

Miroslav Křepela, *dipl.ing.*
miroslav.krepela@gmail.com

00-00

TRAMVAJ OD KONJSKE DO ELEKTRIČNE VUČE ILI KAKO JE ELEKTRICITET UBRZAO ŽIVOT

Sažetak: Ove godine, točnije 11.5.2021. navršava se 130 godina od početka izgradnje tramvajske mreže u Zagrebu. Dakako s konjskom vučom. Time je Zagreb slijedio niz europskih gradova koji su konjski tramvaj uvodili od 1860.-ih godina. Nakon promocije male električne željeznice na izložbi u Berlinu 1879. god., konjska vuča zamjenjuje se postepeno električnom, no zbog prvenstveno financijskih, ali i tehnoloških razloga, to nije išlo brzo. Konji su tramvaje u mnogim gradovima vukli još početkom 20. stoljeća, pa je tako Zagreb dobio prvu elektrificiranu prugu 1910. god. Razvojem tramvajskih mreža te mreža podzemnih i prigradskih željeznica, gradovi su postali "manji", život se ubrzao.

Ključne riječi: povijest, tramvaj, elektricitet

Uvod

Razvojem obrta, manufakturne proizvodnje, a osobito izumom parnog stroja i brzom industrijalizacijom koja je počela u Ujedinjenom kraljevstvu i proširila se na kontinentalnu Europu u 19. stoljeću, dolazi do sve veće potrebe za radnom snagom i migracije ljudi u gradove. Nagli porast broja stanovnika i gustoće stanovanja u gradovima, doveli su do sve izraženije potrebe kvalitetnog javnog gradskog prijevoza i uvođenje efikasnog, redovitog prijevoza putnika do mjesta rada, uz sve veće udaljenosti.

Prvi javni prijevoz odvijao se je kolima i kočijama, bez redovnih linija. Preteča tramvaju za prijevoz putnika, bili su omnibusi s konjskom vučom. Omnibus sa sjedalima za prijevoz 12 do 18 putnika uveden je u promet u Parizu 1828. god., slika 1.



Sl. 1. Pariški omnibus

Prvi oblik javnog tračničkog prijevoza putnika inspiriran omnibusom, bili su konjski tramvaji. Razvijeni su temeljem od ranije korištenog industrijskog tračničkog prijevoza robe i sirovina konjskom vučom. Tramvaji su, kao tračničko vozilo, omogućili prijevoz većeg broja putnika s obzirom na manje trenje između kotača i podloge, što je omogućilo konjima vuču većeg tereta uz manji napor te putnicima ugodniju vožnju uz znatno smanjenje vibracija u odnosu na vožnju po granitnim blokovima ili makadamu.

Najranije zabilježeno korištenje tračnica potječe još iz 1556. god. Drvene tračnice koristile su se za kretanje drvenih vagona u tadašnjim rudnicima. Prvo korištenje metalnih tračnica, profila sličnog današnjem, za prijevoz tereta datira iz 1789. god. Primijenio ih je William Jessop (1745. – 1814.), građevinski inženjer, na trasi Charnwood Forest Canal između Thringstonea i Nanpantana (Engleska, UK), čime je započela era najprije dopune, a postepeno i zamjene kanala kao transportnih puteva. Zanimljivo je spomenuti industrijsku liniju konjskog tramvaja koja je povezivala ciglanu i tvornicu vapna Ticknall s kanalom Ashby (Engleska, UK) otvorenu 1802. god., Sl. 2.



Sl. 2. Tračnički prijevoz tereta Ticknall – kanal Ashby

Linija je bila u funkciji sve do 1913. god., a zatvorena je 1915. god. Bila je ispred svojeg vremena i smatra se pretečom modernog tračničkog transporta.

Iste godine, uz završetak izgradnje 1803. god., u promet je pušten i teretni konjski tramvaj koji je povezivao mjesta Mitcham i Croydon (Surrey Iron Railway), danas u južnom Londonu (Engleska, UK). Bio je u upotrebi do 1846. god.

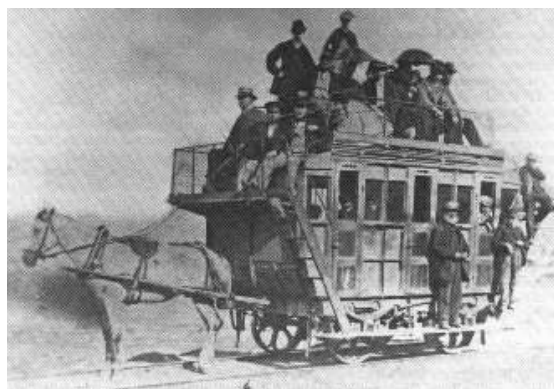
Porijeklo riječi tramvaj nije posve jasno. Prema nekim izvorima engleska riječ tram i tramway vuku korijen iz flamanske riječi *trame* u značenju: greda, šipka, prečka, rudo za vuču kola, a identična riječ u francuskom jeziku ima značenje: poprečna greda. Zanimljivo je i tumačenje porijekla iz staroskandinavske riječi *traam* ili *trum* u značenju: greda, drvo. Vrlo vjerojatni korijen je škotska riječ *tram* koja opisuje vrstu teretnog vagona korištenog u rudnicima ugljena i drvene grede od kojih su bile napravljene prve tračnice po kojima su se kretali, dakle dualno značenje koje opisuje i tračnice i vagon (*tram-wagon*). Korijen svih navedenih riječi vjerojatno je latinska riječ *trabs* u značenju: balvan, greda. Kako bilo, i danas se u nekim zemljama engleskog govornog područja riječi *tram* i *tramway* koriste kako za prugu, tako i za vozila, dok se kod nas se za vozilo usvojio naziv tramvaj. Nazivi vozila i u velikom broju, mogli bismo reći u većini, ostalih zemalja svijeta imaju korijen u riječi *tram*.

1 Konjski tramvaj

1.1 Konjski tramvaj u svijetu

Prvi konjski tramvaj za prijevoz putnika u svijetu bio je Swansea and Mumbles Railway, pušten u promet 1807. god. u Walesu (UK). Tramvajska kola bila su vrlo nalik omnibusu ili diližansi, slika 3.

Od godine 1877. na liniji prometuju tramvaji s parnim pogonom, a od 1929. godine do ukidanja 1961. godine električni tramvaji.



Sl. 3. Prvi konjski tramvaj 1807. god.

Tako je nezaustavljivo započela era uvođenja konjskih tramvaja u redovni gradski promet u gradovima širom svijeta. Interesantno je spomenuti i prvu konjsku željeznicu za prijevoz robe i putnika u kontinentalnoj Europi koja je puštena u promet 1828. god. u tadašnjoj austrijskoj monarhiji, na liniji České Budějovice (Češka) – Linz (Austrija), Sl. 4.



Sl. 4. Konjska željeznica České Budějovice - Linz

Europu su u uvođenju konjskog tramvaja za prijevoz putnika slijedile SAD. Prvi konjski tramvaj konstruirao je John Stephenson (1809. – 1893.), a linija je otvorena 1832. god. u New Yorku, duž Bowery i 4. avenije. Konjski tramvaj razvijen je po uzoru na diližanse i omnibuse koji su prometovali na redovnim linijama, prevozeći putnike bez potrebe prethodne rezervacije karata. Putnička kola vukla su najčešće dva konja ili mule. Zadnja linija konjskog tramvaja u New Yorku obustavljena je 1917. god., Sl. 5.



Sl. 5. Zadnji konjski tramvaj u New Yorku, Broadway 1917.

Tri godine iza New Yorka, 1835., konjski tramvaj uvodi i New Orleans. Prema podacima Američkog društva strojarских inženjera, to je najstariji tramvajski sustav u trajnom prometu.

Prvi konjski tramvaj u kontinentalnoj Europi pušten je u promet 1839. god. između Montbrisona i Montronda u Francuskoj. Zbog ekonomskih razloga, ukinut je 1848. god. Konjski tramvaj u Francuskoj nastavio se razvijati, pa je tako, kao snažna konkurencija omnibusima, 1852. god. otvorena prva linija u Parizu po uzoru na tramvaj u New Yorku, da bi se oko 1900. god. većina javnog prijevoza Pariza još uvijek odvijala konjskim tramvajem), slika 6.



Sl. 6. Konjski tramvaj Pariza početkom 20. st.

Beč je dobio prvu liniju konjskog tramvaja 1840. god. koja je u prometu bila do 1842. god. i služila je za prijevoz putnika od Donaukanala do rekreacijskog centra poznatog kao Kolosseum. Nastavak razvoja konjskog tramvaja u Beču uslijedio je od 1865. god. otvaranjem redovnih gradskih linija.

Intenzivna izgradnja tramvajskih linija s konjskom vučom nastaje u europskim gradovima oko 1860.-ih godina, usporedno s razvojem industrije i porastom broja stanovnika, pa navedimo kronološkim redom samo neke:

- 1863. god. u St. Peterburgu (Rusija);
- 1865. god. u Beču (Austrija) i Berlinu (Njemačka);
- 1866. god. u Budimpešti (Mađarska) i Hamburgu (Njemačka);
- 1869. god. u Brnu (Češka);
- 1871. god. u Madridu (Španjolska);
- 1872. god. u Moskvi (Rusija) i Dresdenu (Njemačka);
- 1873. god. u Barceloni (Španjolska) i Lisabonu (Portugal);
- 1875. god. u Pragu (Češka), Sl. 7., i Amsterdamu (Nizozemska);



Sl. 7. Konjski tramvaj u Pragu (Muzej gradskog prijevoza, Prag)

- 1876. god. u Trstu (Italija) i Münchenu (Njemačka);
- 1877. god. u Rimu (Italija) i Stockholmu (Švedska);
- 1878. god. u Grazu (Austrija);
- 1885. god. u Sarajevu (BiH);
- 1892. god. u Beogradu (Srbija) itd.

Osim u Europi i SAD, izgradnja mreža konjskih tramvaja odvijala se je i na drugim kontinentima:

- 1858. god. u Santiagu (Čile), prvi u Južnoj Americi;
- 1860. god. u Sydneyju, prvi u Australiji, Sl. 8;



Sl. 8. Konjski tramvaj u Sydneyju, Australija

- 1863. god. u Aleksandriji (Egipat), prvi u Africi;
- 1867. god. u Galvestonu (Teksas, SAD);
- 1869. god. u Bataviji, današnjoj Džakarti (tadašnja Nizozemska istočna Indija, danas Indonezija).

Tijekom zadnjeg kvartala 19. st., konjska vuča postepeno je mijenjana mehaničkim pogonima. Međutim, u nekim gradovima svijeta zadržala se sve do naših dana, bilo u redovnom prometu ili kao turistička atrakcija. Tako je zadnji tramvaj kojeg su vukle mule u gradu Celaya u Meksiku bio u prometu do 1954. god. Redovna linija konjskog tramvaja u Sjevernoj Irskoj (UK) bila je u prometu do 30.9.1957. god., a još uvijek prometuju na pruzi izgrađenoj 1876. god. na Otoku Man (UK), Sl. 9, te na pruzi izgrađenoj 1894. god. u Adelaideu (Australija), Sl. 10, danas uglavnom kao turističke atrakcije.



Sl. 9. Konjski tramvaj na Otoku Man



Sl. 10. Konjski tramvaj u Adelaideu, Australija

1.2 Konjski tramvaj u Hrvatskoj

Prvi konjski tramvaj u Hrvatskoj (i na teritoriju bivše Jugoslavije uopće), pušten je u promet 1884. god. u Osijeku, Sl. 11.



