

VISEĆA ŽELJEZNICA U WUPPERTALU

Područje današnjega grada Wuppertala smjestilo se u uskoj dolini rijeke Wupper te je ondje razvoj industrije i rast gradskog stanovništva pridonijelo izgradnji viseće željeznice. Cijela trasa od 13,3 kilometra puštena je u promet 1903. godine te je od onda u funkciji već 120 godina. Zadnjih petnaestak godina u cijelosti su obnovljeni trasa i stajališta te je ugrađen novi sustav upravljanja ETCS razine 2+ koji omogućava maksimalnu brzinu vlakova od 60 km/h uz interval između vlakova od tri minute. Danas ta viseća željeznica predstavlja spoj tehnologije, funkcionalnosti, a i estetskog graditeljskog poduhvata.



Borna Abramović
prof. dr. sc.

Fakultet prometnih znanosti
borna.abramovic@fpz.unizg.hr

UDK: 625.5

1. Uvod

Viseća željeznica u Wuppertalu, poznata i kao *Wuppertaler Schwebebahn*, jedinstveno je svjetsko tehničko čudo i simbol grada Wuppertala u Njemačkoj. Ta neobična željeznica, za promet otvorena 1903. godine, najstariji je sustav viseće željeznice na svijetu.

Zbog različitih objektivnih razloga te pozitivne političke klime upravo je jedino gradu Wuppertalu uspjelo sagraditi viseću željeznicu kao glavnog nosioca prometnog opterećenja. Čak 80 posto željezničke trase nalazi se iznad rijeke Wupper. Viseća željeznica u Wuppertalu i danas je inovativno rješenje za javni prijevoz putnika koje pruža i nevjerojatan pogled na prostor kojim prolazi. Zato je vožnja visećom željeznicom jedinstveno iskustvo ne samo za svakodnevne putnike, već i za posjetitelje iz cijelog svijeta. Danas je viseća željeznica nevjerojatan spoj tehnologija, funkcionalnosti i estetike.

2. Grad Wuppertal

Wuppertal je grad u pokrajini Sjevernoj Rajni-Vestfaliji (njem. Nordrhein-Westfalen – NRW) u Saveznoj Republici Njemačkoj. Grad se smjestio u dolini rijeke

Wupper te se nalazi istočno od Düsseldorfa i južno od Ruhra. Danas približno broji oko 350 000 stanovnika te se smjestio na površini od oko 170 m² na nadmorskoj visini od 160 m i najveći je grad u Bergisches Landu. Wuppertal je poznat po strmim padinama, šumama i parkovima te naravno po visećoj željeznici *Wuppertal Schwebebahn*. To je najzeleniji grad u Njemačkoj, čije dvije trećine ukupne gradske površine čine zelene površine. Najudaljeniji javni park ili šumska staza samo je deset minuta hoda udaljen od bilo koje točke u gradu.

Grad je osnovan 1. kolovoza 1929. godine spajanjem samostalnih velikih gradova Elberfelda i Barmena te gradova Ronsdorfa, Cronenberga i Vohwinkela u samostalni grad pod jedinstvenim nazivom Barmen-Elberfeld, a tijekom 1930. godine grad je preimenovan u Wuppertal. Tim nazivom istaknuta je geografska pozicija gradova Barmena i Elberfelda u dolini rijeke Wupper.

Tijekom 18. i 19. stoljeća dolina Wupper bila je jedna od najvećih industrijskih re-

gija kontinentalne Europe. Sve veća potražnja za ugljenom iz tekstilnih tvornica i kovačnica potaknula je širenje obližnjeg Ruhrgebieta. Wuppertal je i danas veliko industrijsko središte, u kojemu su smještene industrije poput tekstila, metalurgije, kemikalija, farmaceutskih proizvoda, elektronike, automobila, gume, vozila i opreme za tisak.

Zanimljivo je da Aspirin potječe iz Wuppertala, gdje ga je Friedrich Bayer patentirao 1897. godine. Ondje je rođen i poznati filozof Friedrich Engels.

Po središnjoj osi grada prolazi željeznička pruga Düsseldorf – Dortmund te se na području grada odvajaju pruge prema Essenu, Kölnu, Solingenu preko Remscheida, na kojoj se nalazi Müngstener Brücke, najviši željeznički most u Njemačkoj (107 m). Zanimljivo je da ICE vlakovi kroz kolodvor Wuppertal Hbf imaju takt od 15 minuta te kroz njega prolazi nekoliko regionalnih (RE 4 „Wupper-Express“, RE 7 „Rhein-Münsterland-Express“, RE 13 „Maas-Wupper-Express“, RE 49 „Wupper-Lippe-Express“



Slika 1. Panorama istočnog Wuppertala – Barman



Izvor: 7

Slika 2. Panorama zapadnog Wuppertala – Vohwinkel

i RB 48 „Rhein-Wupper-Bahn“) i gradskih linija područja Rajna-Ruhr (S 7, S 8, S 9, S 28 i S 68). Prometno je grad dobro povezan s njemačkom mrežom autocesta, i to po sjevernoj strani grada s A46, sa zapada s A535 i na istoku s A1, a kroz središnji dio grada prolazi državna cesta B7.

