

ANALIZA PREDNOSTI SUSTAVA VLAKOVA VELIKIH BRZINA

Pojavljivanje drugih prijevoznih sredstava, ponajprije zrakoplova koji su ponudili veliku brzinu i cestovnih vozila koja su omogućila putovanje od vrata do vrata, primoralo je željeznicu da se okrene ka unaprjeđenju svojega sustava i tehničko-tehnološkim inovacijama kako bi uspjela održati konkurentnost u odnosu na ostale vrste prijevoza. Stoga, željeznički sustavi velikih brzina su izvrsna vrsta prijevoza koja koristi puni potencijal željeznice. Kroz sustav velikih brzina maksimalno dolaze do izražaja karakteristike kao što su brzina prijevoza, veliki kapacitet, visoka razina udobnosti, niska razina onečišćenja životne sredine i mogućnost automatizacije sustava.

Rad je objavljen u stručnom časopisu *Željeznice Broj 2*, Decembar 2022. godine



Miliivoje Ilić
mast.inž.saob.

Saobraćajni fakultet,
Beograd
m.ilic@sf.bg.ac.rs

UDK: 656.2+629.4

1. Uvod

Od nastanka željeznica u Velikoj Britaniji početkom 19. stoljeća velike brzine bile su ciljevi kojima je željeznica težila. Željeznička dionica Liverpool – Manchester, dužine 56 km, bila je prva svjetska putnička željeznička linija razvijena za međugradski prijevoz. Brzinski rekord od 50 km/h, postignut parnom lokomotivom Rocket, godine 1830. predstavljao je zaista veliku brzinu za svoje vreme. Vrlo brzo nakon Rocketa, vlakovi su postizali još impresivnije brzine: 100 km/h prije 1850., 130 km/h 1854., a granica od 200 km/h probijena je početkom 20. stoljeća. U svakome slučaju, sve te brzine predstavljaju pojedinačne rekorde. Maksimalna operativna brzina bila je znatno niža, ali ne i manje važna, dostignuvši 180 km/h kao najveću brzinu i 135 km/h kao prosječnu brzinu između dvaju gradova tridesetih godina prošloga stoljeća.

Pojavljivanje drugih prijevoznih sredstava, ponajprije zrakoplova koji su ponudili veliku brzinu i cestovnih vozila koja su omogućila putovanje od vrata do vrata, primoralo je željeznicu da se okrene ka unaprjeđenju svojega sustava i tehničko-tehnološkim inovacijama kako bi us-

pela održati konkurentnost u odnosu na ostale vrste prijevoza.

Strategije razvoja suvremenih željezničkih prijevoznih sustava u posljednjih šezdeset godina odnose se na razvoj novih generacija brzih vlakova, zadovoljavajući pri tome dva osnovna kriterija: minimalno vozno vrijeme i minimalna potrošnja pogonske energije. Za razliku od konvencionalnih, vlakovi velikih brzina (VVB) voze znatno većim brzinama (iznad 200 km/h) i čine dio željezničkog sustava sa specijaliziranim vozilima i prugama. Nakon nekoliko važnih brzinskih rekorda u Europi (Njemačka, Italija, Velika Britanija i Francuska, 331 km/h 1955.), svijet je bio iznenađen kada su 1. listopada 1964. japanske državne željeznice pustile u promet potpuno novu dionicu standardnoga koloseka (širine 1435 mm) u dužini od 515 km, Tokaido Shinkansen, od središta Tokija do kolodvora Shin Osaka. Ta je dionica izgrađena da osigura kapacitete potrebne za novi prijevozni sustav neophodan za impresivno brz rast japanske ekonomije.

Predsjednik japanske državne željeznice Shinji Sogo i potpredsjednik za inženjerstvo Hideo Shima promovirali su koncept ne samo nove linije, već i novoga prijevoznog sustava, te su zagovarali da se proširi na ostatak zemlje i da postane okosnica putničkoga prevoza za buduće generacije japanskih građana. Tokaido Shinkansen dizajniran je za prijevoz pri brzini od 210 km/h (kasnije povećana), sa širokim opsegom opterećenja, s pogonom na elektromotorne jedinice od 25 kV AC, automatskom kontrolom vlaka, centraliziranom kontrolom prometa i drugim suvremenim inovacijama [1].

Nakon velikoga uspjeha projekta Shinkansen tehnički napredak u nekoliko europskih zemalja (Francuska, Njemačka, Italija, Velika Britanija) uvjetovao je razvoj novih tehnologija i inovacija u cilju stvaranja osnove za „putničku željeznicu budućnosti“. Francuske državne željeznice (SNCF) su 27. rujna 1981. otvorile prvu dionicu za vlakove velikih brzina između Pariza i Lyona, maksimalne brzine od 260 km/h. Tom je dionicom stvoren europski koncept željeznica velikih brzina, ali je za razliku od Shinkansena europski koncept željeznica velikih brzina bio u cijelosti kompatibilan s postojećom klasičnom željeznicom, što je u velikoj mjeri uvjetovalo daljnji razvoj toga sustava u Europi. Nakon velikog uspeha SNCF-a i vlakova velikih brzina (TGV-a) svaka europska država tražila je novu generaciju konkurentnih željezničkih usluga za putnike na dugim i srednjim udaljenostima, i to u nekim slučajevima razvojem svoje nove tehnologije, a u drugima kopiranjem i modificiranjem tuđe. Europske države u kojima su se razvijale željeznice velikih brzina jesu Njemačka (1988.), Španjolska (1992.), Belgija (1997.), Ujedinjeno Kraljevstvo (2003.) i Nizozemska (2009.). U međuvremenu su se neki slični slučajevi pojavili u drugim zemljama i regijama poput Kine (2003.; čak iako se veliki razvoj i napredak dogodio kasnije, 2008.), Južne Koreje (2004.), Tajvana (2007.) i Turske (2009.).

Nova dimenzija i novi pogledi na koncept željeznica velikih brzina pojavili su se u Kini 1. kolovoza 2008. Dionica velikih brzina dužine 120 km između Pekinga i Tianjina bio je prvi korak u ogromnoj transformaciji načina putovanja za naj-

naseljeniju državu svijeta. Od 2008. Kina je izgradila i 20 000 km novih željezničkih linija velikih brzina i zahvaljujući ogromnim kapacitetima više od 1500 vlakova prevozi 800 milijuna putnika na godinu, što je više od polovine ukupnoga opsega prometa vlakova velikih brzina u svijetu. Prateći primjer Kine, u svijetu se razvijaju novi sustavi željeznica velikih brzina, i to u Maroku, Saudijskoj Arabiji, SAD-u itd. U skladu s očekivanjima, unatoč razvoju drugih vrsta prometa (na primjer, Maglev, autonomna cestovna vozila, poboljšanja u zrakoplovnom prometu itd.), do 2030. – 2035. svjetska mreže pruga velikih brzina mogla bi se proširiti na više od 80 000 km, što je velik izazov za prijevoznike, prateću industriju i državne vlasti.

O ekspanziji u razvoju vlakova velikih brzina svjedoči i činjenica da je na većini pruga velikih brzina tijekom 2012. ostvarena brzina veća od 300 km/h, ali i da se drastično povećala povezanost pruga velikih brzina. Kraće vrijeme putovanja, kao rezultat tako velikih brzina kretanja, uvjetovalo je izraženu konkurentnost željezničkog prometa u odnosu na ostale vrste prometa, pogotovo na relacijama od 100 do 1000 km. Konkurentnost željezničkih sustava vlakova velikih brzina posebno se ogleda i u primjeni energetske učinkovitosti i u mogućnostima masovnoga prijevoza na dužim relacijama, u sigurnosti i pouzdanosti u prijevozu s niskom cijenom održavanja, lokaciji željezničkih kolodvora u središtima većih gradova, maloj potrošnji pogonske energije u odnosu na masu prevezenog tereta i broju prevezenih putnika, minimumu onečišćenja i iskoristivosti okoline po putniku i sličnome.

