

# Primena Pareto analize u istraživanju bezbednosnih aspekata rada dizalica

ALEKSANDAR Đ. BRKIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Inovacioni centar Mašinskog fakulteta, Beograd

MIRJANA Ž. MISITA, Univerzitet u Beogradu,

Mašinski fakultet, Beograd

VESNA K. SPASOJEVIĆ BRKIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Mašinski fakultet, Beograd

MARTINA B. PERIŠIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Mašinski fakultet, Beograd

*Prethodno saopštenje*

UDC: 005.334:658.588.1

331.464.2:621.87

DOI: 10.5937/tehnika2002238B

*Prethodna istraživanja ukazuju na nedovoljnu istraženost bezbednosnih aspekata rada dizalica. Stoga, prvi cilj ovog istraživanja čine prikupljanje i analiza podataka o akcidentima uzrokovanim radom dizalica, koji su se dogodili u periodu 1985-2018. godine u 71 državi, sa ciljem utvrđivanja učestanosti povreda na radu i smrtnih ishoda u svakoj zemlji pojedinačno i izdvajanja onih sa najvećim brojem akcidenata, koji rezultuju jednim od dva navedena ishoda, primenom Pareto analize. Drugi cilj rada je identifikovanje najznačajnijih grupa uzroka akcidenata na osnovama podataka prikupljenih iz većeg broja literaturnih izvora, takođe, primenom Pareto analize. Na osnovu dobijenih rezultata, evidentno je da su Španija i Nemačka države u kojima je zastupljena skoro polovina povreda u kranskim nezgodama. Istraživanje je takođe pokazalo da se u svega 6 zemalja sveta (Španija, Nemačka, Francuska, Italija, Japan i Meksiko) događa 80% povreda. Takođe, Pareto analiza pokazuje da se 80% akcidenata koji rezultuju smrtnim ishodom događa u sledećim državama: Rumuniji, Kini, Turskoj, Bugarskoj, Poljskoj, Izraelu, Hrvatskoj i Španiji. Kao glavni uzroci nesreća u kojima učestvuju dizalice Pareto analizom su prepoznati mašinska oprema (uključujući konstrukciju), neadekvatna upotreba, montaža/demontaža i transport dizalice, jer je 80% akcidenata je posledica navedenih uzroka. Predlog daljih istraživanja je detaljna analiza uloge ljudskog faktora u dominantnim uzrocima nesreća.*

**Ključne reči:** *akcident, dizalice, Pareto analiza, povreda, smrtni ishod, uzrok*

## 1. UVOD

Već decenijama se intenzivno unapređuju standardi u oblasti bezbednosti, zdravlja i upravljanja rizicima na radu, što je svakako dovelo do određenih poboljšanja i napretka u sprečavanju nesreća, nezgoda i udesa različitih vrsta. Međutim, broj nesreća, povreda na radu i fatalnih ishoda i dalje nije zanemarljiv i industrijska bezbednost bi mogla biti na višem nivou. Raspoložive su mnogobrojne kvalitativne, kvantitativne i hibridne tehnike za menadžment rizikom i zahvaljujući njima otklonjen je nemali broj uzroka nesreća koji su tehničke prirode, ali zbog interakcije te-

hničkih, ljudskih i organizacionih faktora broj akcidenata širom sveta je i dalje značajan [1].

Dizalice su grupa najšire primenjenih sredstava u rukovanju materijalima i služe za vertikalno dizanje tereta najčešće pomoću užeta ili lanca [2]. U ovu, najbrojniju grupu mašina prekidnog transporta, ubrajaju se mosni kranovi, građevinske stubne dizalice, portalne dizalice, mobilni kranovi, pretovarni mostovi i dr. [2]. Rad u različitim vrstama industrije se ne može zamisliti bez savremenih efikasnih uređaja za dizanje i prenošenje materijala.

Brzi razvoj industrije od druge polovine prošlog veka do danas nameće i sve brži i intenzivniji razvoj dizalica i drugih mašina za dizanje i prenošenje delova, robe i ostalog materijala. Davno je uočeno da dizalice rade pod različitim radnim uslovima, što takođe važi i za pogonske mehanizme na jednoj istoj dizalici [2]. Rukovanje dizalicama, u poređenju sa drugim mašinama i sredstvima, predstavlja daleko sofisticiraniji i

---

Adresa autora: Aleksandar Brkić, Univerzitet u Beogradu, Inovacioni centar Mašinskog fakulteta, Beograd, Kraljice Marije 16

e-mail: abrkic@mas.bg.ac.rs

Rad primljen: 18.03.2020.