3. Viseća željeznica

Željeznica se u pravilu dijeli na adhezivsku i specijalnu. Specijalna željeznica konstrukcijski je prilagođena posebnim uvjetima prometovanja. U specijalne željeznice obično se ubrajaju (1) jednokolosiječna željeznica, (2) zupčasta željeznica i (3) žičana željeznica. Viseća željeznica pripada u jednokolosiječne željeznice s tehničkim rješenjem prema kojemu je težište vozila iznad ili ispod tračnice.

Viseća željeznica u Wuppertalu izvedena je kao jednokolosiječna željeznica na kojoj je težište vozila ispod tračnice. Zanimljivo je da je njemačka riječ za viseću željeznicu *Schwebebahn*. Ta riječ tehnički nije ispravna jer vozilo ne lebdi (danas u praksi lebde samo magnetni vlakovi), već je čvrsto obješeno na tračnicu. No, od početka su je zbog atraktivnosti prozvali tako te se ta riječ udomačila u njemačkome jeziku.

Prvu patentnu prijavu za viseću željeznicu predao je 1821. godine britanski inženjer Henry Robinson Palmer. Njegovo je rješenje ponudilo sustav s jednom tračnicom na koji su obješena vozila, a koji su vukli konji. Godine 1826. Friedrich Harkort izgradio je demonstracijsku željeznicu temeljenu na Palmerovu sustavu u Elberfeldu u Njemačkoj.

Friedrich Harkort rođen je 22. veljače 1793. godine u Westerbaueru (Haspeu), a umro je 6. ožujka 1880. godine u Kirchhörderu (Hombbruchu). Inače je proglāšen Ocem Ruhrskog Područja (njem. Vater des Ruhrgebiets), a bio je njemački industrijalac, mislilac i političar na početku industrijske revolucije. Također, bio je pionir uspostave željezničkog prometa na području današnje Njemačke. Godine 1825. objavio je članak na temu gradnje željezničke pruge između Kölna na rijeci Rajni i Mindena na rijeci Weser kako bi se dvije plovne rijeke učinkovitije povezale s velikim gospodarskim potencijalom. Već 1828. godine osnovao je prvo željezničko društvo na području današnje Njemačke pod nazivom *Prinz-Wilhelm-Eisenbahn-Gesellschaft*. Poznat je po citatu: „Blagostanje jedne zemlje znatno se povećava brzim i jeftinim prijevozom robe“, naravno misleći na upotrebu željeznice.

Prvu funkcionalnu viseću željeznicu osmislio je Carl Eugen Langen u Kölnu početkom devedesetih godina 19. stoljeća. Carl Eugen Langen rođen je 9. listopada 1833. godine u Kölnu, a umro je 2. listopada 1895. godine u blizini Elsdorfa te je bio njemački poduzetnik, inženjer i izumitelj. Langen je odigrao ključnu ulogu u razvoju motora s unutarnjim izgaranjem i viseće željeznice. Bio je projektant dviju visećih željeznica u današnjoj Njemačkoj, i to one manje poznate u Dresdenu te svjetski poznate u Wuppertalu. Zanimljivo je da su obje viseće željeznice dandanas u funkciji.

Krajem 19. stoljeća gradovi na području Wuppertala srasli su u aglomeraciju od gotovo 400 000 stanovnika. Stvorena

je trgovačka regija koja se sastojala od nekoliko gradova i sela čija je industrijalizacija, za razliku od gradova u Ruhrskoj oblasti, ubrzano započela već u prvoj polovini 19. stoljeća. Još prije sredine 19. stoljeća dolina Wupper bila je potpuno izgrađena, a prometnice su izgrađene za kočije i pješake. Ulice spojenih gradova čak su imale malo mjesta za tramvaje. Brže veze u obliku željeznice mogle su se graditi samo na padinama odnosno relativno udaljeno od glavnih prometnih arterija gradova. Zato se, s povećanjem opsega prometa i sve većim zahtjevima za brzinom, postavilo pitanje prikladnoga prijevoznog sredstva, koje je ponajprije moralo riješiti pitanje uklapanja u jako ograničen prostor.

