

D. Pupavac, M. Kršulja, J. Knežević*

PARETO ANALIZA UZROKA NASTANKA IZVANREDNIH DOGAĐAJA U ŽELJEZNIČKOM PROMETU

UDK 656.25:519.74
PRIMLJENO: 12.12.2022.
PRIHVACENO: 30.6.2023.

Ovo djelo je dano na korištenje pod Creative Commons Attribution 4.0 International License



SAŽETAK: *Temeljni cilj ovoga rada jest istražiti i analizirati uzroke nastanka izvanrednih događaja u željezničkom prometu. Svrha rada jest prepoznati glavne uzročnike nastanka izvanrednih događaja kako bi moguće korektivne akcije rezultirale maksimalnim povećanjem sigurnosti željezničkog prometa. Rezultati istraživanja temelje se na sekundarnim podacima o uzrocima nastanka izvanrednih događaja na prugama HŽ Infrastrukture za razdoblje od 2014. do 2019. godine. U radu su korištene znanstvene metode analize i sinteze, metode deskriptivne statistike te Pareto grafikon. Glavni nalaz ovoga rada upućuje na zaključak da su nesmotreno ili zlonamjerno djelovanje drugih osoba i tehnički nedostatak na infrastrukturnim podsustavima ili vozilima upravitelja infrastrukture odgovorni za 83,7 % izvanrednih događaja na prugama HŽ Infrastrukture, dakle više od svih drugih uzročnika zajedno.*

Cljučne riječi: *Pareto grafikon, izvanredni događaji, željeznički promet*

UVOD

Željeznice diljem svijeta pružaju siguran i održiv način transporta. Sigurnost željezničkog prometa značajno varira u pojedinim dijelovima svijeta, ali i unutar ekonomski razvijenih područja kao što je to primjerice područje Europske unije. Tako bi se za željeznice Irske, (Velike Britanije, Norveške) i Austrije mogli ustvrditi da su vrlo sigurne, dok se željeznice Grčke, Rumunjske, Slovačke, Poljske i Litve ubrajaju u skupinu rizičnijih željeznica (*Pupavac & Knežević, 2021.*). Viša razina sigurnosti obično je povezana i s većim troškovima te je u skladu s tim, uspostavljanje ravnoteže između sigurnosti, učinkovitosti i troškova jedan od najvećih izazova za željezničku industriju diljem svijeta. Održavanje i podizanje razine

postojeće sigurnosti u željezničkom prometu zahtijeva multidisciplinarni pristup.

Predmet istraživanja od značaja za ovaj rad jesu izvanredni događaji u željezničkom prometu. U skladu sa Zakonom o sigurnosti i interoperabilnosti željezničkog sustava i Pravilnikom o postupanju u slučaju izvanrednog događaja, izvanredni događaji dijele se u tri osnovne kategorije, a to su: 1) ozbiljne nesreće, 2) nesreće i 3) incidenti. Temeljno istraživačko pitanje u ovoj znanstvenoj raspravi odnosi se na glavne uzroke nastanka izvanrednih događaja u željezničkom prometu. Da bi se ostvarili cilj i svrha istraživanja te pronašao odgovor na temeljno istraživačko pitanje, poći će se od Pareto načela, odnosno prepoznavanja onih nekoliko bitnih čimbenika (uzroka) rezultat kojih je nastanak najvećeg broja izvanrednih događaja (*Juran & Gryna, 1999.*). Pareto načelo ističe da je oko 20 % uzročnika odgovorno za 80 % varijacija (*Kelly, 1997.*).

*Dr. sc. Drago Pupavac, docent, znanstveni savjetnik i prof. struč. stud., (drago.pupavac@veleri.hr), Veleučilište u Rijeci, 51000 Rijeka, Hrvatska, dr. sc. Marko Kršulja, docent, Tehnički fakultet u Puli, 52100 Pula, Hrvatska, Josip Knežević, mag. traff., HŽ Infrastruktura, d.o.o., 51000 Rijeka, Hrvatska.