2. Sustav željeznica velikih brzina

Međunarodna željeznička unija (UIC) smatra da ne postoji jedinstven standard definicija pruga velikih brzina i vlakova velikih brzina, pa mnogi željeznički sustavi širom svijeta imaju svoje domaće standarde koji se razlikuju od međunarodnih. Svakako, jedinstven je stav da željeznički sustav pruga velikih brzina uključuje vlakove velikih brzina i pruge namjenski izgrađene za velike brzine [2].

Što se tiče konstrukcije samih vlakova i sustava za praćenje i upravljanje, trebaju postojati:

- specijalni vlakovi koji se razlikuju od konvencionalnih prijevoznih sred-

stava po većemu omjeru snage i mase i nekoliko važnih svojstava kao što su aerodinamika, pouzdanost, sigurnost

- poseban sustav signalizacije u kabini jer su tradicionalni signali porred pruge neučinkoviti pri brzinama većima od 220 km/h.

S obzirom na činjenicu da su mnogi valkvi velikih brzina kompatibilni s konvencionalnom mrežom, termin „promet velikih brzina“ također se često koristi za označavanje kretanja te vrste vlaka na konvencionalnim linijama, ali brzinama nižima od dopuštenih na infrastrukturi za VVB. Zbog toga je na nekim linijama, za koje se tvrdi da su linije za VVB, vrlo teško navesti koje je to ograničenje brzine kada je u određenim vrlo gusto naseljenim regijama brzina ograničena na 110 km/h kako bi se smanjio utjecaj buke i vibracija ili gde je, kao u posebnim dijelovima tunela ili dugačkih mostova, brzina ograničena na 160 ili 180 km/h iz očiglednih razloga povezanih s kapacitetom ili sigurnosti. U mnogim zemljama u kojima performanse konvencionalne željeznice nisu na vrlo impresivnoj razini predstavljanje nekih vlakova koji mogu voziti brzinom od 160 km/h i nude znatno višu razinu kvalitete često kao prvi korak ka istinski velikoj brzini u budućnosti usluga možda se već smatra VVB.

Željeznice velikih brzina jesu posebni, vrlo složeni sustavi koji kombiniraju najsvremenija dostignuća u mnogim različitim područjima:

- infrastruktura (uključujući građevinske radove, prugu, signalizaciju, napajanje i kontaktnu mrežu itd.)
- kolodvore (lokacija, funkcionalnost, dizajn, oprema)
- prijevozna sredstva (tehnologija, udobnost, dizajn)
- operacije (dizajn i planiranje, kontrola, pravila, upravljanje kvalitetom)
- strategija održavanja
- financiranje
- marketing
- menadžment
- pravna pitanja, propisi [1].

Od iznimne je važnosti da sve te sastavnice doprinesu kvantitativnim i kvalitativnim globalnim tehničkim performansama i komercijalnoj atraktivnosti. Nijednu od njih ne treba zanemariti, ni zasebno ni zajedno s drugima. S gledišta kori-

snika, pravu brzinu određuje usporedba vremena provedenog u procesu kupovine karte, pristupa i ulaska na kolodvor ili čekanja taksija po dolasku za kompletnu uslugu prijevoza od vrata do vrata, a ne samo uštede vremena korištenjem vlaka velikih brzina kao rezultata tehnologije na visokoj razini i znatnih ulaganja.

Sustavi velikih brzina ovise o tome kako su sve njihove komponente dizajnirane i kako one međusobno djeluju. Konačni sustav koji se dobije (u smislu troškova i performansi) može se vrlo razlikovati od zemlje do zemlje ovisno o, među ostalim, komercijalnome pristupu, kriteriju rada i upravljanju troškovima.

U skladu s glavnom karakteristikom željeznica velikih brzina sinonim je za kapacitet i održivost pa će prema tome opseg prometa porasti u skladu s njegovim većim potencijalom. Također, kapacitet zahtijeva pristupačnost, kompletnost i multimodalni pristup. Koherentnost u primjeni svih tih triju principa važna je kako bi se postigao uspjeh u primjeni te vrste željezničkoga prometa.

2.1. Infrastrukturne karakteristike

Željeznička infrastruktura velikih brzina mora biti projektirana, pregledana i održavana u uvjetima optimalne kvalitete. Zahtjevi trase podrazumevaju zavoje velikog radijusa i ograničene nagibe. Geometrijski parametri kolosijeka moraju ispunjavati strogo definirane propise. Kolosijek na betonskoj ploči je u principu puno skuplja opcija od klasičkoga kolosijeka na tucaničkome zastoru, ali se njime može trajno upravljati smanjenom učestalošću održavanja. Iako se kolosijek na betonskoj ploči može preporučiti u određenim slučajevima za vijadukte i tunele, rasprava o idealnome rješenju na šta će biti postavljene tračnice (tucanički zastor ili betonska ploča) mora se voditi od slučaja do slučaja. Potrebni su posebni mrežni sustav i sustav napajanja. Potrebno je ugraditi i poseban sustav signalizacije.

Desetljećima unatrag rezultati tehnološkoga napretka bili su vidljivi na terenu. Trend u prethodnome periodu bio je da se koristi klasična zastorna prizma s tucanikom na koju su se postavljale tračnice. Paralelno s tim razvijala su se nova rješenja bez tucaničkoga zastora i klasičkoga načina oblikovanja kolosijeka.

Kao rezultat toga inovacijskog procesa trenutačno postoji niz alternativnih rešenja za oblikovanje i postavljanje kolosijeka za izgradnju pruga velikih brzina u budućnosti. Svako od njih, s tucaničkim zatorom ili bez njega, predstavlja performanse sličnih razina s gledišta rada putničkih vlakova. Međutim, ona pokazuju znatne razlike s ekonomske točke gledišta. Ravnoteža za dugoročni prikaz ne samo kapitalnih troškova, već i troškova održavanja i obnove materijala moraju se uzeti u obzir. Izbor najprikladnijega rešenja za određenu novu dionicu složen je zadatak jer uključuje velik broj varijabli koje se moraju uzeti u obzir iz dugoročne perspektive. Najrelevantnije među njima mogu se svrstati u:

funkcionalne/operativne uvjete: karakteristike prometa, dostupnost kolosijeka, razvoj radnih uvjeta, kombinacija različitih vrsta kolosijeka...

tehničke karakteristike infrastrukture: vijadukti, tuneli i zemljani radovi, zahtjevi za stabilnost geometrije kolosijeka, geotehničke karakteristike...

ekološke uvjete: razine emisije buke, emisije vibracija, emisije CO₂...

Sve njih potrebno je analizirati kako bi se pružila snažna podrška procesu donošenja odluka. Neki od tih parametara bitne su karakteristike pruge, ali neki drugi odnose se na posebne karakteristike pruge i lokalne uvjete u kojima se ona nalazi. Svi oni zajedno moraju se sustavno analizirati u sklopu približnoga troška životnoga ciklusa dionice.

Maksimalni nagib trase za dionice po kojima voze isključivo putnički vlakovi velikih brzina je između 35 i 40 promila. Maksimalni nagib trase za dionice po kojima teče mješoviti promet (putnički i teretni vlakovi) jest između 12 i 15 promila. Razmak između osi kolosijeka za 200 km/h iznosi četiri metra, dok za 300 km/h iznosi 4,5 – 5 metara. Maksimalno nadvišenje vanjske tračnice iznosi od 150 do 170 mm. Preporučeni radijusa zakrivljenosti za trasu na kojoj je projektirana maksimalna brzina od 200 km/h iznosi 3500 m, a za 300 km/h 7000 m. Tip tračnice koji se najčešće koristi jest UIC60 zavaren u dugi tračnički trak. Pragovi su betonski iz jednoga dijela (monoblok) ili iz dva dijela (bi blok) i za kilometar pruge potrebno je iskoristiti 1666 pragova. Pričvrtni kolosiječni pribor je elastičan. Sustav elektrifikacije najčešće je 25 kV, 50 ili 60 Hz ili 15 kV, 16 2/3 Hz. Neophodan

je kabinski sustav signalizacije jer se pri brzinama većima od 200 km/h klasični signali ne mogu jasno uočiti i to može ugroziti sigurnost prometa.