Rad prihvaćen: 01.04.2020.

intelektualno zahtevniji zadatak sa aspekta rukovaoca. Iz tog razloga, kranisti/rukovaoci dizalicama su svakodnevno podložni pravljenju grešaka, dok problemi organizovanja takvih radnih procesa dalje usložnjavaju radne zadatke [1]. Kako je rad dizalica ključan za izvršavanje složenih zadataka u različitim vrstama industrije, raspoloživa literatura preporučuje intenzivno razmatranje rizika i upućuje na rešavanje pitanja bezbednosti i zdravlja na radu, u svim industrijskim sektorima gde dizalice doprinose efikasnom i efektivnom izvršenju poslova [2]. Rukovanje dizalicom ne predstavlja opasnost isključivo za rukovaoca, već i za sve ostale radnike u industrijskom objektu ili na gradilištu. Posledice akcidenata uzrokovanih radom dizalica osim materijalne štete, troškova bolovanja i smanjene motivisanosti zaposlenih, često podrazumevaju i povrede na radu i/ili smrtne ishode zaposlenih u neposrednom okruženju proizvodnog pogona ili gradilišta [3, 4]. U tom smislu, potrebno je veću pažnju posvetiti bezbednosti rada dizalica, pa je tako cilj ovog rada da se, na osnovama raspoloživih prethodnih istraživanja integrišu postojeće baze podataka i drugi raspoloživi izvori u jedinstvenu bazu podataka, i zatim primenom Pareto analize identifikuju države sa najvećim brojem akcidenata, a zatim utvrde glavni uzroci kranskih nesreća, sve sa ciljem smanjenja njihovog broja.

## 2. PREGLED LITERATURE

Primetno je da veliki broj istraživanja koja se bave uzrocima udesa, nesreća i nezgoda uzrokovanih korišćenjem dizalica nije raspoloživ. Retka su istraživanja i analize čak i na polju događaja koji su doveli do fatalnih ishoda.

Prema Pratt i dr. [5], dizalice su učestvovala u 306 smrtnih slučajeva, što predstavlja 16,1% od ukupnog broja svih smrtnih slučajeva, u periodu između 1980. i 1992. godine. Neitzel i dr. [6] ističu da dizalice učestvuju sa čak jednom trećinom u broju smrtnih slučajeva vezanim za građevinske radove, pa je tako sektor

građevinarstva trećerangiran po broju smrtnih slučajeva, odmah iza poljoprivrede i rudarstva.

Prema Suruda i dr. [7] samo u 1996. godini uzrok 502 smrtna slučaja vezan je za rad dizalica, a glavni uzroci su bili: udar struje (39%), montaža/demontaža kranova (12%), lomovi/deformacije strele (8%), pad/prevrtanje kрана (7%), otkaz opreme (7%), preopterećenje (4%), udar tereta u pokretu (4%), podizne platforme (4%), rad u prostoru ljuljanja tereta, tj. u radijusu kontratega (3%), itd.

Beavers i dr. [8] navode sledeće uzročnike nesreća: udar od strane tereta (32%), udar struje (27%), montaža/demontaža kрана (21%), strela (12%), prevrtanje kрана (11%), kontrateg (3%), i ostalo (2%). Prema Mc Cann i dr. [9] evidentirano je ukupno 323 smrtna slučaja u 307 nesreća sa dizalicama, koje su identifikovane od 1992. do 2006. godine, što znači u proseku 22 godišnje. Bilo je i 12 nesreća sa višestrukim smrtnim ishodom i ukupno 28 smrtnih slučajeva [9]. Takođe, isti autori ističu da su u 216 smrtnih slučajeva (71%) učestvovali mobilni kranovi, u 16 nesreća sa smrtnim ishodom su učestvovala građevinske stubne dizalice (5%), u 13 lučke dizalice (4%), i u 12 su učestvovala mosne dizalice (4%) [9]. Prema Sertyesilisik i dr. [10] 86% zaposlenih veruje da je dizalica mašina koji nosi najveće rizike po zdravlje zaposlenih.