Sl. 11. Konjski tramvaj u Osijeku

Tramvaj se u Osijeku spominje još 1868. god. temeljem subvencija ponuđenih za izgradnju od strane gradske uprave. Dioničko društvo za izgradnju konjske željeznice dobilo je 14.7.1883. god. koncesiju nad izgradnjom jednokolosiječne tramvajske pruge, koja je 10.9.1884. god. svečano puštena u promet. Prva linija vodila je od crkve sv. Roka, preko Tvrđe, do Donjeg grada. Konjski tramvaj prometovao je u Osijeku do 1926. god., kada ga je zamijenio električni.

Prve ideje o konjskom tramvaju u Zagrebu su se pojavile 1885. god. Francuski inženjer R.P.A Gautier predložio je 20.6.1887. god. gradskoj upravi sklapanje ugovora za izgradnju tramvajske mreže. Ponuda je prihvaćena te je temeljem zaključka gradskog zastupstva od 26.3.1889. god. odobrila Gautieru gradnju tramvajskih pruga na tlu gradskih ulica, a 11.6.1889. god. s njim sklopila ugovor. Nakon dobivanja koncesije za gradnju i pogon tramvaja od Ministarstva trgovine 7.3.1891., za razdoblje do 1931. god., Gautier odustaje od projekta, a svoja prava, dozvolom gradske općine i zaključka gradskog zastupstva od 23.4.1891. god., prenosi na Društvo zagrebačkih građana zastupano po Dr. Ljudevitu Schwarzu. Društvo počinje izgradnju mreže konjskog tramvaja 11.5.1891. god. Radovi su ugovoreni s poduzetništvom Gfrörer i Muskovics iz Budimpešte. Rok za izgradnju glavne pruge na potezu od mitnice u Vlaškoj ulici, kroz Jurišićevu ulicu i Trg bana Josipa Jelačića do Vodovodne ulice, uz odvojak Kolodvorskom ulicom do južnog kolodvora te od križanja Frankopanske ulice i Ilice do savskog mosta bio je šest mjeseci od datuma preuzimanja koncesije od strane Društva. Poduzetništvo je rokove ispoštovalo i promet je otvoren 5.9.1891. god. Ukupna dužina kolosijeka širine 0,76 m bila je 8 km. Brzina kretanja konjskog tramvaja bila je oko 7,5 km/h. Zagreb je tada bio mali grad s oko 40.000 stanovnika. Tramvajska kola izrađena su u tvornici Weitzer u Grazu (Austrija), a vukao ih je jedan konj,

Sl. 12. Konjski tramvaj uspostavljen je u Zagrebu u vrijeme kad se je u drugim gradovima Europe i svijeta već uvodio električni. Ostao je u prometu do godine 1910./1911., kad ga je zamijenio električni. Replika zagrebačkog konjskog tramvaja u postavi je tehničkog muzeja „Nikola Tesla“ u Zagrebu, Sl. 13.



Sl. 12. Konjski tramvaj u Zagrebu



Sl. 13. Replika zagrebačkog konjskog tramvaja u tehničkom muzeju

Pored Osijeka i Zagreba, konjski tramvaj uveden je u promet i u Velikoj Gorici, 22.2.1907. god., Sl. 14., popularno nazvan „kojnača“. Konjski tramvaj izgradilo je Dioničko društvo „Tramvaj“, osnovano 1906. god. inicijativom grupe Velikogoričana, temeljem akta potpisanog u studenom iste godine od strane Ferenc Kossutha, zajedničkog ministra Hrvatske i Ugarske. Glavni dioničari novoosnovanog društva bili su Plemenita općina turopoljska i poduzetnik Nikola Hribar. Tramvajska kola kupljena su 1907. god. u Zagrebu od zagrebačkog tramvaja. Vukao ih je jedan konj, a ponekad dva. U prometu su bila putnička i teretna kola (ova potonja su koristile tvornice u Novom Čiču i velikogorički trgovci). Tramvajska pruga dužine oko 8 km vodila je od Novog Čiča, preko centra Velike Gorice do željezničkog kolodvora u Gradićima. Konjski tramvaj je u Velikoj Gorici prometovao do 9.11.1937. god. kada je zbog stečaja dioničkog društva, do kojeg je došlo zbog uvođenja autobusne linije od Zagreba do sela Orle 1928. god., ukinut. Zanimljivo je spomenuti da su prije stečaja konji zamijenjeni parnom lokomotivom.



Sl. 14. Konjski tramvaj u Velikoj Gorici i njegova replika u Novom Čiču

I dok je u Velikoj Gorici stečajem poduzeća tramvaj ukinut i ostao samo u sjećanju, u Osijeku i Zagrebu konjska vuča je, kao i u drugim gradovima svijeta, zamijenjena mehaničkim pogonom.

2 Tramvaji na parni, plinski i ostale pogone

2.1 Tramvaj na parni pogon

Izumom parnog stroja koji je pokrenuo industrijsku revoluciju te njegovom primjenom za pogon lokomotiva, najprije u rudarstvu, a zatim i u željezničkom prometu kao zamjene za konjsku vuču, pojavila se mogućnost njegovog korištenja i za pogon tramvaja, pa je tako prvi mehanički tramvaj imao parni pogon. Pri tome su se razlikovala dva tipa parnog tramvaja:

- tramvaj s malom parnom lokomotivom i jednim ili više vagona (prikolica), kakvi su bili najuobičajeniji, a u prometu su bili npr. u Christchurchu (Novi Zeland) od 1881. do 1905. god., Sydneyju od 1879. do 1906. god. (Australija), Sl. 15, Münchenu (Njemačka) od 1883. god., Brnu (Češka) od 1884. do 1900. god., Sl. 16 i nizu drugih gradova;

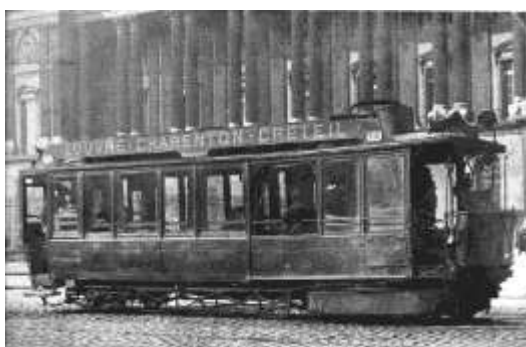


Sl. 15. Parni tramvaj u Sydneyju, Australija



Sl. 16. Parni tramvaj u Brnu, Češka, danas turistička trakcija

- tramvaj s ugrađenim parnim strojem, kakvi su bili u prometu npr. u Parizu (Francuska) od 1876. god., Rockhamptonu (Australija) od 1909. do 1939. god., Stockholmu (Švedska) od 1887. do 1901. god. i dr.



Sl. 17. Parni tramvaji u Parizu

S obzirom na prometovanje gradskim ulicama, radi minimiziranja ispuštanja dima, kao gorivo se je najčešće koristio koks umjesto ugljena. Vidljivo ispuštanje vodene pare sprječavalo se je kondenzatorima ili pregrijavanjem. Parni pogon koji se tih godina uspješno koristio na željeznici te rudničkim vlakovima, nije polučio uspjeh na tramvajima. Zbog relativno komplicirane i skupe izvedbe parnog pogona te brzog razvoja elektromotornih pogona, tramvaji s parnom vučom nisu u potpunosti zaživjeli kao zamjena za konjsku vuču, a u prometu su se zadržali uglavnom do početka 20. st., no ponegdje i duže (npr. u Rockhamptonu, Australija do 1939. god.). Treba spomenuti da je mogućnost parnog pogona u svojoj ponudi za izgradnju tramvaja u Zagrebu iz 1887. god. naveo i Gautier, no ta ideja nije zaživjela u praksi.

2.2 Tramvaj na plinski pogon

Krajem 19. i početkom 20. stoljeća za pogon tramvaja u nekim gradovima, kao što su Melburn (Australija) od 1886. – 1888. god., Berlin i Dresden (Njemačka), Manchester (UK) od 1897. do 1908. god. korišten je plin (naftni ili ugljeni). Ovi pogoni, slično parnim, nisu ušli u širu primjenu.

Godine 2011. NGV Journal je objavio da Malezija 2012. god. planira pustiti u promet prvi tramvaj na komprimirani prirodni plin u svijetu, međutim kasnijih vijesti o tom projektu nije bilo.

2.3 Tramvaj na pogon komprimiranim zrakom

Uz navedene pokušaje zamjene konjske vuče modernijim pogonima, treba spomenuti i izum francuskog inženjera poljskog podrijetla Louisa Mékarskog, koji je 1870. god. patentirao propulzijski sustav s komprimiranim zrakom za pogon tramvaja. Tramvaji na komprimirani zrak bili su isprva prihvaćeni kao kvalitetno rješenje prometa gradskim centrima s obzirom da ne proizvode nikakvo zagađenje, prvenstveno dim, čađu i iskre kao parni pogoni te na taj način ne smetaju putnicima, niti uznemiruju konje. Ispitani su i uvedeni u promet 1876. god. u Parizu, a 1879. god. u Nantesu (Francuska), gdje su 1917. god. zamijenjeni električnim tramvajima, Sl. 18.



Sl. 18. Tramvaj na komprimirani zraku Parizu, lijevo i Nantesu (Francuska), desno

Sustav je od 1890. do 1902. god. korišten na jednoj liniji u Bernu (Švicarska), a kraće vrijeme i u gradu Wantage (UK), te od 1881. do 1883. god. u Londonu. Zbog znatnih tehničkih problema i ekonomskih razloga, tramvaji na komprimirani zrak nisu ušli u širu primjenu.

2.4 Tramvaj s benzinskim i diesel motorima

Izumom motora s unutarnjim izgaranjem, pojavile su se ideje korištenja benzinskog i kasnije diesel motora za pogon tramvaja. Tramvaji na benzinski pogon prometovali su, npr., u Hastingsu (UK), na jednoj liniji u Stockholmu (Švedska), Sl. 19, te na nekim linijama u Karačiju (Pakistan).



Sl. 19. Tramvaj na benzinski pogon u Stockholmu (Švedska), 1920. god.

Tramvaj s diesel-električnim motorima prometuje u Galvestonu (Teksas, SAD), gdje je uveden zbog čestih uragana koji su uzrokovali velike štete na kontaktnoj mreži gornjeg voda.



Slika 20: Tramvaj s diesel-električnom vučom, Galveston (Teksas, SAD)

2.5 Tramvaj s ljudskom vučom

Kao kuriozitet treba spomenuti manji broj tramvaja, u upotrebi do 1930. god. u gradu Osaki (Japan), koji su vukli ljudi, slično rikšama, Sl. 21

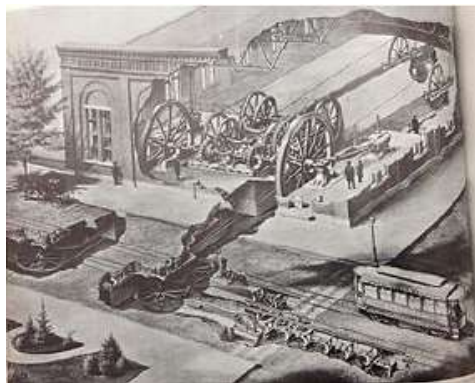


Sl. 21. Tramvaj s ljudskom vučom

Na Tasmaniji (Australija) linija tramvaja s ljudskom vučom, tzv. „kažnjenički“ tramvaj, otvorena je 1836. god. u dužini 8 km kao alternativa tada opasnom putovanju morem od Hobarta do Port Arthura. Vukli su je osuđenici iz kažnjeničkog naselja Port Arthur, Tasmanija. Prema većini zapisa, bio je to prvi tramvaj za prijevoz putnika ali i robe u Australiji, a kretao se je po drvenim tračnicama! Zatvaranje linije nije poznato, no dogodilo se sigurno prije 1877. god.