3. Tehničke karakteristike vlakova velikih brzina

Vlakovi velikih brzina jesu garniture sastavljene od motornih kola i vagona fiksne formacije, koje su ponekad međusobno uparene kako bi formirale višestruke jedinice sposobne za postizanje brzine od 250 km/h u komercijalnome radu. Pod određenim uvjetima vlakovi velikih brzina mogu voziti i manjim komercijalnim brzinama od 200 km/h, ako nude usluge visoke kvalitete, poput vlakova sa samonagibnom tehnologijom [3].

S gledišta prijevoznih sredstava, vlakovi velikih brzina trebali bi biti projektirani tako da jamče sigurno putovanje pri:

- brzini od najmanje 250 km/h na prugama posebno izgrađenim za velike brzine
- brzini od najmanje 200 km/h na postojećim dionicama koje su bile ili jesu posebno nadograđene za njihovo prometovanje
- najvišoj mogućoj brzini na ostalim prugama.

Tipovi garnitura vlakova velikih brzina mogu biti:

- zglobni ili klasični vlakovi: Na zglobnim vlakovima većina obrtnih postolja je između vagona, dok u klasičnim vlakovima svaki vagon ima dva obrtna postolja. Neki su vlakovi zglobni, s neovisnim kotačima koji nisu povezani osovinom i zato se ne okreću istom brzinom u zavojima.
- s koncentriranom ili distribuiranom snagom: Koncentrirana snaga znači da se svi motori nalaze na svakome kraju vlaka, dok su kod vlakova s distribuiranom snagom motori raspoređeni po cijelome vlaku.
- nagibni ili nenagibni: Nagibni vlak opremljen je mehanizmom koji omogućava povećanu brzinu kroz zavoj, suzbijajući nelagodu koja nastaje zbog centrifugalnih sila. Kroz lijevi zavoj vlak se naginje ulijevo da bi kompenzirao silu guranja udesno i obratno. Vlak može biti konstruiran tako da sile inercije izazivaju nagnjanje (pasivni nagib) ili može imati

mehanizam napajanja kojim upravlja računalo (aktivni nagib).

- za jednu širinu kolosijeka ili za više širina: Vlak za više širina kolosijeka može mijenjati širinu između kotača na svakoj osovinu i može se prilagodavati različitim širinama kolosijeka.
- jednokatni ili dvokatni: Dvokatni vlakovi imaju oko 50 posto veći kapacitet putnika nego jednokatni.
- s jednosustavnom ili višesustavnom električnom strujom: Većina voznih parkova velikih brzina je višenaponska i/ili višesustavna za iznajmljivanje kako bi se vozili na svim odsjecima mreže.
- monosignalizacijski ili višesignalizacijski: Većina prijevoznih kompozicija velikih brzina može koristiti nekoliko signalnih sustava kako bi bile interoperabilane.
- s dvostrukim pogonom: Neki vlakovi velikih brzina uz električni pogon imaju pogon na dizelsko gorivo.

U svijetu nema puno tvrtki koje proizvode vlakove velikih brzina. Hitachi je glavni proizvođač u Japanu i u 2015. kupio je AnsaldoBreda. Mitsubishi proizvodi električne komponente. Drugi važniji proizvođači jesu Alstom, Bombardier, Caf, Stadler, CRRC, Kawasaki, Rotem, Siemens i Talgo.

3.1. Konstrukcija vlakova velikih brzina

Za obavljanje usluga na dionicama velikih brzina potrebna su odgovarajuća željeznička vozila. Ta vozila moraju biti specijalne konstrukcije kako bi mogla ispunjavati zahtjeve eksploatacije pri velikim brzinama. Postoje posebni uvjeti koje treba zadovoljiti prilikom konstruiranja takvih vozila, a to su:

- Da bi se sile između kotača i tračnica održale u prihvatljivim granicama, da bi se smanjili troškovi održavanja i habanja tračnica, osovinska opterećenja trebaju biti između 16 i 20 tona.
- Pantografi moraju biti projektirani tako da omogućavaju kretanje velikom brzinom, a da istodobno održavaju vezu s kontaktnom mrežom za kontinuirani prijenos snage (s obzirom na veliku količinu energije potrebne da bi ubrzali i zadržali velike brzine, gotovo svi brzi vlakovi napajaju se električnom vučom).

- Kako otpor zraka raste s kvadratom brzine, karoserije vozila moraju imati aerodinamični profil koji presijeca zrak na najučinkovitiji mogući način, a prijelazi između spojenih vozila (vagona) moraju biti hermetički zatvoreni kako bi se smanjio udarni tlak prilikom prolaska voza na susjednome kolosijeku ili prilikom ulaska u tunel ili izlaska iz njega.

Iz sigurnosnih razloga vlakovi velikih brzina moraju biti opremljeni stalnom signalizacijom u kabini.

U tome okviru razvijeno je nekoliko rješenja koja se mogu razlikovati prema tipu vuče i prema tipu ili rasporedu obrtnih postolja.

3.1.1. Vlakovi velikih brzina prema tipu vuče

Vlakovi velikih brzina prema tipu vuče mogu biti:

- vlakovi kod kojih postoji pogonska jedinica na jednome ili oba kraja vlaka (nešto slično kao kod klasičnih vlakova s lokomotivom i putničkim vagonima, a primjeri su TGV, Thalys, ICE 1, RailJet)
- vlakovi slični elektromotornim garniturama, gde su pogonski sklopovi s vučnim motorima raspoređeni duž čitavoga vlaka, a primjeri su AGV, Frecciarossa 1000 i ICE 3.

Na slici 1. prikazani su tipovi vlakova velikih brzina prema tipu vuče (Thalys i AGV).



Slika 1. Vlakovi velikih brzina prema tipu vuče



Izvor: autor

Slika 2. Obrtna postolja (klasično i Jacobs)

3.1.2. Obrtna postolja vlakova velikih brzina

Prilikom konstruiranja VVB-ova postoje dva načina postavljanja obrtnih postolja:

- vlakovi s po dva obrtna postolja na svakome putničkom vagonu (slično kao kod klasičnih vlakova), što se primjenjuje kod svih ICE vlakova
- vlakovi s obrtnim postoljem Jacobs – takvo je postolje zajedničko za dva putnička vagona, a primjenjuje se u velikoj mjeri kod TGV-a, Thalysa i Eurostara.

Na slici 2. prikazana su obrtna postolja – klasično i Jacobs.

3.1.3. Oblik čela vlakova velikih brzina

Utvrđeno je da kod vlakova velikih brzina pri brzini od 200 km/h otpor sredine može dostići i 80 posto vrijednosti uku-

pnoga otpora kretanja. Konstruktivne i konceptijske mjere koje se poduzimaju za smanjenje otpora sredine jesu:

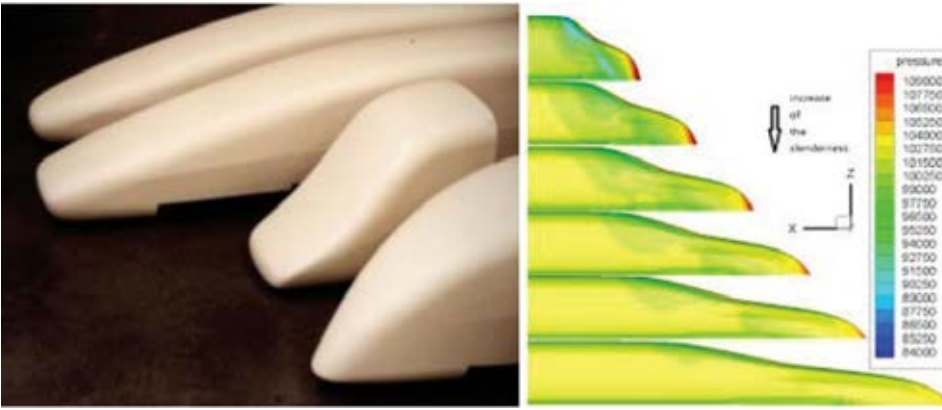
- integracija obrtnih postolja u sandwich vozila
- zatvaranje prostora između donjeg dijela vozila i pruge štitnicima
- integracija pantografa i električne opreme na krovu s krovom vozila
- oblikovanje čela vlaka prema principima aerodinamike
- vanjska površina vozila treba biti kontinuiranog toka.