Ni Barmen ni Elberfeld nikada nisu bili rezidencijalni gradovi i zato nikada nije postojalo sveobuhvatno urbano planiranje. Umjesto toga početkom 19. stoljeća otvoreni prostori u kotlinskoj osi počeli su se sve više izgrađivati. Taj je razvoj doveo do neuobičajeno velikog opsega prometa za to vrijeme, posebno duž dolinske osi, što je značilo da su građi Barmen i Elberfeld već početkom osamdesetih godina 19. stoljeća bili svjesni toga da će se morati primijeniti nekakvo inovativno rješenje za poboljšanje prometne situacije. Ideja je bila promet na trećoj razini. Pojednostavljeno, promet mora ići uvis. Godine 1887. osnovano je povjerenstvo za istraživanje „visoke željeznice“. Takvo rješenje u svijetu još nije postajalo, što zapravo objašnjava veličinu prometnih problema tog vremena.

Topografija Wuppertala stvorila je vrpčasti grad dug više od 15 kilometara i s visinskim razlikama do 200 metara. Sva važna središta, poduzeća i gusto izgrađena stambena područja bili su u neposrednoj blizini rijeke Wupper.

Zbog geoloških uvjeta izgradnja podzemne željeznice nije bila moguća. S jedne je strane podzemlje vrlo kamenito, s velikom količinom podzemnih voda, a s druge strane, zbog gustog rasporeda građevina, nije bilo moguće omogućiti gradnju ispod njih, a da se pritom osigura njihova statika.

Dakle, ideja je bila pratiti korito rijeke za novi prometni sustav. Navedeni lokalni čimbenici razlog su za izgradnju viseće željeznice u Wuppertalu.

4. Željeznička trasa

Željeznička trasa morala je povezati Vohwinkel i Oberbarmen u smjeru zapad-istok. Njezina ukupna duljina iznosi 13,3 kilometra, s time da se prvih 2,7 kilometara nalazi iznad zemlje (slika 3.), a potom se trasa nastavlja iznad rijeke (slika 4.). U upotrebi je 26,6 kilometara ukupne duljine jednokolsijske željeznice, dok se još 1,4 kilometra nalaze u depoima i radionici. Na trasi se nalazi ukupno 466 nosivih okvira. Najveći pad/uspon nalazi se na prijelazu sa zemaljskog dijela trase na riječni te iznosi nevjerojatnih 37 promila. Najmanja visinska razlika od razine zemlje je 4,5 metara. Na trasi je radijus 90 metara, a izuzetak su dva mjesta na kojima je radijus 70 metara, dok se najmanji radijus od samo devet metara nalazi na okretištu Oberbarmen. Otprilike 19 200 tona čelika upotrijebljeno je za proizvodnju nosivog okvira i stajališta. Cijena izgradnje željeznice na kraju je iznosila milijun maraka po kilometru, dok se u to vrijeme cijena izgradnje podzemne željeznice kretala između četiri i šest milijuna maraka po kilometru, a nadzemne željeznice oko 2,7 milijuna maraka po kilometru. Priča o izgradnji počela je 1887. godine kada su gradovi Elberfeld i Barmen formirali komisiju za izgradnju nadzemne željeznice (njem. Hochbahn). Godine 1894. odabrali su sustav inženjera Eugena Langena. Izgradnja viseće željeznice započela je 1898. godine, a nadgledao ju je vladin glavni graditelj Wilhelm Feldmann. Viseća željeznica službeno je bila puštena u promet po dionicama: (1) Zoologischer Garten – Kluse (1. ožujka 1901.), (2) Vohwinkel – Zoologischer Garten (24. svibnja 1901.) i (3) Kluse – Oberbarmen (27. lipnja 1903.).

U početnome/završnome stajalištu Vohwinkel nalaze se okretište za redoviti promet, depo te radionica. Zanimljivo je da je radionica smještena na donjoj etaži (prizemlju) te se vozila posebnim dizalom spuštaju s gornje etaže na donju. Radionica može obaviti bilo koji servis odnosno popravak vozila. Na drugome kraju trase nalazi se početno/završno stajalište Oberbarmen u kojemu se nalaze okretište za redoviti promet i depo. Ukupno je 20 stajališta, od kojih su četiri iznad zemlje, a preostalih 16 iznad rijeke. Prosječna udaljenost između stajališta iznosi 665 metara, dok je najkraći peron na stajalištu dug 25

metara. U secesiji je sagrađeno stajalište Werther Brücke, dok je najmodernije stajalište staklene konstrukcije Kluse. U tablici 1. prikazana su sva stajališta s kilometarskim položajima.