3 TRAMVAJ NA POGON VUČNIM UŽETIMA

Krajem 19. st. u mnogim gradovima svijeta, kao zamjena za konjsku vuču ili u slučaju izgradnje novog tramvajskog sustava, kao pogonsko sredstvo koristila su se vučna čelična užeta s centralnom strojarnicom, Sl. 22. Čelična užeta besprekidno se gibaju jednolikom brzinom (kao npr. beskonačna traka), a tramvajska kola pokreću se i zaustavljaju korištenjem za tu svrhu razvijenog mehanizma sa stegom za efikasno hvatanje i otpuštanje kabela.



Sl. 22. Centralna parna strojarnica vučnih užeta u Baltimoru (SAD) krajem 19. st. (slika lijevo) i moderna električna strojarnica u San Franciscu (SAD) (slika desno)

Usavršavanjem i širokom primjenom parnog stroja krajem 19. st., ovakav pogon, iako zahtjevan u pogledu izgradnje, izgledao je prihvatljiviji od tramvaja s parnom vučom.

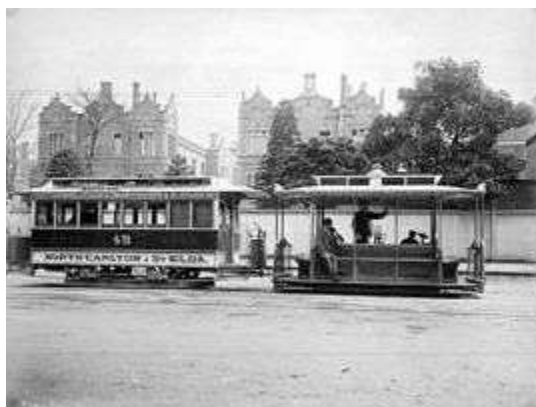
Prvi tramvajski sustav s vučnim užetima izgrađen je i pušten u promet 1873. god. u San Franciscu (SAD) i u prometu je sve do našeg vremena, uglavnom kao turistička atrakcija, Sl. 23. Parna strojarnica je u periodu između 1912. i 1926. god. postepeno elektrificirana.



Sl. 23. Tramvaj s pogonom vučnim užetima u San Franciscu (SAD) nekad (1877. god.) i danas

Do kraja 19. st. tramvajski sustav s vučnim užetima i centralnom strojarnicom pokretanom parnim strojem, uvelo je niz svjetskih gradova, kao što su:

- 1881. – 1957. god. Dunedin (Novi Zeland);
- 1885. – 1940. g. Melburn (Australija), najveći takav sustav u svijetu,



Sl. 24. Tramvaj s pogonom vučnim užetima u Melburnu (Australija)

- 1886. – 1900 god. i 1892. – 1905. god. dvije linije u Sydneyju (Australija);
- 1885. – 1889. god. i 1886. – 1898. god. dvije linije u Los Angelesu (SAD);
- 1882. – 1906. god. Čikago (SAD);
- 1885. – 1908. god. Kansas City (SAD);
- 1892. – 1929. god. Otok Man (UK);
- 1902. – danas Great Orme Tramway, Llandudno (Wales, UK) – najstariji takav sustav u UK, danas turistička atrakcija, Sl. 25 i dr.



Sl. 25. Tramvaj s pogonom vučnim užetima, Llandudno (Wales, UK)

Razvojem efikasnih tramvajskih elektromotornih pogona te s obzirom na skupu infrastrukturu potrebnu za razvod vučnih užeta ispod tramvajskih pruga iz centralne strojarnice, sustavi s vučnim užetima postepeno su ukidani u javnom gradskom prijevozu, ustupivši mjesto električnim tramvajima.

Sustav centralne strojarnice s vučnim užetima zadržao se i dalje se razvija kao efikasan za pokretanje uspinjača te automatskih tračničkih vozila za prijevoz putnika u zračnim lukama (Sl. 26), zabavnim parkovima, odmaralištima i rekreacijskim centrima, kampusima i sl.



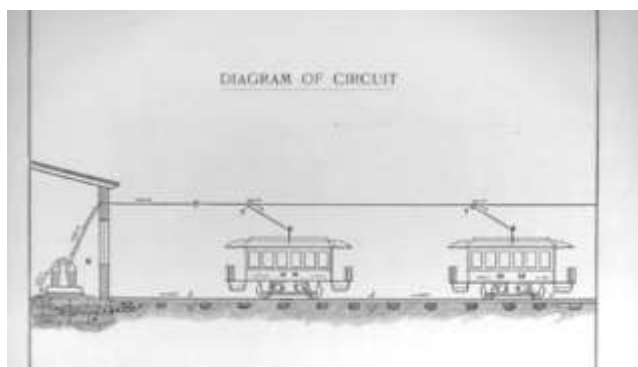
Sl. 26. Moderna automatska vozila s pogonom vučnim užetima

4 ELEKTRIČNI TRAMVAJ

4.1 Od Volte do Siemens

Ubrzani razvoj i primjena tramvaja s elektromotornim pogonom, električnog tramvaja, počinje u zadnjem kvartalu 19. st. Zamaš razvoju električnih vozila općenito, dao je izum istosmjernog električnog motora šezdesetih godina 19. st. No do tog su trenutka prošla stoljeća stjecanja spoznaja o elektricitetu kao pojavi i njegovim efektima. Kao temelj uspješnog eksperimentiranja i razvoja znanosti o elektricitetu, treba istaknuti izum talijanskog fizičara Alessandra Volte koji je 1800. god. konstruirao prvi izvor dinamičkog elektriciteta, njemu u čast nazvan Voltin stup. Podsjetimo se samo najvažnijih izuma i postignuća na području elektromagnetizma u 19. st. koji su omogućili konstrukciju rotacijskih strojeva ali i do tada neslućeni razvoj svih područja elektrotehnike i posljedično industrije, elektromedicine i komunikacija, uz intenzivan utjecaj na svakodnevni život i standard ljudi koji traje do naših dana i ne vidi mu se kraj:

- 1800. god. talijanski fizičar Alessandro Volta konstruirao galvanski članak ili Voltin stup;
- 1820. god. danski fizičar i kemičar Hans Christian Ørsted otkriva međuovisnost elektriciteta i magnetizma;
- 1820. god. francuski fizičar, kemičar i matematičar André-Marie Ampère otkriva privlačenje odnosno odbijanje paralelnih vodiča protjecanih strujom istog ili suprotnih smjerova, čime postavlja temelje elektrodinamike - Amperéov zakon;
- od 1827. god. mađarski izumitelj i inženjer Ányos István Jedlik eksperimentira s rotirajućim elektromagnetima i radi na razvoju istosmjernog motora i dinamo stroja;
- 1831. god. engleski kemičar i fizičar Michael Faraday otkriva elektromagnetsku indukciju, što se je pokazalo kao epohalno otkriće u daljnjem razvoju elektrotehnike, te predstavlja preteču istosmjernog elektromotora, prvi u Europi;
- 1832. god. francuski izumitelj Hippolyte Pixii konstruirao preteču dinamo stroja;
- 1832. god. engleski fizičar i izumitelj William Sturgeon konstruirao elektromotor s komutatorom i rotirajućim magnetima;
- 1834. god. američki izumitelj i kovač Thomas Davenport predstavio je istosmjerni motor napajan iz baterije i idejni prikaz njegovog korištenja za pokretanje tramvaja (tada nazvanih ulično vozilo, *engl. streetcar*), Sl. 27;



Sl. 27. Davenportov prikaz električnog tramvaja

- 1834. god. prusko-ruski inženjer i fizičar Moritz Hermann von Jacobi konstruirao elektromotor napajan iz baterije;
- 1860. god. talijanski fizičar Antonio Pacinotti izumio je poboljšanu verziju dinamo stroja i otkriva da se isti može koristiti kao motor;
- 1871. god. belgijski elektroinženjer Zénobe Théophile Gramme izumio je, po njemu nazvan, Grammeov stroj, tip istosmjernog dinamo stroja koji je mogao generirati kvalitetniji i znatno viši istosmjerni napon nego tada poznati dinamo strojevi;

- 1873. god. Z.T. Gramme i francuski elektroinženjer Hippolyte Fontaine otkrivaju da se Grammeov dinamo stroj može koristiti kao motor, puno veće snage nego tada poznati elektromotori.

Moderni dinamo stroj primjenjiv u industriji razvili su i patentirali neovisno jedan od drugoga: Samuel Alfred Varley 1866. god. te Ernst Werner von Siemens i Sir Charles Wheatstone 1877. god.

Davenportov električni tramvaj jedna je od prvih ideja korištenja električne energije u praktične svrhe, međutim je nedostajao odgovarajući izvor električne energije. Izum i patentiranje primjenjivog dinamo stroja, odnosno generatora istosmjernog struje kao stabilnog izvora električne energije zadovoljavajućih parametara, snage i napona, dao je zamah korištenju električne energije u industriji i razvoju električne vuče općenito.

4.2 Tramvaj s akumulatorima kao izvorom napajanja

Do izuma u praksi primjenjivog istosmjernog generatora, u periodu između osamdesetih i devedesetih godina 19. st. bilo je pokušaja korištenja olovnih akumulatora kao izvora napajanja elektromotora tramvaja. Međutim, zbog nedovoljnog kapaciteta i velikih dimenzija i mase ranih akumulatora, ovi pokušaji ostali su na razini ideja i ponekih praktičnih izvedbi. Tako su prvi tramvaji u Bendingu (Australija) 1892. god. imali elektromotorni pogon s napajanjem iz akumulatora, no unutar tri mjeseca su bili zamijenjeni konjskim tramvajem. Prvi tramvaj s akumulatorima (aku-tramvaj) kao izvorom napajanja u Nizozemskoj, prometovao je na liniji između Den Haaga i Scheveningena od 1890. do 1904. god. kada je zamijenjen klasičnim električnim tramvajem. U Gentu (Nizozemska) aku-tramvaj je prometovao od 1899. do 1907. god. Aku-tramvaji korišteni su i na nekim kraćim linijama u New Yorku (SAD). I zagrebačko Društvo je 1892. god. razmišljalo o uvođenju akumulatorski napajanog električnog pogona u tramvaje, no ta ideja nije zaživjela. Ne tako davno, tijekom pedesetih godina 20. st., aku-tramvaji su prometovali na liniji između Milana i Bergama (Italija).

Razvojem tehnologije akumulatora i elektromotornih pogona, u novije vrijeme ponovo se razmišlja o aku-tramvajima. Tako je, npr., 2007. god. u Nici (Francuska) otvorena kraća linija u centru grada na kojoj prometuju aku-tramvaji, a u Nanjingu (Kina) aku-tramvaji prometuju od 2014. god. Charlotte City (SAD) nabavio je 2016. god. hibridne električne tramvaje s akumulatorima za pogon na dijelovima pruge bez kontaktne mreže u centru grada, Sl. 28, akumulatori se pune tijekom napajanja iz kontaktne mreže (gornjeg voda).