TEORIJSKI OKVIR I PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Sigurnost prometa predstavlja važan čimbenik konkurentnosti željezničkog prometa na nacionalnom i europskom prijevoznom tržištu. Prema podacima Europske komisije iz 2019. godine rizik od smrti putnika u željezničkom putničkom prometu u državama EU-27 iznosi 0,09 smrtnih slučajeva na milijardu vlak kilometara što je gotovo tri puta manje u odnosu na putnike u autobusnom prometu i oko 28 puta manje nego za putnike u osobnom vozilu (Tablica 1).

Tablica 1. Rizik od nastanka smrtnog događaja u 2019. godini (EU-27) ovisno o vrsti prijevoza (na mlrd. pkm)

Table 1. Risk of a fatal event in 2019 (EU-27) depending on the type of transport (per billion pkm)

Vrsta putničkog prijevoza	Broj nesreća na mlrd. Pkm
Zračni prijevoz	0,08
Željeznički prijevoz	0,09
Autobusni prijevoz	0,24
Prijevoz osobnim automobilima	2,52
Prijevoz vozilima na dva kotača	36,41

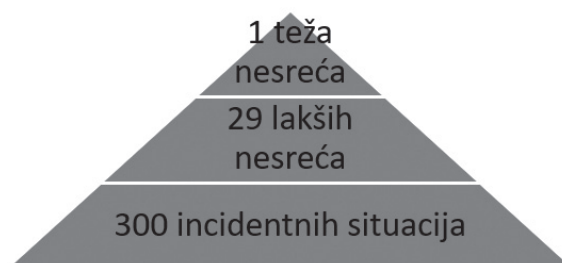
Izvor: Priredili autori prema: Europska komisija, ERA

Premda se željeznički promet ubraja među najsigurnije načine prijevoza, nesreće se događaju. Željezničke nesreće za rezultat mogu imati iznimno velike materijalne štete i velike ljudske žrtve (*Quinet & Vickerman, 2004.*). Tako je primjerice u željezničkoj nesreći u *Santiago de Composteli* u srpnju 2013. godine bilo 80 poginulih i 144 ozlijeđenih osoba (*Shultz et al., 2016.*). Sigurnost u željezničkom prometu važna je s aspekta korisnika prijevoza, željezničkih radnika, trećih osoba i društva u cjelini. Stoga prvi cilj željezničkih poduzeća treba biti sigurnost, a daljnji razvoj željezničkog prometa ovisan o višoj razini sigurnosti.

Nastanak izvanrednih događaja važan je pokazatelj sigurnosti u željezničkom prometu. Izvanredni događaj je zajednički naziv za ozbilj-

ne nesreće, nesreće i incidente. Ozbiljna nesreća jest izvanredni događaj u željezničkom prometu u kojemu je poginula najmanje jedna osoba, i/ili je teško tjelesno ozlijeđeno pet ili više osoba, i/ili je materijalna šteta veća od dva milijuna eura. Nesreća jest izvanredni događaj u željezničkom prometu sa štetnim posljedicama kao što su teške tjelesne ozljede do četiriju osoba te materijalna šteta koja se može procijeniti na vrijednost do dva milijuna eura. „Incident“ je svaki događaj, osim nesreće ili ozbiljne nesreće, povezan s odvijanjem željezničkog prometa koji utječe na sigurnost istog prema Pravilniku o postupanju u slučaju izvanrednog događaja.

Prema *Heinrichovom zakonu (1941.)* na svaku jednu tešku nesreću dolazi 29 manjih nesreća i 300 incidentnih situacija bez nesreća. Incidentne situacije po Heinrichu u 88 % slučajeva rezultat su ponašanja zaposlenika ne sigurnim načinom, odnosno ljudske pogreške. *Heinrichov zakon* grafički se predočava u obliku piramide (grafikon 1); (priredili autori prema: Heinrich, W., 1941.).



Grafikon 1. Heinrichova piramida
Graph 1. Heinrich's Pyramid

Heinrichov zakon može se prikazati i relativnim omjerima: 0,3 % svih incidentnih situacija rezultirat će s jednom teškom nesrećom, 8,8 % svih incidentnih situacija rezultirat će s 29 lakših nesreća i 90,9 % svih incidentnih situacija proći će bez ozljeda. Primjenom ovoga zakona u željezničkom prometu moglo bi se ustvrditi da će se na 330 izvanrednih događaja dogoditi 300 incidenata, 29 nesreća i 1 ozbiljna nesreća.