Tablica 1. Položaji radionica, depoa, okretaljki i stajališta

KM	Službeno mjesto
<i>Glavna radionica, depo i okretište</i>	
0,0	Vohwinkel Schwebebahn
0,8	Bruch
1,6	Hammerstein
2,0	vijadukt iznad križanja Sonnborner
2,3	Sonnborner Straße
2,7	početak trase iznad rijeke
2,8	<i>nekadašnje okretište i okretaljka Zoo</i>
2,9	Zoo/Stadion
3,0	željeznička pruga Düsseldorf – Elberfeld
3,6	Varresbecker Straße
4,5	Westende
5,1	Pestalozzistraße
5,9	Robert-Daum-Platz
6,5	Ohligsmühle
7,0	Hauptbahnhof (Döppersberg)
7,5	Kluse
7,6	<i>nekadašnje okretište Kluse</i>
8,2	Landgericht
9,2	Völklinger Straße
10,0	Loher Brücke (Junior-Uni)
10,5	Adlerbrücke (Opernhaus)
11,3	Alter Markt
12,0	Werther Brücke
12,6	Wupperfeld
13,3	Oberbarmen Bf
	<i>depo i okretište</i>



Slika 3. Trasa iznad rijeke

5. Željeznička vozila

U svojih 120 godina postojanja viseća željeznica u Wuppertalu imala je tijekom vremena homogeni vozni park te se može utvrditi sedam različitih serija vozila. U tablici 2. dan je povijesni prikaz vozila. Prva dva vozila bila su prototipovi I. i II. koji su prometovali od rujna 1898. Prva testna dionica bila je u Sonnbornu. Bila je duga samo 440 m i dopuštala je testne vožnje maksimalnom brzinom od 16 km/h. Nakon što su službeno puštena u promet, vozila su bila u redovitoj upotrebi.

Serija 1900 sastojala se od 26 vozila, i to od 21 motornog vagona i pet prikolica. Motorni su se vagoni preko pantografa napajali istosmjernim naponom od 600 volti. Godine 1912. odlučeno je da se sva vozila udupljaju, odnosno da se složi fikсни vlak sastavljen od motornog vagona i prikolice, bez obzira na prometno opterećenje. Masa pojedinog vagona iznosila je 13 tona, a svaki je imao dvoja vrata za ulazak/izlazak putnika te ukupni kapacitet od 65 ljudi, odnosno cijeli vlak 130 ljudi. Zanimljivo je da od 1964. godine u prikolici više nema konduktera.

Dana 24. listopada 1900. godine car Wilhelm II. sudjelovao je u probnoj vožnji viseće željeznice na relaciji Vohwinkel – Hauptbahnhof (Döppersberg). Vozilo je zapravo iz serije 1900, no popularno je nazvano Carsko vozilo (slika 9.). I danas Carsko vozilo postoji i koristi se za turističke i posebne vožnje.



Slika 4. Trasa iznad zemlje



Slika 5. Grafički prikaz stajališta

Izvor: 2

Tijekom četrdesetih godina 20. stoljeća bila je planirana narudžba 60 novih vozila, no zbog znatnih stradanja u Drugome svjetskom ratu narudžba se stalno odgađala. Nakon pedesetih godina 20. stoljeća donesena je odluka o nabavi samo 20 novih vozila serije 1950., i to 10 motornih vagona i 10 prikolica, dakle složeno je 10 vlakova. Svaki vagon odnosno prikolica imala je po trija automatska klizna vrata. Novitet je bio taj da je strojovođa dobio sjedeće mjesto. Također, zahvaljujući novome dizajnu vozila masa po vozilu smanjena je za gotovo 2,5 tona, što je značilo da je kapacitet svakoga pojednog vozila povećan na 80 ljudi. Ta se serija zbog loše kvalitete materijala ubrzo pokazala kao jako neekonomična te su sva vozila relativno brzo bila povučena iz upotrebe.



Slika 6. Primjer secesijskog stajališta Völklinger Straße

Izvor: 10

Početak šezdesetih godina 20. stoljeća postalo je jasno da je vozni park šarolik i tehnički dotrajao. Krajem pedesetih godina prošlog stoljeća eksperimentiralo se s mogućnošću da vozila budu međusobno spojena zglobovom pa su dva vozila iz serije 1950 probno bila spojena novom zglobovom konstrukcijom. Na temelju pozitivnih rezultata testiranja izgrađena je cijela nova serija 1962. Nova je serija bila obojana u plavu boju te su stanovnici Wuppertala ta vozila popularno nazvali Plavi encijan.