O tome koliko oblik čela vlaka (nos ili kljun vlaka) utječe na otpor zraka, pa tako i na ukupan otpor, svjedoči i činjenica da se otpor zraka smanjuje za oko 50 posto kada se oblik čela vlaka promjeni iz tupog u aerodinamički. Zako je i cilj istraživanja mnogih proizvođača vlakova velikih brzina u svijetu definirati optimalan oblik čela vlaka koji uključuje minimalni koeficijent otpora.

Opimizacija geometrije čela vlaka ne samo da se razmatra u slučaju kretanja vlaka na otvorenoj pruzi, bez mimoilaženja s drugim vlakovima, već i u slučaju mimoilaženja, pri kretanju vlaka u zatvorenome, tj. u tunelima, s mimoilaženjem ili bez njega. Posebno u slučaju kretanja vlakova velikih brzina u tunelu javljaju se aerodinamički otpori koji su puno složeniji i ozbiljniji nego pri kretanju vlaka na otvorenome. U prilog tomu svjedoči vrijednost ukupnog otpora vlaka koji se kreće u tunelu brzinom od 200 km/h, a koji ima približnu vrijednost otpora koji se javlja pri kretanju vlaka na otvorenome pri brzini od 300 km/h.

Zapravo, pri ulasku brzog vlaka u tunel odnosno pri izlasku brzog vlaka iz njega javlja se aerodinamičko-akustični fenomen, odnosno pojavljuje se talasni pri-

Izvor: autor



Slika 3. Modeli čela vlaka i raspored tlaka zraka na čelo vlaka

tisak koji se potiskuje čelom vlaka. Tako komprimirani zrak se prilikom izlaska iz tunela iznenada širi, pri čemu se javlja intenzivan prasak koji se može čuti i kilometrima daleko. Utvrđeno je da taj fenomen koji negativno utječe ponajprije na putnike, ali i na sredinu u kojoj se vlak kreće pri izlasku iz tunela može biti umanjnjen izradom aerodinamičkog oblika čela vlaka, tj. izradom kosog, odnosno nagnutog čela vlaka [4].

Na slici 3. prikazani su različiti oblici čela vlaka kao i tlak zraka na čelo vlaka.

3.2. Vozni park i održavanje vlakova velikih brzina

Jedna od specifičnih karakteristika vlakova velikih brzina jest ta da, za razliku od konvencionalnih vlakova koji imaju promjenljiv broj vagona koje vuče lokomotiva, vlakovi velikih brzina ne mogu se mijenjati tijekom rada.

Prilikom izgradnje svojih mreža velikih brzina željeznički operatori morali su nabaviti odgovarajuća prijevozna sredstva za svoj vozni park. Točnije, infrastruktura i prijevozna sredstva projektirani su tako da dopune jedno drugo u cilju optimizacije njihovih sučelja.

U toj perspektivi razmatrane su dvije mogućnosti: ili stvoriti i proizvesti svoje zalihe (vlakove) ili kupiti one iz inozemstva. Japan, Francuska, Njemačka i Italija izabrale su prvu opciju jer su već imali sposobno proizvodno poduzeće za projektoranje i izgradnju potrebnih voznih parkova. Španjolska, Turska, Južna Koreja i Kina počele su s uvozom vlakova iz inozemstva prije nego što su postavile industrijski temelj i osnovala tvornice za

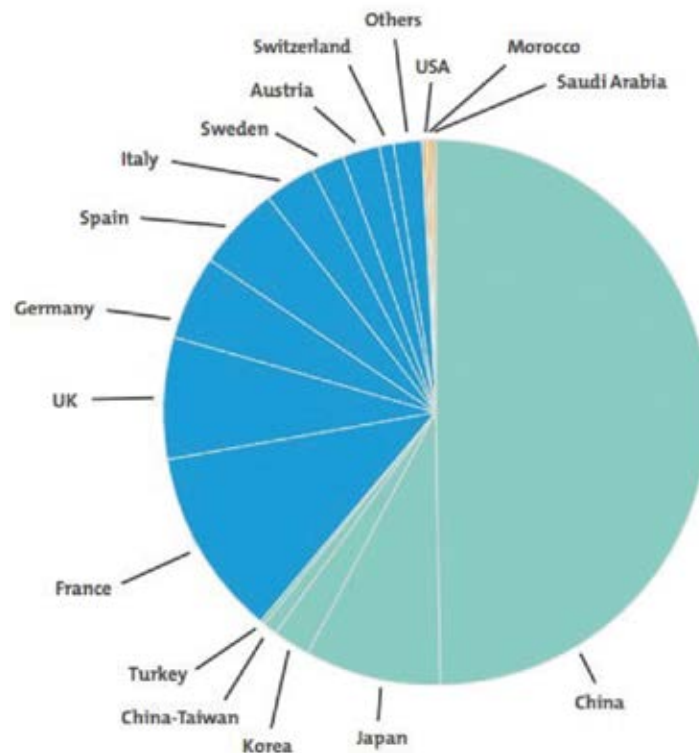
projektiranje i izgradnju svojih prijevoznih sredstava. Na slici 4. prikazana je veličina voznoga parka po državama za 2017. godinu [5].

U tablici 1. prikazani su pojedini ciljevi i mjere za njihovo postizanje pri budućem poboljšanju voznoga parka.

Izvor: autor

Tablica 1. Ciljevi i mjere za njihovo postizanje

Ciljevi	Mjere
Veća energetska učinkovitost	Optimalan aerodinamički oblik
	Alternativna goriva
	Korištenje lakših materijala
Sigurniji i pouzdaniji rad	Poboljšanje signalizacije i komunikacije
	Poboljšanje obrtnih postolja
Smanjena buka	Optimalan aerodinamički oblik
Visoka razina udobnosti i komfora	Veći putnički vagoni i prostor u njima
	Poboljšanje usluge u vlaku
	Poboljšanje usluge u željezničkim kolodvorima



Izvor: autor

Slika 4. Veličina voznoga parka velikih brzina (2017)

Postoje tri modela za održavanje prijevoznih sredstava velikih brzina:

1. održavanje osigurava proizvođač (dobar primjer jest NTV iz Italije, koji je povjerio održavanje kompleta vlakova AGV Alstomu kao njihovu proizvođaču)
2. održavanje osigurava željezničko proizuće – to je najčešći model u Aziji i Europi
3. održavanje se izvodi u radionicama u kojima zajedno rade proizvođač i željeznički prijevoznik – taj je model primjenjivao RENFE u Španjolskoj, koji je kupovao prijevozna sredstva od raznih proizvođača.

Bez obzira na odabrani model, održavanje je općenito organizirano kao proces koji se sastoji od četiri – pet razina. Te razine održavanja planirane su tako da se uklapaju i u komercijalni raspored vlaka i u njegov životni ciklus. Prema prijevoznicima, životni ciklus varira od 20 do 40 godina. Neki prijevoznici mijenjaju svoje vozne parkove nakon 20 godina kako bi bolje odgovorili na zahtjeve koje uvjetuju tehnološki napredak i zahtjeve korisnika. Ostali prijevoznici pokušavaju svojim ulaganjem izvući maksimum, ali prihvaćajući prilično skup remont i prilagodbu nakon 20 godina rada.