Kako bi se sagledala valjanost Heinrichovog zakona u željezničkom prometu, dat je pregled izvanrednih događaja na mreži HŽI za razdoblje od 2014. do 2019. godine (Tablica 2).

Na temelju podataka iz Tablice 2 može se zaključiti da je ukupan broj izvanrednih događaja u 2019. godini u usporedbi s 2018. godinom smanjen za 3,5 %, a u usporedbi s prosjekom promatranog razdoblja za 13 %. Ovo je svakako ohrabrujući podatak.

Uz pretpostavku da se nesreće i ozbiljne nesreće prate kao teške i lakše nesreće primjenom Heinrichovog zakona na podatke iz Tablice 2, moglo bi se procijeniti njihov ukupan broj po godinama (Tablica 3).

Na osnovi podataka iz Tablice 3 može se zaključiti da je u većini godina stvarni broj nesreća i ozbiljnih nesreća bio manji od procijenjenog broja. Samo u prvoj i posljednjoj godini promatranog razdoblja stvarni broj nesreća i ozbiljnih nesreća veći je od procijenjenog broja na temelju Heinrichovog zakona. Kako se radi o relativno malim odstupanjima, primjenjivost Heinrichovog zakona za procjenu broja nesreća i ozbiljnih nesreća na pružnoj mreži HŽI može biti vrlo koristan alat.

Između 2010. i 2018. godine broj većih željezničkih nesreća na EU željeznicama smanjio se za više od 25 %. Tijekom 2018. godine na EU željeznicama dogodilo se 1.666 nesreća što je 563 nesreća manje nego 2010. godine kada se dogodilo 2.229 nesreća (https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Rail_accident_fatalities_in_the_EU). U ovim nesrećama poginulo je 885 osoba dok ih je 748 bilo ozbiljno ozlijeđeno (bez samoubojstva). Samoubojstva počinjena na željeznicama evidentiraju se posebno. Tijekom 2018. godine na prugama europskih željeznica bilo je 2.673 zabilježenih slučaja samoubojstva, što nadilazi brojku stradalih osoba u željezničkim nesrećama.

Slični trendovi zabilježeni su i na prugama u RH. Prema podacima službene statistike (www.dzs.hr) broj nesreća na pružnoj mreži HŽI u 2018. u odnosu na 2010. godinu značajno se smanjio. U ovim nesrećama tijekom 2018. godine poginulo je 18 osoba, a 6 ih je bilo teže ozlijeđeno. Tijekom 2018. godine na prugama u RH zabilježena

Tablica 2. Statistički prikaz izvanrednih događaja za razdoblje 2014.-2019.

Table 2. Statistical presentation of extraordinary events for the period 2014-2019

Kategorija	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	prosjek 2014.-2018.	indeks (2019./ prosjek x100)	indeks (2019./ 2018. x100)
Ozbiljne nesreće	16	13	13	20	18	13	16	81,25	72,22
Nesreće	89	70	68	62	55	71	69	103,20	129,09
Incidenti	878	900	867	945	797	755	877	86,05	94,73
UKUPNO:	983	983	948	1.027	870	839	962	87,20	96,44

Izvor: HŽI

Tablica 3. Stvarni i procijenjeni broj nesreća i ozbiljnih nesreća na prugama HŽI, 2014.-2019.

Table 3. Actual and estimated number of accidents and serious accidents on HŽI railways, 2014-2019

Godina	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.
Procijenjeni broj na temelju Heinrichovog zakona	89	89	86	93	79	76
Stvarni broj	105	83	81	82	73	84
Razlika	+16	-6	-5	-11	-6	8

Izvor: HŽI i vlastiti izračuni

su 23 samoubojstva što također nadilazi brojku poginulih osoba u željezničkim nesrećama na pružnoj mreži HŽI.

U Tablici 4 prikazana je deskriptivna statistika poginulih i teško ozlijeđenih osoba na pružnoj mreži HŽI, za razdoblje od 2010. do 2021.