Prema Aneziris i dr. [11] u Holandiji kranski akcidenti učestvuju sa 4%, dok prema [12] u Maleziji kranske neseće i nezgode čine 35% od ukupnog broja industrijskih akcidenata. Na osnovu analiziranih podataka autori u [12] dolaze do zaključka da su mobilni kranovi najčešći uzročnik akcidenata (24 nezgode), a zatim slede građevinske stubne dizalice (13 nezgoda), kranovi sa gusenicama (5 nezgoda) i sa svega dve nezgode ostali tipovi dizalica. Takođe, autori ističu da je važan uticajan faktor i mesto rada mobilnog kрана, a glavni uzrok kranskih akcidenata vezan za funkcionalno-konstruktivne probleme elemenata podstruktura i izazvan je dejstvom ljudskog faktora [12]. Primer funkcionalno-konstruktivnog strukturiranja portalne dizalice je dat na slici 1.



Slika 1 - Podela sistema portalne dizalice na podstrukture [2]

Rezultati istraživanja glavnih uzroka kranskih nesreća u [13], takođe pokazuju da je glavni uzrok nezgoda kod mobilnih kranova prevrtanje kрана usled otkaza elemenata. Veliki procenat nesreća nastaje i zbog kontakta metalnih delova dizalice i strujnog voda visokog napona, ali i zbog požara, eksplozija, nepravilno postavljenog stabilizatora, ispuštanja tereta ili prekoračenja nosivosti (prenosa tereta neadekvatne težine) [13]. Autori u radu [12] navode da organizacioni faktori kao uzročnik akcidenata imaju procentualni udeo od 29%, dok je uzrok 25% nezgoda ljudski faktor, dok najveći udeo imaju strukturni otkazi (57%), a slede ih otkazi izazvani uslovima rada (15%), zatim okruženjem (12%). Istraživanje [14], koje obuhvata 86 kranskih akcidenata širom sveta, u periodu od 1989. do 2009. godine, pokazuje da se 10 akcidenata dogodilo na teritoriji Velike Britanije i Irske. U istraživanju je takođe dat pregled uzroka svih ovih nezgoda, kao i tačan broj nezgoda koje su se dogodile tokom određene godine [14]. Prema podacima OSHA, za period od 1997. do 1999. godine, najveći procenat akcidenata se vezuje za rad mobilnih kranova, ukupno 73 [15]. OSHA takođe navodi i najčešće uzroke koji dovode do nesreća, a kao dominantan uzrok nestabilnost dizalice [15].

Milazzo i dr. [13] konstatuju da se najveći broj nesreća vezuje za mobilne kranove, i to 72% širom sveta, dok istraživanje [16] navodi da je u Kini 53,3% nesreća i nezgoda uzrokovano radom građevinskih stubnih dizalica, a kao dominantan uzrok evidentira se prekoračenje nosivosti. Forenzičke istrage nesreća su veoma značajne za utvrđivanje uzroka i odgovornosti,

prema [17], i iako se njihovim intenziviranjem poslednjih godina neznatno smanjuje broj nesreća, nije primetan trend pada ukupnog broja.

