precision agriculture technology for crop farming*, CRC Press

### **Članci/ulomci:**

Alessandrini, A., Delle Site, P., Filippi, F. i Salucci, M. V. (2012). Using rail to make urban freight distribution more sustainable, *European Transport*, 50, 1-17

Anthopoulos L., Fitsilis P. (2009). From Online to Ubiquitous Cities: The Technical Transformation of Virtual Communities. *Next Generation Society. Technological and Legal*, str. 360-372, Berlin: Springer

Da Costa C. A., Pasluosta C. F., Eskofier B., da Silva D. B. i da Rosa Righi R. (2018). Internet of Health Things: Toward intelligent vital signs monitoring in hospital wards. *Artificial Intelligence in Medicine*, Volume 89, 61-69, Elsevier B.V.

De Langhe K., Meersman H., Sys C., Van de Voorde E. i Vanelslander T. (2019). *How to make urban freight transport by tram successful?*. Antwerp; Department of Transport and Regional Economics, University of Antwerp

Gubbi J., Buyya R., Marušić S. i Palaniswami M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, Volume 29, Issue 7, str. 1645-1660, Elsevier B.V.

Kang, W. M., Moon, S. Y. i Park, J. H. (2017). An enhanced security framework for home appliances in smart home. *Hum. Cent. Comput. Inf. Sci.* 7, 6.

Khizir M., Town G. E, Morsalin S. i Hossain M. J. (2018). Integration of electric vehicles and management in the internet of energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 82, Part 3, 4179-4203, Elsevier Ltd .

Nguyen D., Song C., Qian Z., Krishnamurthy S., Colbert E. J. M. i McDaniel P. (2018). *IotSan: fortifying the safety of IoT systems*, 191–203. *Tramways and Urban Transit* No. 956, August 2017, str. 301.

Transp J. (2013). *Urban freight movement by rail*, vol.7 no.3

Yovanof, G. S., Hazapis, G. N. (2019). An Architectural Framework and Enabling Wireless Technologies for Digital Cities & Intelligent Urban Environments. *Wireless Pers Commun* 49, 445–463.

### **Istraživanja/studije:**

Arvidsson N. i Browne M. (2013). A review of the success and failure of tram systems to carry urban freight: the implications for a low emission intermodal solution using electric vehicles on trams, *European Transport*, 54

Cochrane, K (2012). *Freight on Transit Handbook Case Studies*, Rob MacIsaac Research Fellow  
Gartner, (2013). *The Internet of Things Installed Base Will Grow to 26 Billion Units By 2020*, Gartner, Inc.

Gorcun O. F. (2014). EFFICIENCY ANALYSIS OF CARGO TRAM FOR CITY LOGISTICS COMPARED TO ROAD FREIGHT TRANSPORTATION: A CASE STUDY OF ISTANBUL CITY, Istanbul; Campus of Kadir Has University .

Regué, R. i Bristow, A. (2013). Appraising Freight Tram Schemes: A Case Study of Barcelona, *EJTIR* Issue 13(1).

Vongsingthong, V., Smachat, S., INTERNET OF THINGS: A REVIEW OF APPLICATIONS & TECHNOLOGIES, Bangkok; Department of Information Technology, Krirk University .

### **Zakoni/norme:**

Association of Local Government Engineers New Zealand, (1998), Infrastructure Asset Management Manual, Edition 1.1

European Commission - EC., (2001), White Paper - European transport policy for 2010: time to decide, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg

ISO 17185-1:2014 (2014), ISO/TC 204 Intelligent transport systems

NN 120/12., 14/14., 95/15., 102/15. i 68/18, (2020), Strategija energetskeg razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu, Službeni glasnik Republike Hrvatske

NN 30/2009-658, (2009), Strategija održivog razvitka Republike Hrvatske, Službeni glasnik Republike Hrvatske

NN 41/2018-784, (2018), Zakon o prijevozu u cestovnom prometu, Službeni glasnik Republike Hrvatske