Tablica 4. Deskriptivna statistika poginulih i teško ozlijeđenih osoba na pružnoj mreži HŽI, 2010.-2021.

Table 4. Descriptive statistics of fatalities and seriously injured persons on the HŽI rail network, 2010-2021

	Poginuli	Ozlijeđeni	Ukupno (poginuli + ozlijeđeni)
Aritmetička sredina	16,75	17,5	34,25
Standardna greška	1,64	2,53	3,43
Medijan	16,5	14	32,5
Mod	18	20	24
Standardna devijacija	5,71	8,76	11,88
Minimalna vrijednost	10	6	20
Maksimalna vrijednost	27	36	55
Ukupan zbroj	201	210	411
Broj godina N=12	12	12	12

Izvor: Izračun autora prema: www.dzs.hr

U promatranom razdoblju na pružnoj mreži HŽI poginula je 201 osoba, dok ih je 210 teže ozlijeđeno. Na temelju podataka iz Tablice 4 očito je da u nesrećama na pružnoj mreži HŽI godišnje prosječno pogine ($M=16,75$; $SD 5,71$) ili se teško ozlijedi ($M=17,5$; $SD=8,76$) gotovo isti broj osoba. Prosječno odstupanje ili koeficijent varijacije veći je kod broja teško ozlijeđenih osoba ($V=50,05$ %) nego kod broja poginulih ($V=34,08$ %). Vrijednost medijana koja niz dijeli na dva jednakobrojna dijela veća je za broj poginulih osoba ($Me=16,5$ vs. $Me=14$). Najmanji broj poginulih osoba u promatranom razdoblju dogodio se tijekom 2020. i 2021. godine kada je poginulo

10 osoba. Najmanji broj teško ozlijeđenih osoba (šest) dogodio se tijekom 2018. godine.

Prema Heinrichovom zakonu treba prevenirati nastanak izvanrednih događaja kako bi se eliminirale nesreće. Heinrichov zakon potaknuo je poslodavce da se s ciljem smanjivanja nesreća na radu više usredotoče na rizike, a ne samo na ponašanje zaposlenika. Kako bi se prevenirali izvanredni događaji u željezničkom prometu, nužno je prepoznati uzroke njihovog nastanka. Uzroci nastanka izvanrednih događaja mogu biti: 1) osobni propusti zaposlenika upravitelja infrastrukture, 2) osobni propusti zaposlenika željezničkog prijevoznika, 3) osobni propusti zaposlenika ugovaratelja, 4) tehnički nedostatak na infrastrukturnim podsustavima, 5) tehnički nedostatak na željezničkim vozilima, 6) nesmotreno ili zlonamjerno djelovanje putnika, 7) nesmotreno ili zlonamjerno djelovanje korisnika ŽCP-a, 8) nesmotreno ili zlonamjerno djelovanje neovlaštenih osoba, 9) nesmotreno ili zlonamjerno djelovanje trećih osoba, 10) vremenska ili elementarna nepogoda.

PODACI I METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Da bi se prepoznali glavni uzroci nastanka izvanrednih događaja u željezničkom prometu, primijenit će se Pareto grafikon kao metoda organiziranja pogrešaka, problema ili nedostataka kako bi se usmjerili naponi na rješavanje problema. Pareto grafikon temelji se na radu talijanskog ekonomiste iz devetnaestog stoljeća Vilfreda Pareta. Pareto je bio dugogodišnji službenik talijanskih željeznica. Tijekom svojeg istraživačkog rada na raspodjeli nacionalnog bogatstva došao je do zaključka da 20 % obitelji posjeduje oko 80 % kapitala. Joseph Juran popularizirao je Paretov rad kada je sugerirao da je 80 % problema poduzeća rezultat 20 % uzročnika (*Heizer & Render, 2004.*).

HŽ Infrastruktura nastoji kontinuirano smanjiti broj izvanrednih događaja na prugama kojima upravlja. U poduzeću se utvrdilo da je šest glavnih uzročnika koji su bili odgovorni za nastanak izvanrednih događaja (Tablica 5).