Slika 7. Tipsko stajalište iznad rijeke

Izvor: 10

Potkraj šezdesetih godina 20. stoljeća stanje voznog parka bilo je u najmanju ruku zabrinjavajuće. Vozni se park sastojao od vozila sagrađenih prije Drugoga svjetskog rata, dakle bili su stari gotovo 50 godina, te od vozila sagrađenih nakon tog perioda, no koja su zbog loše kvalitete materijala pri izradi i održavanju bila na izmaku funkcionalnosti. Istodobno se znatno povećao broj stanovnika Wuppertala, krenulo se s izgradnjom Sveučilišta u Wuppertalu te je gradska uprava željela predstaviti grad kao uspješan i dinamičan. Zato je u skladu s duhom trenutka odlučeno da se vozni park viseće željeznice mora modernizirati u cijelosti. Od poznatog proizvođača MAN-a naručena je u cijelosti nova serija vozila. Prvo vozilo stiglo je u Wuppertal 1972. godine te je ta serija nazvana GTW 72 (slika 10.). Stanovnici su primijetili novi moderan dizajn, povećani kapacitet vozila od čak 43 sjedeća i 156 stajaćih mjesta te plastične stolice. Prva službena vožnja novim vlakom bila je organizirana 23. studenoga 1972. go-



Slika 8. Najmodernije stajalište Kluse

Izvor: 10

Tablica 2. Povijesni prikaz vozila viseće željeznice

Njemački naziv vozila	Hrvatski naziv vozila	Proizvedeno komada	Period prometovanja
Die Prototypen 1898	prototip 1898	2	1898. – 1920.
Die Baureihe 1900	serija 1900	26	1901. – 1975.
Der Kaiserwagen	Carski vagon	2	1901. – danas
Die Baureihe 1950	serija 1950	16	1950. – tijekom 1970-ih
Blauer Enzian 1962	serija 1962	2	1962. – tijekom 1970-ih
Die Baureihe 1972 (GTW 72)	serija 1972	28	1972. – 2019.
Die Generation 15 (GTW 15)	generacija 15	31	2017. – danas

dine. Posljednji vlak u seriji isporučen je 22. travnja 1975. godine. Vlak je ukupno imao četiri elektromotora snage 50 kW kojima se upravljalo H mostom. Njihovo je maksimalno ubrzanje $1,1 \text{ m/s}^2$, a dopušteno usporenje $1,2 \text{ m/s}^2$. Maksimalna brzina vozila je 60 km/h . Vagoni su dugi $24,06 \text{ metara}$ i imaju masu od $22,175 \text{ tona}$. Vlak ima ukupno četvero dvostrukih vrata širine $1,3 \text{ metra}$. Dopuštena ukupna masa vlaka je $35,5 \text{ tona}$. Tijekom upotrebe vlakovi su imali promotivne

poruke po cijelome slobodnom prostoru konstrukcije. Dolaskom vozila sljedeće generacije ona su rasprodana zainteresiranim, a tri su poklonjena radi zaštite tehničke baštine. Jedno vozilo sačuvano je za posebne vožnje.

Sredinom 2010. godine naručena je dizajn-studija koncepta novog vozila od poznate berlinske tvrtke büro+staubach. Ta je tvrtka u posljednjih desetak godina uspješno dizajnirala velik broj tračničkih

vozila za javni prijevoz. U 2011. godini s tvrtkom Vossloh Kiepe potpisan je ugovor o izgradnji ukupno 31 novog vozila generacije 15 (slika 11.), s krajnjim rokom isporuke u 2015. godini. Ispostavilo se kako novo vozilo ima dosta izazova te se počelo kasniti s isporukama. Zadnje vozilo isporučeno je tijekom 2017. godine. Također, može se utvrditi da je proizvodnja vozila bila paneuropska. Vozila su proizvedena pod vodstvom Vossloha Kiepea. Inženjerska tvrtka Prose iz Winterthura (Švicarska) razvila je okretna postolja, a njihov minhenski ogranak razvio je sanduk vozila. Sanduk vozila proizveden je u Austriji, u Hammerer Aluminium Industriesu, a prednje i stražnje kabine u Leichtbau-Zentrumu u Saskoj. Mjenjače je razvio i isporučio ZF Friedrichshafen. Zglobove je isporučio ATG Autotechnik iz Sieka (Schleswig-Holsteinu), a mjhove PEI iz Bologne (Italija). Uređaje za upravljanje vlakom razvio je Alstom Transport Njemačka, koji ih je proizveo u Belgiji. Konačna montaža komponenti izvedena je u tvornici Vossloh Rail Vehicles u Valenciji (Španjolska). U tablici 2. prikazane su tehničke značajke vozila generacije 15.