U Japanu, na primer, JR East, jedan od željezničkih prijevoznika vlakova velikih brzina, tvrtka koja upravlja s oko 1500 km dionica, nije samo prijevoznik, već i dizajner svojih vlakova jer dizajniraju i razvijaju te sami održavaju svoje vlakove u procesu sastavljenom od četiri razine [5]:

- razina 1. (dnevni pregled): pregled kočnica i drugih dijelova i njihovih performansi, što mora biti izvedeno nakon 48 sati
- razina 2. (mjesečni pregled): pregled se provodi na licu mesta; riječ je o pregledu pantografa, kočnica i električne opreme, njihova rada i funkcija, što mora biti izvedeno nakon 30 dana ili 30 000 km
- razina 3. (remont obrtnih postolja): pregled glavnih dijelova kao što su motori, zupčanici, kotači i kočnice, što mora biti izvedeno nakon 18 mjeseci ili 600 000 km
- razina 4. (glavni remont): vagoni se pažljivo pregledavaju rastavljanjem svakog na dijelove i ponovno sastavljaju pod istim uvjetima do

potpuno novih vagona, što je potrebno izvesti nakon 36 mjeseci ili 1 200 000 km.

4. Prednosti sustava vlakova velikih brzina

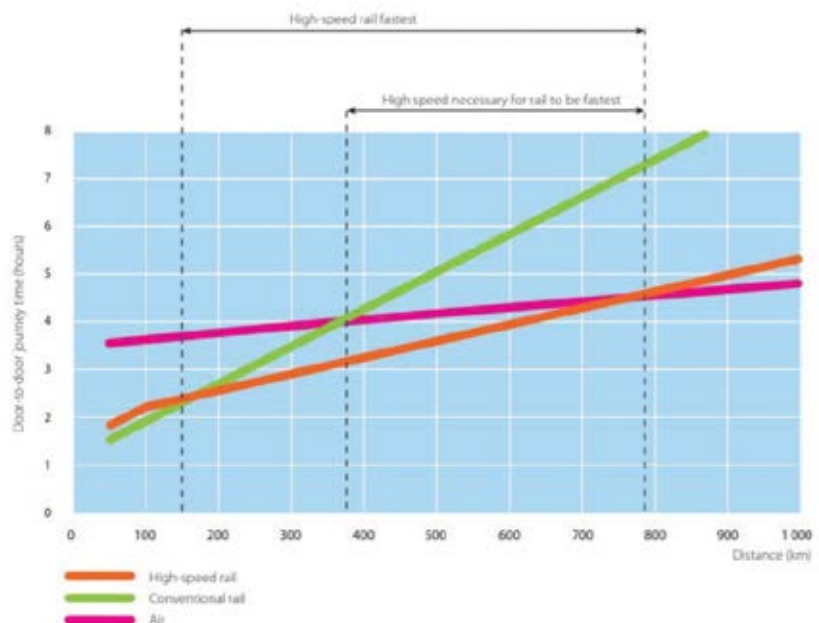
Pored osnovne prednosti, brzine prijevoza, vlakovi velikih brzina pružaju i visoku razinu udobnosti putnicima. Raspored odjeljaka, unutrašnja oprema putničkih vagona, pa čak i osvjetljenje dizajnirani su da stvore udoban i ugodan prostor pogodan i za rad i opuštanje. Putnici imaju dovoljno osobnog prostora te imaju pristup sve većem broju usluga kao što su internet, utičnice za elektroničku opremu, nasloni za glavu i sklopivi stolovi. Također se mogu kretati kroz vlak te koristiti usluge vagonskog restorana i vagona s bifeom gdje se poslužuju hranu i piće. Za razliku od zrakoplova, nije zabranjena uporaba mobilnih telefona. Uporaba mobilnih telefona ograničena je u namjenskim prostorima između vagona kako bi se izbjeglo uznemiravanje drugih putnika. Također, pojednostavljen je ulazak u vlak i izlazak iz njega smanjenjem visinskog razmaka između vlaka i perona. Europskim se standardima postupno uspostavlja sve veća kompatibilnost između vlakova i dionica, odnosno uspostavlja se optimalan vozni red i najbolja iskoristivost kapaciteta. Potrebno je osigurati da putnički vagoni budu u skladu s odgovarajućim standardima kvalitete, posebno u pogledu sigurnosti i utjecaja na životnu sredinu.

Očigledno je da je jedna od najvećih prednosti sustava vlakova velikih brzina visoki stupanj mobilnosti i to je, vjerojatno, jedna od prednosti koju još treba nadograđivati. Još jedan povoljan aspekt proizlazi iz analize konkurentnosti vlakova velikih brzina i zrakoplovnog prometa.

Na sljedećemu grafikonu (slika 5.) dan je usporedni prikaz udaljenosti i vremena putovanja (od vrata do vrata) za klasične vlakove, vlakove velikih brzina i zrakoplove.

S dijagrama se može videti da su vlakovi velikih brzina najučinkovitija vrsta prijevoza na udaljenostima od 150 do 800 km. Na udaljenostima od 400 do 800 km trebalo bi još dodatno modernizirati željeznicu velikih brzina kako bi bila sigurno najbolja vrsta prijevoza.

Zato ne čudi što se „brzina“ nalazi na naslovnim stranicama rasprava o razvoju željezničkih sustava velikih brzina, ali čak i koncept „brzine“ jest otvoren za raspravu. „Brzina“ koja dominira u raspravi jest maksimalna radna brzina, ali vrijeme putovanja koje putnici doživljavaju čini faktor prosječne brzine, od kojih je najveća radna brzina samo jedan element. Broj zaustavljanja na dionici velikih brzina i postotak dionice na kojoj se maksimalna brzina može postići ključni su čimbenici. Svako dodatno zaustavljanje (kolodvor) može „koštati“ 5 – 10 minuta i često vlakovi moraju „usporavati“ kroz gradove, čak i ako se tamo ne zaustavljaju. Dok se



Izvor: autor

Slika 5. Dijagram udaljenosti i vremena putovanja

maksimalna brzina od 350 km/h smatra novim standardom za vlakove velikih brzina, većina se usluga pruža znatno nižom prosječnom brzinom, a najuspješnija svjetska dionica velikih brzina, u smislu prevezenih putnika, između Tokija i Osake u Japanu radi prosečnom brzinom manjom od 240 km/h (za najbržu uslugu) [6]. U nastavku bit će obrađene neke od osnovnih prednosti sustava vlakova velikih brzina kao što su [7]:

- učinkovitost prijevoza
- ekonomske prednosti
- povoljan utjecaj na životnu sredinu.

U sklopu učinkovitosti prijevoza moguće je izdvojiti još neke prednosti kao što su:

- kratko vrijeme putovanja
- veliki prijevozni kapacitet
- pouzdanost
- zauzetost zemlje.

U skupinu ekonomskih prednosti spadaju:

- niski eksterni troškovi
- velika produktivnost
- prilika za otvaranje novih radnih mjesta
- promocija turizma.

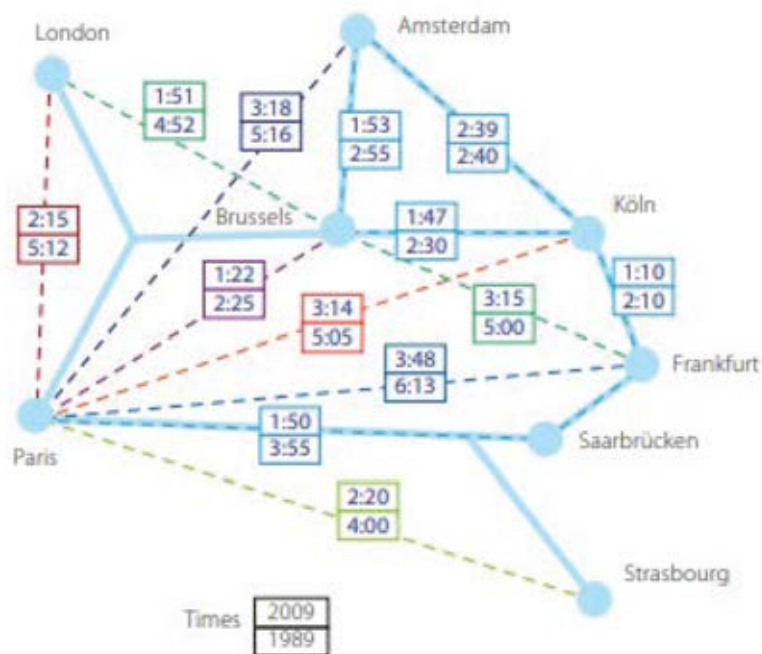
U pogledu povoljnoga uticaja na životnu sredinu razmatrani su koncepti energetske učinkovitosti i čiste energije.