Tablica 5. Uzroci nastanka izvanrednih događaja**Table 5. Causes of extraordinary events**

Uzroci nastanka izvanrednih događaja	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.
Osobni propusti zaposlenika upravitelja infrastrukture	32	24	16	12	14	13
Tehnički nedostatak na infrastrukturnim podsustavima ili željezničkim vozilima HŽI	101	111	153	153	139	132
Osobni propusti zaposlenika željezničkog prijevoznika	23	26	17	14	21	19
Tehnički nedostatak na željezničkim vozilima željezničkog prijevoznika	32	53	62	55	34	41
Nesmotreno ili zlonamjerno djelovanje drugih osoba	706	673	656	690	622	592
Vremenska nepogoda	89	96	44	103	40	42
UKUPNO:	983	983	948	1027	870	839

Izvor: HŽI

Prikupljeni podaci bit će predmetom analize pomoću Pareto grafikona na način da će se razviti računalno podržani model u MS Excel proračunskoj tablici koji će iskazati podatke od najučestalijeg do najmanje učestalog uzroka nastanka izvanrednih događaja u željezničkom prometu. Za svaki uzrok nastanka izvanrednih događaja bit će izračunat postotak problema za koji je odgovoran, odnosno kumulativni postotak. Nakon toga podaci će biti prikazani stupičastim grafikonom gdje će lijeva vertikalna ljestvica ukazivati na frekventnost koju svaki stupac predstavlja, a desna vertikalna

ljestvica na postotak ukupnih javljanja koji je pokriven zbrojem uzroka nastanka izvanrednih događaja u željezničkom prometu. Za svaki uzrok dodat će se postotak izvanrednih događaja za koji je odgovoran, a postotku za koji su odgovorni uzroci lijevo od njega, ucrtat će se točke prema desnoj ljestvici koja predstavlja ovaj total i iste povezati crtom. Granična crta u skladu s Paretovim načelom bit će povučena na 80 % čime će se dodatno istaknuti glavni uzroci nastanka izvanrednih događaja u željezničkom prometu.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

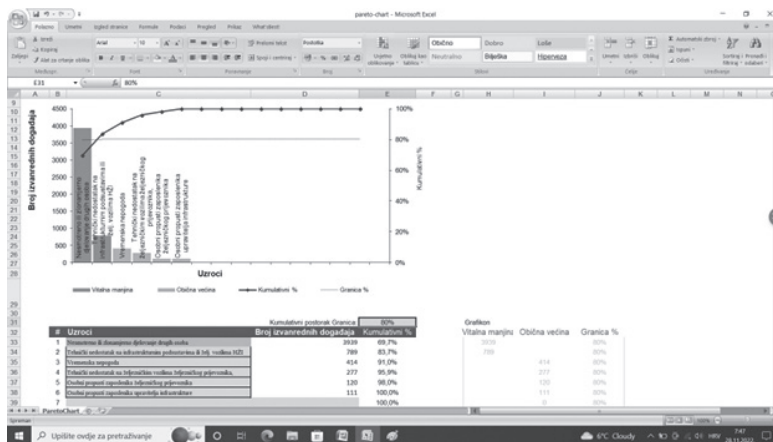
Na temelju podataka iz Tablice 5 sačinjen je računalno podržani model u proračunskoj tablici za prikaz Pareto grafikona (slika 1); (izradili autori).

U proračunsku tablicu na slici 1 najprije se unose uzroci izvanrednih događaja. Potom se unosi broj izvanrednih događaja u adresno područje D33:D39. U adresno područje E33:E39 unose se potrebne formule za izračunavanje kumulativnog postotka. Primjerice u adresno polje E34 zalijepljena je formula =SUM(D\$33:D34)/SUM(\$D\$33:\$D\$47), u adresno područje E35 formula =SUM(D\$33:D35)/SUM(\$D\$33:\$D\$47) i tako redom. Formule potrebne za crtanje Pareto grafikona nalaze se u adresnom području H33:K38. Tako se primjerice u adresno polje H33 lijepi formula =IF(OR(B33=1;OFFSET(\$E\$32;B33-1;0;1;1)<=\$E\$31);OFFSET(\$D\$32;B33;0;1;1);""), u adresno polje I33 formula =IF(H35="" ;OFFSET(\$D\$32;B35;0;1;1);""), a u adresno polje K33 formula

=E\$31 koja se potom kopira u adresno područje K33:K38 čime je određena Pareto granica od 80 %. Nakon toga crta se Pareto grafikon (<https://www.vertex42.com/ExcelTemplates/pareto-chart.html>).