Sl. 28. Moderni niskopodni električni tramvaj s akumulatorima kao dodatnim izvorom napajanja

Tehnologija korištenja akumulatora kao jedinog ili alternativnog izvora napajanja i dalje se razvija kao jedna od inačica električnog tramvaja, poglavito za promet gradskim centrima i povijesnim jezgrama s ciljem izbjegavanja izgradnje nadzemne kontaktne mreže gornjeg voda.

4.3 Električni tramvaj u svijetu

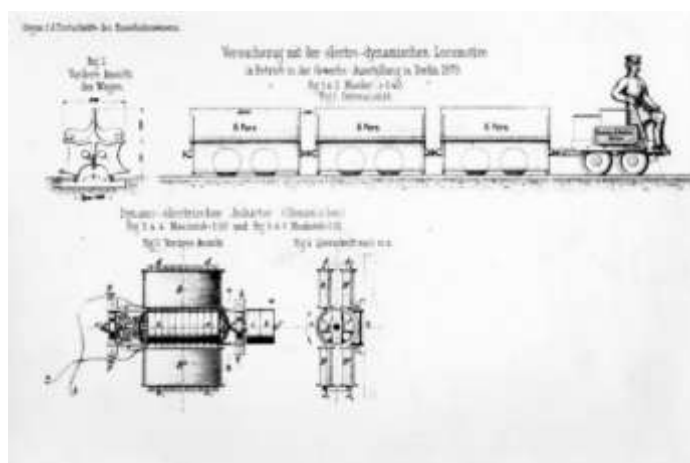
Začetak električnog pogona vozila napajanog iz vanjskog električnog izvora (mreže) može se smatrati mala sajamska električna željeznica za prijevoz posjetitelja, koju je na trgovačkoj izložbi u Berlinu 31.5.1879.

god. predstavila tvrtka Siemens & Halske, Sl. 29., s kružnom prugom kroz izložbeni prostor dužine oko 300 metara. Strojovođa je sjedio na lokomotivi koja je vukla tri mala vagona, svaki sa šest putnika. Bio je to prvi, uspješno predstavljeni električni vlak u svijetu, bio je spektakl i atrakcija izložbe te polučio neočekivani uspjeh, čak i za Siemensu kome je to bio probni model. Tijekom četiri mjeseca trajanja izložbe prevezao je više od 86.000 putnika uz donaciju 20 pfenniga za dobrotvorne svrhe!



Sl. 29. Mala Siemens & Halske električna željeznica na trgovačkoj izložbi u Berlinu 1879. god.

Snaga motora iznosila je 3 KS, a napajanje električnom energijom bilo je riješeno istosmjernim naponom 150 V preko izoliranog čeličnog profila položenog između tračnica, uz povrat struje preko obje tračnice, a kretao se je brzinom konjskog tramvaja (oko 7 km/h), Sl. 30.



Sl. 30. Nacrtna Siemens & Halske sajamske električne željeznice iz 1879. god.

Nakon uspjeha male sajamske električne željeznice, ništa više nije moglo zaustaviti intenzivni razvoj električne vuče, poglavito električnih tramvaja koji su se nametnuli kao najkvalitetnije rješenje javnog prijevoza u gradovima u usporedbi s konjskom i parnom vučom te pogonom vučnim užetima.

Godine 1880., Werner von Siemens je pokušao od gradske uprave dobiti koncesiju za izgradnju prve tramvajske linije u Berlinu, no zbog protesta ne samo onih koji su živjeli duž predložene rute, bio je odbijen, pa projekt nije mogao biti realiziran.

Godinu dana nakon izložbe u Berlinu, ukrajinski inženjer i izumitelj Fyodor Pirotsky je u Sestroretsku kod St. Peterburga (Rusija) preuredio konjski tramvaj u električni, napajan iz Grammeovog dinamo stroja, koji je, kao prvi prototip električnog tramvaja pušten u eksperimentalni promet 3.9.1880. god., što je dakako izazvalo proteste vlasnika konjskog tramvaja. Eksperimente s električnim tramvajem izvodio je na željezničkim tračnicama (na tzv. Milerovoj liniji između Beloostrova i Sestroretska), Sl. 31. Obje tračnice bile su izolirane, pri čemu je jedna služila kao dolazni (kontaktni), a druga kao povratni vod. Zbog nedostatka novca za daljnji

razvoj svog eksperimenta, ovaj tramvaj je prometovao samo do kraja rujna 1880. god., no pobudio je zanimanje širom svijeta.



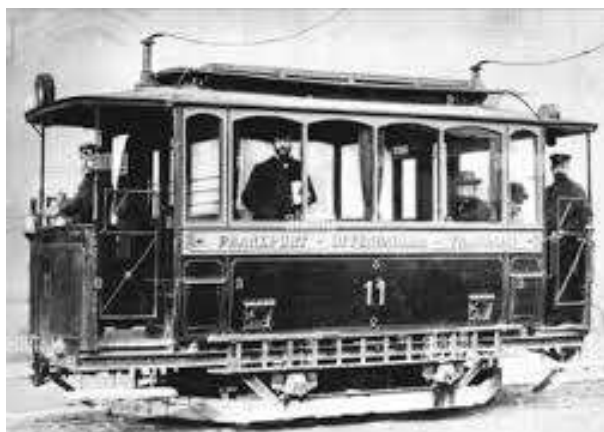
Sl. 31. Mjesto na željezničkoj pruzi gdje je Pirotsky ispitao prvi električni tramvaj

Godine 1881. Werner von Siemens je dobio na korištenje probnu dionicu izvan grada, u bogatom predgrađu Berlina Gross-Lichterfelde. Tamo je još postojao dio pruge koja se koristila 1870. god. za prijevoz materijala na gradilište vojne akademije koju je Siemens rekonstruirao za potrebe tramvaja. Tako je, stjecajem čudnih okolnosti, izgrađen prvi komercijalni električni tramvaj na svijetu. Svečano otvorenje i preuzimanje nakon uspješnog ispitivanja upriličeno je 12.5.1881. god., a redoviti promet započeo je 16.5.1881. god. Pruga dužine oko 2,45 km, širine kolosijeka 1 m, povezivala je stanicu Lichterfelde s vojnom akademijom. Od prvog dana redovnog prometa tramvaj je bio veliki uspjeh: samo u prva tri mjeseca prevezao je 12.000 putnika. Tvrtka Siemens & Halske izgradila je prugu o vlastitom trošku. Tri tramvaja s konjskom vučom preuredili su u električne tramvaje, Sl. 32. Tri dvoosovinska tramvaja, svaki s po 16 sjedala, mogla su prevoziti gotovo 50 ljudi. Svaki tramvaj je imao istosmjerni motor snage 5 KS, napona 180 V. Struja je vođena tračnicama izoliranim drvenim ulošcima, pri čemu je jedna bila dolazni, a druga povratni vod. Na križanjima s cestom, tračnice su bile izolirane i bez napona. Elektromotor je struju preuzimao putem kliznog kontakta i drvenih kotača sa željeznim obručem. Tramvaji su postizali brzinu od oko 20 km/h. Kao izvor napajanja služio je generator pogonjen parnim strojem montiranim uz stanicu.



Sl. 32. Prvi komercijalni električni tramvaj na svijetu u Lichterfeldeu, Berlin (lijevo) i ploča u spomen prvom električnom tramvaju na svijetu (desno)

Napajanje električnog tramvaja putem dviju tračnica nije se pokazalo kao dobro rješenje zbog opasnosti za ljude i konje od strujnih udara te čestih kvarova uslijed kratkih spojeva, pa se takvo rješenje ubrzo napušta. Godine 1891. tramvaj je opremljen bipolarnim gornjim vodom, Sl. 33, a linija je produžena do stanice Berlin-Lichterfelde zapad. Uz nekoliko dodatnih proširenja, u prometu je ostala do 1931. god.

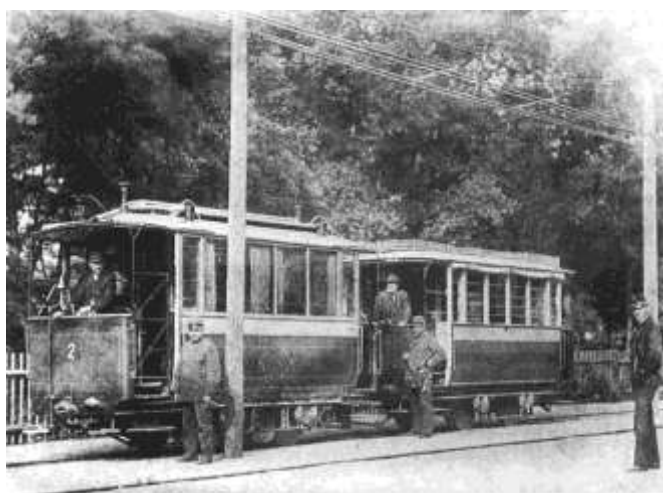


Sl. 33. Tramvaj u Lichterfeldeu, Berlin, opremljen za napajanje iz gornjeg voda

Ovdje treba napomenuti da se je, zbog navedene neprikladnosti i nepraktičnosti korištenja tračnica kao polova izvora napajanja, kratko vrijeme u tramvajskim sustavima koristio gornji vod s dvije međusobno izolirane žice (bipolarni gornji vod), slično trolejbusu, što se zbog tehničkih i estetskih razloga isto nije dugo održalo. Prvi tramvaj s bipolarnim gornjim vodom pušten je u promet na liniji Mödling - Hinterbrühl (Austrija), Sl. 34. Bipolarni gornji vod zamijenjen je jednostrukim 1903. god. Nakon primjene u SAD oko 1891. god. današnjeg sustava za vođenje električne struje, tj. gornji vod s jednom žicom kao plus pol i tračnice kao povratni vod, odnosno minus pol, ovaj sustav, s različitim oblicima oduzimača struje (klizni sklop preko kojeg je motor priključen na gornji vod kontaktne mreže), počinje se koristiti širom svijeta.

Nakon uspjeha u Berlinu, električni tramvaj ubrzano u promet uvode mnogi gradovi svijeta, nabrojimo samo neke:

- 1883. god. prvi električni tramvaji u Austriji (Mödling - Hinterbrühl), Sl. 34, Engleskoj (Brighton – u prometu do naših dana) i Kanadi (Toronto);



Sl. 34. Prvi tramvaj u Austriji (Mödling–Hinterbrühl), prvi na svijetu s gornjim vodom, napon 550 V istosmjerno

- 1884. god. prvi komercijalni električni tramvaj u SAD (Cleveland, Ohio);
- 1885. god. prvi električni tramvaji u Blackpoolu (UK), Münchenu (Njemačka) i Sarajevu (BiH);
- 1886. god. američki pomorski časnik i izumitelj Frank J. Sprague („otac električne vuče”) predstavlja neiskreći elektromotor konstantne brzine s regenerativnim kočenjem – prvi praktični i pouzdani motor za električnu vuču;
- 1887. god. prvi električni tramvaj u Budimpešti (Mađarska);

- 1888. god. pušten u promet Spragueov tramvaj u Richmondu, Virginia (SAD);
- 1888. god. prvi električni tramvaj u Melburnu (Australija) sa Spragueovim sustavom;
- 1891. god. prvi električni tramvaj u Pragu (Češka), Sl. 35, Sl. 36;



Sl. 35. Električni tramvaji Praga (Češka) s početka 20. st. – putnički (lijevo) i teretni (desno)



Sl. 36. Otvoreni električni tramvaj u Pragu (Češka) iz 1913. god. za prigodne i turističke vožnje

- 1891. god. prvi električni tramvaj u Galvestonu (Texas, SAD);
- 1892. god. prvi električni tramvaj u Kijevu (Ukrajina, tadašnje Rusko carstvo);
- 1894. god. prvi električni tramvaji u Beogradu (Srbija), Bukureštu (Rumunjska), St. Peterburgu (Rusija), Hamburgu (Njemačka);
- 1895. god. prvi električni tramvaj u Rimu (Italija) i Münchenu (Njemačka);
- 1895. god. prvi električni tramvaj u Japanu (Kyoto);
- 1897. god. prvi električni tramvaj u Beču (Austrija) i Subotici (Srbija), Sl. ;
- 1900. god. prvi električni tramvaji u Brnu (Češka), Trstu (Italija), Barceloni (Španjolska), Amsterdamu (Nizozemska), Helsinkiju (Finska);
- 1901. god. prvi električni tramvaji u Ljubljani (Slovenija), Sl. , Lisabonu (Portugal), Stockholmu (Švedska) itd.