4.1. Kratko vrijeme putovanja

Vlakovi velikih brzina mogu se kretati brže od bilo kojeg drugog oblika kopnenog prijevoza, dostižući brzine do 240 km/h u Sjedinjenim Američkim Državama, 320 km/h u Francuskoj i 350 km/h u Kini. Ti su vlakovi vrlo korisni u velikim državnim oblastima jer mogu približiti suprotne krajeve regije i države, što je koncept poznat kao „skupljanje kontinenta“, posebno ako se primjenjuje na manjim kontinentima poput Ezrope i Australije.

Na slici 6. prikazano je vozno vrijeme vlakova velikih brzina između pojedinih europskih gradova. Prikazana su vozna vremena iz 1989. i 2009., na temelju čega je jasno vidljivo koliko je uvođenjem vlakova velikih brzina na tim relacijama skraćeno vozno vrijeme.

Multimodalni željeznički kolodvori u gradskim središtima omogućuju brz i jedno-



Slika 6. Vozna vremena između nekih europskih gradova

stavan pristup željezničkoj mreži. Rezultat razvoja željeznice velikih brzina jest znatno skraćivanje vremena putovanja između različitih urbanih i ekonomskih centara u EU-u. Trenutačno putovanje između Londona i Pariza traje dva sata i 15 minuta, od Londona do Bruxellesa sat i 51 minutu, a između Bruxellesa i Frankfurta tri sata i 15 minuta. Ta su vremena uspoređena s vremenima iz 1989., kada je put između Pariza i Londona trajao pet sati i 12 minuta, od Londona do Bruxellesa četiri sata i 52 minute te između Bruxellesa i Frankfurta pet sati.

Prednosti željeznica velikih brzina u pogledu čestih veza (koje se lako mogu modificirati ovisno o potražnji) i fleksibilnosti za putnike omogućile su željeznici da se učinkovitije natječe s drugim vrstama prometa. Od 1997. više od šest milijuna putnika na godinu koristi vlakove velikih brzina na relaciji Pariz - Bruxelles. Kao rezultat toga na toj je relaciji broj zrakoplovnih letova znatno smanjen.

4.2. Velik prijevozni kapacitet

Željeznica je po pitanju kapaciteta prijevoza dominantna vrsta prometa, a vlakovi velikih brzina imaju vrlo velik tran-

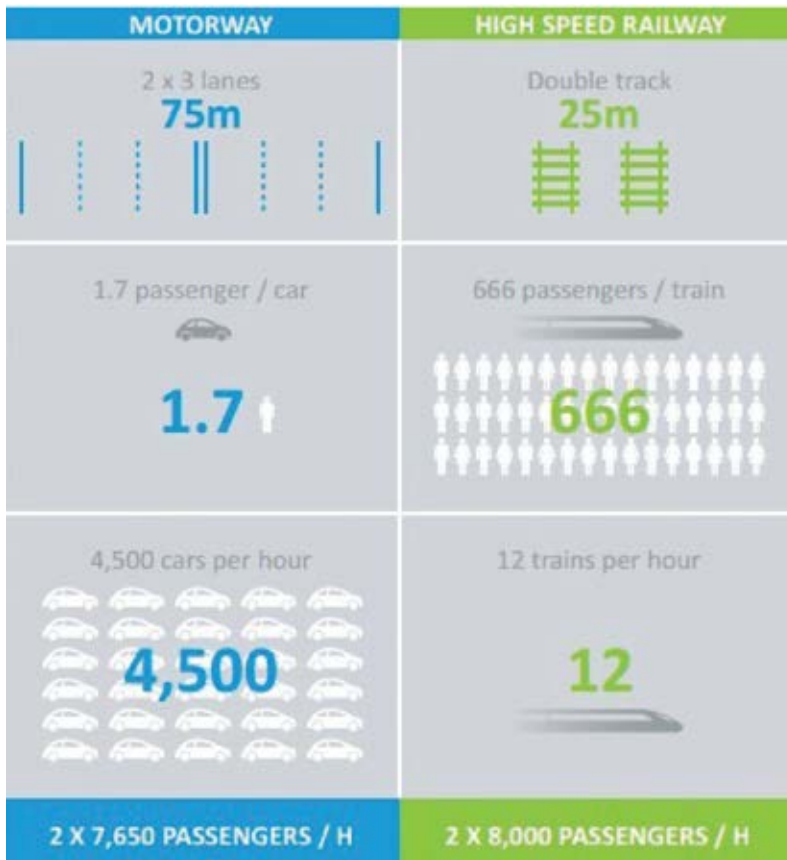
sportni kapacitet za putnike. U sklopu infrastrukturne površine od kopnenih vrsta prometa željeznički (uključujući vlakove velikih brzina) je jedini na koji mogu opslužiti vrlo velike prometne tokove. Čak ni Airbus 380 ne može parirati kapacitetu vlaka velikih brzina koji se sastoji od dva kompleta vlakova i nudi više od 1000 mesta [8]. Japanski dvokatni vlakovi mogu imati oko 1200 sjedala, a budući prijevoznici kompleti koje će naručiti Francuske državne željeznice (SNCF), kada se spoje kompleti vlakova, dostići će slične kapacitete.

4.3. Pouzdanost

Vlakovi velikih brzina ne mogu „zaglaviti“ u gužvi u prometu, što ih čini pouzdanijima od automobila ili autobusa. Uz manje kašnjenje u odnosu na druge oblike kopnenoga ili zrakoplovnog prometa vlakovi velikih brzina mogu voziti češće od konvencionalnih sustava javnoga prijevoza.

4.4. Zauzetost zemljišta

Pruge velikih brzina ne zauzimaju toliko zemljišta kao autoceste i gradske ulice. Širina potrebna za željezničku prugu



Izvor: autor

Slika 7. Usporedni prikaz zauzetosti zemljišta i kapaciteta autoceste i pruge velikih brzina

je 25 m, dok autocesta sa šest trakova zahtijeva 75 m. Prosječna pruga velikih brzina koristi 3,2 ha/km, a prosječna autocesta 9,3 ha/km. Osim toga, utjecaj na korištenje zemljišta može biti znatno manji ako su nove pruge velikih brzina postavljene paralelno s postojećim autocestama (gdje parametri pruge to dopuštaju) [9]. Na slici 7. dan je usporedni prikaz zauzetosti zemljišta za autocestu i dvokolosiječnu željezničku prugu velikih brzina.

4.5. Niski eksterni troškovi

Neovisno o odabranoj vrsti prometa, bilo koji putnik koji putuje ne plaća sve troškove putovanja. Putnici plaćaju troškove goriva, održavanja (ili iznajmljivanja) vozila, troškove infrastrukture, plaću osoblja itd. Oni ne plaćaju troškove buke, nesreća, klimatskih promjena uzrokovanih njihovim putovanjem, ali ih plaća društvo. Takvi se troškovi nazivaju eksternim troškovima [9]. Na slici 8. prikazani su eksterni troškovi za prijevoz vlakovima velikih brzina, autobuski prijevoz, zrakoplovni prijevoz i prijevoz automobilima.

4.6. Visok stupanj produktivnosti korisnika

Prometna zagušenja i kolapsi posebno su izraženi u cestovnome prometu, i to u znatnoj mjeri u vršnim periodima. Koristeći željeznicu, osobito vlakove velikih brzina, zaposleni mogu stići na posao na vrijeme bez brige o tome hoće li uspjeti pronaći parkirno mjesto. Učinkovitiji prijevoz daje ljudima dodatno vrijeme da se tijekom putovanja usredotoče na posao i druge produktivne aktivnosti.