Na temelju Pareto grafikona moguće je prepoznati dva glavna uzroka nastanka izvanrednih događaja u željezničkom prometu, a to su: 1) nesmotreno ili zlonamjerno djelovanje drugih osoba i 2) tehnički nedostatak na infrastrukturnim podsustavima ili željezničkim vozilima HŽI. Ova dva glavna uzroka čine (83,7 %) nastanka izvanrednih događaja na prugama HŽI. U skladu s time, u nastavku se daje detaljan prikaz dva glavna uzroka nastanka izvanrednih događaja u željezničkom prometu, kao i mogućnosti njihovog otklanjanja.

1) Nesmotreno ili zlonamjerno djelovanje drugih osoba u 69,7 % slučajeva uzrok je nastanka izvanrednih događaja na prugama HŽI u navedenom razdoblju. U Tablici 6 prikazano je djelovanje drugih osoba kao uzročnika nastanka izvanrednih događaja za razdoblje 2014.-2019. g.



Slika 1. Pareto grafikon uzroka nastanka izvanrednih događaja u željezničkom prometu
 Figure 1. Pareto chart of the causes of extraordinary events in railway traffic

Tablica 6. Djelovanje drugih osoba kao uzročnika nastanka izvanrednih događaja
 Table 6. The action of other persons as the cause of extraordinary events

Uzroci nastanka izvanrednih događaja	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	prosjeak 2014.-2018.	indeks (2019./ prosjeak x100)	indeks (2019./ 2018. x100)
Korisnici ŽCP-a	487	499	466	523	485	469	492,00	95,33	96,70
Neovlaštene osobe	181	133	139	127	100	80	136,00	58,82	80,00
Treće osobe	32	39	49	39	37	42	39,20	107,14	113,51
Putnici	6	2	2	1	0	1	2,20	45,45	-
UKUPNO:	706	673	656	690	622	592	669,40	88,44	95,18

Izvor: HŽI

Na temelju podataka iz Tablice 6 može se zaključiti kako je najveći broj promatranih izvanrednih događaja uzrokovan djelovanjem korisnika ŽCP-a. Na pružnoj mreži HŽI krajem 2020. bilo je ukupno 1.499 prijelaza od kojih je njih 916 (oko 61,11 %) osigurano prometnim znakovima (Andrijinim križem i znakom »STOP«) i trokutom preglednosti, 43 su osigurana mehaničkim branicama (oko 2,87 %), 127 ih je osigurano svjetlosnim i zvučnim signalima (oko 8,47 %), a 413 ih je osigurano svjetlosnim i zvučnim signalima te polubranicama (oko 27,55 %). Predviđeni način rješavanja ŽCP-a obuhvaća; 1) denivelaciju, 2) uklanjanje sa svodnjem ili bez njega, 3) osiguravanje uređajem i 4) nadopunu ili promjenu postojećega načina osiguranja uređajem. Ova rješenja zahtijevaju značajne troškove, a cilj im je da što veći broj prijelaza dobije najvišu razinu sigurnosti. Tamo gdje je to moguće denivelacija, odnosno fizičko odvajanje ceste i pruge najbolje je rješenje. Prema nekim procjenama denivelacija svih željezničko-cestovnih prijelaza na pružnoj mreži HŽI iznosila bi oko 150 mil. € (*Samokovlija Dragičević, 2008.*). Izvori sredstava za ove projekte jesu prije svega Svjetska banka i EU fondovi.