Sl. .: Električni tramvaji na razglednicama Ljubljane (Slovenija), 1913. god. (lijevo) i Subotice (Srbija), 1914. god. (desno)

Do pojave autobusa i trolejbusa, tramvaj je bio jedino površinsko prometno sredstvo masovnog javnog prijevoza putnika u gradovima.

Izgradnjom i širenjem kvalitetne cestovne mreže u gradovima te usporednim razvojem automobilske industrije i usavršavanjem autobusa, na ulicama gradova se sve više koriste nova, udobna prijevozna sredstva: autobus i njegova električna inačica trolejbus, kao zamjena za tramvaj. Bili su brži i udobniji i nisu zahtijevali skupu infrastrukturu. Naročito trolejbus s pogonom na električnu struju te vožnjom bez buke počinje naglo konkurirati i istiskivati „stari tramvaj“ iz gradskog prometa. U tom razdoblju se čak pomišljalo da će tramvaj biti posve zamijenjen trolejbusom, a tramvaji i tramvajska infrastruktura – tračnice i kontaktna mreža – su nestali s ulica mnogih gradova svijeta. Uvođenje trolejbusa u javni gradski prijevoz nije, međutim, masovno zaživjelo, s obzirom na sve nedostatke preuzete od tramvaja (potrebna električna infrastruktura gornjeg voda) i autobusa (gume; mnogo kraći vijek trajanja od tramvaja).

Tramvajska infrastruktura postala je zastarjela i kao takva bila jedan od argumenata zagovornicima uvođenja autobusa i trolejbusa. Tendencija zamjene tramvaja autobusima bila je pogotovo prisutna u SAD, gdje su proizvođači autobusa nastojali preuzeti primat u gradskom prometu. Ukidanje tramvaja često je uvjetovao i stečaj prometnog poduzeća kada su troškovi premašili prihode zbog pada broja putnika na račun autobusa. Tramvaji su gotovo u potpunosti istisnuti s ulica Francuske i UK, a u potpunosti u Irskoj, Danskoj, Španjolskoj te djelomično ili u potpunosti u mnogim gradovima svijeta, osobito SAD-a.

Pojavom te snažne konkurencije, proizvođači tramvaja i prometni stručnjaci poučeni prometnim i gospodarskim iskustvom počinju intenzivno tehnički modernizirati „stari tramvaj“, Sl. 37. Modernizacija se uglavnom sastoji od povećanja prostora i udobnosti za putnike, povećanja brzine, usavršavanja sustava komandi i kočjenja, smanjenja buke kod vožnje i sl. Za razliku od gradova koji su napuštali tramvaj, u nizu zemalja se pristupilo rekonstrukciji i modernizaciji tramvajske infrastrukture i modernizaciji tramvaja, osobito u Njemačkoj, Češkoj, Švicarskoj, Austriji, Belgiji, Portugalu, Švedskoj, Japanu, Rusiji itd.



Sl. 37. Modernizirani tramvaji s početka 1950. – ih godina, minhenski (lijevo) i praški (autor s „vršnjakom“ u praškom Muzeju tramvaja, desno)

Zanimljivo je spomenuti da su u mnogim svjetskim gradovima, npr. Berlinu te poglavito gradovima u UK i gradovima u zemljama pod njihovom dominacijom (Johanesburg, Aleksandrija, Hong Kong i dr.) prometovali, a negdje još prometuj, tramvaji na kat,



Sl. 38. Tramvaji na kat u gradovima UK

Krajem 20. i početkom 21. st. masovna upotreba osobnih automobila i sve veća gustoća naseljenosti dovode do sve većih prometnih gužvi i problema s parkiranjem, poglavito u velikim gradovima, uz popratno sve veće zagađenje zraka ispušnim plinovima. Istovremenim spoznajama o klimatskim promjenama te s ciljem smanjenja emisija stakleničkih plinova i onečišćenja zraka u gradovima, električni tramvaj se, kao ekološko vozilo, ponovo nameće kao rješenje masovnog javnog prijevoza i doživljava renesansu. U velikim gradovima tramvaj je integriran u sustav javnog prijevoza u kombinaciji s podzemnom i prigradskom željeznicom te autobusima na prigradskim linijama.

Zahvaljujući brzom i intenzivnom razvoju na poljima elektrotehnike i strojarstva te numeričkih sustava informiranja putnika, moderni niskopodni električni tramvaji su uvedeni u mnoge gradove, u neke nakon više desetljeća od njihovog ukidanja. Tako je München (Njemačka) nakon višegodišnjeg prekida razvoja tramvaja, 1994. god. uveo u promet moderne niskopodne tramvaje uz daljnji razvoj i proširenje tramvajske mreže, Sl. 39.



Sl. 39. Generacije niskopodnih tramvaja u Münchenu (Njemačka)

Početkom 21. st., s ciljem poboljšanja urbanog života, smanjenja cestovnog prometa i emisija koje stvara, moderne niskopodne tramvaje u promet uvode praktički svi svjetski gradovi s postojećom ili novoizgrađenom tramvajskom mrežom, neki od kojih su prikazani na Sl. 40, Sl. 41 i Sl. 42., za gradski i prigradski, uglavnom nadzemni, ali na dijelovima trasa po potrebi i podzemni promet. Niskopodne tramvaje za grad Liepaja (Latvija), Sl. 42, isporučila je hrvatska tvrtka Končar.



Sl. 40. Moderni niskopodni tramvaji u Pragu (Češka), lijevo i Grazu (Austrija), desno



Sl. 41. Moderni niskopodni tramvaji u Helsinkiju (Finska) i Melburnu (Australija)



Sl. 42. Moderni niskopodni tramvaji u Liepaji (Latvija), lijevo i Osaki (Japan), desno

Usavršavanjem tehnologije inteligentnih autonomnih vozila, unazad nekoliko godina, pojavili su se prvi inteligentni autonomni tramvaji opremljeni numeričkim sustavima upravljanja i sigurnosnim senzorskim, radarskim i video sustavima koji omogućuju kretanje bez vozača u svim vremenskim uvjetima, što predstavlja novu revoluciju u razvoju i korištenju tramvaja u javnom gradskom prometu.

Godine 2018. tvrtka Siemens je na najvećem svjetskom sajmu prometne tehnologije, InnoTrans u Berlinu prikazala autonomni tramvaj bez vozača, Sl. 43., proizveden u suradnji s tvrtkom ViP Verkehrsbetrieb Potsdam GmbH.



Sl. 43. Siemensov inteligentni autonomni tramvaj

Tramvaj je ispitan bez putnika na pruzi dužine 6 km koja prelazi nekoliko mirnih ulica sa i bez semafora u Potsdamu, predgrađu Berlina. Komercijalna upotreba autonomnog tramvaja u redovitom prometu planira se za 2026. god.

Autonomni tramvaj bez vozača ispituje i tvrtka PC Transport Systems and Cognitive Technologies s tramvajem proizvedenim u suradnji s Transmashholding u Moskvi (Rusija). Probne vožnje izvodit će se bez putnika, a ukoliko sva ispitivanja prođu uspješno, prva komercijalna upotreba najavljena je za 2022. god.



Sl. 44. Moskovski inteligentni autonomni tramvaj

Prvi svjetski autonomni tramvaj s pohranom energije za korištenje u zračnim lukama i sustavima podzemne željeznice opremljen superkondenzatorima velikog energetske kapaciteta predstavila je tvrtka CRRC Zhuzhou Locomotive Co Ltd. iz Kine, Sl. 45. Tramvaj ima sedam vagona i može prevoziti 500 putnika. Punjenje superkondenzatora izvedivo je unutar 30 s. Tramvaj postiže brzinu od 70 km/h.



Sl. 45. Autonomni tramvaj CRRC Zhuzhou Locomotive Co Ltd.

U novije vrijeme eksperimentira se i s vodikovim gorivim ćelijama i akumulatorima kao izvorom električne energije za napajanje tramvajskih motora, bez kontaktne mreže, pa i kao autonomnog vozila bez vozača. Prvi takav tramvaj je prikazan 2015. god. u Quingdaou (Kina). Na razvoju „vodikovog“ tramvaja (od engl. *hydrogen tram*) radi se i u Rusiji, pa je tako prototip prikazan i ispitan 2019. god., u St. Peterburgu, gradu u kojem je demonstriran i prvi električni tramvaj 1880. god. Prva komercijalna linija u svijetu s „vodikovim“ tramvajima otvorena je krajem 2019. god. u gradu Foshanu (Kina), Sl. 46, lijevo, a firma Hyundai Rotem iz Južne Koreje planira u komercijalnu upotrebu staviti svoj „vodikov“ tramvaj, Sl. 46, desno, tijekom 2023. god.



Sl. 46. Tramvaji s pogonom na vodikove gorive ćelije

Na razvoju prototipa prvog europskog „vodikovog“ tramvaja, planiranog do 2025. god., radi i njemačka firma HeiterBlick iz Leipziga u suradnji s firmama Hörmann Vehicle Engineering (Chemnitz) i Flexiva Automation & Robotik (Amstberg).



Sl. 47. Prikaz prototipa prvog europskog „vodikovog“ tramvaja

4.4 Električni tramvaj u Hrvatskoj

Električni tramvaj u pojedinim hrvatskim gradovima, tada u sastavu Austro-Ugarske monarhije odnosno Italije, uveden je u promet paralelno s razvojem električnog tramvaja u ostalim dijelovima Europe i svijeta, kronološkim redom:

- 1899. god. u Rijeci, prvi u Hrvatskoj, u prometu do 1952. god.;
- 1904. god. u Puli, u prometu do 1934. god.;
- 1908. god. u Opatiji, u prometu do 1933. g., tramvaji su prodani Ljubljani;
- 1910. god. u Dubrovniku, u prometu do 1970. god.;
- 1910. god. u Zagrebu, u kontinuiranom prometu;
- 1926. god. u Osijeku, u kontinuiranom prometu.