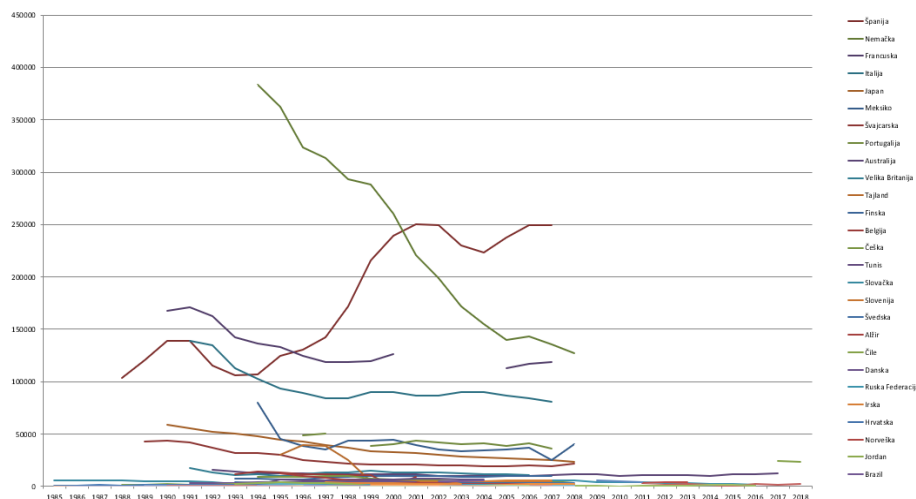
### 3. METODOLOGIJA

Prvi cilj ovog istraživanja je prikupljanje podataka o akcidentima uzrokovanim rukovanjem dizalicama, koji su se dogodili u periodu od 1985. do 2018. godine u 71 državi širom sveta, sa ciljem utvrđivanja učestalosti povreda i smrtnih ishoda u svakoj zemlji pojedinačno i izdvajanja zemalja sa najvećim brojem povreda i smrtnih ishoda koje su rezultat kranskih akcidenata primenom Pareto analize. Za kreiranje baze podataka o akcidentima u kojima učestvuju dizalice korišćeni su podaci iz ILOSTAT baze podataka [18].

Drugi cilj ovog istraživanja je identifikovanje najznačajnijih grupa uzroka kranskih akcidenata, na osnovama podataka prikupljenih iz većeg broja literaturnih izvora. Prikupljeni su podaci iz različitih izvora (naučni radovi, baze podataka, i sl. [1, 3, 5-17, 20]), izvršena je njihova sistematizacija i konačno, formirana je baza podataka sa ukupno 802 akcidenta. Uzroci akcidenata klasifikovani su u 8 grupa klaster analizom, i zatim podvrgnuti Pareto analizi.

### 4. REZULTATI

Podaci iz ILOSTAT baze [20], za 71 zemlju sveta u periodu od 1985-2018. godine, ukazuju na činjenicu da je u akcidentima uzrokovanim radom dizalica bilo ukupno 14.775.907 povreda na radu što je prikazano na slici 2.



Slika 2 - Broj povreda na radu u kranskim akcidentima po državama i po godinama

Takođe, primetno je da podaci nisu ažurni tj. redovno dostavljani od strane nacionalnih tela, ali je obzirom na nedostatak drugih izvora i ovaj veoma značajan. Pareto analizom, prikazanom na slikama 3 i 4, izdvojene su države sa najvećim procentualnim udelom u ukupnom broju povreda u kranskim akcidentima

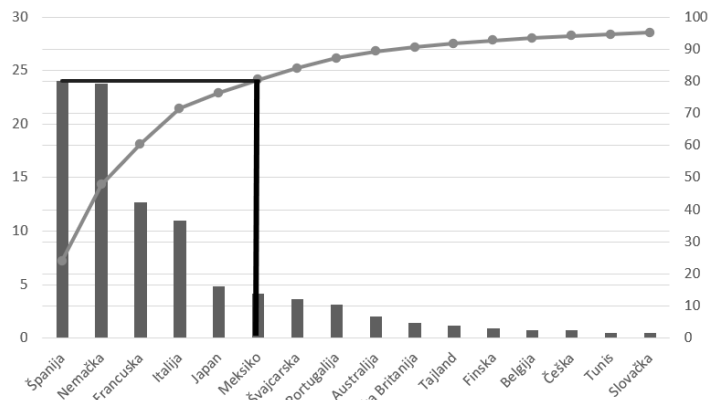
u posmatranom vremenskom periodu. Pareto analiza pokazuje da od 71 države koje su obuhvaćene uzorkom, 6 zemalja, i to Španija, Nemačka, Francuska, Italija, Japan i Meksiko, daju preko 80% svih povreda. Prednjači Španija sa 24% procentualnog udela po broju povređenih radnika, a sledi je Nemačka sa

23.8%. Sa dijagrama na slici 2, može se primetiti da postoji trend opadanja broja povređenih radnika tokom godina; u većini zemalja, osim u Španiji, gde broj povreda raste do 2007. godine, do kada su raspoloživi