Slika 9. Carsko vozilo

Slika 10. Vozilo serije GTW 72

Izvor: 10

Izvor: 10

Početkom eksploatacije vozila generacije 15 napon mreže podignut je sa 650 V istosmjerno na 750 V istosmjerno.

Generacija 15 opremljena je ETCS sustavom za ETCS razinu 2+, pri čemu se komunikacija između vlakova i pruge ostvaruje preko eurobalize i željezničkog radiosustava TETRA, zamjenjujući tradicionalni GSM-R. Za precizno praćenje trenutačne pozicije i brzine vozila koriste se raznoliki odometrijski senzori, a relevantni podaci bilježe se pomoću uređaja za praćenje putovanja. ETCS računalo vozila integrira sve dobivene informacije, stalno prateći kretanje vlaka i intervenirajući prema potrebi. Strojovođa može pristupiti ETCS sustavu preko kabinškog monitora. Važno je napomenuti da su postojeći blokovi na trasi sačuvani, iako nisu u funkciji. Izvješća o zauzetosti kolosijeka ili odobrenju kretanja generiraju se lociranjem vlakova preko radija, uz trenutačnu poziciju koja se registrira preko 256 eurobaliza duž rute. Sustav za mjerenje udaljenosti neprestano prati prijedenu udaljenost, pružajući informacije o točnoj lokaciji vozila. Brzine se precizno prate preko Doppler radara s antenama za detekciju položaja i brzine smještenima na prvome okretnom po-

stolju vlaka. Ti su podaci ključni za nadzor maksimalne brzine, za kočenje prije zavoja te zaustavljanje na stajalištima. Svi podaci šalju se u kontrolni centar preko željezničkog radiosustava TETRA. Ta implementacija omogućuje visokofrekventno kretanje vlakova s namjerom skraćenja vremena putovanja između krajnjih stajališta na 25 minuta. Putnički informacijski sustav također koristi informacije iz tog sustava. Nadalje, viseća željeznica funkcionira bez tradicionalnih signala na trasi i u stajalištima. Početak izgradnje sustava najavljen je za ožujak 2015. godine, no laboratorijska ispitivanja započela su krajem 2015. godine, dok je izgradnja dijelova trase započela sredinom 2016. godine. Funkcionalna ispitivanja i obuka voznog osoblja započeli su u proljeće 2017. godine. Sigurnosni certifikat za rad cijelog sustava izdan je 26. kolovoza 2019. godine.

Prelazak na novi sustav dogodio se tijekom vikenda 31. kolovoza i 1. rujna 2019. godine i nakon toga radi novi operativni sustav i voze samo vozila generacije 15. Troškovi uvođenja sustava iznosili su oko 20 milijuna eura. Tehnički dobavljač tog sustava jest Alstom Transport.

Tablica 2. Tehničke značajke vozila generacije 15

dužina	24 m
visina	2,7 m
širina	2,2 m
razmak između svornjaka	7645 mm
međuosovinski razmak postolja	1,28 m
najmanji radijus prometovanja	9 m
prazna masa	25,6 t
maksimalna brzina	65 km/h
trajna snaga	4 x 75 kW
ubrzanje	1,3 m/s ²
kočenje	1,3 m/s ²
napon mreže	750 V =
prijenos energije	treća tračnica
kočioni sustav	dinamička i hidraulična kočnica
SS uređaj	European Train Control System (ETCS)
broj sjedećih mjesta	42
broj stajaćih mjesta	88



Izvor: 10

Slika 11. Generacija 15

6. Organizacija prometa

WSW mobil GmbH (d.o.o.), WSW, jest lokalno prijevozničko poduzeće u gradu Wuppertalu i član Prometne unije (njem. Verkehrsverbund) Rajna-Ruhr (VRR). Dana 11. rujna 2007. Wuppertalsko komunalno poduzeće (njem. Wuppertaler Stadtwerke) izdvojilo je svoj prijevozni odjel u tu podružnicu u potpunome vlasništvu grada. Današnja tvrtka upravlja prometom na autobusnim linijama i na liniji viseće željeznice. Ukupno ima 1261 zaposlenog te ostvaruje prihod od 72,42 milijuna eura. Ukupno na godinu preveze 88,7 milijuna putnika te prijeđe 17,7 milijuna kilometra kroz 1820 stajališta. Ukupno ima 339 autobusa. Niskopodno je 318 autobusa, od kojih je 88 solo autobusa, 12 midiautobusa i 218 zglobnih autobusa. Ukupna duljina linija je 712 km na kojima prometuju ukupno osam brzih autobusnih linija, 61 gradska linija, 11 noćnih linija i 12 linija na poziv (njem. AnrufSammelTaxi-Linien).

Viseća željeznica u prosjeku preveze 82 000 putnika na dan.