Službene novine Grada Rijeke br. 7/14, 12/17, 9/18 i 11/18, (2018), Strateški plan Rijeke Pametan grad za razdoblje 2019.-2020. godine

### **Radovi:**

Kukolić A. (2015) *ANALIZA NERAVNOMJERNOSTI PRIJEVOZNOG PROCESA U TRAMVAJSKOM PODSUSTAVU GRADA ZAGREBA*, Diplomski rad, Zagreb; Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti

Šlabek L. (2016) *Moderne tehnologije u funkciji pametnih gradova*, Diplomski rad, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet

Špehar T. (2015) *MOGUĆNOSTI RAZVOJA MEĐUGRAĐSKJE INTERMODALNE DISTRIBUCIJE NA KRAĆIM UDALJENOSTIMA*, Diplomski rad, Zagreb; Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti



### **Prezentacije:**

Fletcher A., (2016), MILTON KEYNES: HOW WE MADE OUR CITY SMARTER, Knowledge Media Institute, The Open University UK

Gold H., (2010), Transportna logistika i inteligentni transportni sustavi, Zagreb; Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti

Kos S., (2020), Integralni i multimodalni transport

Petar S., (2019), Održivost razvoja, Inteligentni gradovi i urbana ekonomija, Koprivnica; Sveučilište Sjever

Petar S., (2019), Urbanizacija Hrvatske, Inteligentni gradovi i urbana ekonomija, Koprivnica; Sveučilište Sjever

### **Internet izvori:**

Cameron,L. (2020), Connecting Gear and Biometric Wearables for an IoMT and IoBT. [Internet], <<https://www.computer.org/publications/tech-news/research/internet-of-military-battlefield-things-iomt-iobt>>, [pristupljeno 27.8.2020.]

City Logistics, (2020), Using trams for parcels in Frankfurt (D): the lessons learned. [Internet], <raspoloživo na: <http://www.citylogistics.info/tag/cargo-tram/>>, [pristupljeno

Crawford, M. (2020), Connected Cities: Has the future changed in light of Covid-19?. [Internet], <<https://www.smartcitiesworld.net/opinions/connected-cities-has-the-future-changed-in-light-of-covid-19>>, [pristupljeno 27.8.2020.]

Domac, M. (2020), Pametni gradovi - digitalne tehnologije za bolju budućnost. [Internet], <<https://www.planradar.com/hr/pametni-gradovi/>>, [pristupljeno 1.9.2020.]

Eltis, (2015), Delivering goods by cargo tram in Amsterdam (Netherlands). [Internet], <<https://www.eltis.org/discover/case-studies/delivering-goods-cargo-tram-amsterdam-netherlands>>, [pristupljeno 29.8.2020.]

European Comission, (2020), Smart cities in Croatia. [Internet], <[https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities\\_en](https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en)>, [pristupljeno 29.8.2020.]

European Comission, (2020), Smart cities: Cities using technological solutions to improve the management and efficiency of the urban environment.. [Internet], <[https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities\\_en](https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en)>, [pristupljeno 26.8.2020.]

Europska komisija, (2020), Budućnost u kojoj živimo: pametni gradovi. [Internet], <[https://ec.europa.eu/croatia/future\\_we\\_live\\_in\\_smart\\_city\\_hr](https://ec.europa.eu/croatia/future_we_live_in_smart_city_hr)>, [pristupljeno 26.8.2020.]

Europska komisija, (2020), Koliko nam IoT pomaže, ali i mijenja svakodnevicu . [Internet], <[https://ec.europa.eu/croatia/How IoT is helping and changing our everyday life hr](https://ec.europa.eu/croatia/How_IoT_is_helping_and_changing_our_everyday_life_hr)>, [pristupljeno 28.8.2020.]

Europska komisija, (2020), Pametni gradovi u Hrvatskoj . [Internet], <[https://ec.europa.eu/croatia/smart\\_city\\_in\\_Croatia\\_hr](https://ec.europa.eu/croatia/smart_city_in_Croatia_hr)>, [pristupljeno 28.8.2020.]