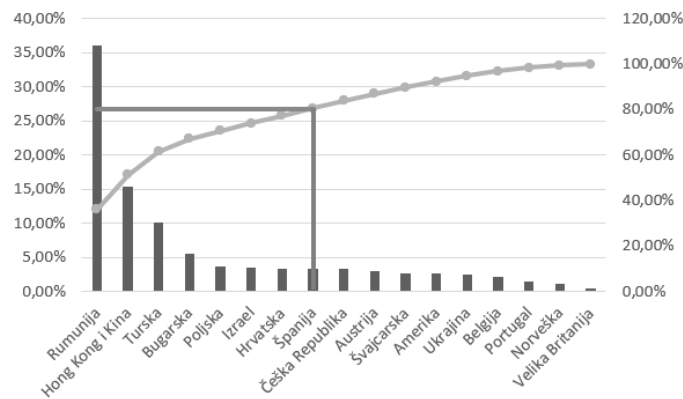
podaci za tu državu. U ILOSTAT bazi [20], raspoloživi su i podaci o smrtnim ishodima koji su rezultat kranskih akcidenata, za period 2008-2016. godine, i prikazani u tabeli 1.

Tabela 1. Podaci o smrtnim ishodima koji su rezultat kranskih akcidenata, za period 2008-2016. godine

Zemlja	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Austrija	11,7		8,7	5,3	11,3	10,9	6,1	4,1	7,2
Belgija		10	10,4	8,8	6,5	9,5			
Hrvatska		7,5	12,2	13,7	11,7	5,4		8,7	11,6
Bugarska	19,4	12,7	15,2	11,9	7,3	13,1	13,9	12	13,6
Hong Kong i Kina		81	47	19	42	47	46	45	
Češka Republika		7,7	8,6	11,1	8,3	9,6	11,7	12,4	
Izrael					24,8		23,1	24,8	
Poljska	14,7	13,4	13	11,2	9,2		6,8	8,3	
Rumunija	32	24	32,1	16,4	14,3	12	14,9	10,3	11,8
Španija	10	9	8,5	8,6	6,6	6,2	8,2	7,7	5,1
Ukrajina						14,5	17,6	20,3	
Norveška		6,1	5	5,8	3,6	4,3			
Portugal						14,6	15,6		
Švajcarska				7,9		24,6	23,8	1,7	
Turska	36,4	35,3	32,1	29,8	13,2	27,4	22,1	6,8	13,4
Velika Britanija		1,8	2,3	2,3		1,9		2	
Amerika		9,9	9,5	9,1	9,5	9,7	9,8		



Slika 3 - Procentualno učešće pojedinih država u broju povreda u kranskim akcidentima



Slika 4 - Pareto analiza akcidenata sa smrtnim ishodima

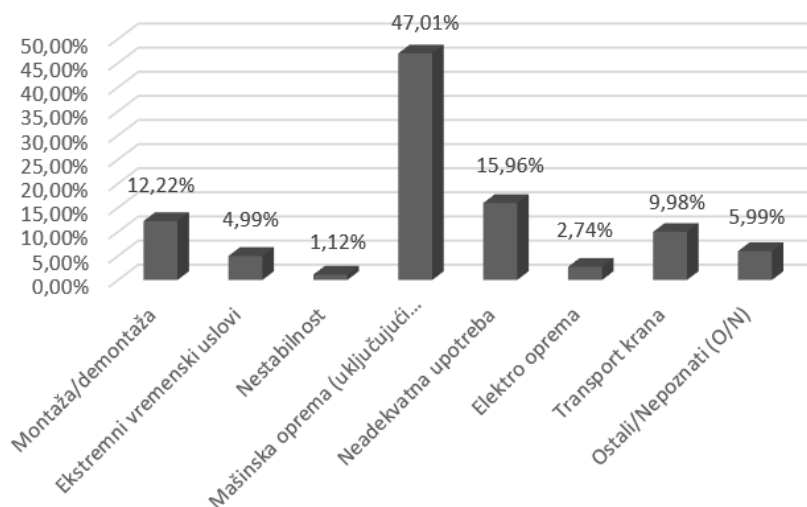
Pareto analiza, prikazana na slici 4, pokazuje da se 80% akcidenata koji rezultuju smrtnim ishodom događa u sledećim državama: Rumuniji, Kini, Turskoj, Bugarskoj, Poljskoj, Izraelu, Hrvatskoj i Španiji.