Električni tramvaj u Rijeci

Prvi sustav električnog tramvaja u Hrvatskoj je izgrađen u Rijeci, samo dvije godine nakon Beča. Još 1892. god. Riječka općina je raspisala javno nadmetanje za izgradnju tramvaja za prijevoz putnika i robe te prihvaća ponudu baruna Oscara Lazzarina, koji se je, između ostalih javio na nadmetanje, uz uvjet da umjesto konjskog tramvaja odmah uvede električni tramvaj. Barun je osnovao Anonimno društvo za riječki električni tramvaj koje s Riječkom općinom sklapa Ugovor o izgradnji i prometu električnog tramvaja u gradu Rijeci 1896. god. uz koncesiju na 50 god. Tramvaj je u javni gradski promet pušten je 7.11.1899. god. u 6 sati ujutro, na liniji od mosta na Riječini, duž Fiumare, do zadnje stanice Pioppi s jednotračnom prugom dužine oko 4 km. Napajanje električnom energijom osigurano je iz centrale u neposrednoj blizini tramvajske remize na Školjiću. Društvo je raspolagalo s osam tramvajskih kola. Jedna tramvajska kola mogla su prevesti 28 putnika, imala su kapacitet 16 sjedećih i 12 stajaćih mjesta, Sl. 48. Cijena vozne karte je bila 10 soldi. Do tada se javni prijevoz putnika odvijao kočijama i omnibusima s konjskom vučom koji su mogli prevesti do deset putnika. Rijeka je tada bila grad s nešto manje od 40.000 stanovnika s tendencijom ubrzanog rasta i razvoja. Tramvajska pruga je 1907. god. produžena od mosta na Riječini do Školjića te od stanice Pioppi do brodogradilišta Danubius (današnji 3. maj). Jednotračna pruga pokazala se nedostatnom te 1914. god. počinje izgradnja dvokolosiječne pruge, koja je zbog rata dovršena tek 1921. god.



Sl. 48. Riječki električni tramvaj s početka 20. st.

Zanimljivo je spomenuti da su natpisi na tramvajima bili dvojezični, na talijanskom i mađarskom jeziku, bez hrvatskog, što je uzrokovalo nezadovoljstvo i rezultiralo višednevnim demonstracijama, nakon čega su, 17.11.1899. god., navedeni dvojezični natpisi povučeni.

Električni tramvaj je u Rijeci prometovao do lipnja 1952. god. kada je zamijenjen trolejbusom, o čijem uvođenju u promet umjesto tramvaja se počelo razmišljati još 1935. god. Trolejbus je u Rijeci ukinut 1969. god., kada su u prometu ostali samo autobusi. Današnja tvrtka javnog gradskog prijevoza u Rijeci, Autotrolej, baštini povijest Anonimnog društva za riječki električni tramvaj.

Električni tramvaj u Puli

Pet godina nakon Rijeke, električni tramvaj, simbol novog vremena, uveden je 1904. god. u Puli, tada važnoj pomorskoj bazi Austro-Ugarske mornarice. Pula je na prijelazu između 19. i 20. st. imala oko 60.000 stanovnika s intenzivnim razvojem industrije i pomorske važnosti te rastom stanovništva, pa postojeći prijevoz putnika kočijama nije više bio dostatan.

Početak radova na izgradnji dviju linija tramvajske pruge, Ministarstvo željeznica Austrije odobrilo je 1897. god. inženjeru Rudolfu Urbanitzkyju. Radovi na izgradnji započeli su 1902. god. Nakon probne vožnje 15.2.1904. god., tramvaj je svečano pušten u promet 24.3.1904. god., Sl. 49 i postao ponosom grada. Početna stanica bila je na željezničkom kolodvoru. Jedna linija vodila je uz Rivu i Arsenala do Nove Pule, a druga, kružna, uz Monte Casino, preko gradskog trga Giardina te uz Arenu natrag do željezničkog kolodvora. Pruga je kasnije proširena jednim krakom koji se odvajao od Arene prema Šijanskoj šumi. Ukupna dužina pruga bila je 7,1 km. Tramvajsko društvo je u početku imalo 8 zatvorenih i 4 otvorena kola, da bi kasnije proširilo vozni park na 14 motornih kola i 15 prikolica. Kapacitet tramvajskih kola je bio 40 sjedećih i 16 stajaćih mjesta. Razmak tračnica bio je identičan željezničkom.

Nakon Velikog (I. svjetskog) rata, raspadom Austro-Ugarske i potpadanje pod vlast Italije, Pula gubi značaj kako u vojnom tako i u gospodarskom pogledu. Ideje o proširenju tramvajske mreže nakon uspješnog početka prometovanja nisu realizirane. Tramvaj je Pulom prometovao do 16.4.1934. god. kada je zamijenjen autobusima.



Sl. 49. Pulski električni tramvaj s početka 20. st.

U novije vrijeme u Puli se ponovo razmišlja o uvođenju tramvaja kao udobnog, ekološkog vozila za prijevoz putnika, s ciljem rasterećenja cestovnog prometa, s obzirom na sve veće prometne gužve u centru grada, osobito ljeti, o čemu je krajem 2021. god. pisao Glas Istre.



Sl. 50. Vizualizacija novog tramvaja u Puli (Glas Istre)

Današnja tvrtka javnog gradskog prijevoza u Puli, Pulapromet, baštini povijest društva pulskog tramvaja.

Električni tramvaj u Opatiji

Opatija, koja od 1880. – ih godina bilježi intenzivni razvoj turizma, izgradnju hotela i rast stanovništva, a 1889. god. je proglašena klimatskim lječilištem Austro-Ugarske monarhije, već je krajem 19. st. razmišlja o uvođenju tramvaja, te je izrađen projekt za parni tramvaj. Projekt nije zaživio zbog bojazni da će dim i buka otjerati goste. Početkom 20. st., 1907. god. Ministarstvo željeznica Austrije izdalo je građevinsku dozvolu za izgradnju električnog tramvaja, a prvi električni tramvaj pušten je u promet već 17.2.1908. god., Sl. 51.



Sl. 51. Električni tramvaj u Opatiji

Izgrađena je jedna jednokolosiječna pruga dužine 12 km, s mimoilaznicama na tramvajskim stanicama. Širina kolosijeka je bila 1 m, a napon napajanja 750 V. Vlasnik je bilo dioničko društvo Abbazianer Elektrizitäts und Kleinbahngesellschaft iz Beča. Linija je vodila od željezničke stanice Matulji, uz hotele preko centra Opatije do Lovrana. Glavna namjena tramvaja, odnosno male električne željeznice kako su je nazivali, bila je prijevoz hotelskih gostiju od željezničke stanice Matulji do hotela, ali i prijevoz tereta do skladišta u Opatiji teretnim tramvajskim kolima. Opatija je tada imala oko 6500 stanovnika.

Nakon Velikog (I. svjetskog) rata, raspadom Austro-Ugarske i potpadanje pod vlast Italije nakon Rapalskog ugovora 1920. god., Opatija, kao grad na rubu države, gubi na značaju i stagnira uz smanjenje broja stanovnika. Zbog posljedične nerentabilnosti, tramvajski promet je ukinut 31.3.1933. god. Tramvajska kola su prodana Ljubljani, a tračnice Siciliji.

Električni tramvaj u Dubrovniku

Samo dvije godine nakon Opatije, električni tramvaj uveden je u promet u Dubrovniku i kao moderno prijevozno sredstvo zamijenio kočije i omnibuse. Bio je to jedini tramvaj u Dalmaciji. Ideja uvođenja električnog tramvaja u javni gradski promet se pojavila nakon izgradnje i puštanje u pogon električne centrale 1901. god. Promicateljski odbor za izgradnju električnog tramvaja osnovan je 1906. god. Prijedlog za izgradnju električnog tramvaja na relaciji od luke Gruž do Dubrovnika (Pile), odnosno ishodenje koncesije od države, odbor je iznio na sjednici Općinskog vijeća 17.6.1908. god. Budući da je koncesije za izgradnju pruga izdavalo Cesarsko Kraljevsko Ministarstvo Željeznica, dioničko društvo za izgradnju električnog tramvaja nazvano je Dubrovačka električna željeznica (DEŽ). Izgradnja je počela 1910. god. i za samo 48 radnih dana bili su završeni radovi na ugradnji tračnica i postavljanju gornjeg voda.

Električni tramvaj je u Dubrovniku, na sveopću radost i oduševljenje građana, svečano pušten u promet 22.12.1910. god. u 10 sati. Kolosijek je bio širine 0,76 m, napon napajanja 600 V istosmjerno, a brzina kretanja na ravnom dijelu pruge 40 – 45 km/h. Dubrovnik je tada imao oko 12.000 stanovnika, uz zamjetan gospodarski razvitak.

Električni sustav (osim remize) i električnu opremu tramvajskih kola isporučilo je i izgradilo elektrotehničko poduzeće češkog izumitelja, elektroinženjera i poduzetnika Františka Křižíka, „Křižíkovy závody“ iz Karlína (danas dio Praga), s karoserijama prvih pet tramvaja i zatvorenih prikolica izrađenih u tvornici „Grazer Wagonen und Maschinenfabrik“ iz Graza (Austrija), Sl. 52. Zanimljivo je spomenuti da je F. Křižík 1891. god. izgradio i prvi električni tramvaj u Pragu, koji je bio ujedno prvi u Češkoj. Zbog brzog razvoja turizma i porasta broja putnika, dodatna dva tramvaja naručena su 1912. god. Křižíkovi tramvaji prometovali su svih 60 godina postojanja dubrovačkog tramvaja.



Sl. 52. Električni tramvaj u Dubrovniku

Tadašnje novine „Dubrovnik“ br. 92, od 16.11.1910. god. u članku pod naslovom „Dubrovačka električna željeznica“, izuzetno pohvalno su pisale o češkoj firmi, citat: *Već je skoro potpuno izvedena. Prispjela su već i kola, sve se radnje dovršuju tako, da će se započeti prometom još možda u prvoj polovici nastajnog decembra. Poduzeće električne željeznice, ugledna česka tvrtka Fr. Križik iz Praga, Karlina, nadmašila je izvedbom naše željeznice onaj dobar glas i pouzdanje, što je pretekao. Ustrajnošću u izvedbi prkosila je nepogodama vremena tako, da u određenom roku dovršuje svoje izvedbe čemu je mnogo doprinijelo i kulantno ponašanje prema liferantima i uzorno postupanje sa namještanim osobljem. Za vrijeme čitave izvedbe tvrtka Fr. Križik nije dala povoda upravi električne željeznice da se potuži ili da posreduju.*

Električni tramvaj proširen je dodatnom linijom Pile – Lapad dužine nešto više od 2 km tijekom 1928. god., a radovi su trajali samo dvadesetak radnih dana. U šezdesetim godinama 20. st., vozni park je proširen s četiri tramvaja preuzetih iz Sarajeva (BiH, tada Jugoslavija), tramvaj br. 1, Sl. 52, lijevo.

Zbog zastarjelosti i potrebe znatnih ulaganja u obnovu i uvođenje u promet tada popularnih autobusa, Općina Dubrovnik donijela je odluku o ukidanju tramvaja tijekom 1970./71. god. Nesreća koja se dogodila 7.3.1970. god., ubrzala je tu odluku i tramvaj je na posljednju vožnju krenuo 20.3.1970. god., kada su ga Dubrovčani ispratili s tugom u srcu i s puno lijepih riječi.

No, na krilima suvremenih tendencija rehabilitiranja tramvaja kao ekološkog vozila za masovni prijevoz putnika širom svijeta, u Dubrovniku su se pojavila razmišljanja ponovnog uvođenja tramvaja, prije svega radi smanjenja velikih prometnih gužvi u gradu s obzirom na brojnost turista, o čemu je pisao dubrovnik.net, Sl. 53.