U cilju smanjenja rizika od opasnosti na željezničko-cestovnim prijelazima upravo najranjivijih sudionika u prometu, HŽ Infrastruktura od 2000. u kontinuitetu provodi akciju „Vlak je uvijek brži“ u osnovnim školama te na željezničko-cestovnim prijelazima diljem Hrvatske. Osim ulaganja u podizanje razine sigurnosti na prijelazima, nužno je

i ovakvim akcijama educirati sudionike u prometu jer materijalna je šteta, iako znatna, nadoknadiva, a ljudski život neprocjenjiv. Svrha ove akcije HŽ Infrastrukture jest edukacija sudionika u prometu o potrebi poštovanja prometnih pravila i smanjivanju nesreća na željezničko-cestovnim prijelazima. S obzirom na to da svjetski podaci ukazuju na to da su u 98 % slučajeva uzroci takvih nesreća nesmotrenost i nepoštovanje prometnih pravila i prometne signalizacije sudionika u prometu (vozača osobnih vozila, motociklista, biciklista, pješaka prilikom prelaženja željezničke pruge), sudjelovanjem u kampanji i akcijom „Vlak je uvijek brži“ namjera je sačuvati ljudske živote i promijeniti pogrešnu percepciju da su nesreće na željezničko-cestovnim prijelazima problem samo željeznice.

2) Tehnički nedostatak na infrastrukturnim podsustavima ili željezničkim vozilima HŽI drugi je po važnosti (14 %) uzrok nastanka izvanrednih događaja na prugama HŽI u navedenom razdoblju. U Tablici 7 prikazani su tehnički nedostaci na infrastrukturnim podsustavima kao uzročnici nastanka izvanrednih događaja za razdoblje 2014.-2019. g.

Na osnovi podataka iz Tablice 7 može se zaključiti kako je građevinski podsustav glavni uzročnik nastanka izvanrednih događaja zbog tehničkih nedostataka na infrastrukturnim podsustavima. Građevinski infrastrukturni podsustav čine: 1. pružni gornji ustroj i 2. pružni donji ustroj (pružne građevine), a kao najčešći uzrok unutar

Tablica 7. Tehnički nedostaci na infrastrukturnim podsustavima kao uzročnici nastanka izvanrednih događaja

Table 7. Technical deficiencies in infrastructure subsystems as causes of extraordinary events

Uzroci nastanka izvanrednih događaja	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	prosjek 2014.-2018.	indeks (2019./ prosjek x100)	indeks (2019./ 2018. x100)
Građevinski podsustav	76	87	129	135	120	110	109,40	100,55	91,67
Elektroenergetski podsustav	20	23	12	17	13	15	17,00	88,24	115,38
PU i SS podsustav na pruži	4	0	10	1	5	7	4,00	175,00	140,00
Željeznička vozila za posebne namjene	1	1	2	0	1	0	1,00	-	-
UKUPNO:	101	111	153	153	139	132	131,40	100,46	94,96

Izvor: HŽI

građevinskog podsustava za nastanak izvanrednog događaja jesu puknuća tračnica, deformacije kolosijeka i odroni. Sve ovo upućuje na važnost izgradnje, modernizacije i održavanja građevinskog infrastrukturnog podsustava s ciljem smanjivanja broja izvanrednih događaja i povećanja sigurnosti u željezničkom prometu.

ZAKLJUČAK

Istraživački fokus u ovom znanstvenom radu usmjeren je na izvanredne događaje, odnosno na glavne uzroke nastanka izvanrednih događaja u željezničkom prometu. Broj izvanrednih događaja važan je pokazatelj sigurnosti u željezničkom prometu, jer po Heinrichovom zakonu od 330 izvanrednih događaja njih 30 rezultira jednom teškom i 29 lakših nesreća dok ih 300 bude incidentne naravi. U skladu s tim, nužno je prepoznati i prevenirati uzroke nastanka izvanrednih događaja kako bi se eliminirao njihov nastanak, a samim tim nesreće i ozbiljne nesreće u željezničkom prometu. S ciljem prepoznavanja glavnih uzroka nastanka izvanrednih događaja razvijen je računalno podržani model za prikaz Pareto grafikona. Na temelju Pareto grafikona utvrđeno je da su dva uzročnika: 1) nesmotreno ili zlonamjerno djelovanje drugih osoba i 2) tehnički nedostaci na infrastrukturnim podsustavima ili željezničkim vozilima HŽI odgovorni za 83,7 % izvanrednih događaja na pružnoj mreži HŽI. Tako su utvrđeni prioriteti djelovanja dok korektivne radnje za otklanjanje ovih uzročnika i postizanja najviše razine sigurnosti iziskuju velike troškove. Izvori za poduzimanje korektivnih radnji prije svega trebaju biti sredstva EU fondova i Svjetske banke.