Maksimalna dopuštena brzina vozila generacije 15 je 65 km/h, dok je maksimalna dopuštena brzina na infrastrukturi 60 km/h, iz čega proizlazi da je maksimalna brzina prometa 60 km/h. Najbržemu vlaku po voznome redu treba 29 minuta za cijelu trasu, a zanimljivo je da najsporijemu vlaku po voznome redu treba 30 minuta. Dakle, komercijalna brzina iznosi 27 km/h. Linija ima broj 60.

Vozni red podijeljen je na dva perioda, i to na (1) škola i (2) praznici, a svaki od ta dva perioda podijeljeni su na (1) ponedjeljak – petak, (2) subota te (3) nedjelja

i praznici. U tablici 3. prikazan je početak prometovanja vlakova tijekom perioda škole, a zanimljivo je da zadnji vlak uvijek kreće u 22.52.

Tablica 3. Početak prometovanja vlakova

	Vohwinkel	Oberbarman
ponedjeljak – petak	5.12	5.15
subota	5.33	5.22
nedjelja i praznici	6.52	6.52

Intervali između vlakova određeni su prema prijeznoj potražnji tako da se u periodu od ponedjeljka do petka kreću od 10 minuta do tri minute, subotom od 15 minuta do pet minuta, a nedjeljom i praznicima od 15 minuta do šest minuta. Sustav javnog prijevoza putnika Wuppertala nalazi se na Prometnoj uniji Rajna-Ruhr te se primjenjuje njezina tarifa. Najjednostavnija karta koja vrijedi 90 minuta košta 3,10 eura, a 24-satna karta košta 7,60 eura.

Klasične mjesečne i godišnje karte više ne postoje. Naime, od 1. svibnja 2023. godine na razini Savezne Republike Njemačke uvedena je Njemačka karta (njem. DeutschlandTicket – D-Ticket) koja za jedan mjesec košta 49,00 eura. Karta omogućava neograničenu mobilnost diljem zemlje u svim prijezovnim sredstvima i kod svih prijezovnika lokalnoga javnog prijevoza. Karta omogućuje jednostavan pristup autobusima i vlakovima te ostalim javnim prijezovnim sredstvima poput viseće željeznice. Ideja je karte omogućiti mobilnost budućnosti na (1) jednostavan, (2) fleksibilan i (3) klimatski prihvatljiv način. Savezna

vlada i pokrajinske vlade sudjelovat će u financiranju iz državnog proračuna do 2025. godine i svaka će pojedinačno doprinijeti s 1,5 milijardi eura na godinu za kompenzaciju gubitaka prijevoznčkih tvrtki.

7. Zanimljivosti viseće željeznice

U povijesti najzanimljiviji događaj dogodio se 21. srpnja 1950. kada je slon Tuffi ukrcao na viseću željeznicu kako bi promovirao gostujuću izvedbu cirkusa Althoffa. Nakon kratke vožnje, bilo da mu je u vozilu viseće željeznice bilo previše ili preusko, slonova je surla bila puna doživljaja putovanja. U panici je probio bočni zid vozila, iskočio iz vozila s visine od 12 metara i sletio u rijeku Wupper. Slon Tuffi preživio je pad, stekao svjetsku slavu te poživio pune 43 godine. Zahvaljujući slonu Tuffiju i viseća željeznica u Wuppertalu konačno je postala svjetski poznata.

U rujnu 2015. godine Wuppertaler Stadtwerke najavio je prodaju modela generacije 15 u modelarskoj veličini H0 (1 : 87). Model je proizvela tvrtka Herpa u seriji od 7500 komada. Uz standardnu

verziju modela prodavao se model *Special Edition* koji je proizveden u samo 1000 komada, a prikazivao je kartu linije sa svim stajalištima, a na dnu modela nalazi se natpis „Vohwinkel – Elberfeld – Barmen – Oberbarmen“. Nakon toga izrađen je drugi model *Special Edition* s natpisom „Blues Wunder“ (Plavo čudo) u seriji od 2000 komada. Oba modela iz posebne serije rasprodana su. Svakih nekoliko mjeseci izradi se novi posebni model kojima se obilježavaju važni događaji iz povijesti Wuppertala.

8. Zaključak

Inženjeri su u stalnoj potrazi za efikasnim, efektivnim i ekonomičnim rješenjima. Vrlo često prolazi dug period od ideje do realizacije. Tako je bilo i u slučaju viseće željeznice. Moralo se preklopiti nekoliko izazova kako bi se krenulo u takav tehnički poduhvat.