U daljem istraživanju razmatrani su uzroci akcidenata. Prikupljeni su podaci iz različitih izvora - naučni radovi, baze podataka, i sl. [1, 3, 5-17, 20], sistematizovani su i zatim je formirana baza podataka sa ukupno 802 akcidenta. Uzroci akcidenata klasifikovani su u 8 grupa, što je prikazano u tabeli 2.

Procentualna zastupljenost navedenih uzroka prikazana je na slici 5.

Tabela 2. Klasifikacija uzroka kranskih akcidenata

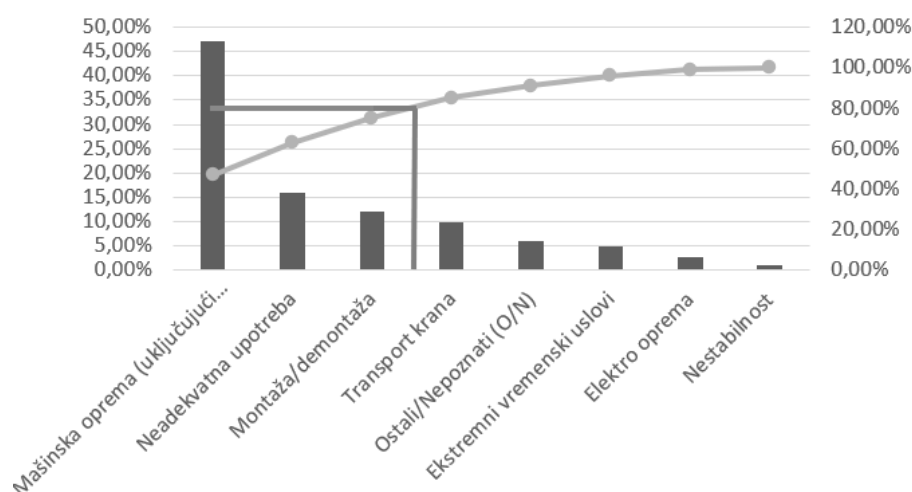
Uzrok akcidenata	Broj slučajeva
Montaža/demontaža	98
Ekstremni vremenski uslovi	40
Nestabilnost	9
Mašinska oprema (uključujući konstrukciju)	377
Neadekvatna upotreba	128
Elektro oprema	22
Transport krana	80
Ostali/Nepoznati (O/N)	48



Slika 5 - Procentualna zastupljenost uzroka akcidenata

Zatim je izvršeno rangiranje uzroka po procentualnom učešću uz proračun kumulativnog učešća. Na slici 6. dat je dijagram uticaja i dijagram relativnog kumulativnog uticaja uzroka kranskih akcidenata, a kriva kumulativnog učešća pokazuje da 3-4 uzroka čine približno 80% svih uzroka akcidenata kod dizalica. Najveći udeo akcidenata čine uzroci vezani za

mašinsku opremu (uključujući konstrukciju) sa učešćem 47%, dok drugorangirani uzrok predstavlja neadekvatna upotreba, odnosno zloupotreba od strane radnika sa 16%. Trećerangirani uzrok odnosi se na montažu/demontažu dizalica i ima učešće od 12%. Transport kranova, kao naredni značajan uzrok ima učešće od 9,98%.



Slika 6 - Pareto analiza za uzroke kranskih akcidenata

## 5. ZAKLJUČAK

Brzi razvoj industrije od druge polovine prošlog veka do danas nameće i sve brži razvoj dizalica, međutim problemi industrijske bezbednosti na tom polju do danas nisu rešeni, o čemu svedoči i dalje veliki broj udesa, nesreća i nezgoda.

Stoga je cilj ovog rada primena Pareto analize nad raspoloživim podacima o geografskoj raspodeli povreda i smrtnih ishoda koji su rezultat kranskih akcidenata i nad podacima o njihovim uzrocima radi identifikacije „značajne manjine“ koja donosi najveći deo problema (80%).