4.7. Šansa za otvaranje novih radnih mjesta

Izgradnja pruga velikih brzina otvara tisuce radnih mjesta za profesionalce s građevinskim, inženjerskim i urbanističkim iskustvom. Nakon izgradnje pruge cijelo područje gde se ona nalazi dobiva na važnosti i privlači domaće i strane investitore koji ulažu u taj kraj. Samim time broj putovanja vlakom se povećava i otvara mogućnost da na posao stižu i ljudi koji stanuju i više od 100 km dalje od mjesta gdje su zaposleni.

4.8. Promocija turizma

Vlakovi velikih brzina privlače ogromnu pozornost na prostoru na kojemu voze. Oni turistima koji su tek stigli u regiju omogućuju siguran, brz i pouzdan prijevoz, pomažući im da s lakoćom stignu do odredišta. Posebnome dojmu mogu doprinijeti i atraktivan izgled vlaka kao i cjelokupan doživljaj vožnje u njemu. Pruga može prolaziti kroz prelijepe prirodne pejzaže, ali isto tako i kroz atraktivna urbana područja.

4.9. Energetska učinkovitost

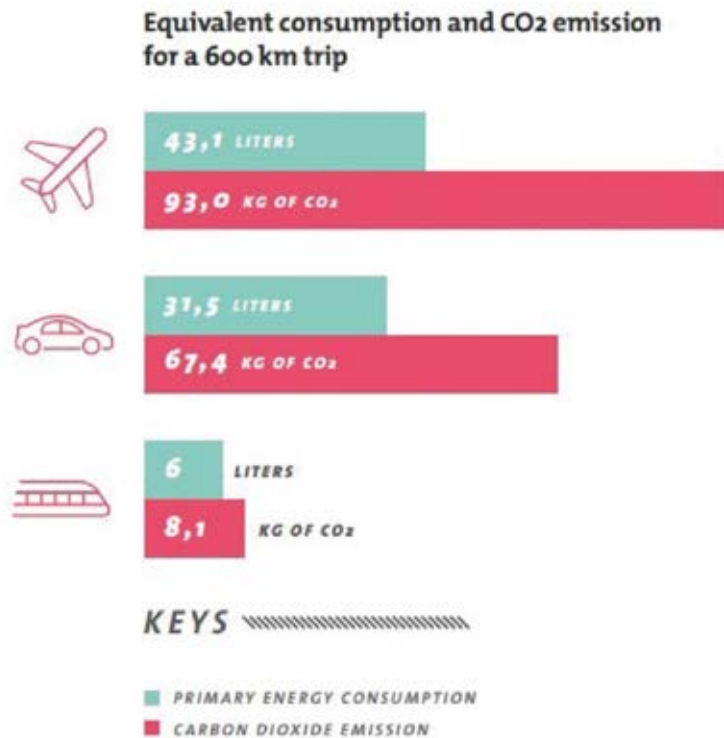
Onečišćenje životne sredine i globalno zagrijavanje uzrokovano efektom staklenika danas su gorući globalni problem. Promet je općenito jako velik onečišćivač, posebno cestovni i zrakoplovni. Željeznički promet je tu u velikoj prednosti jer su onečišćenja koja on uzrokuje minimalna.

Vlakovi velikih brzina zbog svojih velikih kapaciteta mogu prevesti velik broj putnika s jednoga mjesta na drugo, uz veću energetska učinkovitost od konkurentskih vrsta prometa. Što više ljudi koristi željeznicu, veća je njezina učinkovitost.



Izvor: autor

Slika 8. Prosječni eksterni troškovi prema vrsti prometa (na 1000 putničkih kilometara)



Izvor: autor

Slika 9. Emisija ugljikova dioksida prema vrsti prijevoza

zilima. Fizički su zakoni bili dobro poznati, tj. ako je brzina udvostručena, radijus zavoja treba učetvorostučiti. Isto je vrijedilo i za dužinu puta ubrzanja i kočenja.

Inženjer Karoly Zipernowsky je 1891. predložio dionicu velikih brzina između Beča i Budimpešte, koja bi bila predviđena za električne lokomotive i brzine od 250 km/h. Wellington Adams je 1893. predložio liniju od Chicaga do Saint Luisa dužine 406 km i brzine od 160 km/h. Aleksandar Miller imao je veće ambicije. Godine 1906. pokrenuo je projekt elektrificirane željezničke pruge između Chicaga i New Yorka kako bi skratio vozno vrijeme između tih dvaju velikih gradova na deset sati korištenjem električnih lokomotiva koje voze brzinom od 160 km/h.

Prema podacima Međunarodne željezničke unije (UIC) iz 2020., željezničke linije velikih brzina u komercijalnoj uporabi trenutačno postoje u 20 država. Uvjerljivo najdužu mrežu željezničkih pruga velikih brzina ima Kina, koja gradi oko 3000 km pruga velikih brzina na godinu. Na slici 10. prikazan je broj kilometara pruga

4.10. Energetska učinkovitost

Za razliku od drugih oblika kopnenog prijevoza, vlakovi velikih brzina ne zahtijevaju motorno gorivo jer najinovativniji modeli rade na električnu energiju, što smanjuje emisiju stakleničkih plinova. Sustav vlakova velikih brzina, kao 100-postotni elektrificirani tračnički sustav, odmah je kompatibilan s obnovljivim izvorima energije, bez daljnjih tehnoloških poboljšanja. Proces dekarbonizacije jest glavni pokretač u smanjenju emisije ugljikova dioksida. Što je veći postotak električne energije iz obnovljivih izvora koja se koristi za vuču u prometu, to je niža emisija ugljikova dioksida. Na slici 9. prikazana je usporedba potrošnje osnovnoga energenta i emisije ugljikova dioksida na putovanju dugom 600 km zrakoplovom, automobilom i vlakom [5].

5. Sustav željeznica velikih brzina u svijetu

Nakon ekspanzije elektrificiranih pruga očigledno je da je infrastruktura (posebno troškovi njezina održavanja) usporavala proces uvođenja pruga velikih brzina. Događale su se katastrofe – iskakanja iz tračnica, izravni sudari na jednokolosječnim prugama, sudari s cestovnim vo-

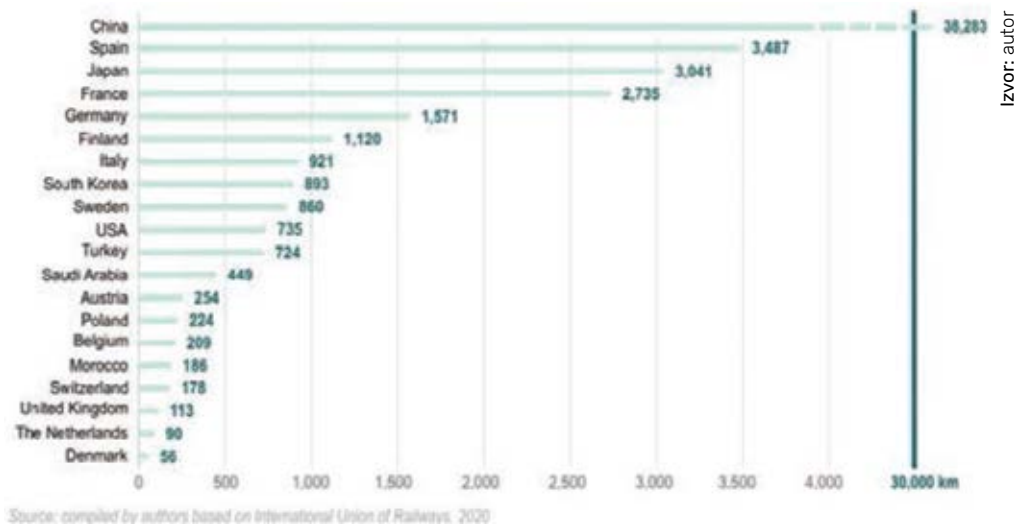


Izvor: autor

Slika 10. Kilometri pruga velikih brzina u uporabi prema svjetskim regijama (2020.)



Slika 11. Kilometri pruga velikih brzina u izgradnji prema svjetskim regijama (2020.)