Područje današnjega grada Wuppertala smjestilo se u uskoj dolini rijeke Wupper te se ondje razvila jaka industrija, u početku tekstilna, a potom strojarska te kemijska (farmacija). Naravno, intenzivan razvoj industrije privlači u grad nove

stanovnike. Stanovnici zajedno s razvijenom industrijom trebaju učinkovit prometni sustav. Dakle, četiri čimbenika, i to (1) prostor, (2) stanovnici, (3) industrija i u konačnici (4) politika, odlučila su kako je potrebno izgraditi viseću željeznicu. Cijela trasa od 13,3 kilometra puštena je u promet 1903. godine, dakle viseća željeznica neometano funkcionira već 120 godina. Osamdeset posto trase nalazi se iznad rijeke Wupper. Viseća željeznica uvijek je pratila sudbinu grada (svjetski ratovi), no bila je i pokretač pozitivnih promjena odnosno razvoja grada šezdesetih godina 20. stoljeća.

Zadnjih petnaestak godina u cijelosti su obnovljeni trasa i stajališta, a nabavljena su i nova vozila generacije 15. Ugrađen je novi sustav upravljanja ETCS razine 2+ koji omogućava maksimalnu brzinu vlakova od 60 km/h te interval između vlakova od tri minute. Željeznicom se preveze čak 82 000 putnika na dan.

Viseća željeznica u Wuppertalu danas je više od prijevoznog sredstva. Ona je simbol grada koji privlači nove posjetitelje te predstavlja nevjerojatni spoj tehnologija, funkcionalnosti i estetike.

LITERATURA

- [1] Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2023. <https://www.enciklopedija.hr/>, pristupljeno 10. studenoga 2023.
- [2] Palmer, H. R.: Description of a Railway on a New Principle - The study, Printed for J. Taylor, London, 1823. https://archive.org/details/bub_gb_HezfU0-Af4QC, pristupljeno 10.11.2023.
- [3] Die Schwebewebahn, <https://schwebewebahn.de/>, pristupljeno 10. studenoga 2023.
- [4] Pillmann, Z.: Wuppertal, Band 1: Strecken, Bahnhöfe und Betriebswerke, EK-Verlag, Freiburg, 2023.
- [5] Buschman, W.: Die Wuppertaler Schwebewebahn. Geschichte - Bedeutung - Zukunft, TU Berlin, Berlin, 1997.
- [6] Busmann, J.: Himmel Blau: Die neue Wuppertaler Schwebewebahn, Müller + Busmann, Wuppertal, 2017.
- [7] WSW mobil, <https://www.wsw-online.de/mobilitaet/>, pristupljeno 10. studenoga 2023.
- [8] Grad Wuppertal, <https://www.wuppertal.de/>, pristupljeno 10. studenoga 2023.
- [9] Ebmeyer, J, Zwank, M.: Neue Fahrzeuge der Wuppertaler Schwebewebahn - Stand der Entwicklung der Fahrzeuge, Schienenfahrzeugtagung, Graz, 2014.

SAŽETAK

VIŠEĆA ŽELJEZNICA U WUPPERTALU

Viseća željeznica u Wuppertalu izuzetno je fascinantna inženjerski poduhvat i arhitektonski dragulj koji je oblikovao karakter grada na nezaboravan način. Analiza njezina povijesnog značaja, tehničkih inovacija i utjecaja na lokalnu zajednicu otkrila je bogatu priču o povezivanju tradicije i modernosti. Viseća željeznica u Wuppertalu uspješno funkcionira već dulje od 120 godina. Tijekom godina izvodile su se različite modifikacije i modernizacije pruga, vozila, stajališta i kvalitete usluga. Danas u prosjeku preveze 82 000 putnika na dan. Koristi se ETCS sustav razine 2+ koji omogućava najkraći interval između vozila od nevjerojatne tri minute s maksimalnom brzinom od 60 km/h.

Ključne riječi: željeznica, putnički prijevoz, viseća željeznica, Wuppertal
Kategorizacija: stručni rad

SUMMARY

SUSPENSION RAILWAY IN WUPPERTAL

The suspension railway in Wuppertal represents an incredibly fascinating engineering feat and an architectural gem, which has created the character of the city in an unforgettable way. Through the analysis of its historical significance, technical innovations and influence on the local community, a rich story about the connection of tradition and modernity reveals itself. Wuppertal Suspension Railway has been in successful operation for more than 120 years. During the years, various modifications and modernizations of the railways, vehicles, stops and service quality have been made. Today, it transports an average of 82,000 passengers per day. The ETCS level 2+ system is used, and it enables the shortest interval of an incredible 3 minutes between vehicles, with a maximum speed of 60 km/h.

Key words: railways, passenger transport, suspension railway, Wuppertal
Categorization: professional paper