Španija i Nemačka prijavljuju skoro polovinu povreda u kranskim akcidentima širom sveta. Takođe, svega 6 država daje 80% ukupnog broja povreda, dok Srbija nije među njima. Takođe je interesantno primetiti da su prvorangirane države po broju evidentiranih nezgoda članice Evropske unije, sa jakom i razvijenom kako industrijom, tako i bezbedonosnom kulturom, i evidentno revnosnom prijavom udesa, nesreća i nezgoda. Takođe, analiza smrtnih ishoda u akcidentima uzrokovanim korišćenjem dizalica pokazuje da su zemlje koje prednjače u broju smrtnih ishoda Rumunija, Kina, Turska, Bugarska, Poljska, Izrael, Hrvatska i Španija. Srbija se ne nalazi među ovim zemljama.

Ono što se takođe može primetiti je, da iako su prvorangirane zemlje Evropske unije u kategoriji kranskih nezgoda bez smrtnih ishoda, one nisu dominantne kada se uzmu u obzir nesreće sa smrtnim ishodom, odnosno u ovoj kategoriji je ravnomernija raspodela između zemalja koje jesu i koje nisu članice Evropske unije.

Kao dominantni uzroci, koji dovode do 80% akcidenata, shodno rezultatima istraživanja, mogu se prepoznati sledeći:

- mašinska oprema, uključujući konstrukciju, kao dominantan uzrok,
- neadekvatna upotreba,
- montaža/demontaža kranova i
- transport kranova, sa najmanje značajnim učestvovanjem.

Ostale četiri vrste uzroka u značajno manjoj meri doprinose akcidentima, pa u budućim istraživanjima pažnju treba usmeravati ka napred navedenim dominantnim uzrocima.

Dalja istraživanja bi se mogla usmeriti na ulogu ljudskog faktora u dominantnim uzrocima nesreća i na analizu i dalje istraživanje forenzičkih izveštaja, a sa ciljem da se u budućnosti uzroci, prepoznati u ovom istraživanju kao značajna većina, ublaže ili eliminišu. Takođe, predlaže se i sprovođenje uporedne analize vezano za regulativu i postupke u oblasti bezbednosti i zdravlja na radu u zemljama koje su identifikovane kao

najznačajniji nosioci povreda i smrtnih ishoda. Svakako, preporučuje se i ažurnije prikupljanje podataka u oblasti nesreća i nezgoda uzrokovanih radom dizalica, i podizanje nivoa bezbednosne kulture širom sveta, pa i u našoj zemlji, a sa ciljem daljeg podizanja opšteg nivoa industrijske bezbednosti.

## 6. ZAHVALNICA

Rad predstavlja rezultat istraživanja podržanog od strane MPNTR RS po Ugovoru 451-03-68/2020-14/200105 i projektu br. E!13300

## LITERATURA

- [1] Marhvilas P. K, Koulouriotis D, Gemeni V, Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000–2009. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 24, No.5, pp. 477-523, 2011.
- [2] Brkić, A, *Model upravljanja održavanjem sistema dizaličnog transporta*, Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, 2014.
- [3] King RA. Analysis of Crane Lifting Accidents in North America from 2004 to 2010 [Internet], Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute Engineering, 2012, [citirano 05.03.2020.]. Dostupno na <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/73792>
- [4] Zrnić N, Bošnjak S, Gašić V, Arsić M, Petković Z, Failure Analysis of the Tower Crane Counterjib, *Procedia engineering*, 10, 2238-2243, 2011.
- [5] Pratt SG, Kisner SM, Moore PH. Machinery-related fatalities in the construction industry, *American journal of industrial medicine*, Vol.32, No.1, pp. 42-50, 1997.
- [6] Neitzel R. L, Seixas N. S, Ren K. K, A review of crane safety in the construction industry, *Applied occupational and environmental hygiene*, Vol.16, No.12, pp. 1106-1117, 2001.
- [7] Suruda A, Egger M, Liu D, Stat M, Crane-related deaths in the US construction industry, 1984-94, *Center to Protect Workers' Rights*, 1997.
- [8] Beavers JE, Moore JR, Rinehart R, Schriver WR. Crane-related fatalities in the construction industry, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.132, No.9, pp. 901-910, 2006.
- [9] McCann M, Gittleman J, Watters M, Crane-related deaths in construction and recommendations for their prevention, The Center of Construction Research and Training. [Internet]. [citirano 03.02.2020.]. Dostupno