Slika 12. Države i dužine željezničkih pruga velikih brzina u uporabi

velikih brzina izgrađenih i u komercijalnoj uporabi u različitim regijama svijeta, dok je na slici 11. prikazan broj kilometara pruga u izgradnji. Dužine pruga velikih brzina u komercijalnoj uporabi za svaku državu prikazane su na slici 12.

Azijsko-pacifička regija s 42 217 km odnosno 75,2 posto uvjerljivo je najrazvijenija regija, ali tome uspjehu najviše je doprinijela kineska mreža sa svojih 38 283 km, što čini 68 posto svjetske mreže pruga velikih brzina, a 90,68 % azijsko-pacifičke regije. Europa sa svojih 11 819 km predstavlja 21 posto svjetske mreže. U Europi više od polovine mreže čine pruge u Španjolskoj i Francuskoj. Ostale su regije tek u razvoju svojih mreža pruga velikih brzina.

Promatrajući pruge u izgradnji, također je primjetna dominacija azijsko-pacifičke regije s 16 515 km odnosno 73,2 posto svih pruga velikih brzina u izgradnji. Područje Bliskog istoka rapidno napreduje u izgradnji pruga velikih brzina i trenutno je 3079 km pruga u izgradnji odnosno 13,65 posto ukupnoga broja pruga velikih brzina u izgradnji. Vrijednost od 2405 km u Europi čini 10,65 posto ukupnog broja kilometara pruga velikih brzina u izgradnji.

6. Zaključak

Ljudi su još od nastanka prve željeznice u Engleskoj uvidjeli važnost i potrebu za njom te je dodatno unaprjeđivali. S napretkom tehnologije i industrije javila se mogućnost postojanja željeznice velikih brzina. Toj su ideji doprinijele karakteristike željeznice kao što su kretanje čeličnog kotača po čeličnoj tračnici (mali otpor kretanju), velike tehničke brzine i povoljan ekološki uticaj.

Vlakovi velikih brzina prvo su zaživjeli u Japanu, gde se najdalje otišlo u pogledu konstrukcije vlakova i njihovih brzina. Također, danas uvođenje željeznice velikih brzina oslikava i ekonomsku moć neke države. Ulažu se velika sredstva jer su izgradnja i održavanje takvih željezničkih sustava jako skupi, ali istodobno donose jako velike pogodnosti za korisnike i stvaraju vrlo povoljnu sliku o državi koja ih posjeduje. Veliki kapacitet i visoka razina sigurnosti ključni su parametri koji željeznicu velikih brzina mogu izdvojiti u odnosu na konkurente.

Smanjenje broja automobila na regionalnim i magistralnim cestama te na autocestama rezultira velikom uštedom energije i smanjenom potražnjom za naftom i drugim njezinim derivatima. Prema podacima Međunarodne željezničke unije, željeznice velikih brzina su više od četiri puta energetski učinkovitije od

vožnje automobilom i gotovo devet puta energetski učinkovitije od zrakoplovnih letova. Naravno, u odnosu na cestovni i zrakoplovni promet željeznica je najmanji onečišćivač životne sredine. U mnogim državama postoje zakoni te prometne i ekonomske politike koje zahtijevaju od poduzeća i potrošača smanjenje emisije štetnih plinova. U tim uvjetima željeznica i vlakovi velikih brzina mogu ponuditi znatne pogodnosti s ekonomskog, društvenog i ekološkog aspekta.

Trenutačno u 20 država voze vlakovi velikih brzina, dok je u još 23 države željeznica velikih brzina u izgradnji i fazi planiranja (podaci iz 2020.). Mnoge države dodatno unaprjeđuju pojedine dionice velikih brzina na još veće brzine. Također, znatno se radi i na promociji teretnih vlakova velikih brzina pa odnedavno u Kini teretni vlak vozi brzinom od čak 350 km/h.

Željeznički sustavi velikih brzina izvrsna je vrsta prijevoza koja koristi puni potencijal željeznice. Kroz sustav velikih brzina maksimalno dolaze do izražaja karakteristike kao što su brzina prijevoza, veliki kapacitet, visoka razina udobnosti, niska razina onečišćenja životne sredine i mogućnost automatizacije sustava. Upravo zbog svega navedenoga, a uzimajući u obzir da je riječ o jako skupom sustavu za izgradnju i održavanje, visokorazvijene države posjeduju takve sustave i uspješno ih eksploatiraju.

LITERATURA:

- [1] https://uic.org/IMG/pdf/2012_high_speed_brochure_2012.pdf.
- [2] HSR_Sustainability_main_study_FINAL (apta.com).
- [3] S. Rusov. 2010. *Sistemi vozova velikih brzina*. Saobraćajni fakultet. Beograd.
- [4] S. Golubović; B. Rašuo; V. Lučanin. 2015. Savremeni trendovi u dizajnu vozova velikih brzina. *Tehnika – Mašinstvo* 64. str. 455–462.
- [5] https://uic.org/IMG/pdf/uic_high_speed_2018_ph08_web.pdf
- [6] M. Givoni; D. Banister. 2012. Speed: the less important element of the High-Speed Train. *Journal of Transport Geography* 22. str. 306–307.
- [7] Advantages of High-Speed Rail Systems - IoT Marketing (iotmktg.com).
- [8] M. Leboeuf. 2016. High-Speed Rail: Opportunities and Threats. *Engineering* vol. 2. str. 402–408.

SAŽETAK

ANALIZA PREDNOSTI SUSTAVA VLAKOVA VELIKIH BRZINA

Sustav željeznica velikih brzina jedinstvena je, brza, inovativna i učinkovita vrsta prijevoza. U ovome radu opisane su neke osnovne karakteristike toga sustava s pozornošću usmerenom na prednosti koje donosi. Prikazani su neki osnovni parametri koje mora ispuniti željeznička infrastruktura velikih brzina. Obradene su karakteristike samih vlakova velikih brzina, a s tehničkoga gledišta i način njihova održavanja. Prednosti sustava vlakova velikih brzina su brojne, ali je u radu pozornost posvećena učinkovitosti prijevoza, ekonomskim i socijalnim benefitima i minimalnome uticaju na onečišćenje okoliša. S obzirom na to da su sustavi vlakova i željeznica velikih brzina danas ozbiljan pokazatelj razvijenosti neke države, u radu su prikazani i neki globalni podaci u vezi s njima te popis država koje koriste tu vrstu prijevoza.

Ključne riječi: pruge velikih brzina, vlakovi velikih brzina, prednosti sustava vlakova velikih brzina, željeznice velikih brzina u svijetu
Kategorizacija: stručni rad

SUMMARY

ANALYSIS OF BENEFITS HIGH SPEED TRAINS SYSTEM

The high-speed rail system is a unique, fast, innovative and efficient mode of transport. This paper describes some basic characteristics of this system with special attention focused on the benefits it brings. Some basic parameters that must be met by the railway infrastructure for high speeds are presented. The characteristics of the high-speed trains, from the technical aspect and the manner of their maintenance, are discussed. The advantages of the high-speed train system are numerous, but the paper focuses on transport efficiency, economic and social benefits, as well as minimal impact on environmental pollution. Given that high-speed train and railway systems today are a serious indicator of the development of a country, the paper presents some global data related to them, as well as a list of countries that exploit this type of transport.

Key words: high-speed railways, high-speed trains, benefits of high-speed train systems, high-speed railways in the world
Categorization: professional paper

STRAIL®

SUSTAV PRIJELAZA U RAZINI



BRZO & JEDNOSTAVNO

brza instalacija i kratko vrijeme zatvora pruge / ceste



SIGURNO & POUZDANO

za različita opterećenja i klimatske uvjete



DUGI ŽIVOTNI VIJEK

dokazano od 1976



JEDNOSTAVNO | POUZDANO
 TIPIČNI | STRAIL

STRAILWAY®

PRAGOVI OD POLIMERA



maksimalno osovinsko opterećenje 22.5 t (ovisno o brzini)



više od 50 godina životnog vijeka



maksimalna brzina 160 km/h



Spremni na promjenu?
 Uzmite vaše zelene pragove sada!