Sl. 53. Vizualizacija modernog niskopodnog tramvaja u Dubrovniku

Električni tramvaj u Osijeku

Nakon uspješnog uvođenja u promet konjskog tramvaja 1884. god., kao prvog tramvaja u Hrvatskoj, Osijek ga je 1926. god. zamijenio električnim tramvajem, Sl. 54. Osijek tada ima oko 40.000 stanovnika.

Elektrifikacija tramvaja predložena je još 1898. god., međutim zbog nesuglasica između gradske uprave i di-
oničkih društava za plin i tramvaj, zbog čega kasni cjelokupna elektrifikacija grada, te Velikog (I. svjetskog)
rata, prvi električni tramvaj proizveden u tvornici Škoda krenuo u promet 12.12.1926. god., Sl. 54, lijevo, koji
se danas koristi u turističke svrhe.



Sl. 54. Električni tramvaj u Osijeku

Širina kolosijeka je 1000 mm, a napon napajanja kontaktne mreže je 660 V istosmjerno . Tramvajska
mreža Osijeka se trenutno sastoji od tri linije preko centra grada od kojih je jedna kružna (popularni „Kolod-
vorac“), ukupne dužine pruga oko 30 km na kojima prometuje 25 tramvaja. Tramvaj je u Osijeku postao tra-
dicija, dio identiteta i jedan od simbola grada na Dravi.

Prema pisanju medija (Republika.eu i dr.), u planu je daljnje širenje i modernizacija tramvajske mreže,
izgradnja nove pruge te nabava niskopodnih tramvaja sredstvima iz fondova EU, Sl. 55.



Sl. 55. Vizualizacija modernog niskopodnog tramvaja u Osijeku (Republika.eu)

Današnja tvrtka javnog gradskog prijevoza u Osijeku, Gradski prijevoz putnika d.o.o. (GPP), baštini
povijest društva osječkog konjskog tramvaja od 1884. god., a Osijek je grad s najdužim kontinuiranim tram-
vajskim prometom u Hrvatskoj.

Zanimljivo je spomenuti da je 1.12.2021. god., o 235. obljetnici grada, u Osijeku organizirana (vjero-
jatno) prva utrka tramvaja (Glas Slavonije od 2.12.2021.), Sl. 56.



Sl. 56. Prva utrka tramvaja u svijetu, Osijek 1.12.2021.

Električni tramvaj u Zagrebu

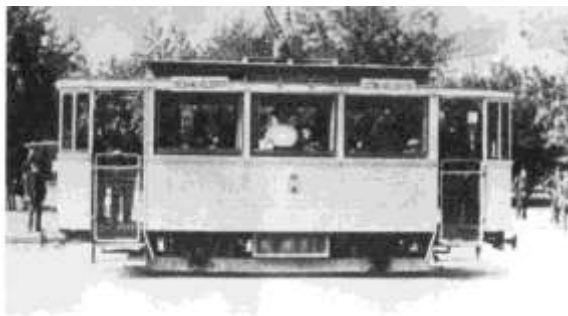
Početkom 20. st. Zagreb se počeo ubrzano razvijati uz porast broja stanovnika. Pod utjecajem elektrifikacije tramvaja u drugim gradovima tadašnje Austro-Ugarske monarhije, Europe i svijeta i u Zagrebu se razmišlja o zamjeni konjskog tramvaja električnim. Tramvajsko društvo je 1906. god., nakon pregovora s gradskom općinom kao koncesionarom, izrazilo spremnost za sklapanje ugovora za gradnju električnog tramvaja. Pregovori su nastavljeni, pa je tako gradsko zastupstvo na sjednici 11.3.1907. god. donijelo zaključak na osnovu kojeg se tramvajskom društvu, temeljem ugovora, predaje uprava budućeg električnog tramvaja. Nakon daljnjih pregovora vezano na dodjelu koncesije, koje se tramvajsko društvo nije željelo odreći u korist gradske općine, konačno je došlo do nagodbe prema kojoj je tramvajsko društvo pristalo izgraditi sustav električnog tramvaja o svom trošku, uz pravo upravljanja najmanje 10 god. nakon kojeg roka bi ga gradska općina mogla otkupiti, dok bi električni tramvaj prešao u vlasništvo gradske općine bez naknade nakon 50 god. Nagodba je odobrena i gradska općina je došla u posjed koncesije za izgradnju i pogon tramvaja na neograničeno vrijeme 15.4.1909. god. Izvedba i pogon su predani novoosnovanom poduzeću Zagrebački električni tramvaj d.d. (ZET), a staro poduzeće je likvidirano.

Kao jedan od preduvjeta izgradnje sustava električnog tramvaja bila je i izgradnja električne centrale, tzv. „Munjare“, puštene u pogon 24.10.1907. god. na lokaciji tadašnjeg Gradskog vodovoda u Zagorskoj ulici (današnji nasljednik je EL-TO Zagreb).

Zagrebački električni tramvaj d.d. je radove na izgradnji pruga ugovorio s belgijskim društvom Compagnie Mutuelle de Tramways iz Bruxellesa. Radovi na cijeloj mreži su završeni 4.8.1911. god. Za cijelo vrijeme gradnje promet konjskim tramvajem nije bio obustavljen. Izgradnjom su obuhvaćene uglavnom iste pruge koje su bile u prometu konjskim tramvajem, uz proširenje pruge od Južnog kolodvora (danas Zapadni kolodvor) kroz Ilicu i Jurišićevu ulicu do Draškovićeve ulice u dvokolosiječnu, a pruga u gornjoj Ilici je produžena do Črnomerca. Također je sagrađena i kružna pruga od Kolodvorske ulice (danas Ulica Republike Austrije), Jelisavinom (danas Klaićeva ulica), Kukovićevom (danas Hebrangova ulica), Boškovićevom i Draškovićevom ulicom. Svečano puštanje u promet prvog električnog tramvaja upriličeno je 18.8.1910. god. Zagreb je tada imao oko 80.000 stanovnika.

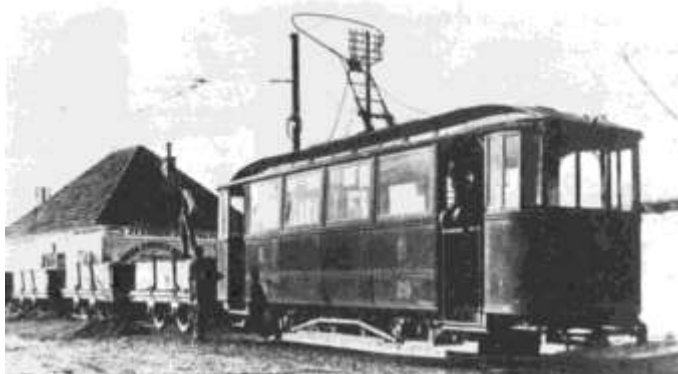
Širina kolosijeka je proširena s 0,76 m na 1 m, a napon napajanja kontaktne mreže je 600 V istosmjerno. Brzi razvoj grada i porast broja stanovnika nametnuo je potrebu proširenja tramvajske mreže, pa je tako već 1911. god. izgrađena pruga od Jelačićevog trga preko Bakačeve ulice, Nove Vesi i Gupčeve zvijezde do Mirogoja. Izgradnja novih pruga nastavlja se i između dva svjetska rata, tijekom i nakon drugog svjetskog rata, sve do naših dana, uz naznake daljnjeg širenja tramvajske mreže diktirano širenjem grada. Današnja tramvajska mreža Zagreba ima oko 116 km pruge uz prometnu dužinu oko 54 km.

Vozni park sastojao se je u početku od 28 motornih kola i 14 prikolica, Sl. 57. Motorna kola isporučila je tvrtka Ganz&Co. iz Budimpešte (Mađarska), a prikolice su preuzete od konjskog tramvaja i preuređene za širinu kolosijeka od 1 m te u kasnijim godinama rekonstruirane u zatvorene. Naknadno je nabavljeno još sedam motornih kola za brdsku prugu prema Mirogoju.



Sl. 57. Prvi električni tramvaji u Zagrebu

S obzirom na porast broja putnika i sve veće potrebe za povećanjem voznog parka, ubrzo nakon Velikog (I. svjetskog) rata, donesena je odluka o gradnji motornih kola i prikolica u vlastitoj radionici, za što su pripremni radovi počeli sredinom 1921. god. Prva motorna kola vlastite proizvodnje, model M-22, s dva AEG – ova motora po 30,5 kW, prema projektu Dragutina Mandla, dipl.ing., ZET je uveo u promet 2.7.1922. god., Sl. 58, lijevo. Inženjeri ZET – a konstruirali su i oduzimač struje koji se u tadašnjim uvjetima pokazao boljim od inozemnih.



Sl. 58. Tramvaji proizvedeni u radionici ZET – a od 1922. god., model M-22, lijevo i M-24, desno

Kasnije proizvedeni tramvaji, legendarni model M-24, Sl. 58, desno, u prometu su bili do sedamdesetih godina 20. st., a i danas se koriste u turističke i prigodne svrhe.

S obzirom na zastarjelost i nedovoljni kapacitet postojećeg voznog parka, vlastita proizvodnja tramvaja tu nije stala i nastavljena je nakon II. svjetskog rata. Tim stručnjaka, Sl. 59, sastavljen od već spomenutog Dragutina Mandla, dipl.ing. kao voditelja (u bijeloj kuti) i suradnika (od lijeva na desno): J. Kerin, J. Božičević, Z. Fresl, R. Kuzle, D. Kosić, S. Sklepić, Đ. Krepela, dipl.ing. i J. Ausperger, 1950. god. konstruirao je prototip novih dvoosovinskih tramvajskih motornih kola, modela TMK-101, Sl. 60. Kasnijih godina su u ZET – ovim radionicama proizvedena još dva, da bi, prema tehničkoj dokumentaciji ZET – a, proizvodnja bila prebačena u tvornicu Đuro Đaković u Slavonskom Brodu.



Sl. 59. Tim stručnjaka koji su konstruirali prva dvoosovinska motorna kola, D. Mandl, dipl.ing. (u bijeloj kuti) sa suradnicima (od lijeva na desno): J. Kerin, J. Božičević, Z. Fresl, R. Kuzle, D. Kosić, S. Sklepić, Đ. Křepela, dipl.ing. i J. Ausperger, 1950. god.

Bio je to prvi tramvaj domaće proizvodnje, brzine do 60 km/h. U promet je uključen 1951. god. i kako piše Jutarnji list od 11.6.2017. god., bio je to, s obzirom na niz tehničkih noviteta, „Ferrari svoga vremena“.

Model TMK-101 bio je dalje razvijan u suradnji sa stručnjacima ZET – a, pojavile su se nove inačica i modeli (TMK-200, TMK-201). U zasluženu „mirovinu“, ovaj uspješni model, popularna „stojedinica“, je otišao krajem 2008. god., no i danas se ponekad, po potrebi uključuje u promet.



Sl. 60. Prvi domaći tramvaj razvijen, uz prototip proizveden u ZET – u, popularni TMK-101 i njegov „kok-pit“, serijska proizvodnja u tvornici Đuro Đaković, Slavonski Brod

Tijekom sedamdesetih godina, u zagrebački promet su uvedeni i tramvaji proizvodnje češke tvornice ČKD-Tatra, Sl. 61, koji su i dalje u redovnom prometu.