LITERATURA

Europska komisija, ERA, dostupno na: https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/institutions-and-bodies-profiles/era_hr, pristupljeno: 5.9.2022.

Heinrich, W.: *Industrial Accident Prevention*, drugo izdanje, McGraw-Hill Company, p. 27, (1941). dostupno na: <https://archive.org/details/dli.ernet.14601/page/27/mode/2up>, pristupljeno: 20.7.2022.

Heizer, J., Render, B.: *Principles of Operation Managements*, fifth edition, Pearson Prentice Hall, USA, 2004.

Eurostat, dostupno na: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Rail_accident_fatalities_in_the_EU, pristupljeno 27.11.2022.

Incident Investigation, dostupno na: <https://www.assp.org>, Incident Investigation: Our Methods Are Flawed, ASSP - American Society of Safety Professionals, pristupljeno 22.11.2022.

Pareto chart, dostupno na: <https://www.vertex42.com/ExcelTemplates/pareto-chart.html>, pristupljeno 21.11.2022.

HŽ Infrastruktura, dostupno na: <https://www.hzinfra.hr/>, pristupljeno 7.10.2022.

Juran, J., Gryna, F.: *Planiranje i analiza kvalitete*, treće izdanje, Mate, d.o.o., Zagreb, 1999.

Kelly, M. J.: *Upravljanje ukupnom kvalitetom*, (preveo Boran Petrić), Potecon, Zagreb, 1997.

Pareto, V.: *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021.

Pravilnik o postupanju u slučaju izvanrednog događaja, Pravilnik HŽI-631, Sl. vj. HŽI/21.

Pupavac, D., Knežević, J.: Analiza izvanrednih događaja u željezničkom prometu, *Sigurnost*, 63, 2021., 2, 155-164, <https://doi.org/10.31306/s.63.2.3>

Quinet, E., Vickerman, R.: *Principles of Transport Economics*, Edward Elgar Publishing Limited, USA, 2004.

Samokovlija Dragičević, J.: Zaštita okoliša, *Građevinar*, 60, 2008., 9, 825-828.

Shultz, M. J., Garcia-Vera, P. M., Clara Gestira Santos, C., Sanz, J., Bibel, G., Schulman, C., Bahouth, G., Yasmin Dias Guichot, D. Y., Espinel, Z., Rechkemmer, A.: Disaster complexity and the Santiago de Compostela train derailment, *Disaster Health*, 3, 2016., 1, 11.

Državni zavod za statistiku, Published online 2016Jan8.doi:10.1080/21665044.2015.1129889. Dostupno na: www.dzs.hr, pristupljeno 27.11.2022.

Zakon o sigurnosti i interoperabilnosti željezničkog sustava, N.N., br. 63/20.

PARETO ANALYSIS OF THE CAUSES OF EXTRAORDINARY EVENTS IN RAIL TRAFFIC

SUMMARY: The main goal of this work is to investigate and analyze the causes of extraordinary events in railway traffic. The purpose of the work is to identify the main causes of the occurrence of extraordinary events so that possible corrective actions result in a maximum increase in the safety of railway traffic. The results of the research are based on secondary data on the causes of extraordinary events on the tracks of Croatian Railway Infrastructure for the period from 2014 to 2019. Scientific methods of analysis and synthesis, methods of descriptive statistics and the Pareto chart were used in the work. The main finding of this paper points to the conclusion that reckless or malicious actions of other persons and technical defects in infrastructure subsystems or vehicles of the infrastructure manager are responsible for 83.7% of extraordinary events on the tracks of Croatian Railway Infrastructure, i.e. more than all other causes combined.

Key words: Pareto chart, extraordinary events, railway traffic

*Subject review
Received: 2022-12-12
Accepted: 2023-06-30*