- na: <http://www.cpwr.com/research/crane-related-deathsconstruction-and-recommendations-their-prevention>
- [10] Sertyesilisik B, Tunstall A, McLouglin J, An investigation of lifting operations on UK construction sites, *Safety Science*, Vol.48, No.1, pp. 72-79, 2010.
- [11] Aneziris O. N, Papazoglou I. A, Mud M. L, Damen M, Kuiper J, Baksteen H, Post J. G, Towards risk assessment for crane activities, *Safety science*, Vol.46, No. 6, pp. 872-884, 2008.
- [12] Hamid ARA, Azhari R, Zakaria R, Aminudin E, Jaya R. P, Nagarajan L, Yahya K, Haron Z, Yunus R, Causes of crane accidents at construction sites in Malaysia, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 220, pp. 012028, IOP Publishing, 2019.
- [13] Milazzo MF, Ancione G, Spasojević Brkić V, Vališ D, Investigation of crane operation safety by analysing main accident causes, *Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice: Proceedings of ESREL*, London: Taylor & Francis, pp. 74-80, 2016.
- [14] Isherwood R, Tower Crane incidents worldwide, Health and Safety Executive [Internet]. [citirano 13.03.2020.]. Dostupno na: <https://www.craneaccidents.com/wp-content/themes/CraneAccidents/pdf/stats/TowerCraneIncidentsReport-2010.pdf>
- [15] Roth R, Fry K. Crane Accidents 1997-1999: A report of the crane unit of the division of occupational safety and health, OSHA [Internet]. [citirano 13.03.2020.]. Dostupno na: <https://www.craneaccidents.com/wp-content/themes/CraneAccidents/pdf/stats/CalOSHA-Crane-Accidents-1997-1999.pdf>
- [16] Zhao C. H, Zhang J, Zhong X. Y, Zeng J, Chen S. J. Analysis of accident safety risk of tower crane based on fishbone diagram and the Analytic Hierarchy Process, *Applied Mechanics and Materials*, Trans Tech Publications Ltd. Vol. 127, pp. 139-143, 2012.
- [17] Yu GY. Forensic investigation on crane accidents, *International Journal of forensic engineering*, 3(4), pp. 319-341, 2017.
- [18] Florea N. V, Duica A, Improving relationship with customers by reducing complaints using modeling and Pareto diagram, *The Journal Contemporary Economy*, Vol.3, No.1, pp. 79-87, 2018.
- [19] Fang Y, Cho Y. K, Druso F, Seo J, Assessment of operator's situation awareness for smart operation of mobile cranes, *Automation in Construction*, Vol. 85, pp. 65-75, 2018.
- [20] International Labour Organization – ILOSTAT [Internet]. [citirano 13.03.2020.]. Dostupno na: <https://ilostat.ilo.org/>

## SUMMARY

### PARETO ANALYSIS APPLICATION IN RESEARCH OF CRANE RELATED ACCIDENTS

*Previous research show that the safety aspects of cranes are not well researched. So, the first aim of this research is to collect and analyze data about crane related accidents that took a place between 1985 and 2018 in 71 countries worldwide with the aim to determine the occupational injuries and fatalities frequency in each country individually and to identify countries with the highest number of accidents resulting in one of two outcomes reported by using a Pareto analysis. The second aim of this paper is to identify the most significant groups of causes of crane accidents, based on data collected from a number of literature sources. Based on the results obtained, it is evident that Spain and Germany are the countries where almost half of injuries in crane accidents occur. The research has also shown that 80% of injuries occur in only 6 countries (Spain, Germany, France, Italy, Japan and Mexico), while 80% of fatal accidents occur in the following countries: Romania, China, Turkey, Bulgaria, Poland, Israel, Croatia and Spain. As the main causes of crane related accidents, mechanical equipment (including construction), improper use, assembly and disassembly and transport of the crane are recognized by using Pareto analysis, since 80% of consequences are results of those causes. The proposal for further research is a detailed analysis of the role of the human factor in the dominant causes of crane accidents.*

**Key words:** *accident, cranes, Pareto analysis, injury, fatality, cause*