Narastle potrebe prijevoza putnika, uz proširenje tramvajske mreže i postepeno povlačenje iz prometa starih modela, te razvoj suvremenih niskopodnih tramvaja u svijetu, doprinijele su odluci o razvoju i proizvodnji domaćih modela s ciljem modernizacije i povećanja kapaciteta voznog parka ZET – a. Godine 2005. u promet je pušten prvi niskopodni tramvaj proizveden u suradnji zagrebačkih tvornica Končar i Gredelj, model NT-2200, Sl. 62, znanjem i radom domaćih stručnjaka, slično kao i davnih 1922. i 1950. god. Povijest kao da se je ponovila.



Sl. 61. Tramvaji češke tvornice ČKD-Tatra, modeli T4 i KT4



Sl. 62. Suvremeni niskopodni zagrebački tramvaji

ZAKLJUČAK

Od prvog konjskog tramvaja, praktički diližansi na tračnicama, uvedenog u promet 1807. god. u Walesu, UK, do naših dana, tramvaj je doživljavao uspone i stagnaciju, da ne kažemo padove uzrokovane razvojem motora s unutarnjim izgaranjem i pojavom autobusa.

Može se reći da je tramvaj doživljavao uspon i popularnost od pojave konjskog tramvaja do prve polovice 20. st. U tom razdoblju bilo je niz pokušaja zamjene konjske vuče novoizumljenim pogonima, prije svega parnim, koji međutim, za razliku od željeznice, zbog skupe izvedbe, dima, pare i buke nije zaživio u gradskom prometu. Nije zaživio niti pokušaj pogona na komprimirani zrak.

Od Davenportove genijalne ideje korištenja električne energije za pogon tramvaja davne 1834. god. do danas prošlo je gotovo 200 god. Tramvaj je prolazio kroz niz, više ili manje uspješnih razvojnih ciklusa, da bi prvi vrhunac razvoja dosegnuo krajem 19. st., izumom i razvojem električnog pogona i električnih centrala. Korištenjem električne energije iz udaljenog izvora, popularnost i razvoj tramvaja doživljava novi uzlet. „Zlatne” godine tramvaja i masovna izgradnja tramvajskih mreža bila je zadnja dekada 19. i prva polovica 20. st., od elektrifikacije centralnih strojarnica za pogon vučnim užetima do električnog napajanja preko kontaktne mreže (gornjeg voda).

Stagnaciju i pad popularnosti tramvaja događa se brзом izgradnjom kvalitetne cestovne mreže, osobito iza II. svjetskog rata te utjecajem naftne i automobilske industrije dovode do široke primjene autobusa i trolejbusa koji su prezentirani kao „jeftinija“, brža i modernija varijanta javnog prijevoza. Prestaje širenje, a dolazi i do masovnog ukidanja tramvajskih mreža u mnogim gradovima diljem svijeta na račun naoko jeftinijeg cestovnog prometa (kod nas Dubrovnik, Opatija, Pula, Rijeka).

Novi zamah korištenju i obnovi postojećih te uvođenju novih tramvajskih sustava događa se krajem 20. i početkom 21. st. Moderni niskopodni električni tramvaj, kao ekološko prijevozno sredstvo velikog kapaciteta putnika, postaje ponovo okosnica javnog gradskog prijevoza u gradovima širom svijeta, integriran u

cjeloviti sustav s podzemnom i nadzemnom prigradskom željeznicom te autobusima na širem gradskom području, a negdje i s preostalim linijama trolejbusa.

S obzirom na sve veću gustoću stanovanja, masovno korištenje motornih vozila uz prometno zagušenje gradskih središta i sve veće zagađenje zraka uz emisije stakleničkih plinova, poglavito CO₂, čiji su jedan od izvora motori s unutarnjim izgaranjem, krajem 20. i početkom 21. stoljeća, tramvaj doživljava renesansu s obzirom na sljedeće prednosti:

- globalno zagrijavanje potiče na djelovanje s ciljem smanjenja emisija stakleničkih plinova, među kojima je osobito zastupljen CO₂;
- tramvaj je ekološko vozilo, dugog životnog vijeka (> 40 god.);
- razvoj brzih, modernih, niskopodnih tramvaja velikog kapaciteta putnika;
- moderni sustavi pogona, upravljanja i signalizacije;
- razvoj naprednih, dijelom još u povojima, izvedbi napajanja elektromotora iz akumulatorskih baterija, super-kondenzatora i vodikovih gorivih ćelija;
- razvoj autonomnih tramvaja bez vozača.

Električni tramvaj višestruko je „ubrzao” život, mjereći brzinu kretanja, skoro deset puta, od oko 7,5 km/h konjskog tramvaja, do više od 70 km/h modernih tramvaja i time „skratio” udaljenosti u sve prostranijim i gusto naseljenim gradskim i prigradskim četvrtima. Isto tako, više od deset puta je povećan kapacitet prijevoza putnika, od početnih dvadesetak do preko dvjesto pedeset.

Svojim dizajnom, ergonomskim i ekološkim kvalitetama, uz minimiziranje buke u prometu, suvremeni niskopodni tramvaji u potpunosti se uklapaju u urbane prostore. Korištenjem, gdje god je to moguće, kolosijeka izvan prometnica, moderni niskopodni tramvaji postižu optimalnu brzinu kretanja te uz veliki kapacitet putnika rasterećuju cestovni promet.

Širom svijeta tramvaji prevoze milione putnika brzo i sigurno, dan za danom, bez štetnih emisija. Novu revoluciju koja upravo traje, predstavlja razvoj tramvaja s napajanjem iz alternativnih izvora (akumulatori, vodikove gorive ćelije i sl.) te inteligentnih autonomnih tramvaja s komercijalnom primjenom u javnom gradskom prometu u bliskoj budućnosti.

LITERATURA

1. Materijali dostupni na internetu (www):

- [1] Antonio Pacinotti
- [2] Aju Business Daily - State demonstration project launched to commercialize hydrogen trams by 2023
- [3] Ballard Power: Case Study Foshan Gaming Tram Final
- [4] Bow Collector
- [5] Cable Car
- [6] Convict Tramway
- [7] Double-decker Tram
- [8] Dubrovnik – Hrvatska enciklopedija
- [9] Dubrovniknet – Tramvaj kao rješenje prometnih gužvi
- [10] Dynamo
- [11] Dynamo Machine_Stories_Siemens Global
- [12] Edison Tech Center – Trolleys, Light Rail and Subways
- [13] Electric Railway_Stories_Siemens Global,
- [14] Electric Streetcar_Stories_Siemens Global
- [15] Frank J. Sprague
- [16] Fuel Cell Vehicle
- [17] FuelCellsWorks – Russia: Hydrogen Fuel Cell Tram Tested in St.Petersburg
- [18] Fyodor Pirotsky
- [19] Glas Slavonije – Modernizacija tramvajske infrastrukture na području grada Osijeka
- [20] Glas Slavonije – Osijek, domaćin prve svjetske utrke tramvaja
- [21] GPP Osijek

- [22] Gramme Machine
- [23] Gross Lichterfelde Tramway
- [24] Hasting and Distric Electric Tramways
- [25] HeiterBlick GmbH – Towards the future with hydrogen
- [26] History of Trams
- [27] Horsecar
- [28] Hyppolite Fontaine
- [29] Hyundai Rotem Tech – Hydrogen Electric Tram
- [30] Inet.hr – Dubrovački tramvaj
- [31] Kojnača
- [32] Louis Mékarski
- [33] M-24
- [23] Miller's Line
- [35] Mödling and Hinterbrühl Tram
- [36] Moritz von Jacobi
- [37] Osijek – Hrvatska enciklopedija
- [38] Opatija_Hrvatska enciklopedija
- [39] Povijest - Autotrolej
- [40] Povijest dubrovačkog tramvaja
- [41] Povijest GPP – a Osijek
- [42] Povijest.hr – Zagreb dobio prvi električni tramvaj
- [43] Povijest Rijeke
- [44] Povijest ZET – a
- [45] Pulapromet - povijest
- [40] Railway Gazette International
- [41] Railway-News: World's First Hydrogen-Powered Tram Enters Service
- [42] Republika.eu – Obnova osječke tramvajske mreže
- [43] Siemens Combio
- [44] Siemens Mobility
- [45] Surey Iron Railway
- [46] The Korea Bizwire – S.Korea reveals country's first hydrogen tram
- [47] Thomas Davenport – Electrical Pioneer
- [48] Ticknal Tramway
- [49] Thomas Davenport – Electrical Pioneer
- [50] TMK-101
- [51] Tram
- [52 - 75] Trams in Adelaide, Amsterdam, Barcelona, Belgrade, Berlin, Brno, Budapest, Graz, Finland, Lisbon, Ljubljana, Melbourne, Moscow, Munich, Osijek, Prague, Rome, St.Petersburg, Sarajevo, Subotica, Sydney, Trieste, Vienna, Zagreb
- [76] Tramvaji u Hrvatskoj
- [77] Tramvaji u Subotici
- [79 - 86] Tramvajski promet u Beogradu, Dubrovniku, Ljubljani, Osijeku, Puli, Rijeci, Sarajevu, Zagrebu
- [87] Tramway (Industrial)
- [88] Tramway information – Compressed Air Trams
- [89] TÜV SÜD Korea to participate in hydrogen electric tram project
- [90] Wagonway
- [91] Walter Reichel_Stories_Siemens Global
- [92] Wantage Tramway
- [93] William Sturgeon
- [94] Zénabe Gramme

2. Ostala literatura

- [95] Chronik der Straßenbahn, M.&H. Schaper Verlag, Hannover, 1969.
- [96] Fenomen Křižík, Dopravní podnik hl.m. Prahy & Národní technický muzeum, Prag, 2016.

- [97] Tehnička enciklopedija, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb, 1969.
- [98] Zagrebački leksikon, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 2006.
- [99] 60 godina Zagrebačkog tramvaja 1891. – 1951., ZET, Zagreb, 1951.
- [100] Zagrebački tramvaj 70 godina, ZET, Zagreb, 1961.
- [101] Đuro Křepela, dipl.ing.: Suvremeni prijevoz putnika u gradskom saobraćaju, Zagreb, 1959.
- [102] Đuro Křepela, dipl.ing.: Parametri koji se zahtijevaju sa gledišta korisnika kod vozila gradskog i prigradskog pružnog saobraćaja poslije 1970. godine u Zagrebu, Međunarodna konferencija o razvoju gradskog i prigradskog pružnog saobraćaja poslije 1970. godine, Prag, 1967.
- [103] Stanislav Linert: Dopravní prostředky pražské městské hromadné dopravy 1875 - 1975

TRAM FROM HORSE TO ELECTRIC TRACTION OR HOW ELECTRICITY ACCELERATED LIFE

Summary: This year, more precisely on the 11th May 2021., Zagreb celebrates the 130th anniversary of the beginning of the construction of the tram network. However horse-drawn. Thus, Zagreb followed numerous European cities that introduced the horse-drawn tram since 1860's. After the promotion of the small electric railway at the Berlin Industrial Exhibition in 1879, horse-drawn tram have been gradually replaced by electric ones, however, primarily for financial, but also for technological reasons. This trend took place gradually. Horses hauled trams in many cities as early as the beginning of the 20th century, so Zagreb got its first electrified tram line in 1910. With the development of tram networks as well as subway and suburban railway networks, cities became "smaller", life „accelerated“.

Key words: history, tram, electricity

Miroslav Křepela, dipl.ing.