Hamble, M. (2015), Just what IS a smart city?. [Internet], <<https://www.computerworld.com/article/2986403/just-what-is-a-smart-city.html>>, [pristupljeno 28.8.2020.]

Info Trend, (2020), URazvoj inteligentnih transportnih sustava – ITS. [Internet], <raspoloživo na: <http://www.infotrend.hr/clanak/2008/6/razvoj-inteligentnih-transportnih-sustava-%E2%80%93-its,14,323.html>>, [pristupljeno 29.8.2020.]

Lider, (2020), Smart cities. [Internet], <<https://lider.events/smart-cities/>>, [pristupljeno 26.8.2020.]

MK Smart, (2020), About. [Internet], <<http://www.mksmart.org/transport/>>, [pristupljeno 26.8.2020.]

Odras, (2020), Održivi razvoj. [Internet], <<http://www.odraz.hr/hr/nase-teme/odrzivi-razvoj>>, [pristupljeno 26.8.2020.]

Održivi razvoj, (2020), Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=44778> (05.09.2020)

Pc Chip, (2016), Internet stvari, [Internet], <<https://pcchip.hr/internet/internet-things-iot/>>, [pristupljeno 25.08.2020.]

Quach, K., (2018), Google goes bilingual, Facebook fleshes out translation and TensorFlow is dope. [Internet], <[https://www.theregister.com/2018/09/01/ai\\_roundup\\_310818/](https://www.theregister.com/2018/09/01/ai_roundup_310818/)>, [pristupljeno 1.9.2020.]

Racunalo, (2020), Vodič za razumijevanje Internet stvari. [Internet], <<https://www.racunalo.com/vodic-za-razumijevanje-internet-stvari-internet-of-things-iot/>>, [pristupljeno 1.9.2020.]

Rail Freight, (2017), Light rail network used for freight transport. [Internet], <<https://www.railfreight.com/railfreight/2017/08/03/light-rail-network-used-for-freight-transport/?gdpr=accept&gdpr=accept>>, [pristupljeno 27.8.2020.]

Riley, K., (2017), Pittsburgh, San Diego city officials put utilities as major players in smart-city partnerships. [Internet], <<https://dailyenergyinsider.com/featured/5836-pittsburgh-san-diego-city-officials-put-utilities-major-players-smart-city-partnerships/>>, [pristupljeno 27.8.2020.]

Tehnologija, (2020), Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=60658> (05.05.2020)

Urbanizacija, (2020), Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=63319> (05.09.2020)

WIRED, (2020), What is the Internet of things?. [Internet], <<https://www.wired.co.uk/article/internet-of-things-what-is-explained-iot>>, [pristupljeno 29.8.2020.]

Wong, M. (2018), Freight trams of Europe. [Internet], <<https://www.eurogunzel.com/2018/09/freight-trams-of-europe/>>, [pristupljeno 29.8.2020.]

ZET, (2020) RAZVOJ JAVNOG PRIJEVOZA. [Internet], <<https://www.zet.hr/ona/razvoj-javnog-prijevoza/333>>, [pristupljeno 1.9.2020.]

ZET, (2020), ZET Zagrebački električni tramvaj. [Internet], <<https://www.prometna-zona.com/zet-zagrebacki-elektricni-tramvaj-2/st.,st.>>, [pristupljeno 29.8.2020.]

## Popis slika/grafikona

Slika 2.1. Usporedba obradivog zemljišta sa svjetskom populacijom, Izvor: UN 2017., FAOSTAT 2017., FAO 2012. ....	4
Slika 2.2. Okvir pametnog grada, Izvor: Strateški plan „Rijeka Pametan grad za razdoblje 2019. – 2020.“ .....	6
Slika 2.3. Sastavnice održivog razvoja, Izvor: odraz.hr (01.09.2020.) .....	9
Slika 2.4. Prioriteti građana u pametnim gradovima, Izvor: prezentacija s nastave.....	9
Slika 2.5. Milton Keynes inovacijski klaster, Izvor: Fletcher A., Knowledge Media Institute „MILTON KEYNES: HOW WE MADE OUR CITY SMARTER“ .....	12
Slika 2.6. Pametna klupa u Koprivnici, Izvor: drava.info (25.08.2020.) .....	14
Slika 3.1. Internet stvari, Izvor: pcchip.hr (25.08.2020.) .....	16
Slika 3.2. Tržište internet stvari, Izvor: statista.com (25.08.2020.).....	17
Slika 4.1. Tramvaji vučeni na životinjski pogon, Izvor: NY Times.....	24
Slika 4.2. Zagrebački tramvaji, Izvor: 24 sata .....	25
Slika 4.3. Tramvajska mreža Melbourne iz 2009, Izvor: JohnnoShadbolt, Wikimedia Commons .....	26
Slika 4.4. Cargo prijevoz, Izvor: Smart Cargo .....	27
Slika 4.5. Inteligentni transportni sustav, Izvor: Gold H., Fakultet prometnih znanosti, „Transportna logistika i inteligentni transportni sustavi“ .....	28
Slika 4.6. Cargo tramvaj u Zurichu, Izvor: Sunil Prasannan, Wikimedia Commons.....	31
Slika 4.7. Cargo tramvaj u Dresdenu, Izvor: Kaffeestadt, Wikimedia Commons.....	31
Slika 4.8. Cargo tramvaj u Beču, Izvor: Pressefoto Votav, Vienna City Administration .....	32
Slika 4.9. Cargo tramvaj u Saint Petersburgu iz 20. stoljeća, Izvor: Museum of Electrical Transport, Saint Petersburg .....	32
Slika 4.10. Cargo tramvaji u Amsterdamu, Izvor: Freight on Transit Handbook Case Studies....	34
Slika 4.11. Prikaz cargo tramvaja Dresden, Izvor: Freight on Transit Handbook Case Studies ...	35
Slika 4.12. Ruta prometovanja cargo tramvaja u Dresdenu, Izvor: Freight on Transit Handbook Case Studies.....	35
Slika 4.13. Prikaz tramvajske mreže cargo prometa u Zurichu, Izvor: Cargo-Tram Zurich –The environmental savings of using other modes .....	36
Slika 4.14. Prikaz potencijalne rute cargo tramvaja u Barceloni, Izvor: Appraising Freight Tram Schemes: A Case Study of Barcelona .....	37
Slika 5.1. Replika zagrebačkog konjskog tramvaja u Tehničkom muzeju u Zagrebu, Izvor: zagreb.info (01.09.2020.) .....	39

Slika 5.2. Zagrebački tramvajski promet između 1891. – 1892, Izvor: monografija ZET-a .....	40
Slika 5.3. Zagrebački tramvajski promet između 1910. – 1911, Izvor: monografija ZET-a . .....	40
Slika 5.4. Zagrebački tramvajski promet između 1931. – 1942., Izvor: monografija ZET-a .....	41
Slika 5.5. Zagrebački tramvajski promet između 1950. – 1963., Izvor: monografija ZET-a .....	41
Slika 5.6. Zagrebački tramvajski promet između 1979. – 2000., Izvor: monografija ZET-a .....	42
Slika 5.7. Display na tramvajskim stanicama, Izvor: srednja.hr (02.09.2020.).....	44
Slika 5.8. Tramvaj TMK 2200, Izvor: zet.hr (01.09.2020) .....	45
Slika 5.9. M-24 teretni tramvaj s dvjema prikolica, Izvor: zet.hr (01.09.2020).....	46
Slika 6.1. Primjer infrastrukture, Izvor: hžinfra.hr (28.08.2020.).....	48
Slika 6.2. Prometna suprastruktura, Izvor: proago.hr (25.08.2020.) .....	50
Slika 6.3. Ugibalište Maksimir, Izvor: Google earth (05.09.2020.).....	51
Slika 6.4. Tramvaj TMK 2300, Izvor: gredelj.hr web galerija (05.09.2020.) .....	53

